



Universitat Jaume I

**Escuela Superior de Tecnología y Ciencias
Experimentales**

Grado en Ingeniería Química

**Diseño de una planta de producción de film
multicapa para el sector alimentario**

Trabajo de Fin de Grado

Autor:

Sergio Gómez Ureña

Tutor:

Juan Carlos Jarque Fonfría

Castellón, Febrero de 2020

Quisiera agradecer a varias personas y entidades la ayuda que me han prestado en la realización de este Proyecto Final de Grado. Entre ellas, y en primer lugar, a los profesores del Grado en Ingeniería Química por todo lo que me han enseñado y transmitido durante estos años.

Agradecer en especial a mi tutor, Juan Carlos Jarque Fonfría, por el trato personal más allá de la relación profesor-alumno y por atenderme siempre cara a cara por pequeña que sea la duda que tuviese.

Agradecer a la empresa UBE Corporation Europe, empresa en la cual realicé las prácticas, por tratarme desde el primer momento como uno más de la empresa y hacer posible este proyecto.

En segundo lugar, quisiera agradecer a toda mi familia, en especial a mis padres. Que han sido siempre mi apoyo y referencia. Darles las gracias por confiar en mí y enseñarme que el mayor obstáculo en la vida somos nosotros mismos, que cada mañana hay que levantarse y luchar contra todo, nunca rendirse.

Y, en especial, a mi novia. La persona que más me ayuda, más fuerza me da, más me aconseja, más me inspira y confía en mí cuando ni si quiera yo lo hago.

0. RESUMEN

En el siguiente proyecto se va a realizar el diseño de una planta de producción industrial para producir film multicapa, con el fin de obtener un film que cumpla las propiedades óptimas para su posterior envase de productos.

Dicho proyecto se ha realizado con la colaboración de la empresa UBE Corporation Europe, tomando como referencia el actual proceso de producción de film multicapa a escala de planta piloto.

El diseño de la planta contará con todas las etapas necesarias para obtener de forma óptima y eficiente el producto deseado. Desde la llegada de material a la planta hasta el almacenamiento de producto bobinado acabado y distribución posterior.

Teniendo en cuenta todo al detalle se realizará un estudio de mercado donde se justificará el porqué de los materiales elegidos y que ventajas tienen frente a otros. Se definirá cual ha sido el lugar de implantación de la empresa, de manera que se pueda realizar una producción final más eficiente y con mayores beneficios tanto para la empresa como para sus trabajadores.

Además se definirán las condiciones de trabajo correspondientes de cada uno de los equipos a utilizar, se detallará cada una de las partes que compondrá la empresa y el porqué de su ubicación.

También se detallaran los distintos presupuestos de inversión y de explotación, además de la viabilidad económica, punto decisivo a la hora de decidir a invertir en un proyecto de gran calibre como éste.

1. ÍNDICE GENERAL

0. Resumen

1. Índice General

2. Memoria

3. Anexos

4. Planos

5. Pliego de Condiciones

6. Estado de Mediciones

7. Presupuesto

2. MEMORIA

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. Objeto	4
2. Alcance.....	5
3. Antecedentes	6
3.1 Historia “La evolución del envase y sus materiales”	6
3.1.1 El vidrio.....	7
3.1.2 La hojalata	8
3.1.3 El plástico.....	8
3.2 Conceptos.....	10
3.2.1 ¿Qué es un plástico?.....	10
3.2.2 “Packaging” o envasado.....	12
4. Normas y referencias.....	24
4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas	24
4.2 Bibliografía	25
4.3. Páginas Web	25
4.4. Programas informáticos empleados	26
5. Definiciones y abreviaturas	27
5.1. Definiciones	27
5.2. Abreviaturas.....	29
6. Requisitos de diseño.....	30
6.1. Mercado mundial y en España.....	30
6.1.1. Mercado mundial.....	30
6.1.2. Mercado en España	32
6.2 Características de la instalación	33
6.3 Equipos del proceso	34
6.4 Proceso de fabricación	35

6.4.1 Estructura del film procesado.....	35
6.4.2 Diagrama de proceso.....	37
6.4.3. Descripción del proceso.....	40
7. Análisis de soluciones.....	43
7.1 Línea de producción de film.....	43
8. Resultados finales.....	47
8.1 Layflat Width.....	47
8.2. Relación de adelgazamiento (Ra).....	48
8.3 Relación de estiramiento (TUR).....	48
8.4 Velocidad de línea.....	49
8.5 Caudal másico de cada extrusora.....	49
8.6. Silos de materias primas.....	53
8.7 Almacén de producto terminado.....	56
8.8 Conducciones.....	58
8.9 Distribución en planta.....	59
8.9.1 Plano de distribución.....	59
8.9.2 Definición de espacios.....	61
8.9.3 Definición del tamaño de planta.....	74
8.9.4 Ubicación y emplazamiento de la actividad.....	76
9. Planificación.....	82
10. Orden de prioridad entre los documentos básicos.....	84
11. Estudio de la viabilidad económica.....	85
11.1. Resumen del presupuesto.....	85
11.2. Presupuesto de explotación.....	87
11.2.1. Inversión inicial.....	87
11.2.2. Gastos directos.....	87

11.2.3. Gastos indirectos	90
11.2.4. Gastos totales.....	95
11.3. Beneficios	95
11.4. Flujo de caja (FC)	97
11.5. Valor Actual Neto (VAN).....	97
11.6. Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)	98
11.7. Periodo de Retorno (PR).....	99
11.8. Resumen.....	100

1. Objeto

El objetivo de este proyecto es diseñar una empresa viable de producción de film multicapa, centrándose en la obtención de films complejos mediante el proceso de coextrusión, para su posterior distribución a empresas del sector alimentario, que serán las encargadas de realizar un correcto “Packaging” de su producto.

Del proceso de producción se obtiene un bobinado de film, formado con una estructura estudiada a conciencia, para garantizar un producto óptimo y que cumpla con todas los requisitos exigidos por el cliente.

El producto bobinado que se obtiene, es un film con buenas propiedades barrera, buenas propiedades mecánicas y buenas propiedades ópticas entre otras muchas. Utilizando materia prima como la poliamida y el EVOH, que son los materiales principales que forman la estructura del film final.

Además, con este proyecto, se pretende dar una perspectiva diferente a todo el vasallaje que se está dando a los productos plásticos, ya que procesos como éstos, son necesarios e insustituibles por otro tipo de materiales, para poder conseguir objetivos que ayudan cada día en la vida de muchas personas.

2. Alcance

El alcance de este proyecto es diseñar una planta de producción de film mediante el proceso de coextrusión a partir de diferente materia prima en forma de pellets. Para su posterior uso para envasar productos alimenticios en procesos como el termoformado.

La materia prima utilizada para la producción del film se ha diseñado para obtener un film con una estructura de 9 capas con el fin de complacer satisfactoriamente los objetivos marcados por la demanda del sector de este producto.

Proporcionando al film producido propiedades tales como: buena resistencia a la rotura, una muy buena barrera al oxígeno y humedad, lo cual evita su degradación y preserva el producto por más tiempo, una muy buena propiedad óptica, etc.

Para lograr esto será necesario:

- Diseñar y dimensionar los equipos más relevantes de la instalación.
- Estudiar la viabilidad económica de la instalación y su funcionamiento.
- Diseñar y dimensionar la planta.

Para llevar a cabo este proyecto será necesario llevar a cabo la construcción de las siguientes instalaciones:

- Almacén de materia prima.
- Almacén de producto terminado.
- Edificio de producción que constará de una línea de producción extrusión soplado y los equipos auxiliares necesarios.
- Edificio de mantenimiento.
- Edificio de oficinas.
- Edificio de laboratorio.
- Edificio de servicios.
- Edificio de comedor.

3. Antecedentes

3.1 Historia “La evolución del envase y sus materiales”

Según científicos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, afirman que los primeros envases creados por el hombre se remontan a la era paleolítica, período en el cual se dejaron de usar recipientes naturales tales como troncos de árbol, rocas con huecos, conchas marinas, etc., y comenzaron a manipular objetos provenientes del mundo animal (pieles, pelos, etc.) adaptándolas para sus necesidades.

En cambio, el National Geographic Channel asegura, en su documental denominado “La historia del packaging” (2013) [13], que el envase propiamente dicho, debe sus orígenes a la historia de la producción de vino. Esta comenzó cerca del 5.000 a.C., en la zona que hoy conocemos como Georgia y Armenia. Luego, para el 3.000 a.C. Egipto también entró en el negocio, y para el siglo segundo a.C. Roma exportaba dos millones de litros al año. Eso fue posible gracias a un ingenioso embalaje: el ánfora de arcilla, desarrollado por primera vez cerca del 1.500 a.C. Era un objeto resistente, económico, fácil de manejar y de manipular. Sin embargo, a partir del siglo tercero, los romanos abandonaron el ánfora por un embalaje que hoy en día sigue siendo utilizado: el barril de madera. Era más fácil de manipular: solo hacía falta voltearlos hacia un lado y rodarlos.



Figura M. 1 Ánfora de arcilla.



Figura M. 2 Barril de madera.

3.1.1 El vidrio

Mucho después, en el siglo diecisiete surgió en Europa la fabricación de botellas de vidrio. Este era el embalaje perfecto en “tamaño consumidor”. Ahora, los compradores ya no se veían obligados a comprar barriles enteros de vino, que contenían más de doscientos litros de este brebaje en su interior. En cuanto a la historia de este material, en el año 79 d.C. los romanos usaban botellas de vidrio, pero debido a su fragilidad preferían los sacos de cuero para llevar grandes cantidades de líquidos y sólidos. Sin embargo, la ANFEVI (Asociación Nacional de Fabricantes de Envases de Vidrio) explica lo siguiente [13]:

“Los restos de vidrio más antiguos datan de unos 5.000 años a.C. Las primeras piezas hechas íntegramente de vidrio datan del 2.100 a.C., en las que se empleaba la técnica del moldeado. Hacia el año 200 a.C., los egipcios comenzaron a utilizar la caña del vidriero para soplar el vidrio, práctica que ha permanecido casi inalterable hasta la actualidad.”

Es durante el período de la Revolución Industrial (proceso constituido durante la segunda parte del siglo XVIII y comienzos del siglo XIX en el Reino Unido) que este material cobra gran valor, y, junto con el hierro, se los encasilla como los materiales principales de esta época. Esto se debió a que en 1.839 se introdujo la técnica industrializada de vidrio moldeado prensado, es decir, se estandarizaron y mecanizaron los procedimientos, lo cual abarató la producción en gran medida.

Entre los beneficios que presenta este material, se pueden destacar cuatro elementos clave: Su transparencia, que permite ver claramente el producto que está en su interior, generando más confianza en el consumidor. En el caso en que tenga coloración, este actúa como barrera contra la luz, filtrando los rayos UV y evitando la descomposición natural del producto. Y además, es un material impermeable y reciclable. Sin embargo, como todo material, también presenta desventajas, las cuales serían: Es un material pesado, que se refleja en los costes del transporte, es de gran fragilidad, y es propenso a estallar si sufre cambios de temperatura.

A principios del siglo diecinueve, Nicolás Appert (fue maestro confitero y cocinero francés), patentó un método de conservación de alimentos en botellas de vidrio. Lo hace con el fin de preservar alimentos durante períodos largos de tiempo, para evitar que los pueblos pasaran hambre durante los largos meses de invierno, y para abastecer a

soldados en expediciones o guerras. El proceso de producción consistía en cocinar parcialmente la comida seleccionada, colocarla dentro de botellas tapadas con un corcho sujeto con alambres, y luego éstas se sometían a un calentamiento en agua hervida por un largo tiempo. Pero este sistema presentaba ciertos defectos: la producción era lenta, y los envases era frágiles, lo cual era muy importante, ya que estas conservas estaban destinadas a largas y complejas expediciones en barcos y a situaciones bélicas.

3.1.2 La hojalata

Con el objetivo de presentar la solución a los problemas que tenía el vidrio, contemporáneamente, en 1810, surge un exitoso envase para conservas realizado con otro material: al comerciante británico Peter Durand se le atribuye la primera patente por la idea de conservar alimentos en una lata de hojalata [13].

“Se trata de un cilindro cerrado por ambos extremos, hecho de hierro recubierto de estaño cuyas piezas se unen por soldadura. Este nuevo material (hojalata) presenta varias ventajas frente al cristal usado por Nicolás Appert: ligereza, no se quiebra por su resistencia mecánica, fácil conducción del calor, resistencia a la corrosión frente a otros metales” (Peter Durand).

Este invento benefició a miles de personas mejorando su calidad de vida, y evitó hambrunas y una gran cantidad de enfermedades que podían generar alimentos en malas condiciones de higiene, o que hubiesen pasado fecha de expiración.

3.1.3 El plástico

Es cincuenta años después cuando surge otro invento extraordinario que va a cambiar el mundo del envase: en 1860 nace el plástico. Su origen se debe a un concurso realizado por un fabricante estadounidense de bolas de billar, que ofreció una recompensa a quien consiguiera encontrar un material sustituto para el marfil que estaba utilizando en su producción. Es Wesley Hyatt quien, aunque no ganó el concurso, desarrolló el primer plástico de la historia, por medio de la utilización de la piroxilina (un nitrato tratado con alcanfor y alcohol). Fue patentado bajo la denominación de “celuloide”.

El plástico, tal como lo definen los profesores Peláez Franco L. y González Casado M., de la Universidad de Salamanca [13]:

“Proviene de PLASTIKOS palabra griega que significa susceptible de ser modelado o moldeado. Los plástico pueden ser materiales orgánicos, es decir, basados en la química del carbono, o sintéticos: productos de la industria química, que convierte materias primas en formas nuevas y radicalmente diferentes”.

Este material fue evolucionando a través del tiempo: en 1907, Leo Baekland crea la Baquelita, el primer plástico completamente sintético, termorígido, resistente a la electricidad y al calor, químicamente inerte, e irrompible. En 1912 Klatte patentó el primer proceso de polimerización del PVC, y en 1927 comienza la producción de este material a escala mundial. Entre 1933 y 1975 se descubren los otros grandes termoplásticos: el polietileno, el poliestireno, el polipropileno y el PET.

Además, como explica Escalona, ingeniero recibido del Instituto Politécnico Nacional de México [13]:

“Entre los años de 1930 y 1950 debido a la segunda Guerra Mundial surge la necesidad de desarrollar nuevos materiales que cumplan con mejores propiedades, mayor resistencia, menor coste y que sustituyeran a otros que escaseaban. Es en este periodo, cuando surgieron plásticos como el Nylon, Polietileno de Baja densidad y el Teflón”.

El mundo moderno en la actualidad, no podría verse desligado de este material, ya que se utiliza en escalas de cantidades inmensas y a nivel global. Además, es pertinente destacar que se emplea en muchas industrias. Se pueden listar comenzando por la industria alimenticia: para el envasado de alimentos; La agrícola: para la cobertura de plantaciones con el fin de protegerlos de los agentes externos; El sector pesquero: para los sistemas de captura y protección de fauna marina; Los medios de transporte: el plástico interviene en la fabricación de aviones, barcos, cohetes, trenes, motocicletas, coches, bicicletas, etc. Es más, según la CEEP (Confederación Española de Empresarios de Plástico) [13]:

“De las 5.000 piezas que lleva un automóvil fabricado en España, 1.700 son de plástico. Cada uno lleva incorporados unos 120 kilos de plásticos, que sustituyen a 300 de otros materiales, permitiendo un ahorro de combustible que alcanza los 750 litros durante la vida útil del vehículo.”

También se emplea en el sector de la construcción: el empleo del plástico permite un abaratamiento en los costes de producción de grandes piezas de construcción, y a su vez, genera un ahorro de energía por su bajo peso; Y por último: en la electricidad y la electrónica: este material se utiliza tanto en la fabricación de equipamientos electrónicos como en electrodomésticos (CEEP).

El éxito de este material se debe a que la complejidad de fabricación y los costes de su producción eran bajos. Además, tal como dice García, de la Universidad Politécnica de Valencia [13], “La creciente demanda por parte de una sociedad cada vez más consumista sigue estimulando la producción masiva de objetos de plástico.”

3.2 Conceptos

En este apartado se va a hablar sobre el concepto que se conoce como plástico y los distintos tipos que se van a utilizar en dicho proyecto, además del término “Packaging” o más conocido como; empaquetamiento o envasado. También se va a detallar a la industria a la que va dirigida el film producido.

3.2.1 ¿Qué es un plástico?

Un plástico es un tipo de polímero sintético o artificial; similar en muchos aspectos a las resinas naturales que se encuentran en los árboles y otras plantas.

Se pueden encontrar una gran variedad de maneras de clasificar los tipos de plásticos que hay: por su naturaleza, estructura, composición, etc.

Por su naturaleza existen dos tipos de plásticos:

- Naturales.
- Sintéticos.

Naturales: los plásticos naturales se obtienen directamente de materias primas vegetales (celulosa, látex) o animales (caseína). Son las sustancias plásticas que no necesitan de un proceso de laboratorio para producirse, ya que están formadas en su totalidad por compuestos naturales. Un ejemplo muy común es el caucho natural.

Sintéticos: los plásticos sintéticos se elaboran a partir de compuestos derivados del petróleo, el gas natural o el carbón. La mayoría de los plásticos pertenecen a este grupo.

En función de su estructura y su comportamiento, existen tres tipos diferentes de plásticos, un concepto muy importante que se debe conocer para el correcto uso.

- Termoplásticos.
- Elastómeros.
- Termoestables.

Termoplásticos: son plásticos que a temperaturas relativamente altas se vuelven flexibles y, se endurecen cuando entran en un estado de transición vítrea al enfriarse, este proceso se puede repetir tantas veces como se desee, aunque se van debilitando poco a poco sus propiedades, por eso este tipo es fácilmente reciclable.

Muchos de los termoplásticos conocidos pueden ser resultado de la suma de varios polímeros, como es el caso del vinilo, que es una mezcla de polietileno (PE) y el polipropileno (PP).

Los más corrientes son:

Tabla M. 1 Tipos de materiales de la familia de los termoplásticos.

Tipo de material	Función
PVC	Tuberías, impermeables, botas, etc.
PS	Envases, tetrabriks, etc.
PE	Cubos de basura, contenedores, juguetes, bolsas, vasos, etc.
Metacrilato	Faros, gafas de protección, etc.
Teflón	Sartenes, utensilios de cocina, etc.
Celofán	Cintas de embalaje, envasado, empaquetado, etc.
Nylon o PA	Envases termoformados, monofilamentos (hilos de pesca, encordado de raquetas), etc.

Elastómeros: son aquellos polímeros que muestran un comportamiento elástico. Cada uno de los monómeros que se unen entre sí para formar el polímero esta normalmente compuesto de carbono, hidrógeno, oxígeno o silicio. Los elastómeros son polímeros amorfos que se encuentran sobre su temperatura de transición vítrea, por eso los elásticos. A temperatura ambiente son blandos y deformables.

Se usan principalmente para cierres herméticos, adhesivos y partes flexibles, neumáticos, etc.

Los más corrientes son:

Tabla M. 2 Tipos de materiales de la familia de los elastómeros.

Tipo de material	Función
Caucho natural	Aislantes, neumáticos, etc.
Caucho sintético	Componentes de coches, tuberías, esponjas, etc.

Termoestables: hacen referencia al conjunto de materiales formados por polímeros unidos mediante enlaces químicos adquiriendo una estructura final altamente reticular.

Los plásticos termoestables tienen propiedades a su favor respecto a los termoplásticos. Por ejemplo, mejor resistencia al impacto, a los solventes, a la permeación de gases y a las temperaturas extremas.

Entre las desventajas, son más difíciles de trabajar, son más frágiles y no presentan reforzamiento al someterlo a tensión.

Los más corrientes son:

Tabla M. 3 Tipos de materiales de la familia de los termoestables.

Tipo de material	Función
Poliuretano	Colchones, esponjas sintéticas, barnices, pegamentos, etc.
Resinas fenólicas	Carcasas de electrodomésticos, mangos y asas, etc.
Melamina	Accesorios eléctricos, aislantes, etc.

3.2.2 “Packaging” o envasado

El concepto de “Packaging” engloba todo aquello que implica la inclusión o protección de productos para la distribución, almacenaje y venta. Por lo tanto una definición puede ser el envase que protege o envuelve un producto.

El envase es un elemento clave en la vida de un producto. El envase juega múltiples roles respecto del producto que contiene: lo protege de roturas, derrames,

contaminación con microorganismos, permite su transporte y distribución y admite una fácil manipulación.

Para cualquier tipo de alimento, sea fresco o procesado, el envasado eficiente es una necesidad. Es un lazo esencial entre productor de alimentos y el consumidor.

Las funciones del envasado requieren conocimientos y técnicas especializadas además de maquinaria específica y servicios, para producir un envase que proporcionará muchos de los requerimientos básicos de los cuales los siguientes son los más importantes: contención, protección y conservación.

- **Los envases plásticos.**

Los plásticos permiten envasar, conservar y distribuir alimentos, medicamentos, bebidas, artículos de limpieza, etc.

Poco se dice de cuánto colaboran los plásticos en evitar la pérdida de alimentos, y cuánto contribuyen a mejorar la calidad de vida de millones de personas que viven alejadas de los grandes centros urbanos, y que de no ser por los envases plásticos se haría muy dificultosa la distribución de alimentos de manera eficaz.

Todos estos productos pueden llegar a una cantidad creciente de habitantes en forma segura, higiénica y práctica; gracias a una calidad necesaria de los plásticos: son ligeros, lo que implica facilidad de manipulación, optimización de costes y reducción del impacto ambiental. Los envases plásticos se fabrican a bajas temperaturas y son capaces de adoptar diferentes formas: bolsas, botellas, frascos, films, etc.

En sus inicios, el envase plástico servía para tener o contener un producto, hoy, desempeña una variedad de funciones más específicas al servicio de los más variados mercados, gracias a las siguientes características de los plásticos:

- Inertes: por ser químicamente inertes, los plásticos sirven para envasar con absoluta seguridad todo tipo de alimentos.
- Ligeros: el envase plástico es hoy más ligero que años atrás, conservando la misma capacidad de peso y volumen, gracias al desarrollo de nuevos diseños.

Eso significa que hoy en día se utilizan menos recursos para fabricar un envase plástico.

En comparación con otros materiales, el envase plástico es de más fácil manipulación y transporte por parte del consumidor.

También al ser tan ligero, los envases de plástico, favorecen al medioambiente y al comercio puesto que según el caso pueden necesitarse menos camiones para transportar un producto, con el consiguiente beneficio logístico, económico y la menor polución ambiental, dado que se consume menos combustible.

- Maleables a baja temperatura: sin necesidad de recurrir a grandes fuentes de calor (ahorro de energía) el material plástico es moldeado para obtener diferentes formas que se adapten a la necesidad del producto y del consumidor.
- Resistentes a roturas: los envases plásticos son prácticamente irrompibles, en condiciones de uso y manipulación, lo cual evita derrames o daños de los productos que contienen.
- Versatilidad: los envases plásticos pueden ser rígidos o flexibles según las necesidades del productor. Se adaptan fácilmente a la forma del producto a envasar, ofreciendo máxima protección con mínimo material. Los envases plásticos pueden ser transparentes, de manera que posibilitan al consumidor ver el contenido del envase, o bien pueden ser presentados en atractivos colores.
- Higiénicos: permiten que el consumidor vea el producto, su color, frescura, composición, sin necesidad de tocar el contenido, lo cual evita deteriorar la mercancía y cumple con las reglas de higiene y presentación. De esta forma los envases plásticos contribuyen a cortar la cadena de transmisión de microorganismos responsables de enfermedades que se contagian por vía oral o a través de los alimentos.

- Propiedades de barrera: utilizando diferentes plásticos y aditivos se logran diferentes tipos de barrera, consiguiendo por ejemplo que entre el oxígeno del aire pero que no salga la humedad de un producto envasado en plástico. También puede obtenerse un envase que sea absolutamente hermético, como es el caso del film que se va a producir en este proyecto, al adherirse a éste, impide la entrada de oxígeno y humedad, lo cual evita su degradación y la preserva por más tiempo.

Los materiales que forman la estructura del film que se va a producir, han sido escogidos por su gran propiedad entre muchas otras pero especialmente por su propiedad barrera, materiales tales como la poliamida y el EVOH que aportan a la finalidad del film una gran barrera al oxígeno y a la humedad.

- Sellado al calor: esta virtud del envasado plástico permite eliminar otros métodos como adhesivos, clips, etc.
- Afinidad con otros materiales: frecuentemente los plásticos son combinados con otros materiales o con distintos tipos de plásticos. En los procesos denominados coextrusión y laminado, capas de diferentes plásticos son combinadas para conferir cierta propiedad a un tipo de envase. Revestimientos plásticos son utilizados en el interior de latas para prevenir la corrosión del metal. Puede ser combinado con el papel, cartón o en botellas de vidrio para minimizar la posibilidad de rotura y/o conferir propiedades de permeabilidad. En otras palabras, hace más versátiles a otros materiales.

3.2.3 Plásticos empleados en el envasado

Una vez explicados en los dos apartados anteriores los conceptos necesarios sobre los plásticos y el envasado, en este apartado se va a hablar sobre los materiales que componen la estructura final del film que se va a producir en la línea de producción diseñada en este proyecto.

En el apartado 3.2.1 *¿Qué es un plástico?* se ha realizado una clasificación de los plásticos según su estructura y su comportamiento. Los plásticos que se van a tratar en la línea de producción de este proyecto están incluidos en el apartado de termoplásticos.

Hay que recordar que los plásticos termoplásticos, son aquellos que funden al ser sometidos a presión y temperatura. La mayoría de los materiales para envasado están dentro de esta categoría.

A continuación, se va a detallar cada uno de los plásticos que van a componer la estructura del film que se va a producir:

- **El polietileno** o polieteno (abreviado PE) es el plástico más común. Su producción anual es de aproximadamente 80 millones de toneladas métricas. Su uso principal es el de embalajes.

- Estructura química y síntesis.

Una molécula del polietileno no es nada más que una cadena larga de átomos de carbono, con dos átomos de hidrógeno unidos a cada átomo de carbono.

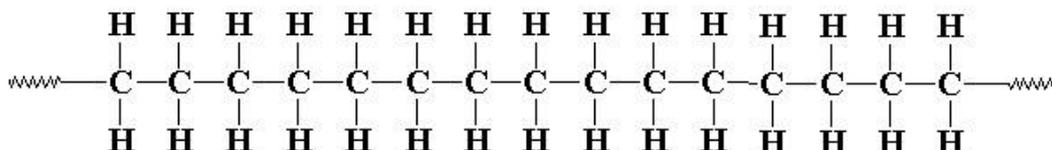


Figura M. 3 Estructura química del polietileno.

A menudo, con el fin de abreviar la escritura se representa de la siguiente forma:

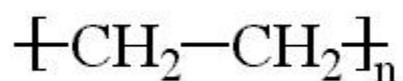


Figura M. 4 Síntesis de la estructura química del polietileno.

A veces algunos de los carbonos, en lugar de tener hidrógenos unidos a ellos, tienen asociadas largas cadenas de polietileno. Esto se llama polietileno ramificado, o de baja densidad, o LDPE. Cuando no hay ramificación, se llama polietileno lineal, o HDPE. El polietileno lineal es mucho más fuerte que el polietileno ramificado, pero el polietileno ramificado es más barato y más fácil de fabricar.



Figura M. 5 Una molécula de polietileno lineal (HDPE).

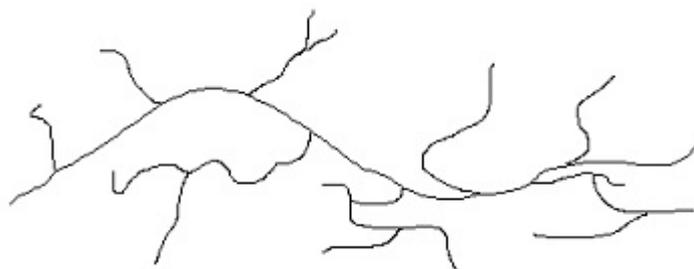


Figura M. 6 Una molécula de polietileno ramificado (LDPE).

○ Propiedades:

Dependiendo de la cristalinidad y el peso molecular, un punto de fusión y de transición vítrea puede o no ser observables. La temperatura a la que esto ocurre varía fuertemente con el tipo de polietileno. Para calidades comerciales comunes de polietileno de media y alta densidad, el punto de fusión está típicamente en el rango de 120 a 130°C. El punto de fusión promedio del polietileno de baja densidad comercial es típicamente de 105 a 115°C.

- **La resina adhesiva** (en inglés “tie layer”) es una poliolefina modificada con grupos funcionales, diseñada para adherirse a una variedad de poliolefinas, ionómeros, poliamidas, copolímeros de etileno y EVOH, poliésteres (PET), etc.

Esencialmente, funciona como una resina adhesiva de coextrusión para adherir entre sí distintas resinas para las estructura barrera multicapa para empaques. En las estructuras multicapa, la resina adhesiva de coextrusión combina las propiedades de materiales diferentes, tales como resinas de barrera de gases y resinas de barrera contra la humedad. El uso de esta resina adhesiva en estructuras para empaques restringe el paso del oxígeno y la permeación de sabor y olor.

Aunque la principal necesidad de poner una capa de “tie layer”, es para conseguir la unión entre la capa de polietileno (PE) y poliamida (PA), ya que son materiales que tienen una polaridad diferente. La poliamida es un material polar, es decir, las moléculas están cargadas positivamente por un extremo y negativamente por el otro extremo, de esa manera las moléculas se atraen. En cambio el polietileno es un material apolar, eso quiere decir, que las moléculas carecen de polos por lo que entre el polietileno y la poliamida no existe atracción. Por ello es necesario la aplicación de una capa de “tie layer” entre los respectivos materiales y así obtener una adherencia de las capas.

Los tipos de resinas comunes utilizadas como capa de unión se pueden ver en la *figura M. 7*.

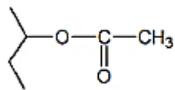
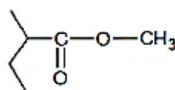
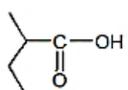
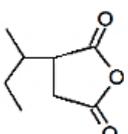
Etileno-acetato de vinilo (EVA)		HDPE, LDPE, PP, PS, PVDC
Etileno-acrilato de metilo (EMA)		HDPE, LDPE, PP, PS, PVDC
Ácido etileno-acrílico (EAA)		PA, PET, ionómeros, LDPE, EVA, EMA, AI
Anhídrido maleico injertado con etileno (AMP)		PA, AI, EVOH, celulosa

Figura M. 7 Tipos de resinas que se utilizan como unión entre distintos materiales.

La resina reactiva de capa de unión más importante y utilizada en la estructura del film producido en la línea de producción de dicho proyecto, es el polietileno modificado con anhídrico (AMP). Esta resina adhesiva se utiliza con frecuencia cuando las poliolefinas deben unirse a poliamidas o copolímeros de etileno o EVOH. El anhídrico reacciona con grupos terminales de amina para formar amidas y con alcoholes para formar enlaces cruzados de éster.

- **La Poliamida** o Nylon (abreviado PA) es un polímero que se genera por policondensación de un diácido con una diamina. El más conocido es la PA 6.6, es por lo tanto el producto del ácido butandicarboxílico (ácido adipínico) y la hexametildiamina. Por razones prácticas no se utiliza el ácido y la amina, sino soluciones de la amina y del cloruro del diácido. En el límite entre las dos capas se forma el polímero.

- Estructura química:

El nylon también se llama poliamida, debido a los característicos grupos amida en la cadena principal. Estos grupos amida son muy polares y pueden unirse entre sí mediante enlaces por puente de hidrógeno. Debido a esto que la cadena de nylon es tan regular y simétrica, los nylon son a menudo cristalinos.

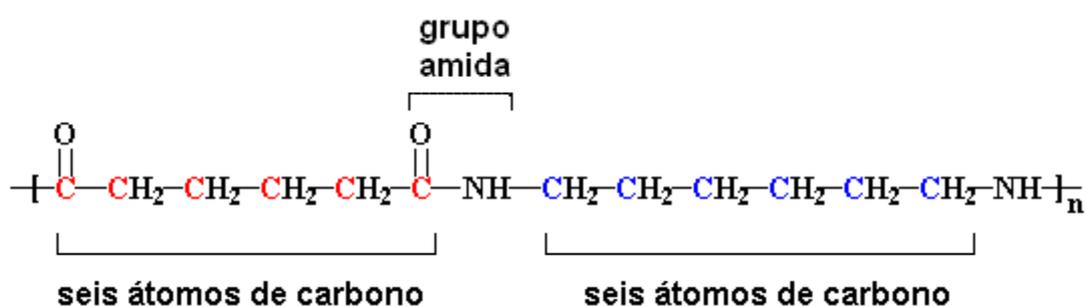


Figura M. 8 Estructura química de la poliamida.

- Propiedades:

Las poliamidas cristalizan y mantienen una alta atracción intermolecular. Estos compuestos también contienen segmentos de cadena alifáticos, los cuales en función de su longitud, dan mayor o menor flexibilidad a la región amorfa. De esta forma, la combinación de, por una parte alta atracción intermolecular en las zonas cristalinas y, de otra, la flexibilidad impartida por los segmentos hidrocarbonados en las zonas amorfas, confieren a los polímeros una alta tenacidad por encima de la temperatura de transición vítrea aparente.

La poliamida 6 es la más conocida y utilizada de los plásticos técnicos. Posee excelentes propiedades mecánicas, eléctricas, térmicas, químicas y la posibilidad de ser modificado con aditivos. Su punto de fusión promedio comercial está comprendido entre 217 y 221°C, lo que hace que sea fácil de trabajar.

Todas las poliamidas absorben agua con el tiempo, es decir, son higroscópicas. Esta propiedad requiere tener un gran cuidado y tener controlada la humedad de los pellets, antes de introducirlos en las extrusoras correspondientes, ya que puede ocasionar defectos en la burbuja durante el proceso.

- **El Etilen-Vinil-Alcohol** (abreviado EVOH), es un polímero termoplástico utilizado ampliamente en la industria de empaques para alimentos, debido a sus grandes propiedades barrera.

- Estructura química:

Su estructura química se compone por un copolímero de etileno y vinil-alcohol, que se obtiene a partir del monómero tautómero acetaldehído, polimerizado con etileno y vinil acetato seguido de hidrólisis.

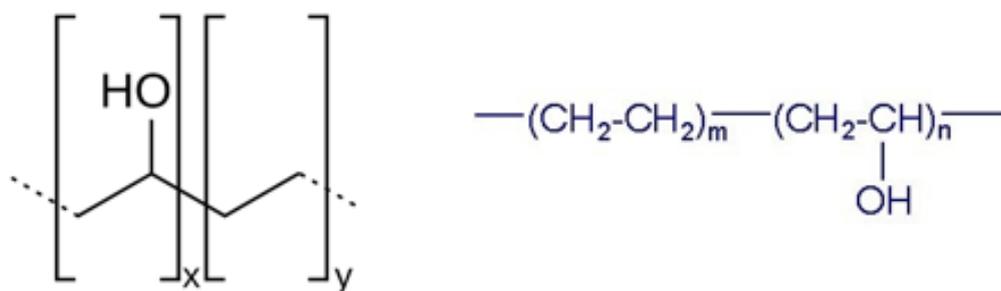


Figura M. 9 Estructura química del EVOH.

Siguiendo su fórmula química, se puede observar que el EVOH es casi como una combinación de polietileno (PE) y del alcohol polivinílico (PVOH). Es decir, que el EVOH va a tener las mismas propiedades que el PVOH, tal que sus características de barrera al gas, al aceite y su transparencia, hagan que sea más fácil de procesar gracias a la presencia de la parte de PE.

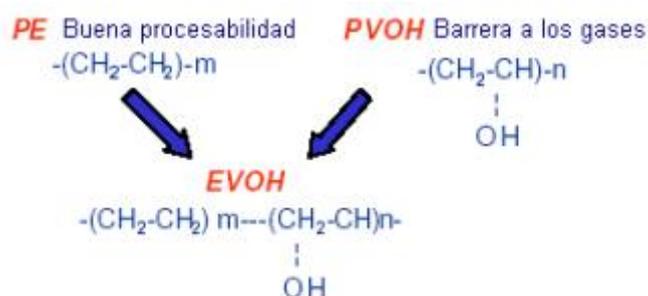


Figura M. 10 Composición del EVOH.

Es un material higroscópico, por lo tanto sus propiedades de barrera tienden a variar en función de la humedad presente en el ambiente.

○ Propiedades barrera:

El copolímero EVOH, se clasifica según su fracción molar de etileno; bajo contenido de etileno provee mejores propiedades de barrera y altos contenidos de etileno, disminuyen su temperatura de procesamiento. En la industria, se encuentra formulaciones donde el copolímero tiene entre 32 y 44 % mol de etileno.

La permeabilidad a los gases disminuye con el contenido de etileno. Se considera que el EVOH presenta buenas propiedades barrera a los gases con un contenido de etileno menor al 45 mol %.

El punto de fusión promedio comercial del EVOH está comprendido entre 200 y 210°C.

3.2.4 Extrusión

La extrusión es un proceso por el cual el material termoplástico es forzado a fluir continuamente en estado fundido a través de una hilera o boquilla, al aplicarle presión y calor; a su salida el material ya conformado es recogido por un sistema de arrastre, con velocidad regulable, que le proporciona las dimensiones finales mientras se enfría y adquiere la necesaria consistencia. La extrusión se emplea normalmente para producir varillas, láminas, tubos, recubrimientos de cables, filmes, etc., a partir de grana o polvo.

Las extrusoras constan de un cilindro en cuyo interior se aloja un husillo, éste se divide en tres zonas claramente diferenciadas que cumplen tres misiones principales: alimentación, compresión y dosificación. A veces existen algunas zonas complementarias (por ejemplo, desgasificación).

En la *figura M. 11* se pueden observar las distintas zonas que forman el husillo.

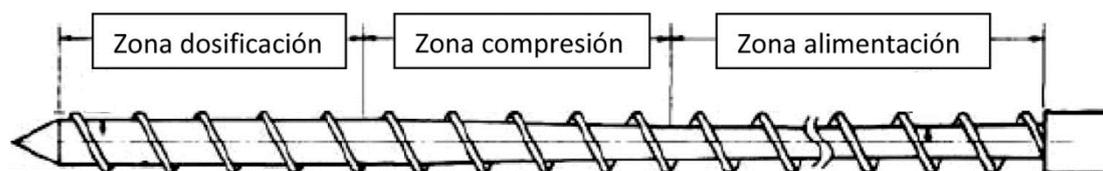


Figura M. 11 Zonas que componen un husillo.

En la zona de alimentación el husillo es cilíndrico, mientras que en la segunda es tronco-cónico, disminuyendo la profundidad de los canales, con lo que se produce la compresión y cizalladura del material. En la zona de dosificación es de nuevo cilíndrico.

Referente a los elementos de calefacción que se utiliza para fundir el material en el interior de la extrusora, lo más común es que se utilicen resistencias eléctricas blindadas que se encuentran alojadas en cada una de las zonas del cilindro. La regulación de la temperatura debe hacerse independientemente por tramos, para conseguir el más adecuado perfil de temperatura.

En la *figura M. 12* se observan las diferentes zonas divididas, para calentar el material que circula por el husillo:

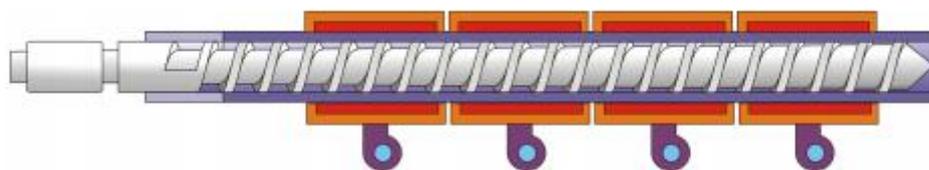


Figura M. 12 Zonas de calentamiento del husillo.

Otro elemento clave en el proceso de extrusión, es el plato rompedor, que está formado por varias placas perforadas, entre las que se dispone tamices metálicos. Las misiones que desempeña son: transformar el flujo helicoidal del material en flujo paralelo más regular; homogeneizar más su temperatura; retener cualquier cuerpo extraño o granza parcialmente fundida, y crear una contrapresión, regularizando así el flujo del material por hilera.

En la *figura M. 13* se puede observar la situación del plato rompedor en el interior del cilindro de la extrusora.

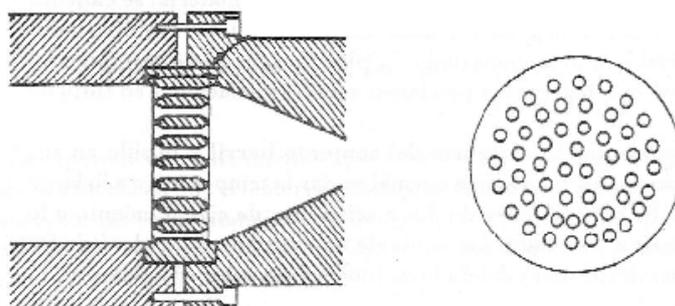


Figura M. 13 Plato rompedor del cilindro de la extrusora.

4. Normas y referencias

4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

Durante la realización del presente proyecto se han tenido presentes las siguientes normas:

- REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- REAL DECRETO 379/2001, de 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 10/1998, de Residuos. Regula la producción y la gestión de los residuos.
- Ley 10/2000, de Residuos de la Comunidad Valenciana.
- Ley 7/2002, de la Generalitat Valenciana de Protección contra la Contaminación acústica.
- Orden de 18 de octubre de 1976, sobre prevención y corrección de la contaminación industrial de la atmósfera.
- UNE-EN ISO 5455 – Dibujos técnicos. Escalas (ISO 5455:/979).
- UNE-EN ISO 3098-0 – Documentación técnica de productos. Escritura.
- UNE 1032 – Dibujos técnicos. Principios generales de representación.
- UNE 157001-2014, “Criterios generales para la elaboración de los documentos que constituyen un proyecto técnico”.
- UNE-EN 13698-1, “Especificación para la producción de paletas. Parte 1: Especificación para la construcción de las paletas planas de madera de 800 mm x 1200 mm”.

4.2 Bibliografía

La bibliografía utilizada durante la redacción de este proyecto es la siguiente:

- [1] Ramos Carpio, M.A. / De María Ruiz, M.R. (1988). *Ingeniería de los materiales plásticos*. Ed. Díaz de Santos.
- [2] Hellerich W. / Harsch G. (1992). *Guía de materiales plásticos. Propiedades, ensayos, parámetros*. Ed. Hanser S.L.
- [3] Gnauck B. / Fründt P. (1992). *Iniciación a la química de los plásticos*. Ed. Hanser S.L.
- [4] Michaeli / Greif Kaufmann / Vossebürger (1992). *Tecnología de los plásticos*. Ed. Hanser S.L.
- [5] UBE Corporation Europe S.A. *Catalogue "Extrusion Applications"*.
- [6] Ricardo A. Pérez / Agustín Torres / María Virginia Candal (2013). *Efecto de las variables del proceso de extrusión sobre la relación estructura-propiedades de películas tubulares de PEBD*.
- [7] Temario de la asignatura EQ1031. *Proyectos de Ingeniería*.
- [8] Eliseo Monfort Gimeno (2007). *Seguridad e Higiene en la Industria Química*.

4.3. Páginas Web

- [9] <https://www.economiasimple.net/glosario/packaging>
- [10] <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/07/polietileno-pe.html>
- [11] <http://www.edu.xunta.gal/centros/iessantomefreixeiro/system/files/plastico.pdf>
- [12] <http://polymerdatabase.com/Films/Tie%20Layers.html>
- [13] http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/blog/alumnos/trabajos/12893_12207.pdf
- [14] <https://www.mundopmmi.com/empaque/inteligencia-de-negocios/article/14038267/attractivo-visual-y-conveniencia-impulsan-crecimiento-de-mercado-global-de-envases-flexibles>
- [15] <https://www.alimarket.es/envase/informe/284895/informe-2018-del-sector-de-embalaje-flexible-en-espana>

- [16] <http://www.macroeng.com/sp/9-layer-blown-film-l-line-s.php>
- [17] <http://www.ehu.eus/reviberpol/pdf/NOV13/perez.pdf>
- [18] <http://www.dinieper.com.br/esp/maqTermo.html>
- [19] <https://www.directindustry.com/>
- [20] <https://comparadorluz.com/empresas/tarifas>
- [21] <https://www.iagua.es/noticias/locken/precio-agua-espana>
- [22] https://previa.uclm.es/area/ing_rural/Proyectos/DavidRozalen/09-PliegoGeneral.PDF
- [23] <http://www.condesa.com/pdf/es/TUBO%20CONDUCCI%C3%93N%20CASTELLANO.pdf>
- [24] <https://industria.ccoo.es/08fded6d43fa4dc89bc6a32f84fd5a000060.pdf>

4.4. Programas informáticos empleados

- Microsoft Word.
- Microsoft Excel.
- Microsoft Power Point.
- Microsoft Project.
- AutoCAD.
- Paint.
- Sigpac

5. Definiciones y abreviaturas

En este apartado se va a detallar las definiciones y las abreviaturas más complejas utilizadas en el presente proyecto, con la finalidad de alcanzar una mejor comprensión de todos los documentos.

5.1. Definiciones

B

Barrera: Propiedad de algunos plásticos que se caracterizan porque ofrecen una permeabilidad muy reducida a la difusión de gases, aromas y sabores.

Burbuja de película soplada: Burbuja de la película soportada de un extremo por un dado circular de extrusión que le da forma y por el otro, por un sistema de colapsamiento y de rodillos de impulsión. Es uno de los métodos de producción de películas de film.

C

Cabezal de extrusión: Es el elemento de la máquina extrusora que le da forma al material fundido antes de entrar a la sección de enfriamiento. El cabezal convierte el flujo cilíndrico empujado por el husillo a una forma geométrica específica con dimensiones estables y de manera continua.

Calandra: Máquina para hacer láminas por medio de la presión entre rodillos que rotan en sentidos opuestos.

Calandreo: Proceso para generar láminas o películas plásticas por medio de una serie de rodillos calientes colocados adecuadamente.

Chiller: Equipo de enfriamiento que mantiene los fluidos de refrigeración a determinada temperatura. Consta de un depósito y de una bomba.

Coextrusión: Proceso en el cual se combinan dos o más materiales que se moldean en un mismo molde, de manera simultánea o secuencial.

E

E-commerce: un sistema de compra y venta de productos y servicios que utiliza internet como medio principal de intercambio.

H

Husillo: Elemento metálico de geometría helicoidal que plastifica los polímeros girando en un cilindro hueco llamado barril o cañón. Los diseños empleados en los husillos varían en función de los requerimientos del material plástico y del proceso de transformación.

Higroscopia: capacidad de algunas sustancias de absorber humedad del medio circundante.

P

Plastificación: Fundir un material por defecto de esfuerzo cortante o calentamiento, de manera que sea moldeable.

Polar: Cualquier sustancia o radical que puede presentar carga eléctrica.

Polímero: Palabra derivada del latín poli (muchos) y meros (partes); se utiliza para designar materiales formados por la unión de monómeros. Los polímeros pueden ser naturales o sintéticos.

T

Tasa Anual Equivalente: Es un índice que se usa en el entorno financiero para conocer el coste de los préstamos personales e hipotecarios y tener una idea del rendimiento de los productos de ahorro.

Termoformado: Formar por temperatura. Moldear por calor una lámina termoplástica utilizando presión o vacío de forma auxiliar.

Tie Layer: Término inglés utilizado para referirse a los adhesivos de coextrusión, que se utilizan para unir polímeros incompatibles en el proceso de coextrusión.

Tolva: Unidad intermedia de almacenamiento de la materia prima que alimenta el extrusor de una unidad de transformación.

5.2. Abreviaturas

A

AMP Anhídrico maleico injertado con etileno

E

EVOH Etilen-Vinil-Alcohol

EVA Etileno-acetato de vinilo

EMA Etileno. Acrilato de metilo

EAA Ácido etileno-acrítica

H

HDPE Polietileno de alta densidad

L

LDPE Polietileno de baja densidad

P

PE Polietileno

PA Poliamida

PVOH Alcohol polivinílico

PVC Policarbonato de Vinilo

PS Poliestireno

PP Polipropileno

PET Polietilenotereftalato

R

REBT Reglamento electrotécnico para baja tensión

T

TCAC Tasa de crecimiento anual compuesto

TAE Tasa Anual Equivalente

6. Requisitos de diseño

6.1. Mercado mundial y en España

Para poder dimensionar la planta correctamente es necesario conocer el mercado del producto final que se obtendrá de la línea de producción.

6.1.1. Mercado mundial

Dentro del mercado del empaque de envases de plástico existen varios tipos de productos, el tipo de film que se va a producir en la línea de producción de este proyecto se encuentra dentro de los denominados; *Envases flexibles*.

Este tipo de empaque comprende el 39% del mercado mundial.

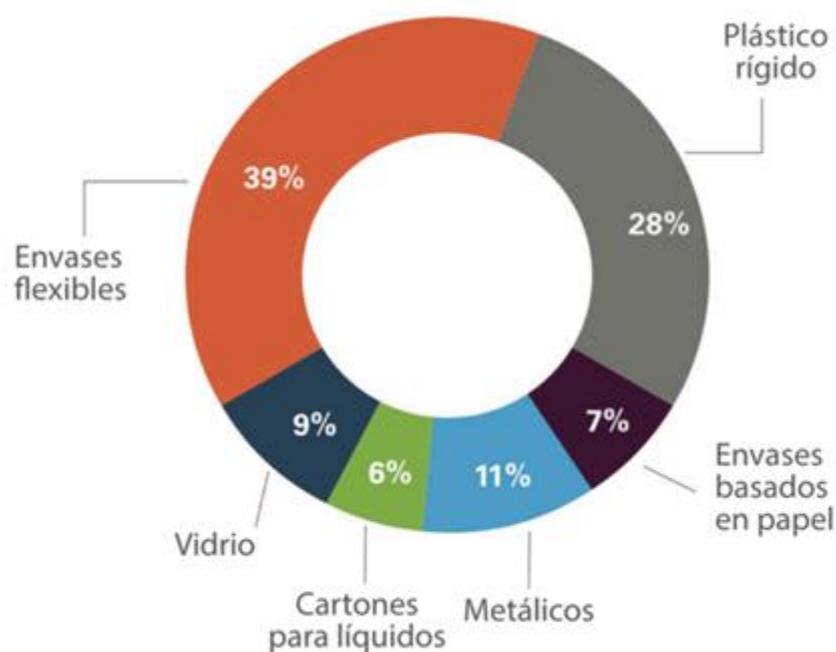


Figura M. 14 Mercado mundial de empaque.

Según el nuevo informe de inteligencia de mercados de PMMI 2019 Flexible Packaging Market Assessment “el crecimiento global de los envases flexibles se ve impulsado por el rápido desarrollo tecnológico y la mejora continua del producto, especialmente por los avances tecnológicos de Estados Unidos y la Unión Europea en empaques de preservación para aumentar la vida útil del producto” [14].

Estados Unidos y Asia-Pacífico tienen las mayores cuotas de mercado. En los Estados Unidos se espera que el tamaño del mercado sea de \$ 44 mil millones para el año 2022 con un TCAC de 3,9%. Asia-Pacífico anticipa una TCAC de 6%, lo que resulta en \$ 49 mil millones para 2023. EL crecimiento estimado del mercado en Europa para el año 2021 es de \$ 4,1 mil millones, con un TCAC de 7,8%. Y se espera que el mercado mexicano de empaques flexibles alcance los \$ 4 mil millones con un TCAC de 12,6% para el año 2023.

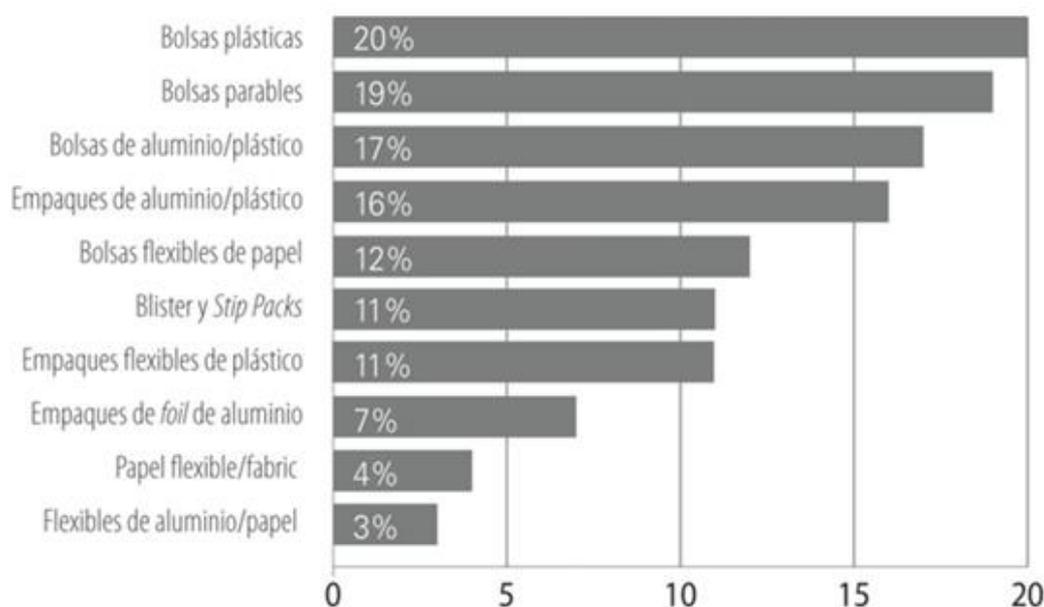


Figura M. 15 Crecimiento mundial del mercado de envases flexibles, 2022.

6.1.1.1. Factores que impulsan el crecimiento global

- Estados Unidos: la demanda de los consumidores de envases “amigables para el consumidor” con una mejor protección del producto.
- Asia-Pacífico: el aumento de la población, especialmente en India y China, lo que significa una creciente industria alimentaria. También hay un aumento en los hogares de una sola persona, con una demanda resultante de empaques de conveniencia y un solo uso.
- Europa: los diseños mejorados para prolongar la vida útil, la sostenibilidad mejorada y la conveniencia aumentan la demanda de los consumidores.

- México: una mayor dependencia de los alimentos nutritivos listos para el consumo, particularmente en el segmento de botanas. También existe una tendencia emergente hacia el empaque de conveniencia y sobre la marcha de botanas de nueces y frutales para niños con empaques atractivos y portátiles.

6.1.2. Mercado en España

El sector del envase, embalaje y maquinaria está compuesto por casi 1.500 empresas que ocupan a más de 73.000 trabajadores, generando un volumen de facturación de 17.500 millones de euros al año. Una de las principales características del sector es la gran concentración, tanto de las empresas como de la producción, en muy pocas Comunidades Autónomas, de las cuales casi el 70% están agrupadas en Cataluña, Comunidad Valenciana y Madrid. El 40% de la facturación de España se concentra en Cataluña y aproximadamente el 30% en Comunidad Valenciana y Madrid.

En España, el 62% de las empresas del sector del envase y embalaje españolas son proveedoras de la industria alimentaria, una de las que más invierte en innovación en packaging.

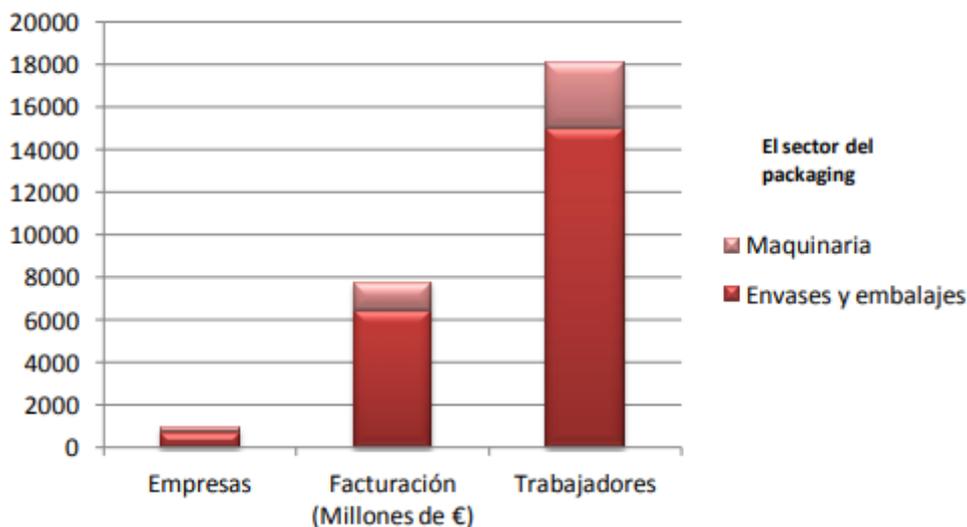


Figura M. 16 Sector del packaging en España.

6.1.2.1. Sector del Embalaje Flexible en España

El sector del embalaje flexible actualmente está en auge. Los adelantos tecnológicos que se han colocado en diversas fábricas de la mayoría de los convertidores españoles les han puesto una rampa de salida para lo que se espera sea un futuro con una inagotable demanda.

Cambios como la aparición del e-commerce, para el que se demandarán envases flexibles capaces de soportar mejor los envíos y adaptarse a cualquier embalaje secundario, unido a la positiva impresión que tienen de este packaging, las nuevas generaciones son las bases que cimientan casi todos los estudios que analizan su inmejorable evolución en los cursos venideros.

También destacar que las últimas cifras obtenidas cuentan que el último año se cerrará con unos 260 mil euros de inversión destinada fundamentalmente a activos productivos e I+D, lo que es una señal inequívoca del dulce momento que está pasando el sector.

Pese a que el mercado nacional sigue sin aprovechar como corresponde todos los avances técnicos que se han incorporado en los últimos años, poco a poco las tasas de crecimiento aumentan su ritmo y el pasado año, según los datos de *Alimarket Envase* [15], alcanzaron un 2%, con un protagonismo destacado para la exportación, que supera de largo el 5%.

6.2 Características de la instalación

En este punto del proyecto se va a detallar la instalación de la línea de producción que compondrá la planta de producción de film multicapa.

La producción estimada de la línea de producción es de 2.970 toneladas al año de film multicapa. Dicho producto será almacenado en bobinas de 125 kg y 250 kg, dependiendo del espesor que tenga el film, ya que como resultado del proceso de producción se obtendrán bobinas de film con espesor de 70 micras y bobinas de film con espesor de 150 micras. La estructura del film será siempre la misma, lo único que cambiarán serán los parámetros de máquina establecidos en la línea de producción.

Dichos parámetros se detallaran en el apartado *6.4 Proceso de fabricación*.

La planta de producción que se va a diseñar contará con una superficie total de 13.455 m², como se ha establecido siguiendo el modelo SLP (Systematic Layout Planning) realizado en el apartado 1.3. *Distribución en planta por el método SLP* del documento de *Anexos*.

6.3 Equipos del proceso

Los equipos necesarios que compondrán la línea de producción para poder llevar a cabo todas las operaciones necesarias, se detallan a continuación.

Cuando se realiza la compra de los equipos que componen la línea del proceso principal de extrusión soplado, la empresa distribidora no vende por separado cada uno de los equipos, es decir, cuando se adquiere una línea de proceso de este tipo, se compra toda la línea como un único equipo.

A continuación se detallan los equipos que componen la línea del proceso principal de producción, los equipos auxiliares y todos los equipos que componen el laboratorio.

Todo ello necesario para llevar a cabo todo el proceso desde la llegada de la materia prima hasta la distribución del producto.

Tabla M. 4 Equipos que forman la línea de proceso de producción.

Equipos línea de proceso principal
Línea de proceso de extrusión soplado
Depósito de agua
Chiller para refrigerar las extrusoras
Chiller para refrigerar el aire de la burbuja
Atemperador para el rodillo principal

Tabla M. 5 Equipos auxiliares.

Equipos auxiliares del proceso
Silos de almacenamiento
Carretilla elevadora
Puente grúa
Bomba de vacío para las conducciones

Tabla M. 6 Equipos de laboratorio.

Equipos de laboratorio	
Microscopio óptico	Gelbo
Hazemeter	Elmendorf (Spencer)
Brillometro	Karl Fisher
Máquina universal	Medidor de espesores

6.4 Proceso de fabricación

En este apartado se va a detallar todo lo que engloba al diagrama de proceso correspondiente al proceso de producción.

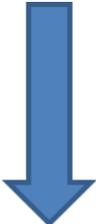
6.4.1 Estructura del film procesado

En este apartado se va a detallar cada uno de los materiales que componen la estructura final del film producido.

El proceso de producción se realiza para dos clases de bobinado de film de distinto espesor. Teniendo en cuenta que el film producido tiene como objetivo utilizarse para envasar productos alimentarios como por ejemplo puede ser el queso, que se envasan mediante el proceso de termoformado, se necesitan dos tipos de bobinas de film, ambas tendrán la misma estructura de materiales, sólo cambiará el espesor de cada una de las capas en función del espesor final que se quiera obtener.

La primera clase de bobinado se requiere que tenga un espesor de 70 μm , ya que este film se utilizará como “tapa” del envase del producto, por lo que la distribución de espesores será la siguiente:

Tabla M. 7 Estructura y espesor de las capas del film A.

	Extrusoras	Material	Espesor (μm)
Exterior	Extrusora 1	PA	15
	Extrusora 2	Tie	5
	Extrusora 3	PA	4
	Extrusora 4	EVOH	4
	Extrusora 5	PA	4
	Extrusora 6	Tie	5
	Extrusora 7	PE	8
	Extrusora 8	PE	10
Interior	Extrusora 9	PE	15

La segunda clase de bobinado se requiere que tenga un espesor de 150 μm , ya que este film se utilizará como “*cuerpo*” del envase, es decir, donde se introducirá el producto, por ejemplo el queso, por lo que la distribución de espesores será la siguiente:

Tabla M. 8 Estructura y espesor de las capas del film B.

	Extrusoras	Material	Espesor (μm)
Exterior	Extrusora 1	PA	26
	Extrusora 2	Tie	10
	Extrusora 3	PA	9
	Extrusora 4	EVOH	9
	Extrusora 5	PA	9
	Extrusora 6	Tie	10
	Extrusora 7	PE	17
	Extrusora 8	PE	28
Interior	Extrusora 9	PE	32

6.4.2 Diagrama de proceso

En la *figura M. 17* se puede observar mediante un diagrama de proceso detallado, el proceso de transformación de la materia prima hasta obtener el bobinado final del film.

En él se enumeran los pasos que realizaría un operario para poner en funcionamiento la línea de producción de film, desde el almacén de materia prima hasta el almacén de producto, pasando por cada etapa del proceso.

En este proyecto el calendario de trabajo establecido es de 330 días/año, es decir, la planta deja de estar produciendo 30 días al año por motivos de mantenimiento, como se detalla en el apartado 2.5 del documento de los *Anexos*, por lo que el proceso detallado en el diagrama de proceso, sólo se realiza una vez al año: de encendido de equipos, precalentamiento de máquinas, abertura de llaves de paso de agua, etc., considerando que no ocurra ningún imprevisto y haya que parar la producción.

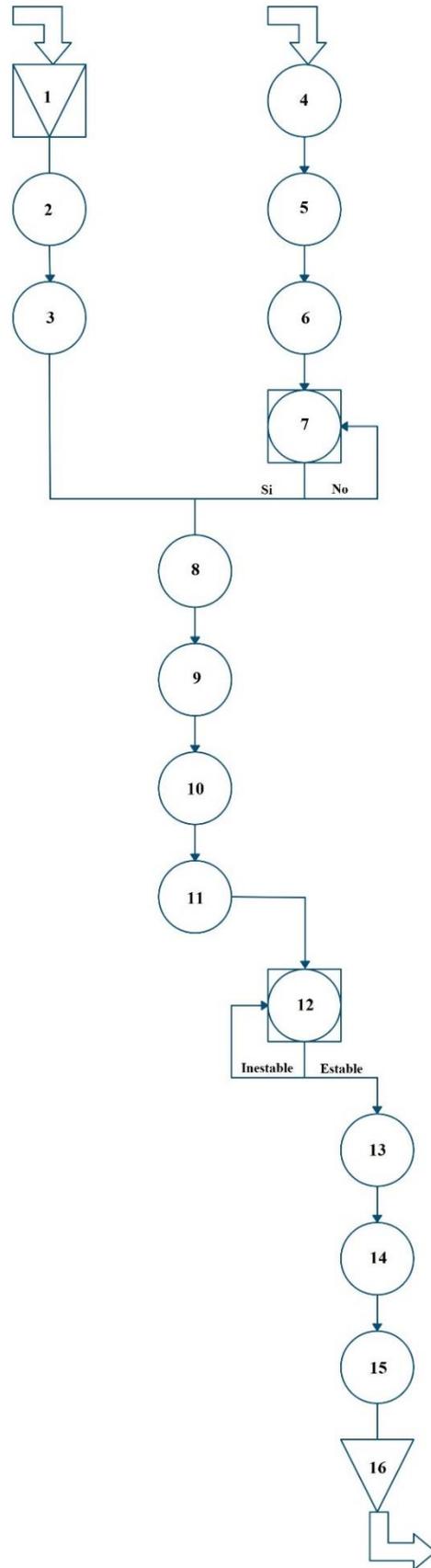


Figura M. 17 Diagrama de proceso detallado.

En la *tabla M. 9* se describe cada una de las partes que compone el diagrama de proceso correspondiente a la *figura M. 17*.

Tabla M. 9 Etapas del diagrama de flujo del proceso de producción.

	Actividad
1	Almacén de materia prima e inspección
2	Llenado de las tolvas
3	Colocación de mandriles para el posterior bobinado del film
4	Abrir paso de aire, agua y del atemperador
5	Conectar suministro eléctrico y cada una de las extrusoras
6	Encender PC, entrar en programa y cargar el software correspondiente
7	Temperatura deseada alcanzada por las extrusoras
8	Zona alimentación (Extrusoras)
9	Zona compresión del material (Extrusoras)
10	Zona dosificación del material fundido (Extrusoras)
11	Anillo enfriador por aire
12	Inyección de aire (Formación de la burbuja)
13	Sistema de calandrado, colapso y centrado de la burbuja
14	Circuito de rodillos bajada de la torre
15	Bobinado del film
16	Almacén de producto

6.4.3. Descripción del proceso

En este apartado se detalla el proceso de fabricación del film, mediante la *figura M. 18*.

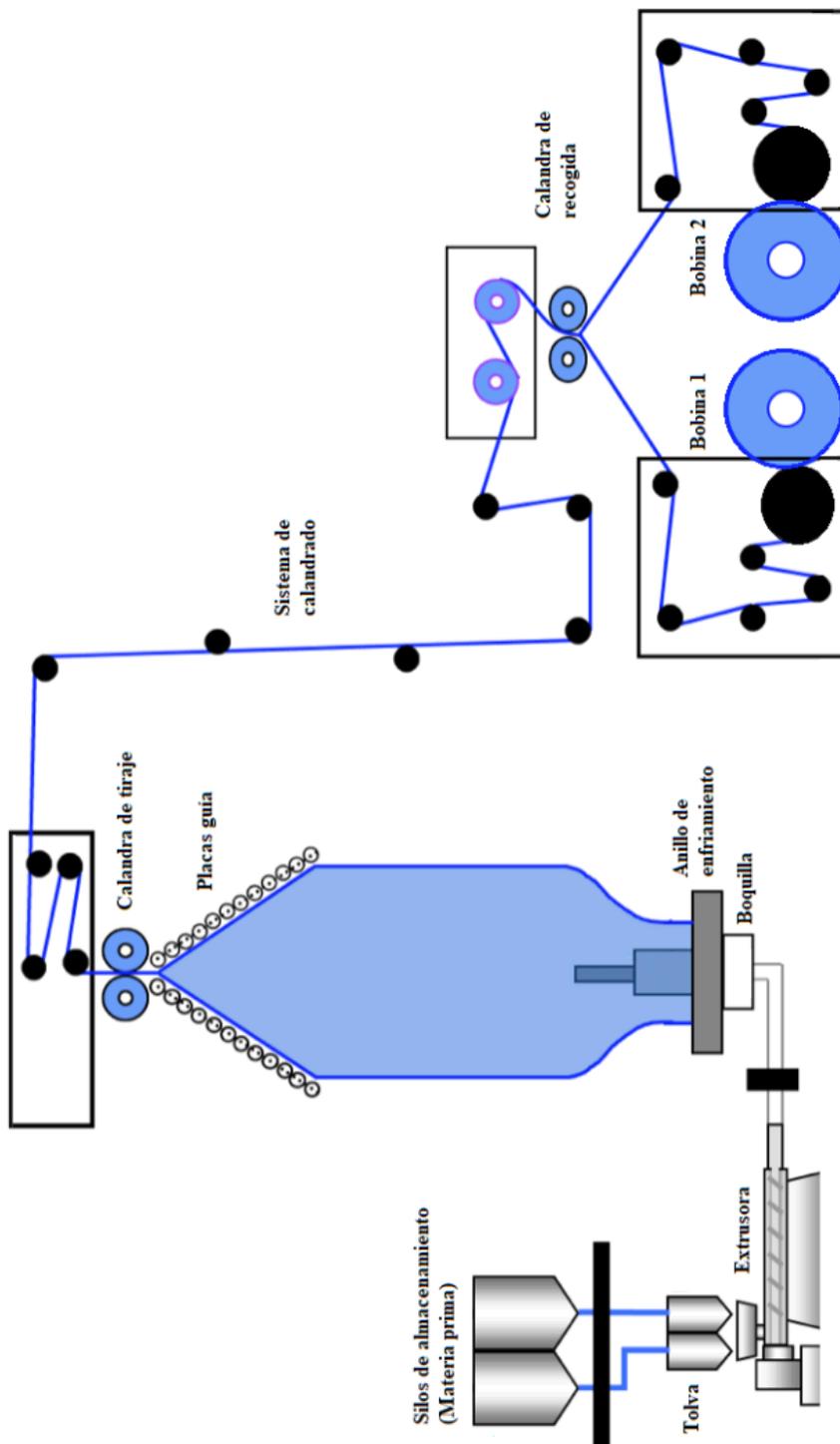


Figura M. 18 Descripción del proceso de producción.

Previamente la materia prima llega en camiones cisterna, que llenan cada uno de los silos de la materia prima correspondiente. De los 4 materiales, el EVOH y la PA, son los únicos materiales higroscópicos, por lo que hay que tener especial cuidado a la hora de almacenarlos para que no cojan humedad y no se salgan de sus especificaciones óptimas para poder procesarlos.

Una vez los silos de materia prima están llenos, mediante un proceso de succión conectado entre el correspondiente silo y su tolva de la extrusora, de manera automática, se dosifica la cantidad necesaria para alimentar la extrusora.

Cuando las tolvas de las extrusoras ya están llenas y todos los equipos óptimos para poder trabajar, empiezan a alimentarse las extrusoras. Las extrusoras constan de un cilindro en cuyo interior se aloja un husillo que al girar recoge el material de la tolva de alimentación, que lo hace avanzar a lo largo del cilindro, le somete a importantes esfuerzos de cizalla a la vez que los comprime y lo dosifica a través de un plato rompedor hasta la boquilla, donde finalmente sale el material totalmente fundido hasta el anillo enfriador; este paso es crítico para poder obtener un film de espesor regular, ya que a continuación por el centro del núcleo, se inyecta aire a una determinada presión y temperatura, que será el encargado de formar una larga burbuja cilíndrica de varias veces el diámetro del tubo extruido, hasta que ésta tenga las dimensiones deseadas (en diámetro y espesor).

A medida que se va formando la burbuja, se tiene que tener especial cuidado de que se forme la burbuja de forma uniforme, teniendo en cuenta que a medida que se va hinchando, la burbuja se va enfriando mediante una corriente forzada de aire que pasa a través de una cámara anular y se dirige concéntrica y uniformemente sobre la burbuja. Si el flujo del aire no está bien regulado o no es concéntrico con la burbuja, se produce una diversidad de espesores que dan lugar a la formación de ondulaciones en la bobina, lo que supone un grave inconveniente en el momento en que se va a producir. Para evitar estos defectos se suelen usar anillos distribuidores de aire rotatorios, los cuales están incluidos en dicho proceso, que reparten la posible diferencia de espesores helicoidalmente en torno a la bobina.

Una vez se ha formado por completo la burbuja, ésta se introduce por unas placas guías que son las encargadas de guiar a la burbuja hasta el sistema denominado “calandra de tiraje”. Este sistema está compuesto por cilindros revestidos de caucho duro, que deben

producir una presión de cierre uniforme, tirando del film con una velocidad de arrastre que, en definitiva es otro factor que va a determinar el espesor final del film.

Seguidamente, el film pasa por un sistema de calandrado que guía el film hasta la calandra de recogida donde, mediante un sistema de corte, divide la burbuja en dos films produciendo así dos bobinas.

Finalmente cuando se han completado ambos bobinados, mediante un sistema automático de cambio de mandril, se retira cada una de las bobinas y se continúa con el bobinado del siguiente lote de bobinas. Entre cada cambio de bobina acabada y nuevo bobinado, no se produce ningún parón, esto se debe al sistema implantado de forma automática en el proceso. Si este proceso fuera manual, se perdería material ya que el cambio de sacar la bobina y colocar el mandril para el nuevo bobinado, requiere de fuerza, destreza y rapidez. De esta manera, al automatizarlo la empresa se evita mayor mano de obra y pérdida de material, además de otros posibles variables.

Por último, cuando las bobinas son retiradas del proceso, un operario las transporta mediante una carretilla eléctrica elevadora hasta el almacén de producto acabado, donde se almacenan correctamente para su posterior distribución.

7. Análisis de soluciones

Para la realización correcta del diseño de la instalación de la línea de producción de film multicapa, se han realizado diversas comparativas con el objetivo de definir la opción más favorable para el proceso.

7.1 Línea de producción de film

En este apartado se va a realizar una comparativa entre dos procesos de producción de film multicapa y se justificará por qué la elección del uno y no del otro, teniendo en cuenta que ambos procesos se utilizan en la industria.

La principal justificación de la elección de este proceso se debe a que como bien se ha dicho en el objetivo, el método de producción utilizado en el diseño de la planta está basado en el que está situado en la planta piloto del departamento de I+D de la empresa UBE Corporation Europe.

El proceso de extrusión y procesado del film es la unidad principal del proceso, por lo que es muy importante su correcta elección.

A continuación se detalla cada uno de los dos procesos utilizados en la industria y sus características.

- **Extrusión de lámina plana**

Los principales componentes de una línea de lámina plana son: la extrusora, la pila de rodillos, la sección de enfriamiento, generalmente formada por una serie de rodillos, la sección de tensionado y el recogedor, tal y como se puede observar en la *figura M. 19*.

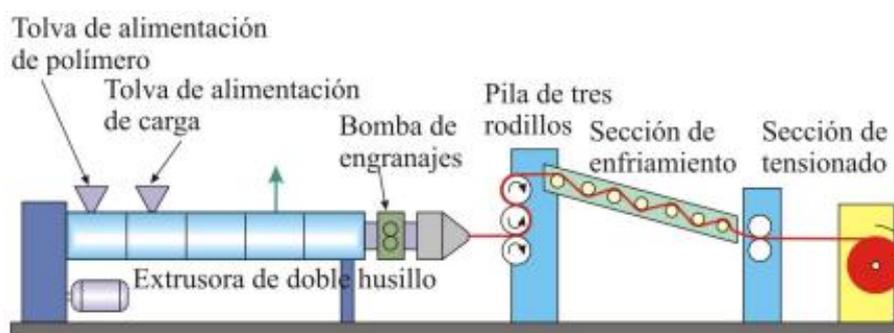


Figura M. 19 Proceso de extrusión de lámina plana.

La *figura M. 19* muestra una lámina de plástico recorriendo el rodillo central y realizando una trayectoria en forma de S alrededor del rodillo central y luego dirigiéndose hacia arriba. Por el interior de los rodillos normalmente se hace circular un fluido que controla la temperatura del proceso.

- **Extrusión de película soplada**

La línea de producción de película soplada está equipada con una boquilla anular, dirigida hacia arriba, como se muestra en la *figura M. 20*.

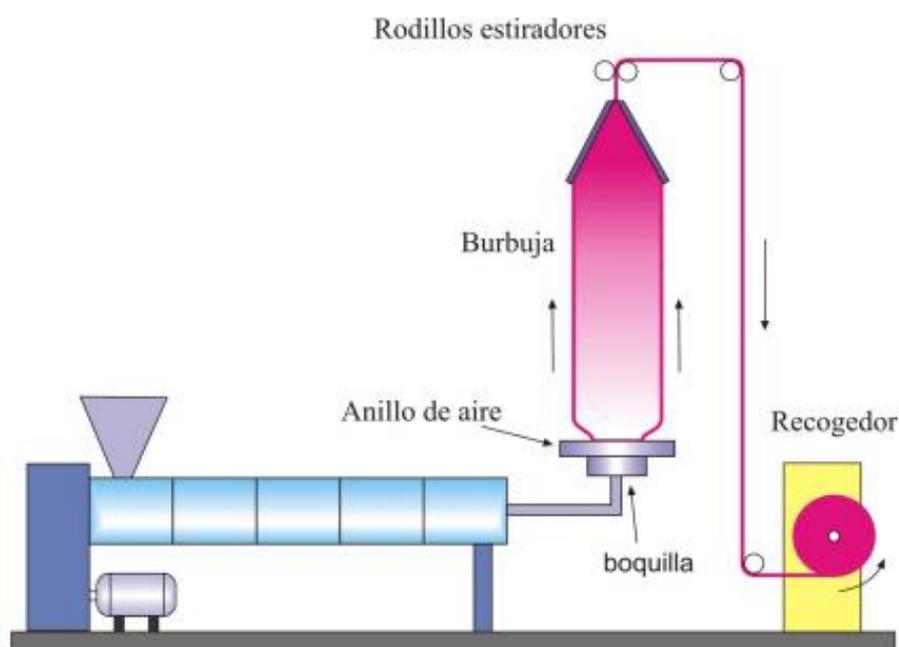


Figura M. 20 Proceso de extrusión de película soplada.

Por el interior de la boquilla se inyecta aire que queda confinado en el interior del material que sale por la boquilla y que es contenido, como si de una gran burbuja se tratara, por un par de rodillos situado en la parte superior. La boquilla dispone de unos orificios que permiten la circulación de aire por el exterior para enfriar el material.

En algunos casos el material se expande hasta tres veces su diámetro original, y a la vez es estirado por los rodillos que se encuentran en la parte superior, de modo que se orienta biaxialmente. A medida que el material sale de la boquilla en estado fundido, y asciende, se enfría gracias a la corriente de aire que circula

por el exterior de la burbuja, de modo que solidifica “congelando” la orientación del film en dos direcciones, axial y longitudinal.

El punto de solidificación se suele apreciar fácilmente debido a la pérdida de transparencia del material al pasar de estado amorfo al cristalino o semicristalino. A este proceso se le conoce como “estabilización de la burbuja”.

La orientación biaxial confiere muy buenas propiedades mecánicas si se comparan con las obtenidas en el proceso de lámina plana, donde sólo existe orientación en una dirección.

La diferencia entre el proceso de extrusión de película soplada y de lámina plana, es su grosor, considerándose láminas si tienen un grosor superior a 2 mm y películas si éste es inferior. A pesar de que suele hacerse diferenciación, las líneas de producción para película y lámina son muy similares.

Tras la descripción de ambos procesos, en la *tabla M. 10* se ha recogido las características de cada proceso y comparadas uno frente al otro.

Tabla M. 10 Comparación de las características de los dos procesos de producción.

Película soplada	Lámina plana
Enfriamiento por aire	Enfriamiento por agua
Enfriamiento brusco	Enfriamiento leve
Espacio del proceso: pequeño	Espacio del proceso: grande
Capacidad de producción de dos bobinas	Capacidad de producción una bobina
Orientación biaxial del film	Orientación única del film
Mejores propiedades mecánicas	Peores propiedades mecánicas
Film menos transparente	Film más transparente

Tras realizada la comparación se puede concluir que ambos procesos son óptimos para producir film, pero el proceso de película soplada cumple todas las especificaciones necesarias para obtener el tipo de film que se requiere, como, el tamaño del film final, capacidad de producir con posibilidad de dos bobinas simultáneamente, haciendo así una producción más eficiente, beneficiando a que la máquina no trabaje más duramente ya que el trabajo final se divide en dos bobinas y además beneficia a los operarios ya que el peso de cada bobina es mucho menor.

Además la elección del proceso de película soplada tiene mayores beneficios respecto al film, ya que en dicho proceso las propiedades mecánicas son mejores y como se detalla en el apartado 3.2.2. *Packaging o envasado*, es una propiedad muy importante en el tipo de film que se quiere producir. La propiedad óptica también es muy importante en este tipo de films y aunque en el proceso de película soplada, el resultado final obtenido es menos transparente que en el proceso de lámina plana, debido al sistema de enfriamiento, que es más brusco, sigue cumpliendo el proceso de película soplada, con las expectativas y exigencias de la industria de este tipo de film.

8. Resultados finales

Este apartado hace referencia al apartado *Anexo I. Cálculos* del documento de *Anexos*, en el cual se ha detallado cada una de las operaciones realizadas para obtener finalmente los cálculos planteados, obteniendo todos los parámetros que influyen en el proceso de producción de extrusión soplado.

Cada capa que forma la estructura del film tiene un espesor diferente, eso se debe, a que cada capa está hecha de un material y cada material proporciona una propiedad final al film. La estructura que se va a producir, se ha realizado para que el film final cumpla con todas las especificaciones y propiedades planteadas en los apartados 3.2.2. *Packaging o envasado* y 3.2.3 *Plásticos empleados en el envasado*.

El cálculo del caudal de cada una de las nueve extrusoras que forma la estructura, es el más relevante y significativo para la producción del film, ya que lo que se ha planteado es obtener un film con unas propiedades específicas y con unos espesores específicos.

A continuación se presentan los resultados obtenidos.

8.1 Layflat Width

El layflat width o también llamado “ancho del film”, hace referencia al ancho que tendrá el film tras ser colapsada la burbuja al pasar por la calandra de tiraje.

De los cálculos realizados y expuestos en el apartado 1.1.2. *Layflat Width* del documento de *Anexos*, se obtienen los siguientes valores:

- **Film A (70 µm):**

$$\text{Lay Flat} = 2474 \text{ mm} \quad (\text{M. 1})$$

- **Film B (150 µm):**

$$\text{Lay Flat} = 1767,15 \text{ mm} \quad (\text{M. 2})$$

Una vez obtenido el valor del Lay Flat Width o ancho de film, ya se puede proceder a realizar el cálculo de la relación de adelgazamiento.

8.2. Relación de adelgazamiento (R_a)

Este parámetro mide la reducción del espesor del film después de ser soplada la burbuja.

De los cálculos realizados y expuestos en el apartado 1.1.3. *Relación de adelgazamiento (R_a)* del apartado de *Anexos*, se han obtenido los siguientes datos.

- **Film A (70 μm):**

$$R_a = 25,71 \quad (\text{M. 3})$$

- **Film B (150 μm):**

$$R_a = 12 \quad (\text{M. 4})$$

Obtenidos los valores de la variable de proceso correspondiente a la relación de adelgazamiento, se procede a continuación a realizar el cálculo de la relación de estiramiento.

8.3 Relación de estiramiento (TUR)

Este parámetro indica el estirado que ha sufrido el material en la dirección de extrusión (MD) una vez que ha salido de la boquilla.

De los cálculos realizados y expuestos en el apartado 1.1.4. *Relación de estiramiento (TUR)* del documento de *Anexos*, se han obtenido los siguientes datos.

- **Film A (70 μm):**

$$TUR = 7,35 \quad (\text{M. 5})$$

- **Film B (150 μm):**

$$TUR = 4,80 \quad (\text{M. 6})$$

Obtenidos los valores de la variable de proceso correspondiente a la relación de estiramiento, se procede a continuación a realizar el cálculo de la velocidad de línea que habrá que alcanzar para obtener la producción determinada.

8.4 Velocidad de línea

De los cálculos realizados y expuestos en el apartado 1.1.5. *Velocidad de línea* del documento de *Anexos*, se han obtenido los siguientes datos.

- **Film A (70 μm):**

$$V_{\text{línea}} = 1,20 \cdot 10^4 \frac{\text{mm}}{\text{min}} \quad (\text{M. 7})$$

- **Film B (150 μm):**

$$V_{\text{línea}} = 1,57 \cdot 10^4 \frac{\text{mm}}{\text{min}} \quad (\text{M. 8})$$

Ya obtenidos los cálculos de la velocidad de línea a la que va a trabajar la línea de proceso, se procede a realizar el cálculo del caudal másico de extrusión de cada extrusora, obteniendo así el correspondiente espesor de cada capa del film de manera óptima.

8.5 Caudal másico de cada extrusora

Se van a realizar nueve cálculos por cada film, correspondientes a cada una de las extrusoras que compone la línea de proceso.

- **Film A (70 μm):**

- Extrusora 1:

$$M_{\text{extrusora 1}} = 1.011,34 \left(\frac{\text{g}}{\text{min}} \right) \quad (\text{M. 9})$$

- Extrusora 2:

$$M_{\text{extrusora 2}} = 269,10 \left(\frac{\text{g}}{\text{min}} \right) \quad (\text{M. 10})$$

- Extrusora 3:

$$M_{\text{extrusora 3}} = 269,69 \left(\frac{\text{g}}{\text{min}} \right) \quad (\text{M. 11})$$

- Extrusora 4:

$$M_{\text{extrusora 4}} = 281,52 \left(\frac{\text{g}}{\text{min}} \right) \quad (\text{M. 12})$$

- Extrusora 5:

$$M_{\text{extrusora 5}} = 269,69 \left(\frac{\text{g}}{\text{min}} \right) \quad (\text{M. 13})$$

- Extrusora 6:

$$M_{\text{extrusora 6}} = 269,10 \left(\frac{\text{g}}{\text{min}} \right) \quad (\text{M. 14})$$

- Extrusora 7:

$$M_{\text{extrusora 7}} = 435,29 \left(\frac{\text{g}}{\text{min}} \right) \quad (\text{M. 15})$$

- Extrusora 8:

$$M_{\text{extrusora 8}} = 544,11 \left(\frac{\text{g}}{\text{min}} \right) \quad (\text{M. 16})$$

- Extrusora 9:

$$M_{\text{extrusora 9}} = 816,17 \left(\frac{\text{g}}{\text{min}} \right) \quad (\text{M. 17})$$

Obtenidos ya los cálculos pertinentes, se ha realizado una conversión de unidades, como se puede observar en la *tabla M. 11*, obteniendo una mayor visualización de la producción y poder llevar un mayor control a la hora de almacenaje y distribución de producto.

Tabla M. 11 Caudales máxicos de las extrusoras del film A.

Parámetros	M extrusora i (kg/h)
Extrusora 1	60,68
Extrusora 2	16,15
Extrusora 3	16,18
Extrusora 4	16,89
Extrusora 5	16,18
Extrusora 6	16,15
Extrusora 7	26,12
Extrusora 8	32,65
Extrusora 9	48,97

- **Film B (150 µm):**

- Extrusora 1:

$$M_{\text{extrusora 1}} = 1.647,59 \left(\frac{\text{g}}{\text{min}} \right) \quad (\text{M. 18})$$

- Extrusora 2:

$$M_{\text{extrusora 2}} = 505,84 \left(\frac{\text{g}}{\text{min}} \right) \quad (\text{M. 19})$$

- Extrusora 3:

$$M_{\text{extrusora 3}} = 570,32 \left(\frac{\text{g}}{\text{min}} \right) \quad (\text{M. 20})$$

- Extrusora 4:

$$M_{\text{extrusora 4}} = 595,33 \left(\frac{\text{g}}{\text{min}} \right) \quad (\text{M. 21})$$

- Extrusora 5:

$$M_{\text{extrusora 5}} = 570,32 \left(\frac{\text{g}}{\text{min}} \right) \quad (\text{M. 22})$$

- Extrusora 6:

$$M_{\text{extrusora 6}} = 505,84 \left(\frac{\text{g}}{\text{min}} \right) \quad (\text{M. 23})$$

- Extrusora 7:

$$M_{\text{extrusora 7}} = 869,38 \left(\frac{\text{g}}{\text{min}} \right) \quad (\text{M. 24})$$

- Extrusora 8:

$$M_{\text{extrusora 8}} = 1.431,91 \left(\frac{\text{g}}{\text{min}} \right) \quad (\text{M. 25})$$

- Extrusora 9:

$$M_{\text{extrusora 9}} = 1.636,47 \left(\frac{\text{g}}{\text{min}} \right) \quad (\text{M. 26})$$

Obtenidos ya los cálculos pertinentes, se ha realizado una conversión de unidades, como se puede observar en la *tabla M. 12*, obteniendo una mayor visualización de la producción y poder llevar un mayor control a la hora de almacenaje y distribución de producto.

Tabla M. 12 Caudales máxicos de las extrusoras del film B.

Parámetros	M extrusoras i (kg/h)
Extrusora 1	98,96
Extrusora 2	30,35
Extrusora 3	34,22
Extrusora 4	35,72
Extrusora 5	34,22
Extrusora 6	30,35
Extrusora 7	52,26
Extrusora 8	85,91
Extrusora 9	98,19

8.6. Silos de materias primas

La materia prima se va a almacenar en 4 silos que estarán situados cerca del inicio de la línea de proceso, para que se tenga un corto recorrido y fácil dosificación desde cada uno de los silos hasta su respectiva tolva. Como bien se ha indicado en el punto 6.4.2 *Diagrama de proceso*, la materia prima llega en camiones cisterna, que llenan cada uno de los silos de la materia prima correspondiente (EVOH, PA, PE y TIE).

Para el dimensionamiento de los silos, hay que tener en cuenta que los camiones cisterna que vienen a distribuir los materiales en las tolvas, vienen cada 2 semanas, pero hay que tener en cuenta que en el interior de los silos siempre va a quedar la cantidad en stock de producto correspondiente a 2 semanas, que corresponde a la producción de ambos films (A y B).

Sabiendo que para el primer pedido y con el objetivo de cumplir con las 2 semanas de stock que se quiere, la capacidad de los silos tiene que ser como mínimo igual a la producción total de un mes.

Se sabe que la producción total cada dos semanas del film A es de 89.986 kg, los cuales corresponden 38.784 kg de PE, 11.625 kg de Tie, 33.495 kg de PA y 6.081 kg de EVOH y del film B es de 179.993 kg, los cuales corresponden 85.056 kg de PE, 21.852 kg de Tie, 60.226 kg de PA y 12.859 kg de EVOH.

Teniendo en cuenta la densidad de cada uno de los materiales y su producción, el volumen mínimo que tiene que tener cada silo de almacenaje debe de ser el siguiente.

Tabla M. 13 Densidad de la materia prima.

Materiales	ρ (kg/m³)
PE	920
Tie	910
PA	1.140
EVOH	1.190

- **FILM A:**

- Silo de PE:

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Producción 1 mes (kg)}}{\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}} = \frac{38.784}{920} = 42,16 \text{ m}^3 \quad (\text{M. 27})$$

- Silo de Tie:

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Producción 1 mes (kg)}}{\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}} = \frac{11.625}{910} = 12,78 \text{ m}^3 \quad (\text{M. 28})$$

- Silo de PA:

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Producción 1 mes (kg)}}{\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}} = \frac{33.495}{1.140} = 29,39 \text{ m}^3 \quad (\text{M. 29})$$

- Silo de EVOH:

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Producción 1 mes (kg)}}{\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}} = \frac{6.081}{1.190} = 5,11 \text{ m}^3 \quad (\text{M. 30})$$

- **FILM B:**

- Silo de PE:

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Producción 1 mes (kg)}}{\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}} = \frac{85.056}{920} = 92,46 \text{ m}^3 \quad (\text{M. 31})$$

- Silo de Tie:

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Producción 1 mes (kg)}}{\rho \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} = \frac{21.852}{910} = 24,02 \text{ m}^3 \quad (\text{M. 32})$$

- Silo de PA:

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Producción 1 mes (kg)}}{\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}} = \frac{60.226}{1.140} = 52,83 \text{ m}^3 \quad (\text{M. 33})$$

- Silo de EVOH:

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Producción 1 mes (kg)}}{\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}} = \frac{12.859}{1.190} = 10,81 \text{ m}^3 \quad (\text{M. 34})$$

Por lo que si se suman los volúmenes obtenidos de ambos films, se obtiene el volumen total que tiene que tener como mínimo cada silo de cada material, como se puede observar en la *tabla M. 14*.

Tabla M. 14 Volumen que ocupara cada materia prima en el interior del silo.

Materiales	Volumen del silo (m³)
PE	134,62
Tie	36,8
PA	82,22
EVOH	15,92

Teniendo en cuenta los valores obtenidos de los volúmenes correspondientes a cada silo de almacenaje, se determina que el volumen finalmente de cada silo será el siguiente.

- El silo de PE tendrá un volumen de 150 m³.
- El silo de Tie tendrá un volumen de 50 m³.
- El silo de PA tendrá un volumen de 100 m³.
- El silo de EVOH tendrá un volumen de 20 m³.

Estos valores se han determinado, en base de conocimientos futuros de que si hubiese la idea de aumentar la producción se tenga un margen de almacenaje mayor al actual.

8.7 Almacén de producto terminado

El producto terminado, es decir, las bobinas correspondientes a cada una de las clases de film que se produce, se almacenaran en palets, con el fin de obtener un mejor aprovechamiento del espacio. Se utilizará el palet europeo, también conocido como europalet o EPAL, a partir de la norma UNE-EN 13698-1 de ámbito europeo.

Respecto a los silos de almacenaje de materia prima, se requiere tener un almacén de producto terminado en vista a 1 mes de demanda.

Teniendo en cuenta que en un mes la producción del film A es de aproximadamente 90.000 kilogramos y del film B es de 180.000 kilogramos, es decir, sabiendo que las bobinas del film A se producen un total de dos bobinas por hora de 125 kg cada bobina y del film B se producen un total de dos bobinas por hora de 250 kg cada bobina.

Se almacenaran un total de 720 bobinas del film A y 720 bobinas del film B.

Siguiendo el criterio establecido por la norma UNE-EN 13698-1 que un europalet soporta cargas de hasta 1.500 kg, distribuir 720 bobinas de film A sabiendo que cada bobina pesa 125 kg, habrá que distribuir por palet un total de 10 bobinas, obteniendo así un peso total de 1.250 kilos que soportará cada palet y sin tener que forzar el peso máximo por palet establecido según norma.

De esta manera si por cada palet de film A caben 10 bobinas, para 720 bobinas harán falta 72 palets.

Respecto al film B, siguiendo el mismo criterio de la norma UNE-EN 13698-1 y sabiendo que en este caso cada bobina producida de film B pesa 250 kilos, habrá que distribuir por palet un total de 5 bobinas, obteniendo así un peso total de 1.250 kilos que

soportará cada palet y sin tener que forzar el peso máximo por palet establecido según norma.

De esta manera si por cada palet de film A, caben 5 bobinas, para 720 bobinas harán falta 144 palets.

Una vez se sabe la cantidad de palets que tiene que contener el almacén de producto terminado para cubrir la producción deseada, se tiene que determinar el espacio que ocupará el almacén. Para ello se debe de considerar las medidas de los palets según dicta la norma UNE-EN 13698-1, cuales se detallan a continuación en milímetros (vista superior, vista longitudinal).

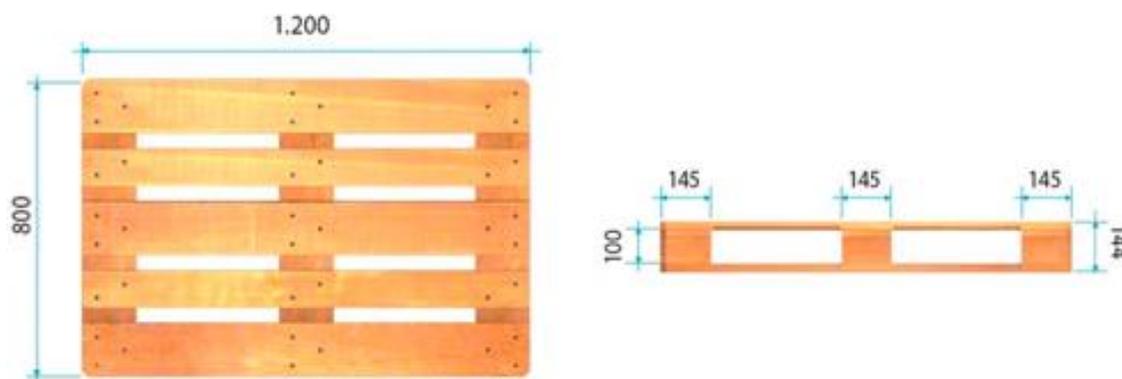


Figura M. 21 Medidas de un palet según norma UNE-EN 13698-1.

Conociendo las medidas de ancho y largo de cada palet, se puede deducir que la superficie que ocupa cada palet es de $0,96 \text{ m}^2$ ($0,8 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$).

Por lo que sabiendo que para el film A se necesitan 72 palets, la superficie que ocuparán dichos palets será de $69,12 \text{ m}^2$ ($72 \text{ palets} \times 0,96 \text{ m}^2$) y para el film B se sabe que se necesitan 144 palets, por lo que la superficie que ocuparán dichos palets será de $138,24 \text{ m}^2$ ($144 \text{ palets} \times 0,96 \text{ m}^2$). Al sumar cada una de las superficies que ocupará cada producto terminado de cada film, se obtiene que el almacén estará ocupado por una superficie total de $207,36 \text{ m}^2$ ($69,12 \text{ m}^2 + 138,24 \text{ m}^2$).

Sin embargo, hay que tener en cuenta la separación entre filas, entre palets y pasillos necesarios para poder transportar de forma óptima los palets, por lo que se tomará como factor de seguridad un valor de 2, obteniendo como resultado una superficie total de $414,72 \text{ m}^2$ ($207,36 \times 2$).

8.8 Conducciones

En este punto se va a explicar las conducciones necesarias instaladas en la planta, dichas conducciones se instalan en el exterior de la línea de proceso. Consistirá en transportar cada uno de los pellets de materia prima del interior de los silos de almacenamiento hasta las tolvas situadas en cada una de su respectiva extrusora al inicio del proceso de producción.

La materia prima será transportada mediante una bomba de vacío que se instalará al inicio de cada una de las conducciones que están conectadas a cada uno de los silos que contiene la materia prima. En total el tramo de conducciones estará compuesto por cuatro conducciones generales distintas que se enlazarán a las conducciones que conectan con las tolvas de las extrusoras, mediante una única conducción.

El material de las conducciones será de acero galvanizado, evitando que entre la humedad gracias al zinc, ya que al crear una capa de zinc sobre el acero, evita la entrada del oxígeno. Es importante ya que dos de los cuatro materiales que se utilizan en el proceso son higroscópicos y si superan un grado de humedad elevado, perjudicaría a la producción de film.

Como se ha realizado en el apartado 1.2. *Conducciones* del documento de *Anexos*, a continuación en la *tabla M. 15* se muestran las conclusiones obtenidas mediante los cálculos pertinentes del transporte neumático.

Tabla M. 15 Características de las conducciones obtenidas.

Términos	Unidades	Valores
Caudal másico material (Q_m)	kg/s	0,0275
L horizontal	m	30
L vertical	m	10
nº codos	Ud.	7
Diámetro conducciones (D)	Pulgadas	12
	m	0,3048
Velocidad del fluido (U_f)	m/s	14,90
ΔP_{Total}	Pa	2.158,77
	Bar	0,021

8.9 Distribución en planta

Tras conocer todas las características de los elementos y equipos que forman la planta de producción de film, se procede a mostrar según el resultado obtenido en el apartado 1.3. *Distribución en planta por el método de SLP* del documento *Anexos*, la distribución, la localización y emplazamiento de la planta de producción.

8.9.1 Plano de distribución

Tras haberse realizado el estudio del modelo SLP y ver la importancia que tienen de situarse entre sí las distintas secciones de la planta se decide cómo distribuir la planta.

A continuación se muestra la distribución en la planta definitiva:

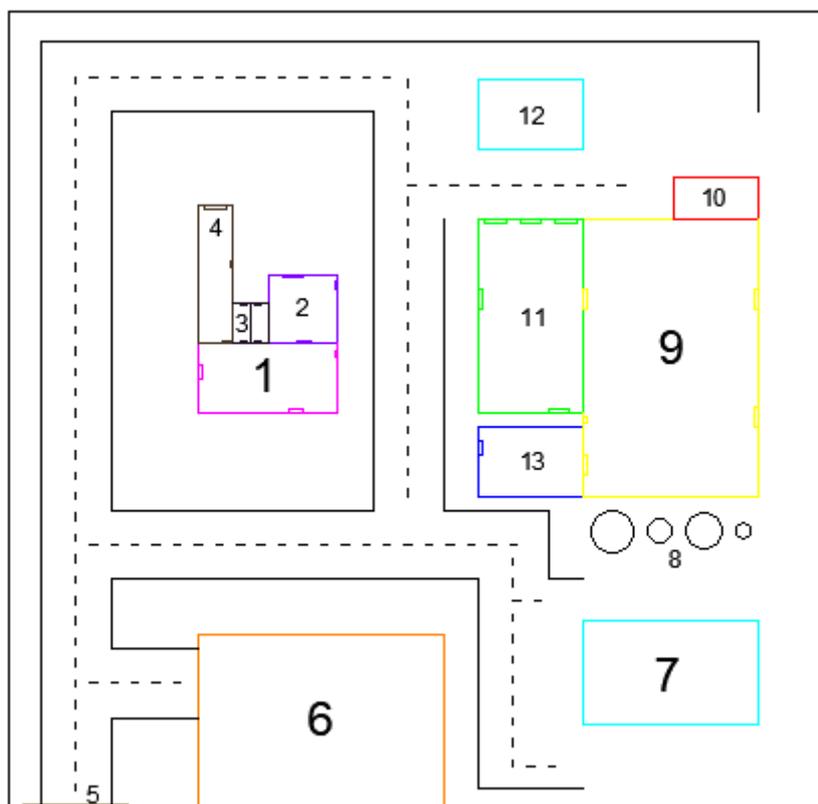


Figura M. 22 Distribución general de la planta.

En la *tabla M. 16* se detalla cada zona que compone la distribución de la planta.

Tabla M. 16 Distribución de la planta detalladamente.

Zona	Área
1	Oficina
2	Laboratorio
3	Servicios
4	Comedor
5	Entrada de vehículos/peatones
6	Parking
7	Zona de descarga de M.P
8	Silos de almacenamiento de M.P
9	Proceso de producción
10	Contenedor de residuo plástico
11	Almacén de producto terminado
12	Zona de carga de producto terminado
13	Zona de mantenimiento

8.9.2 Definición de espacios

En este apartado se detalla cada uno de los espacios que componen la distribución de la planta:

Dichos espacios son los siguientes:

- **Oficinas**

El edificio tiene una sola planta con una superficie de 200 m² y albergará lo siguiente:

1. Despachos.
2. Sala de reuniones.
3. Sala de “ideas”.

A continuación se destaca el edificio de oficinas sobre el plano de la planta de distribución.

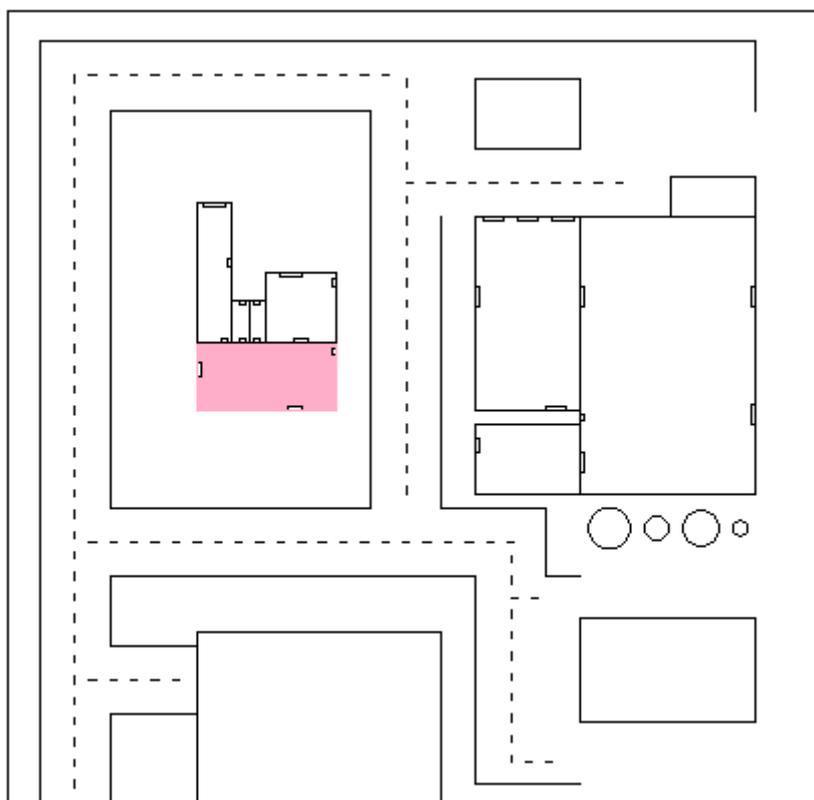


Figura M. 23 Edificio de oficinas.

- **Laboratorio**

Situado al lado del edificio de oficinas, con una superficie de 100 m², estará perfectamente equipado para la realización de todos los ensayos normativos pertinentes, contando con los más modernos equipos de caracterización. (Máquina Universal, microscopio óptico, medidor de espesores, valorador Karl-Fischer, etc.).

Se encuentra distribuido en diferentes zonas:

1. Sala de muestras.
2. Sala principal.
3. Sala instrumental.

A continuación se destaca el edificio de laboratorio sobre el plano de la planta de distribución.

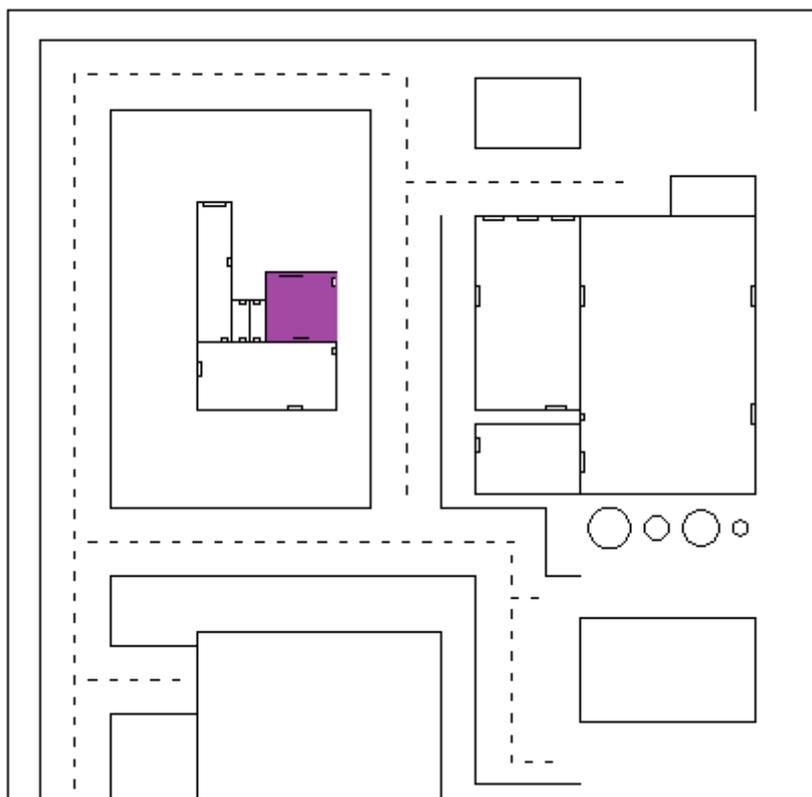


Figura M. 24 Edificio de laboratorio.

- **Servicios**

El edificio de servicios tiene una superficie de 30 m². Este servicio estará compuesto por dos tipos de baños, uno para el sector masculino y otro para el femenino, ambos equipados con duchas y taquillas.

A continuación se destaca el edificio de servicios sobre el plano de la planta de distribución.

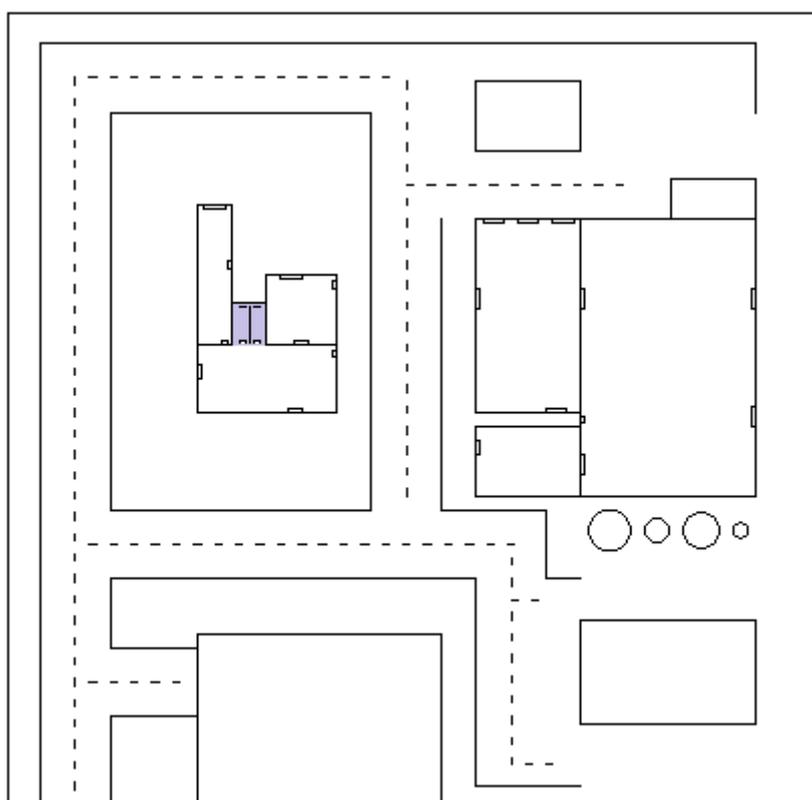


Figura M. 25 Edificio de servicios.

- **Comedor**

El edificio del comedor tiene una superficie de 100 m² y estará totalmente equipado con todo el mobiliario, máquinas dispensadoras de comida y bebida, máquinas de café, microondas, neveras, taquillas y fregadero.

A continuación se destaca el comedor sobre el plano de la planta de distribución.

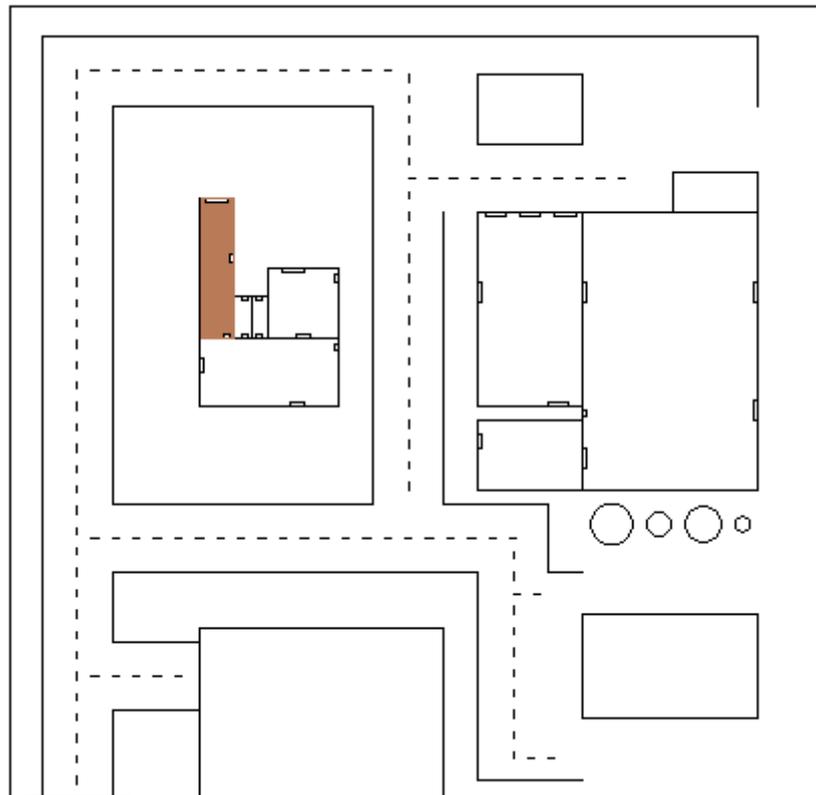


Figura M. 26 Edificio de comedor.

- **Entrada de vehículos/peatones**

Espacio destinado para el acceso de trabajadores, distribuidores, clientes, etc.

La entrada estará dotada de un servicio de seguridad 24 horas, para asegurar un servicio seguro y profesional.

A continuación se destaca la puerta de entrada a vehículos y peatones sobre el plano de la planta de distribución.

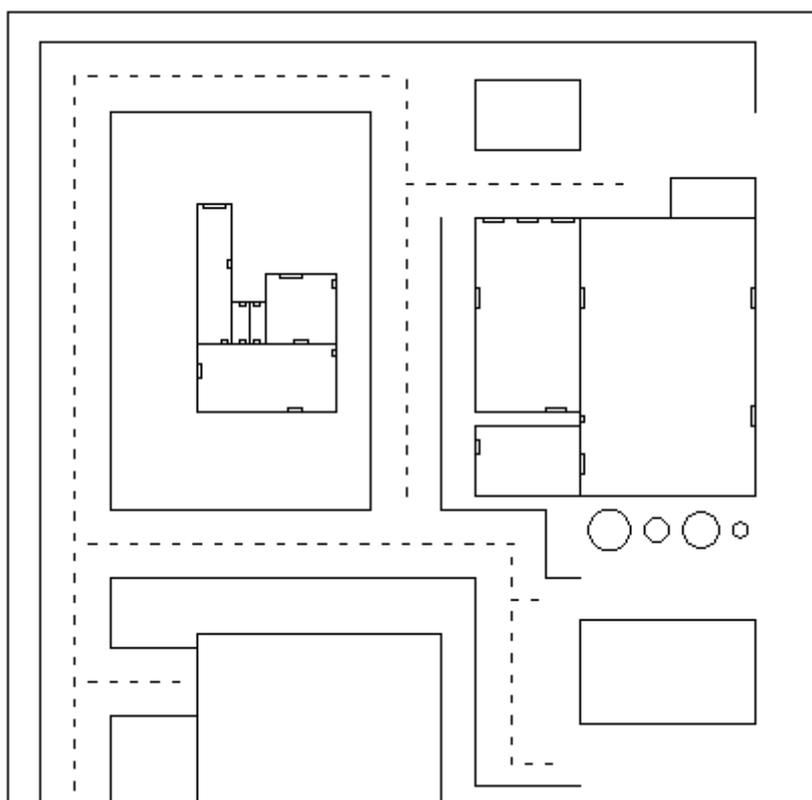


Figura M. 27 Entrada de vehículos/peatones.

- **Parking**

Situado cerca de la puerta de entrada de vehículos y peatones, dicha zona tiene una superficie de 875 m². Estará compuesto por 30 plazas de aparcamiento para vehículos de 4 ruedas y 22 plazas para vehículos a motor de dos ruedas.

A continuación se destaca el parking sobre el plano de la planta de distribución.

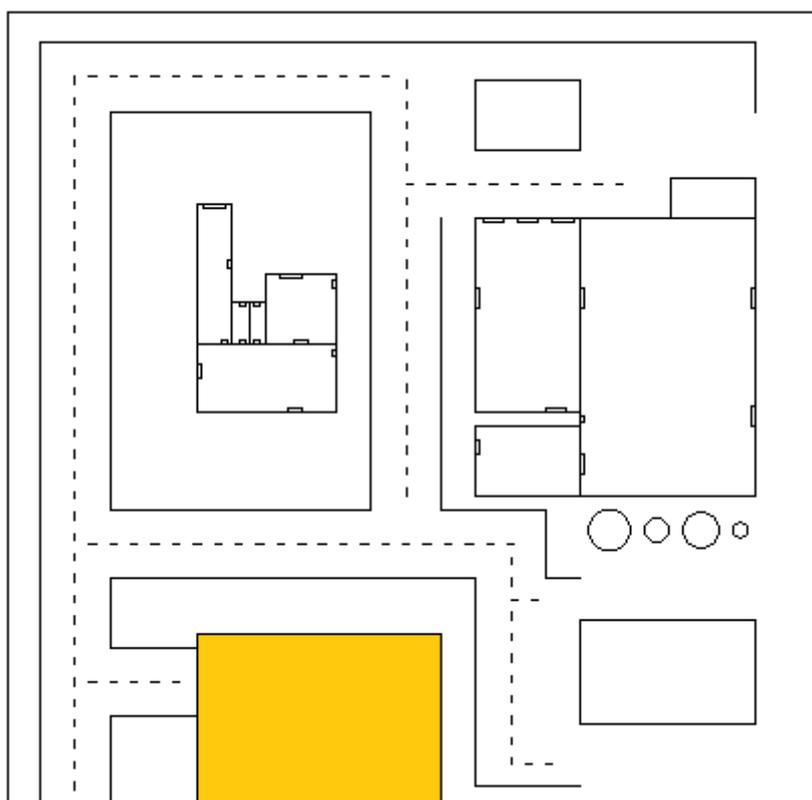


Figura M. 28 Parking.

- **Zona de descarga de materia prima**

Con una superficie de 375 m², será un espacio acondicionado para llevar de forma óptima el trabajo de los camiones para descargar la materia prima en los silos de almacenamiento de una forma ordenada y rápida.

A continuación se destaca dicha zona sobre el plano de la planta de distribución.

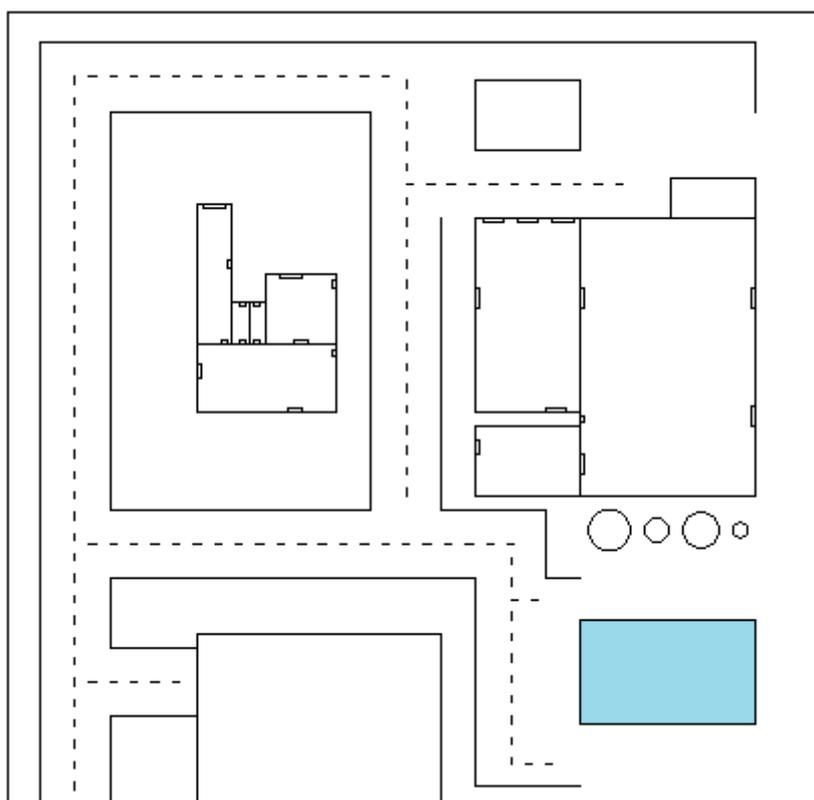


Figura M. 29 Zona de descarga de materia prima.

- **Silos de almacenamiento de materia prima**

Los silos de almacenamiento están formados por 4 silos de distinto capacidad volumétrica, ocupando una totalidad de 128 m².

A continuación se destaca los silos de almacenamiento sobre el plano de la planta de distribución.

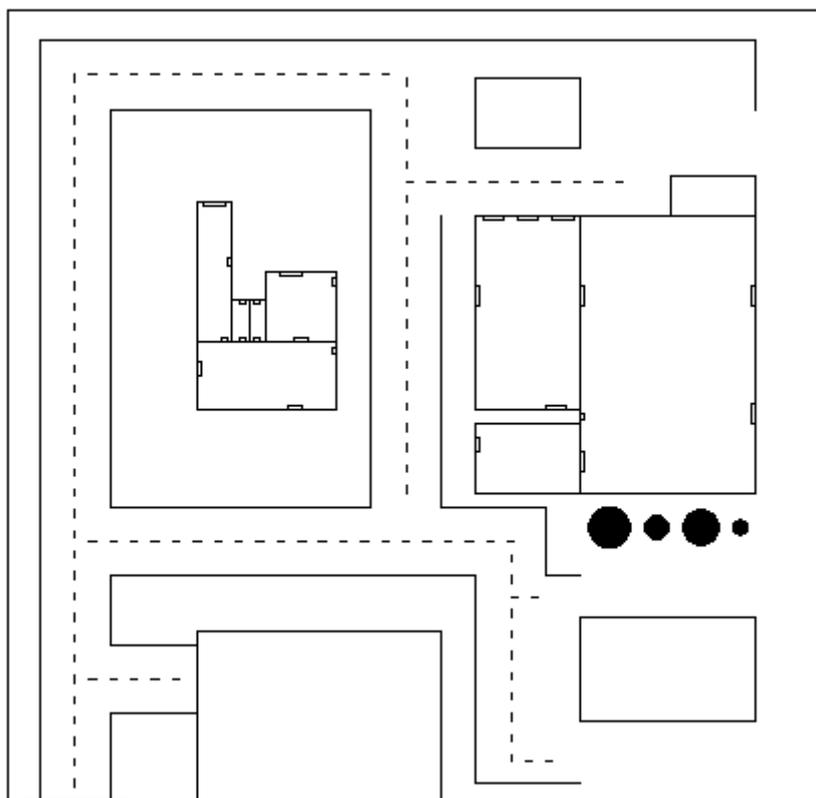


Figura M. 30 Silos de almacenamiento de materia prima.

- **Proceso de producción**

El edificio que compone el proceso de producción tiene una superficie de 1.000 m², dicho espacio está dotado de toda la maquinaria necesaria para poder llevar a cabo el proceso de forma óptima.

A continuación se destaca el edificio de proceso sobre el plano de la planta de distribución.

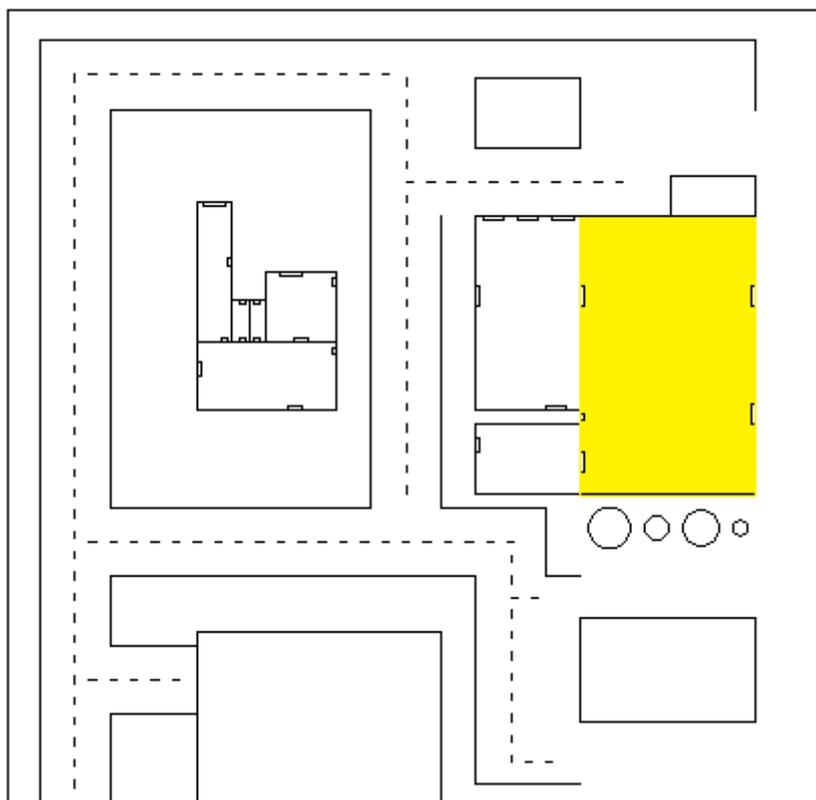


Figura M. 31 Edificio de procesado.

- **Contenedor de residuos**

La zona de residuos alberga una superficie de 72 m², dicha zona tiene una capacidad para colocar 6 contenedores de residuos.

A continuación se destaca la zona referente al tanque de residuos sobre el plano de la planta de distribución.

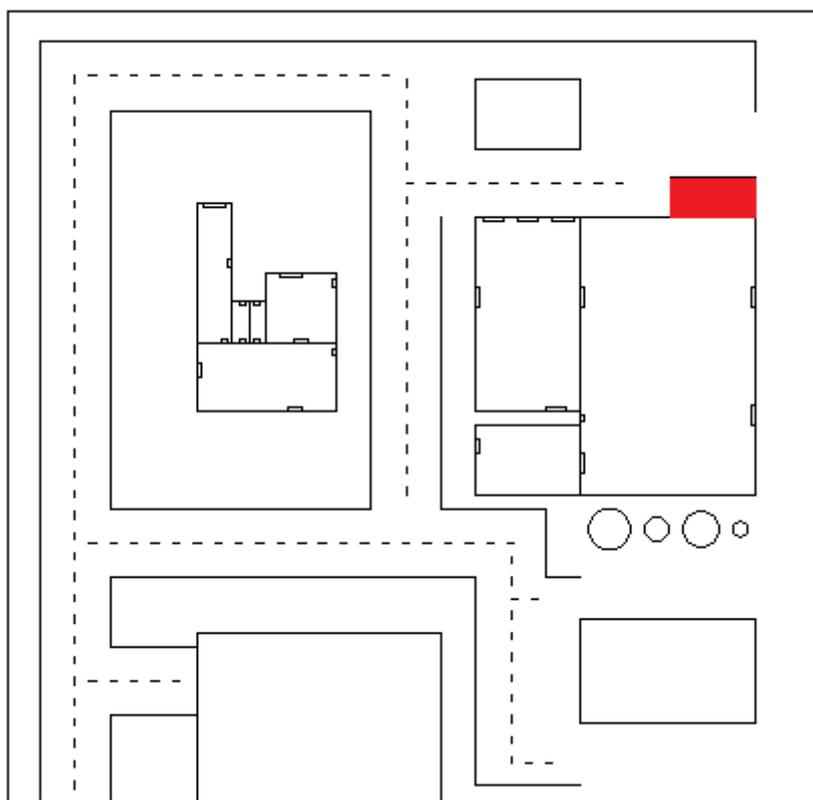


Figura M. 32 Zona de residuos.

- **Almacén de producto terminado**

La zona de almacén de producto terminado alberga una superficie de 420 m², el cual contiene todas las bobinas producidas durante el proceso, ocupando un mes de producción.

A continuación se destaca la zona referente al almacén de producto terminado, sobre el plano de la planta de distribución.

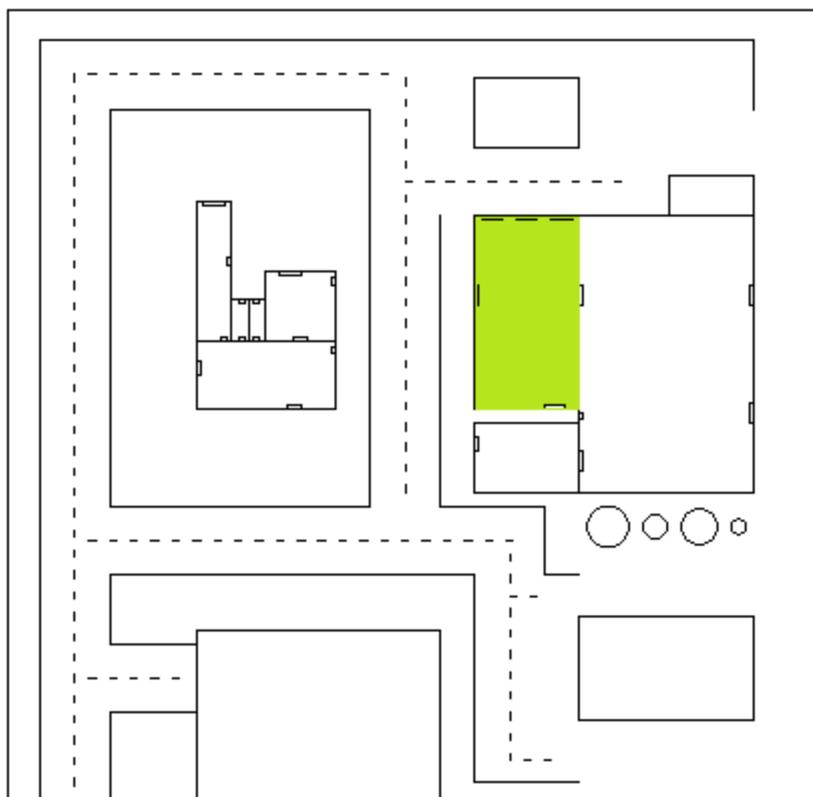


Figura M. 33 Almacén de producto terminado.

- **Zona de mantenimiento**

El edificio de mantenimiento tendrá una superficie de 150 m², estará dotado de las mejores herramientas, equipos y el más completo parque de repuestos para la realización de las labores de reparación y mantenimiento de la planta.

A continuación se destaca el edificio de mantenimiento sobre el plano de la planta de distribución.

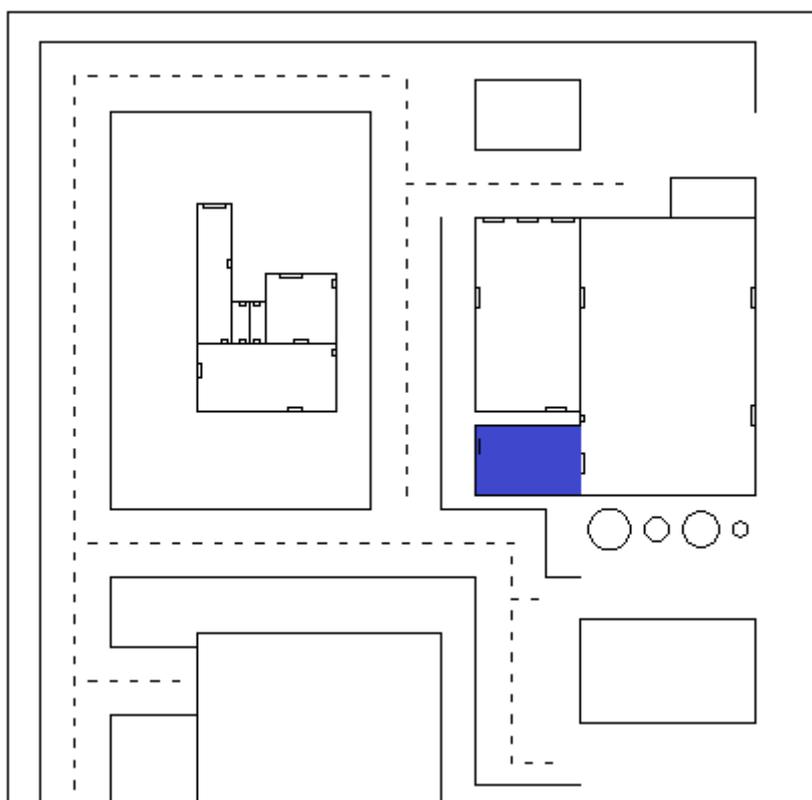


Figura M. 35 Edificio de mantenimiento.

8.9.3 Definición del tamaño de planta

En el apartado anterior se ha descrito el criterio seguido y la distribución obtenida finalmente de la planta. En este apartado se muestra un esquema a pequeña escala de la distribución acotada para tener una noción de las medidas.

En el apartado de planos se encuentra dicho plano a una escala 1:600.

Mediante la realización de las cotas se puede verificar con exactitud las hectáreas concretas a construir. Concretamente se han necesitado 1,35 hectáreas para obtener una distribución óptima de la planta.

A continuación, se muestra dicha distribución acotada a pequeña escala en la *figura M. 36*.

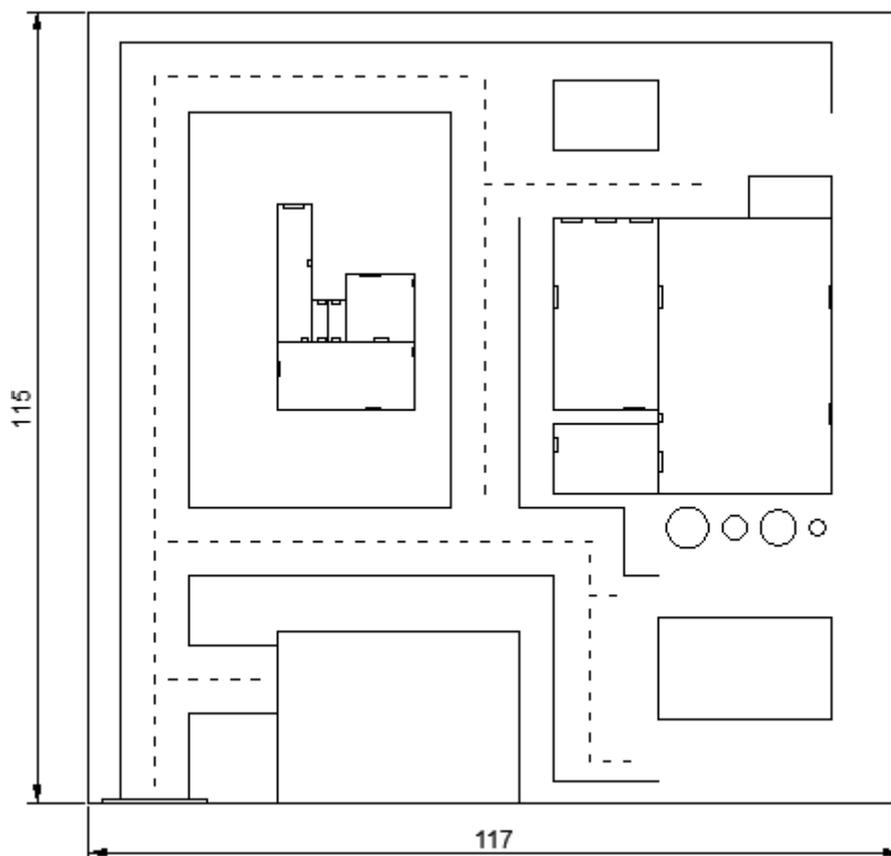


Figura M. 36 Plano general acotado de la parcela.

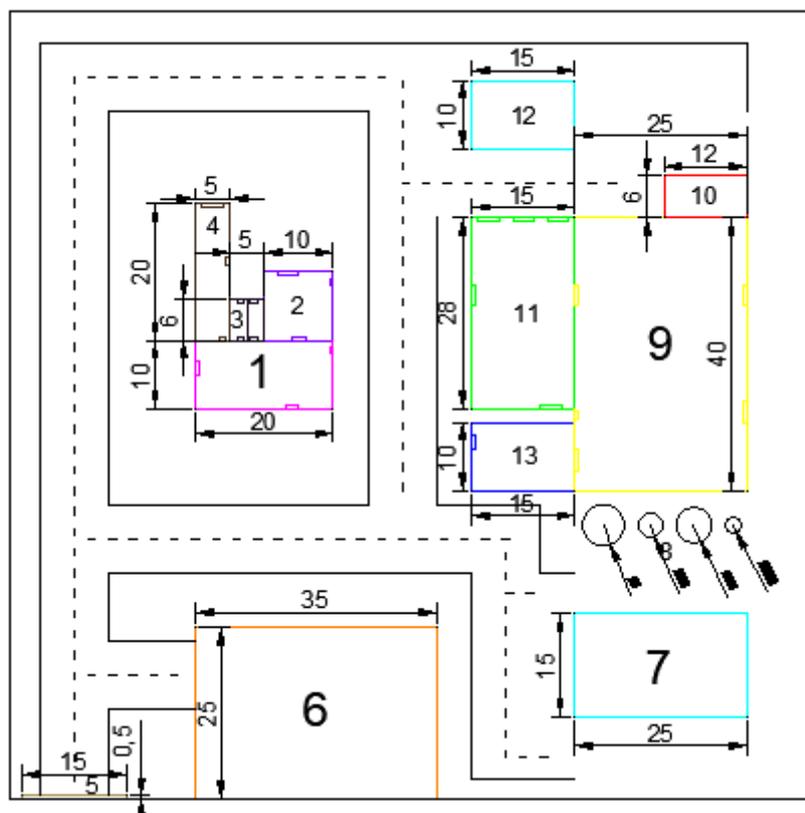


Figura M. 37 Distribución general acotado de la planta.

Tabla M. 17 Distribución detallada de la planta.

Zona	Área	Dimensiones (m ²)
1	Oficina	200
2	Laboratorio	100
3	Servicios	30
4	Comedor	100
5	Entrada de vehículos/peatones	7,5
6	Parking	875
7	Zona de descarga de M.P	375
8	Silos de almacenamiento de M.P	128
9	Proceso de producción	1.000
10	Contenedor de residuo plástico	72
11	Almacén de producto terminado	420
12	Zona de carga de producto terminado	150
13	Zona de mantenimiento	150

8.9.4 Ubicación y emplazamiento de la actividad

En este apartado, para elegir un lugar adecuado para colocar la planta, se utiliza el método de jerarquías analíticas.

El método de jerarquías analíticas es una técnica multicriterio discreta que pretende proporcionar una evaluación cuantitativa para las alternativas inherentes a problemas en los que concurren varios criterios (o juicios subjetivos), sin necesidad de que los decisores hagan explícitas sus preferencias ni cuantifiquen exhaustivamente la contribución de cada alternativa. Las preferencias, o más adecuadamente la *prelación* de cada alternativa frente al resto, se infieren a partir de comparaciones sucesivas codificadas de acuerdo con una escala convencional.

Los factores que intervienen en la selección del emplazamiento son los siguientes:

- a) Mano de obra y sueldos
- b) Recursos energéticos
- c) Transporte
- d) Materia prima
- e) Entorno social
- f) Mercado
- g) Normativa, legislación e impuestos
- h) Geografía y clima
- i) Suelo
- j) Seguridad jurídica

De todos los factores anteriores, se descartaron para el caso de estudio, los factores de mercado, normativa y legislación e impuestos, geografía y clima, y seguridad jurídica ya que todas las parcelas que se van a estudiar y analizar están dirigidas al mismo mercado y todas están localizadas en la Comunidad Valenciana, por tanto, el clima y las normativas serán igual para todas las ubicaciones

Se ha descartado el factor de recursos energéticos ya que se considera que en todas las parcelas el precio de la energía no varía dentro de la comunidad.

Así, se han buscado tres parcelas en distintas zonas de la Comunidad Valenciana y se ha estudiado los siguientes factores ordenados de mayor a menor importancia:

- A. Cercanía de los proveedores
 - B. Precio
 - C. Cercanía de la materia prima
 - D. Acceso a carreteras
 - E. Disponibilidad mano de obra
-
- **Parcelas seleccionadas para el estudio.**

Tal y como se ha comentado, se seleccionan tres parcelas en la Comunidad Valenciana, concretamente en la provincia de Castellón, cuya localización detallada se muestra en las siguientes *Figuras*:

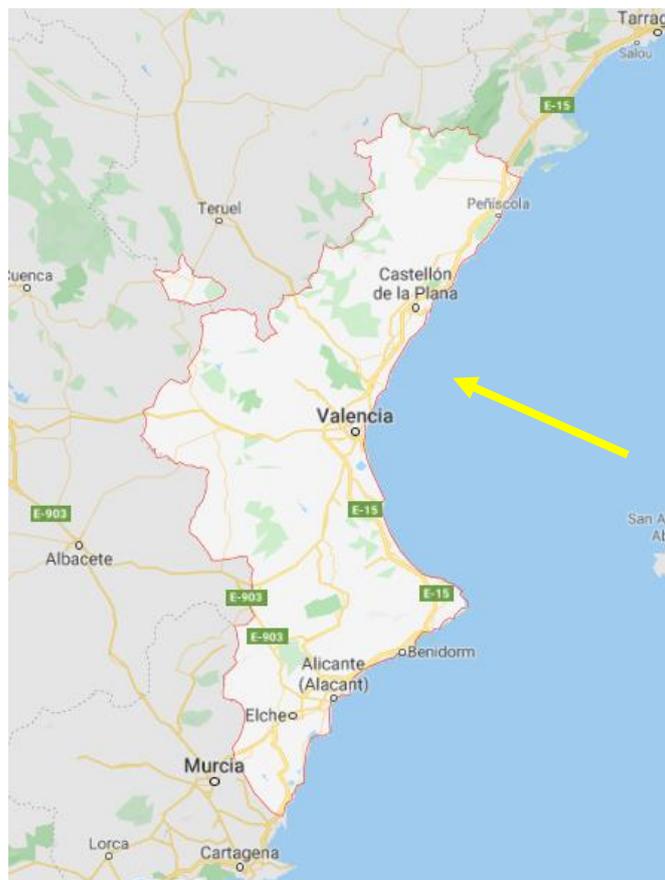


Figura M. 38 Localización de la Provincia de Castellón.



Figura M. 39 Ubicación de las parcelas en la provincia de Castellón.

De esta manera, se localizan las tres parcelas seleccionadas para construir la planta de producción en el área cercana a Castellón de la Plana, Castellón, C. Valenciana, España.

A continuación, se muestran las tres parcelas de manera más detallada:

- **PARCELA 1**



Figura M. 40 Polígono industrial El Serrallo, Castellón.

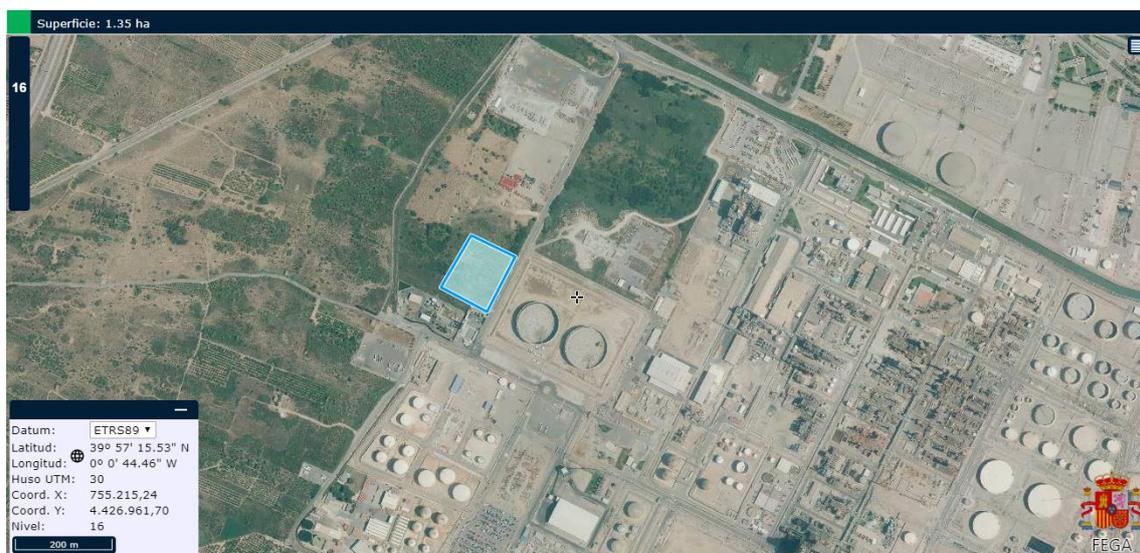


Figura M. 41 Localización exacta de la parcela 1.

- **PARCELA 2**

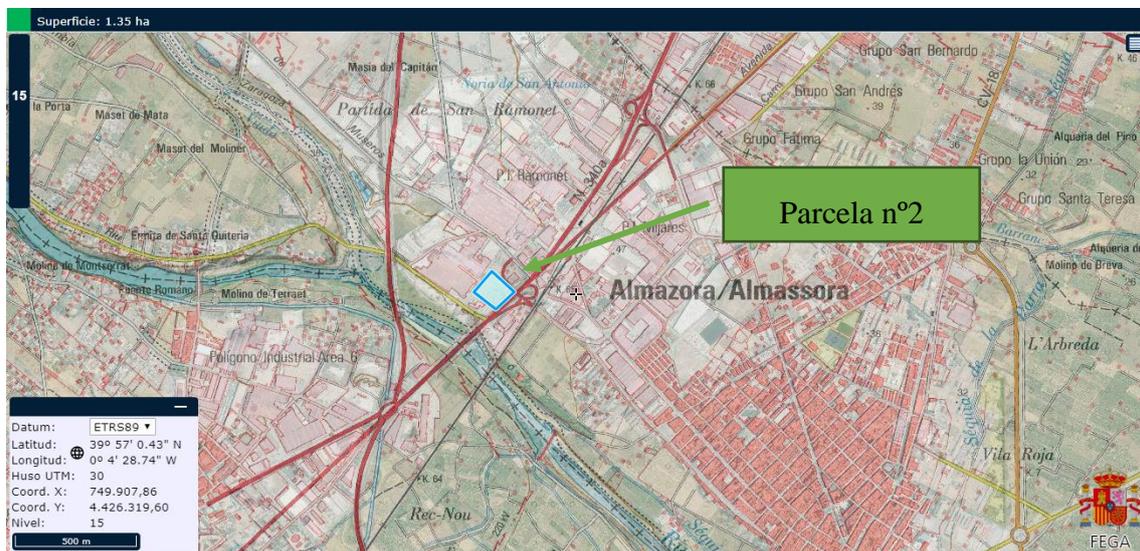


Figura M. 42 Polígono industrial Ramonet, Almazora.

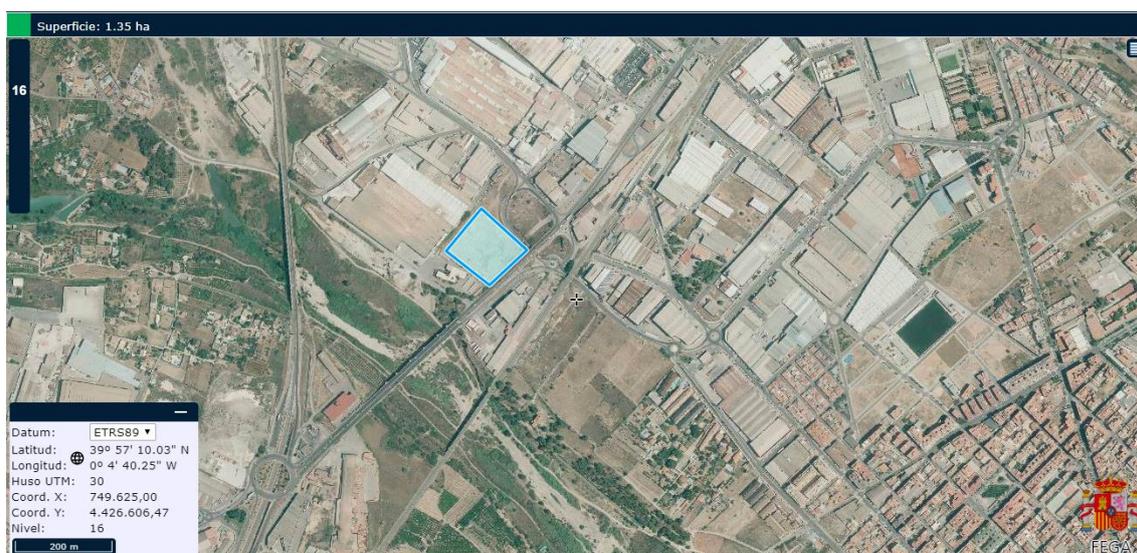


Figura M. 43 Localización exacta de la parcela 2.

- **PARCELA 3**

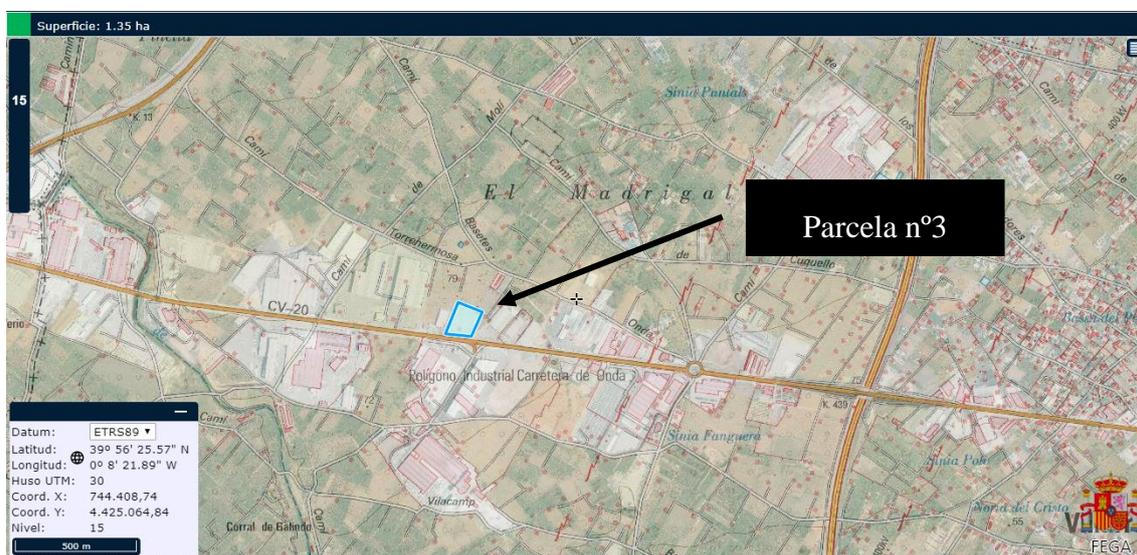


Figura M. 44 Plaça polígono, Villarreal.



Figura M. 45 Localización exacta de la parcela 3.

Una vez especificadas las posibles ubicaciones para construir la planta, se hace necesario recurrir a un estudio y análisis de factores que pueden influir para seleccionar una parcela u otra en función de las necesidades requeridas por la empresa.

Dicho estudio se conoce como método de jerarquías analíticas, el cual se ha realizado en el apartado 1.4. *Método de jerarquías analíticas para la selección de parcela* del documento de *Anexos*.

Finalmente tras haber realizado dicho estudio, la parcela que cumple con todos los requisitos establecidos para el proyecto, es la parcela 1.

9. Planificación

En este apartado se va a realizar la planificación del proyecto mediante el diagrama de Gantt. El diagrama de Gantt es una herramienta que se emplea para planificar y programar tareas a lo largo de un período determinado de tiempo. Gracias a una fácil y cómoda visualización de las acciones a realizar, permite realizar el seguimiento y control del progreso de cada una de las etapas de un proyecto.

Para realizar el proyecto de forma óptima y dentro de un plazo de tiempo establecido correctamente, se ha realizado la planificación de todas las tareas que se llevarán a cabo, definiendo cada uno de los plazos de cada una de las tareas.

A continuación, se muestra la *tabla M. 18* donde vienen detallados los días de duración de cada tarea de la planificación:

Tabla M. 18 Días detallados de la planificación.

Actividad	Duración (días)	Inicio	Fin
Adecuación del terreno	30	02/03/2020	10/04/2020
Obra civil	200	13/04/2020	15/01/2021
Instalación eléctrica y fontanería	30	18/01/2021	26/02/2021
Instalación de equipos	50	01/03/2021	07/05/2021
Conexión entre equipos	15	10/05/2021	28/05/2021
Automatización de los equipos	20	31/05/2021	25/06/2021
Puesta en marcha y pruebas	30	28/06/2021	06/08/2021

Dicha planificación se ve detallada en el siguiente diagrama de Gantt (*figura M. 45*):

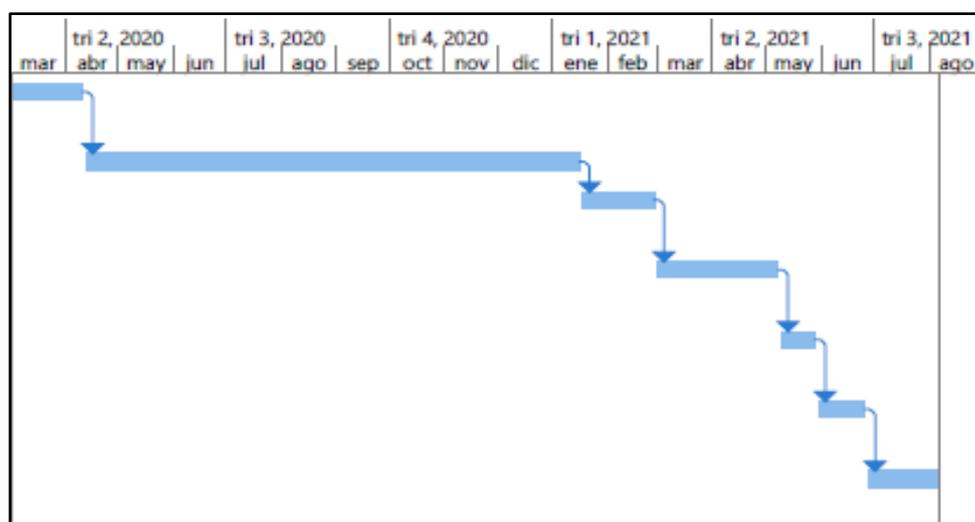


Figura M. 46 Diagrama de Gantt.

Realizada la planificación, cabe decir que se ha realizado cada plazo de manera aproximada, teniendo en cuenta que cabe la posibilidad de diversos retrasos ajenos, tales como; problemas meteorológicos, recepción de equipos, etc.

Dicho esto, la planificación para llevar a cabo el proyecto ha sido estimada en 375 días hábiles, con una jornada laboral de 8 horas diarias, trabajando 5 días a la semana.

Se estima que el proyecto se inicie el 2 de marzo de 2020 y finalice el 6 de agosto del 2021.

10. Orden de prioridad entre los documentos básicos

Según la norma UNE 157001:2014, “*Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico*”, se establece que el orden de prioridad entre los documentos que constituyen dicho proyecto sea el siguiente:

1. Índice General.
2. Memoria.
3. Anexos.
4. Planos.
5. Pliego de condiciones.
6. Mediciones.
7. Presupuesto.

11. Estudio de la viabilidad económica

Se puede definir el estudio de la viabilidad económica como aquel análisis y evaluación de información procedente de varios ámbitos, que permitirá conocer si el proyecto en cuestión será económico y comercialmente rentable.

11.1. Resumen del presupuesto

El siguiente apartado recoge los datos calculados pertenecientes al documento 7. *Presupuesto*, que son necesarios para estimar la viabilidad económica.

En la *tabla M. 19* se muestran las partidas que componen el Presupuesto de Ejecución Material (PEM).

Tabla M. 19 Presupuesto de ejecución material.

Partida	Coste (€)
Equipos del proceso principal	3.033.481
Equipos auxiliares	56.000
Equipos de laboratorio	76.500
Conducciones y accesorios	2.926,80
Parcela	675.000
Obra civil	422.500
Instalaciones	88.760
Mano de obra	158.299,05
<u>TOTAL</u>	4.513.466,85

Después de haber calculado el Presupuesto de Ejecución Material (PEM), se ha procedido a realizar el cálculo del Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC), el cual se define como la suma del PEM, los gastos generales (constituye el 13% del PEM) y el beneficio industrial (constituye el 6%).

En la *tabla M. 20* se muestra el Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC).

Tabla M. 20 Presupuesto de ejecución por contrata.

	Coste (€)
PEM	4.513.466,85
Gastos generales	586.750,69
Beneficio industrial	270.808,01
<u>TOTAL</u>	5.371.025,55

Por último se realiza el cálculo del presupuesto total, el cual es necesario aplicar al Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC), el impuesto sobre el valor añadido (IVA), que actualmente es del 21%.

En la *M. 21* se muestra el Presupuesto total.

Tabla M. 21 Presupuesto total.

	Coste (€)
PEC	5.371.025,55
IVA	1.127.915,37
<u>TOTAL</u>	6.498.940,92

El presupuesto total del proyecto “*Diseño de una planta de producción de film multicapa para el sector alimentario*” asciende a **SEIS MILLONES CUATROCIENTOS NOVENTA Y OCHO MIL NOVECIENTOS CUARENTA EUROS CON NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS.**

11.2. Presupuesto de explotación

Para estimar el presupuesto de explotación se deben calcular los ingresos y los gastos directos como los gastos indirectos.

Es necesario fijar los siguientes indicadores para llevar a cabo los cálculos pertinentes al presupuesto.

- Índice de Precios al Consumo (**IPC**)
- Interés nominal (**i_n**)
- Interés real (**i_r**): i_n / IPC

En la *tabla M. 22* se fijan los valores considerados:

Tabla M. 22 Índices de consumo.

IPC	1,8 %
i_n	2,2 %
i_r	1,22 %

11.2.1. Inversión inicial

La inversión inicial del proyecto corresponde al presupuesto del proyecto, por lo que se puede concluir que la inversión inicial para llevar a cabo dicho proyecto es de un total de 6.498.940,92 €.

11.2.2. Gastos directos

Los gastos directos son los gastos que están directamente relacionadas a la producción y que dependen de la cantidad que se produce.

Los gastos directos de la planta se dividen en 4 apartados genéricos:

1. Coste de energía eléctrica de los equipos
2. Coste de consumo de agua de producción

3. Materia prima.
4. Residuos.

1. Costes de energía eléctrica de los equipos.

En este apartado se va a detallar tanto el coste de consumo eléctrico por parte de los equipos pertenecientes al proceso principal de producción, los equipos auxiliares y los equipos de laboratorio.

El coste del consumo de energía eléctrica de todos los equipos, se ha realizado el correspondiente cálculo en el apartado 2.6. *Cálculo del coste de consumo eléctrico* del apartado de *Anexos*.

En la *tabla M. 23* se detallan los costes de energía eléctrica de los equipos.

Tabla M. 23 Coste de energía eléctrica de los equipos.

Coste energía eléctrica de equipos	Consumo Total (€/año)
	534.056,19

2. Coste de consumo de agua de producción

En este apartado se va a detallar el coste de consumo de agua del proceso de producción, dicho cálculo se ha estimado en el apartado 2.7. *Cálculo del coste de consumo de agua* del documento de *Anexos*.

Se estima que el agua consumida, será el siguiente:

Tabla M. 24 Consumo de agua para refrigeración de extrusoras.

Consumo de agua para la refrigeración de las extrusoras	Consumo Total (€/año)
	27,29

3. Materia prima.

En este apartado se va a detallar el coste de la materia prima, dicho cálculo se ha realizado en el apartado 2.8. *Cálculo del coste de la materia prima* del apartado de *Anexos*.

El coste total anual estimado de la materia prima se detalla a continuación en la *tabla M. 25*.

Tabla M. 25 Coste de la materia prima.

Coste de la materia prima	Coste Total (€/año)
	6.751.327

4. Residuo

En la parte de anexos no se ha detallado este apartado, pero hay que tenerlo en cuenta en gastos directos, ya que una empresa externa será la encargada de recoger la zona de residuos de la planta.

La empresa externa encargada de recoger los residuos plásticos, es RECIPLASA, que es una empresa situada en Onda (Castellón).

Todos los posibles residuos plásticos que se puedan generar durante el proceso de producción, van a parar a un tanque de almacenamiento para facilitar a la empresa su recogida y de ahí la empresa externa se encarga de llevárselo y reciclarlo de la forma más eficiente para el medio ambiente. Según datos encontrados, se estima que el gasto medio anual por contratar los servicios de RECIPLASA es de 2.086,70 €.

Tabla M. 26 Coste de recogida de residuo plástico.

Residuo plástico	kg/año	€/kg	€/año
	5.500	0,3794	2.086,70

A continuación, se resume en la *tabla M. 27* todos los gastos directos mencionados anteriormente.

Tabla M. 27 Gastos directos.

Gastos directos	€/año
Coste de energía eléctrica de los equipos	534.056,19
Coste de consumo de agua	27,29
Materia prima	6.751.327
Residuo	2.086,70

TOTAL

7.287.497,18

11.2.3. Gastos indirectos

Los gastos indirectos son los gastos que no dependen de la producción, es decir, que tienen un valor fijo independientemente de la cantidad que se produce.

Los gastos indirectos se dividen en 5 apartados genéricos:

1. Alumbrado
2. Coste de consumo de agua para uso personal.
3. Salarios.
4. Préstamo bancario
5. Amortización.

1. Alumbrado

El siguiente apartado corresponde al cálculo del coste de consumo de alumbrado exterior y de los edificios de la planta. Según la última encuesta del Instituto Nacional de Estadística sobre los consumos energéticos en la industria española, se ha estimado que el consumo de energía eléctrica referente al alumbrado de la planta corresponde a un 1% del consumo eléctrico de los equipos.

En la *tabla M. 28* se detallan los costes de alumbrado.

Tabla M. 28 Coste de energía eléctrica del alumbrado.

Alumbrado	Consumo Total (€/año)
	5.340,56

2. Coste de consumo de agua para uso personal

En este apartado se va a detallar el coste de consumo de agua que se prevé que tendrá la planta destinado al uso personal. Dicho cálculo se ha estimado en el apartado 2.7. *Cálculo del coste de consumo de agua* del documento de *Anexos*.

Se estima que el agua consumida, será el siguiente:

Tabla M. 29 Consumo de agua destinado al uso personal.

Consumo de agua para uso personal	Consumo (€/año)
	4.094,28

3. Salarios.

A continuación se va a detallar el personal necesario que se necesita en la planta, junto al coste que supondría dicho personal. Dicho cálculo se ha detallado en el apartado 2.5. *Cálculo del coste de personal de trabajo* del documento de *Anexos*.

Se va a trabajar en planta 24 horas diarias en 3 turnos de 8 horas. La empresa dispone de 20 trabajadores en total.

Se detalla en la *tabla M. 30* los salarios de cada individuo, así como el total.

Tabla M. 30 Salario del personal de la empresa.

Departamento		nº de trabajadores	Salario (€/mes)	Salario total (€/mes)	Salario total (€/año)
Producción	Operario	6	1.997,30	11.983,77	167.772,78
	Jefe de Planta	3	2.794,26	8.382,78	117.358,92
Mantenimiento		3	1.997,30	5.991,90	83.886,60
Seguridad		3	1.708,32	5.124,96	71.749,44
Dirección		1	3.525,75	3.525,75	49.360,50
Administración		2	2.341,30	4.682,60	65.556,40
Laboratorio		2	2.449,36	4.898,72	68.582,08

TOTAL

624.267,14

En el apartado de cálculo de coste de personal descrito en el documento de anexos del proyecto, no se ha tenido en cuenta el gasto del personal de limpieza, ya que es una empresa externa la encargada de hacer dicho trabajo. Pero es necesario para realizar la viabilidad económica, conocer el gasto que supone para la empresa la contratación de esa empresa externa.

El personal de limpieza trabajará durante un total de 5 horas cada día, en las cuales se encargará de la limpieza de los edificios de oficinas, servicios, laboratorio y comedor.

Tabla M. 31 Salario del personal de limpieza.

Departamento	nº de trabajadores	Salario (€/mes)	Salario total (€/mes)	Salario total (€/año)
Limpieza	2	1.138,88	2.277,76	27.333,12

Por lo que se puede concluir que los salarios totales de todos los empleados de la planta alcanza el valor de 651.600,26 €/año.

4. Préstamo bancario

Un préstamo bancario es aquella operación financiera en la que participan protagonistas, prestamista (entidad que presta el dinero) y prestatario (persona física o jurídica que lo recibe).

Como se ha dicho en el apartado *11.2.1 Inversión inicial*, el dinero necesario que hay que invertir en este proyecto alcanza el valor de 6.498.940,92 €. Dicha inversión se trata de una suma de dinero muy grande y es difícil de disponer de esa cantidad de manera íntegra, por ello se pide un préstamo bancario de 5.000.000 €.

Tras hablar con la entidad bancaria, se ha estimado que dicha cantidad se financiará en 10 años con un índice TAE del 8%.

Tabla M. 32 Préstamo bancario.

Préstamo bancario	TAE (%)	Cantidad total (€)	A financiar (años)	Cantidad mensual (€)	Cantidad anual (€)
	8	5.000.000	10	45.000	540.000

5. Amortización.

La Amortización se define como la pérdida del valor de los activos o pasivos con el paso del tiempo. Esta pérdida, que se debe reflejar en la contabilidad, debe tener en cuenta cambios en el precio del mercado u otras reducciones de valor.

Con las amortizaciones, los costes de hacer una inversión se dividen entre todos los años de uso de esa inversión. Se ha fijado un tiempo de amortización de 15 años.

Ahora el valor de la inversión inicial es menor, es decir, ya no es la cantidad de dinero íntegra calculada ya que se ha pedido un préstamo bancario de 5.000.000 de euros, por lo que la inversión inicial es de 1.498.940,92 €.

A continuación se detalla la amortización para el primer año, en la *ecuación 35*.

$$\text{Amortización} = \frac{I_0}{\text{tiempo de amortización}} \quad (\text{M. 35})$$

Sustituyendo los correspondientes valores se obtiene lo siguiente.

$$\text{Amortización} = \frac{1.498.940,92}{15} = 99.929,40 \frac{\text{€}}{\text{año}} \quad (\text{M. 36})$$

A continuación se resume en la *tabla M. 33* todos los gastos indirectos mencionados anteriormente.

Tabla M. 33 Gastos indirectos.

Gastos indirectos	€/año
Alumbrado	5.340,56
Coste de consumo de agua para uso personal	4.094,28
Salarios	624.267,14
Préstamo bancario	540.000
Amortización	99.929,40

TOTAL

1.273.631,38

11.2.4. Gastos totales

Para terminar con el presupuesto de explotación, se realiza la suma de los gastos directos e indirectos calculados anteriormente.

En la *tabla M. 34* se detalla cada valor obtenido y el total.

Tabla M. 34 Gastos totales.

Gastos	€/año
Gastos directos	7.287.497,18
Gastos indirectos	1.273.631,38

TOTAL

8.561.128,56

11.3. Beneficios

En este apartado se va a llevar a cabo el cálculo de los beneficios que se estiman que se obtendrán por la planta. Para obtenerlo es necesario determinar los ingresos y los gastos por parte de la empresa, que a continuación se detallan.

- **Ingresos**

Los ingresos que se obtienen por parte de la planta hacen referencia a la venta de ambos productos de bobinas de film producidas. Teniendo en cuenta que el precio establecido de venta de film es de 2,75 €/kg, como se ha detallado en el apartado 2.10. *Ingresos totales* del documento de *Anexos*, se puede concluir que los ingresos alcanzan un total de 8.910.000 € anuales.

- **Gastos totales**

El cálculo de los gastos como bien se ha realizado anteriormente en el apartado 11.2.4. *Gastos totales*, alcanza un valor de 8.561.128,56 €/año.

Conocidos los valores de los ingresos y gastos por parte de la empresa, se procede a calcular los beneficios generados por dicho proyecto, para ello se van a distinguir dos tipos de beneficios.

1. **Beneficio bruto (Bb):** es el beneficio obtenido que surge de restar a los ingresos el importe de los gastos en los que se han incurrido fruto de la actividad.

$$\text{Beneficio bruto} = \text{Ingresos} - \text{Gastos totales} \quad (\text{M. 37})$$

$$\text{Beneficio bruto} = 8.910.000 - 8.561.128,56 = \mathbf{348.871,44} \frac{\text{€}}{\text{año}} \quad (\text{M. 38})$$

2. **Beneficio neto (Bn):** es el beneficio obtenido que surge de restar el beneficio bruto el impuesto de sociedades.

Para realizar el cálculo se define que el impuesto de sociedades (IS) se puede cifrar en un 25% de los beneficios brutos, según la agencia tributaria.

$$\text{Beneficio neto} = \text{Bb} - \text{IS} = \text{Bb} \cdot (1 - 0,25) \quad (\text{M. 39})$$

$$\text{Beneficio neto} = 348.871,44 \cdot (1 - 0,25) = \mathbf{261.653,58} \frac{\text{€}}{\text{año}} \quad (\text{M. 40})$$

Esta cantidad obtenida da una idea inicial y aproximada de la viabilidad del proyecto, ya que los beneficios netos son los que percibirá la sociedad en forma de beneficios.

11.4. Flujo de caja (FC)

El flujo de caja constituye los flujos de entradas y salidas de caja o efectivo, en un periodo dado.

Se puede definir como la acumulación neta de activos líquidos en un periodo determinado y, por lo tanto, constituye un indicador importante de la liquidez de la empresa.

$$\text{Flujo de caja (FC)} = \text{Beneficio neto} + \text{Amortización} \quad (\text{M. 41})$$

$$\text{FC} = 261.653,58 + 99.929,40 = \mathbf{361.582,98} \frac{\text{€}}{\text{año}} \quad (\text{M. 42})$$

11.5. Valor Actual Neto (VAN)

El Valor Actual Neto (VAN) indica los excedentes que la inversión realizada en el proyecto produce y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{VAN} = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{\text{FC}_n}{(1 + i_r)^n} \quad (\text{M. 43})$$

Se pueden dar tres situaciones distintas de VAN:

1. $\text{VAN} < 0 \rightarrow$ Indica que el proyecto no es rentable para el periodo de tiempo establecido.
2. $\text{VAN} = 0 \rightarrow$ Indica que el proyecto no genera ganancias, pero tampoco pérdidas.
3. $\text{VAN} > 0 \rightarrow$ Indica que el proyecto es rentable, las ganancias son mayores que los costes.

Tras haber realizado los correspondientes cálculos se ha obtenido un VAN para un horizonte temporal de 15 años de 4.146.968,68 €, por lo que se puede concluir con lo nombrado anteriormente, que al haber obtenido un VAN mayor que 0, el proyecto es ampliamente rentable.

11.6. Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)

La tasa interna de rentabilidad (TIR), sirve para calcular la rentabilidad de la inversión inicial realizada, es decir, el interés del dinero invertido.

Si el TIR de una empresa es menor que la tasa interés del banco (i_n), pues no interesa invertir dinero en dicha empresa, interesa sólo los proyectos que su TIR sea superior al interés nominal. Cuanto mayor sea el TIR, más viable será el proyecto.

Para realizar el cálculo del TIR, se calcula igualando el VAN a cero.

$$0 = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{FC_n}{(1 + i_r)^n} \quad (M. 44)$$

En la siguiente *tabla M. 35* se muestran los distintos valores obtenidos de VAN en función del interés real.

Tabla M. 35 Variación del interés real.

Ir	Ir (%)	VAN
0	0,0	4.664.496,11
0,05	5	2.835.945,00
0,10	10	1.834.116,61
0,15	15	1.145.294,87
0,20	20	682.906,54
0,25	25	359.666,25
0,30	30	125.374,21
0,334	33,4	0,00

Tras haber realizado el cálculo, se ha obtenido que para obtener un VAN de cero o más próximo a cero, el valor del TIR es del 33,4%, superior al 2,2% del interés nominal, lo que indica que el proyecto es rentable.

A continuación se representa gráficamente la variación del VAN con el interés real.

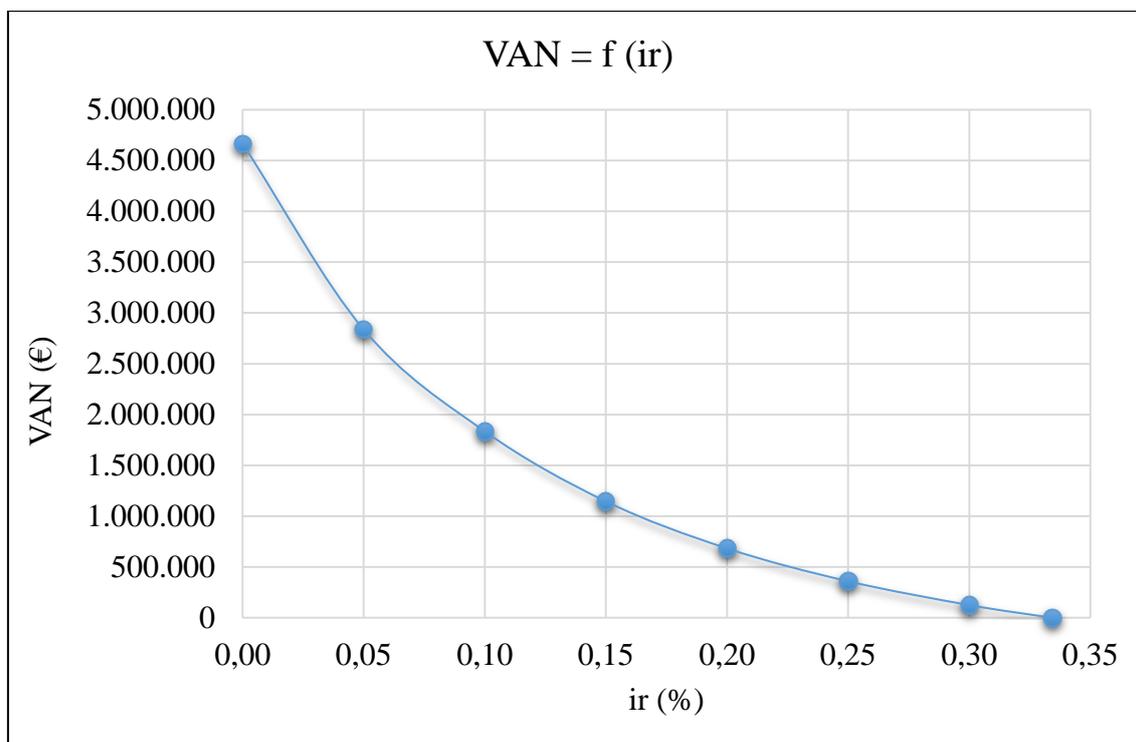


Figura M. 47 Representación del VAN frente el interés real.

11.7. Periodo de Retorno (PR)

El periodo de retorno (PR) es un índice de liquidez del proyecto, es decir, a partir de qué año, desde que se construye la planta, se empieza a ganar con un balance total positivo.

$$PR = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Flujo de caja promedio anual}} = \frac{I_0}{FC \text{ medio}} \quad (M. 45)$$

$$PR = \frac{1.498.940,92}{410.895,80} = 3,6 \text{ años} \quad (M. 46)$$

11.8. Resumen

Realizado el estudio de viabilidad económica y determinados los indicadores económicos (VAN, TIR y PR), se muestra a continuación dos tablas, la *tabla M. 36* resume los valores obtenidos de los indicadores y la *figura M 46* muestra la variación de cada una de las características de la viabilidad económica en el horizonte temporal de 15 años.

Tabla M. 36 Resumen de los índices económicos obtenidos.

VAN (€)	4.146.968,68
TIR %	33,4
PR (años)	3,6

AÑOS	GASTOS	AMORTIZACIONES	INGRESOS	BENEFICIO BRUTO	BENEFICIO NETO	FLUJO DE CAJA	FC/(1+ir)^n
1	8.561.128,56 €	99.929,40 €	8.910.000,00 €	348.871,44 €	261.653,58 €	361.582,98 €	361.582,98 €
2	8.715.228,87 €	101.728,13 €	9.070.380,00 €	355.151,13 €	266.363,34 €	368.091,47 €	363.646,90 €
3	8.872.102,99 €	103.559,24 €	9.233.646,84 €	361.543,85 €	271.157,88 €	374.717,12 €	365.722,60 €
4	9.031.800,85 €	105.423,30 €	9.399.852,48 €	368.051,64 €	276.038,73 €	381.462,03 €	367.810,15 €
5	9.194.373,26 €	107.320,92 €	9.569.049,83 €	374.676,56 €	281.007,42 €	388.328,34 €	369.909,62 €
6	9.359.871,98 €	109.252,70 €	9.741.292,72 €	381.420,74 €	286.065,56 €	395.318,26 €	372.021,07 €
7	9.528.349,68 €	111.219,25 €	9.916.635,99 €	388.286,32 €	291.214,74 €	402.433,98 €	374.144,57 €
8	9.699.859,97 €	113.221,19 €	10.095.135,44 €	395.275,47 €	296.456,60 €	409.677,80 €	376.280,19 €
9	9.874.457,45 €	115.259,17 €	10.276.847,88 €	402.390,43 €	301.792,82 €	417.052,00 €	378.428,00 €
10	10.052.197,69 €	117.333,84 €	10.461.831,14 €	409.633,46 €	307.225,09 €	424.558,93 €	380.588,07 €
11	10.233.137,24 €	119.445,85 €	10.650.144,10 €	417.006,86 €	312.755,14 €	432.200,99 €	382.760,47 €
12	10.417.333,71 €	121.595,87 €	10.841.846,70 €	424.512,98 €	318.384,74 €	439.980,61 €	384.945,28 €
13	10.604.845,72 €	123.784,60 €	11.036.999,94 €	432.154,22 €	324.115,66 €	447.900,26 €	387.142,55 €
14	10.795.732,94 €	126.012,72 €	11.235.665,94 €	439.932,99 €	329.949,74 €	455.962,47 €	389.352,36 €
15	10.990.056,14 €	128.280,95 €	11.437.907,92 €	447.851,79 €	335.888,84 €	464.169,79 €	391.574,79 €

Figura M. 48 Variación de la viabilidad económica en un horizonte temporal de 15 años.

3. ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

1. Anexo I. Cálculos	3
1.1. Cálculos de las variables del proceso de extrusión soplado	3
1.1.1. Introducción.....	3
1.1.2. Layflat Width.....	5
1.1.3. Relación de adelgazamiento (Ra).....	11
1.1.4. Relación de estiramiento (TUR).....	12
1.1.5. Velocidad de línea	14
1.1.6. Caudal másico de cada extrusora	16
1.2. Conducciones y accesorios	22
1.2.1. Diámetro de las conducciones	23
1.2.2. Sección de las conducciones.....	25
1.2.3. Velocidad del fluido (Uf).....	25
1.2.4. Caída de presión (Tramo horizontal).....	27
1.2.5. Caída de presión (Tramo vertical).....	33
1.2.6. Caída de presión (Codos)	39
1.2.7. Caída de presión Total.....	40
1.3. Distribución en planta por el método de SLP	41
1.3.1. Tabla racional de entre actividades (TRA).....	41
1.3.2. Diagrama relacional de recorridos y actividades (DRA).....	44
1.4. Método de jerarquías analíticas para la selección de parcela	45
2. Anexo II. Estudio de la viabilidad económica	51
2.1. Coste de los equipos del proceso principal.....	51
2.1.1. Línea de proceso de extrusión soplado.....	51
2.2. Coste de los equipos auxiliares del proceso principal	62

2.2.1.	Silos	62
2.2.2.	Bomba de vacío (transporte neumático).....	63
2.2.3.	Carretilla elevadora.....	68
2.2.4.	Puente grúa	70
2.3.	Coste de los equipos de laboratorio	73
2.3.1.	Ensayo de microscopia	73
2.3.2.	Ensayo óptico	75
2.3.3.	Ensayo mecánico	77
2.3.4.	Medidor de humedad	82
2.3.5.	Medidor de espesores	83
2.4.	Cálculo del coste de los equipos	86
2.5.	Cálculo del coste de personal de trabajo.....	87
2.6.	Cálculo del coste de consumo eléctrico	90
2.7.	Cálculo del coste de consumo de agua	91
2.8.	Cálculo del coste de la materia prima	93
2.9.	Cálculo del coste de las conducciones y accesorios	95
2.10.	Ingresos totales	96
3.	Anexo III. Estudio de seguridad y salud de impacto ambiental.....	98
3.1.	Fichas técnicas y de seguridad de los productos.....	106
3.1.1.	Ficha técnica del polietileno	107
3.1.2.	Ficha técnica de la resina adhesiva (Tie).....	114
3.1.3.	Ficha técnica de la poliamida	126
3.1.4.	Ficha técnica del EVOH.....	131

1. Anexo I. Cálculos

1.1. Cálculos de las variables del proceso de extrusión soplado

1.1.1. Introducción

En el sector del proceso de extrusión de film soplado, se deben modificar frecuentemente las variables de procesamiento para obtener la medida, espesor y propiedades requeridas para los clientes. Por ello a continuación se van a calcular las diferentes variables del proceso de producción más influyentes sobre las propiedades finales del film. Se va a buscar correlacionar las variaciones en propiedades finales del film, con los parámetros de control del proceso, tales como; la relación de adelgazamiento (Ra), la relación de estiramiento (TUR), la relación de soplado (BUR), la velocidad de línea de proceso y el caudal de extrusión. Partiendo como datos básicos, se utilizarán los obtenidos de la ficha técnica de la línea de proceso que se ha seleccionado comprar.

Como se ha mencionado en el apartado 6.4.3. *Descripción del proceso* del documento 2. *Memoria*, se van a obtener dos tipos distintos de bobina de film, film A (espesor de 70 μm) y film B (espesor de 150 μm) obteniendo una producción de 250 y 500 kg/h respectivamente.

En la *tabla A. 1* se muestran los distintos tipos de modelos de líneas de proceso, con sus correspondientes características. Dependiendo del valor obtenido de *Lay Flat* se seleccionará la línea de proceso.

Tabla A. 1 Características de los modelos de líneas de extrusión soplado.

Modelo	1200	1600	1800	2200	2600
Lay Flat (mm)	1200	1600	1800	2200	2600
Rango de espesor de la película (µm)	20 - 200	20 - 200	20 - 200	20 - 200	20 - 200
nº de capas	5 - 11	5 - 11	5 - 11	5 - 11	5 - 11
Materias primas típicas	PE, EVA, PP, EVOH, PA, PVdC, PETG, PS, SBS Copolymers, Ionomers, Tie Resisns				
Velocidad máxima de producción (m/min)	150	150	150	150	150
Sistema de control de calibre	ACCUPRO die-heater system, or D10 air ring system				
Bobinadoras	Sheeting: Gap surface, turret, or stacked turret; single direction or bidirectional				
Diámetro máximo del rollo (mm)	1500	1500	1500	1500	1500
Gap (boquilla) (mm)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
nº máximo de bobinadoras	4	4	4	4	4
Diámetro del eje de aire	76, 152	76, 152	76, 152	76, 152, 203	76, 152, 203

Los datos mostrados han sido facilitados por la empresa *Macro Engineering & Technology Inc.*, que ha sido elegida principalmente porque las líneas de proceso están diseñadas para trabajar con una capacidad de hasta 11 capas. Cada línea es un sistema versátil capaz de producir una variedad de estructuras utilizando diferentes combinaciones y configuraciones de capas, por lo que, cumple con el propósito del proyecto de realizar dos tipos de films de 9 capas cada uno. Además de por esta razón, *Macro Engineering & Technology Inc.* ha sido elegida porque sus líneas de extrusión soplado están diseñadas para producir films barrera de una manera más eficiente y rentable. Cada línea se construye utilizando la última tecnología, materiales de la más alta calidad y mano de obra superior. El diseño único proporciona la flexibilidad para satisfacer las necesidades de las demandas en constante evolución de los clientes. Todos los modelos están equipados con la tecnología patentada de la matriz de extrusión y anillo de aire *Macro* que garantiza una producción de film excepcionalmente plana sin contener geles. El sofisticado paquete de controles *Macro* simplifica la operación de la línea al automatizar los procedimientos básicos, haciendo que la producción sea más fácil y confiable. La línea está equipada con bobinadoras automáticas que cuentan con la última tecnología de bobinado, que proporcionan una producción de rollo perfecta.

A continuación, hay que determinar qué modelo de línea de proceso será más óptima para la producción deseada, para ello, el comercial de *Macro Engineering & Technology Inc.* asesora que de partida, queriendo producir el volumen que se ha establecido y por experiencia con las líneas de proceso existentes en el mercado que trabajan con 9 capas, el diámetro de boquilla se establece que debe de ser de 450 mm.

Para determinar qué modelo de línea de proceso será mejor para la producción establecida y teniendo en cuenta que todos los modelos planteados son viables, se realizará el cálculo del Lay Flat, que será el parámetro que determinará el modelo a comprar.

1.1.2. Layflat Width

El layflat width o también llamado “ancho del film”, hace referencia al ancho que tendrá el film tras ser colapsada la burbuja al pasar por la calandra de tiraje. Dicho parámetro se puede calcular, teniendo en cuenta el diámetro de la boquilla y el BUR, en la industria, este parámetro se conoce por sus siglas en inglés BUR (“*Blow Up Ratio*”), en español; relación de soplado y proporciona una idea del grado de orientación transversal del film. El BUR es un parámetro adimensional que se obtiene del cociente entre el diámetro de la burbuja (D) y el diámetro del cabezal (D_0), como se muestra en la *ecuación A.1*.

En la *figura A. 1* se describe la obtención del BUR.

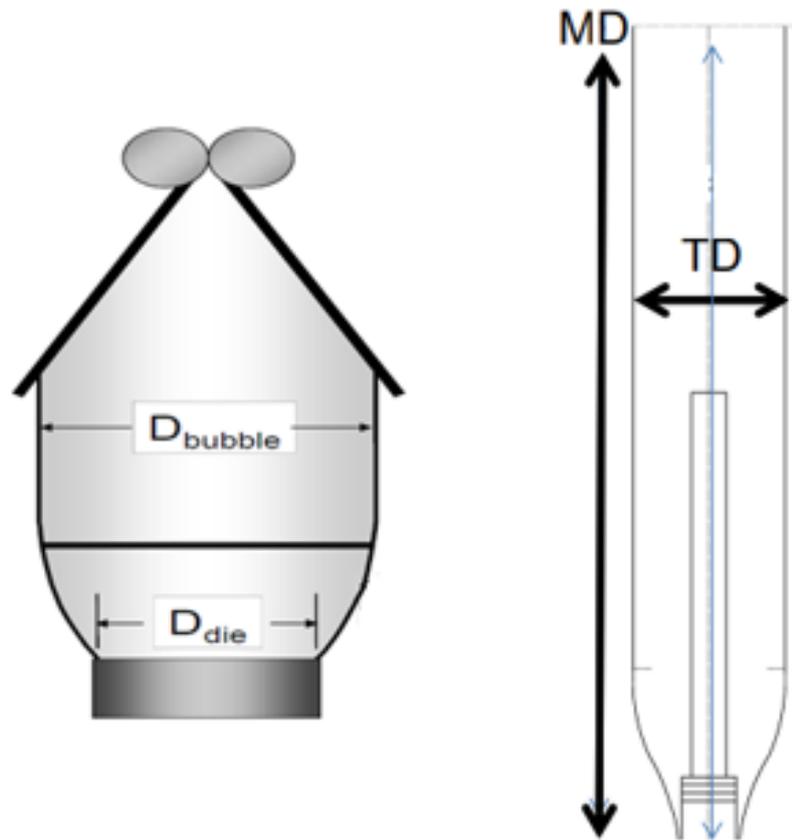


Figura A. 1 Descripción de los diámetros y la orientación de la burbuja del film.

$$BUR = \frac{D_{bubble}}{D_{die}} = \frac{D}{D_0} \quad (A. 1)$$

El BUR es un parámetro de partida que es necesario establecer, por ello, para obtener el parámetro óptimo de BUR correspondiente al modelo de la línea de proceso del fabricante de *Macro Engineering & Technology Inc.*, se ha tomado como referencia un artículo titulado “*Efecto de las variables del proceso de extrusión sobre la relación estructura-propiedades de películas tubulares de PEBD*”, en el cual el grupo de polímeros del departamento de mecánica de la universidad de Simón Bolívar de Caracas, habla sobre el efecto que tienen las variables del proceso de extrusión soplado, sobre las propiedades mecánicas y ópticas del film producido [6].

A continuación, en base a los datos del artículo, se justificará el valor de partida de BUR correspondiente.

La siguiente tabla muestra el efecto de la modificación del BUR sobre las distintas propiedades del film.

Tabla A. 2 Efectos de las propiedades del film en función del BUR.

Propiedades	BUR		
	2,5	3,0	3,5
Desgarro (g/μm)			
MD	1,83 ± 0,43	1,77 ± 0,14	1,22 ± 0,09
TD	3,60 ± 0,15	3,30 ± 0,08	3,16 ± 0,12
Impacto (KJ/m)	31,3 ± 0,9	32,4 ± 0,9	35 ± 1
Penetración (g/μm)	11,6 ± 0,3	10,8 ± 0,3	10,9 ± 0,5
Esfuerzo a la ruptura (MPa)			
MD	17,6 ± 0,4	16,5 ± 0,3	17,7 ± 0,4
TD	12 ± 2	22,3 ± 0,8	20,4 ± 1,1
Transmisión luminosa (%)	70 ± 1	72 ± 2	75 ± 2
Turbidez (%)	49 ± 3	43 ± 2	43 ± 2
Brillo (%)	16,2 ± 0,5	19,0 ± 0,6	21,0 ± 0,7

Como conclusión se obtuvo que el efecto de la modificación del BUR en dirección MD (machine direction), no influye de manera significativa sobre el esfuerzo a la ruptura ni la penetración. En lo que se refiere a la dirección TD (transversal direction), el esfuerzo a la ruptura se produce de una manera más sencilla, ya que en este caso la orientación de las cadenas poliméricas es mayor, razón por la cual dicho esfuerzo aumenta en función del aumento del BUR.

En esfuerzo a ruptura se registran mayores valores a medida que el film se encuentre mayormente orientada en una dirección específica, y en este caso una mayor orientación TD se traduce en un mayor esfuerzo a la ruptura en esta dirección. La resistencia al impacto se ve incrementada debido a que una mayor orientación en TD contrarresta la excesiva orientación en MD que tiene el film.

Las propiedades se ven afectadas por la cristalización desarrollada, ya que, la mayor orientación en TD impartida por un mayor BUR dificulta la cristalización en MD, incrementándose el dominio amorfo, por lo que aumenta la transmisión luminosa.

En cuanto a la turbidez se espera que un material con menor porcentaje de cristalización posea menor turbidez.

Tras la conclusión que obtuvieron los científicos que realizaron dicho estudio y basándose en sus resultados, se tomarán dichos resultados como referencia y se escogerá un valor de BUR como dato inicial. Teniendo en cuenta que el objetivo del proyecto es obtener dos films de misma estructura pero de distinto espesor de film, no será el mismo BUR establecido para ambos films.

El film A, que será el que tendrá un espesor de 70 μm , su papel principal será el de actuar como *tapa* en lo que el empaque del envase se refiere, por lo que las propiedades finales más importantes en este film son el esfuerzo a la penetración, esfuerzo a la ruptura, el porcentaje de transmisión luminosa, el porcentaje de turbidez y el porcentaje de brillo, por lo que el valor de BUR que cumple dichas propiedades de la *tabla A. 2*, es un valor de BUR = 3,5.

El film B, que será el que tendrá un espesor de 150 μm , su papel principal será el de actuar como *cuerpo* en lo que el empaque del envase se refiere, por lo que las propiedades finales más importantes en este film son el esfuerzo al desgarro, sobretodo porque estos films tras ser procesados y enviados a los correspondientes clientes, dichas empresas realizan su proceso de envasado mediante un proceso llamado termoconformado, en el cual se explica el proceso mediante la *figura A. 2*.

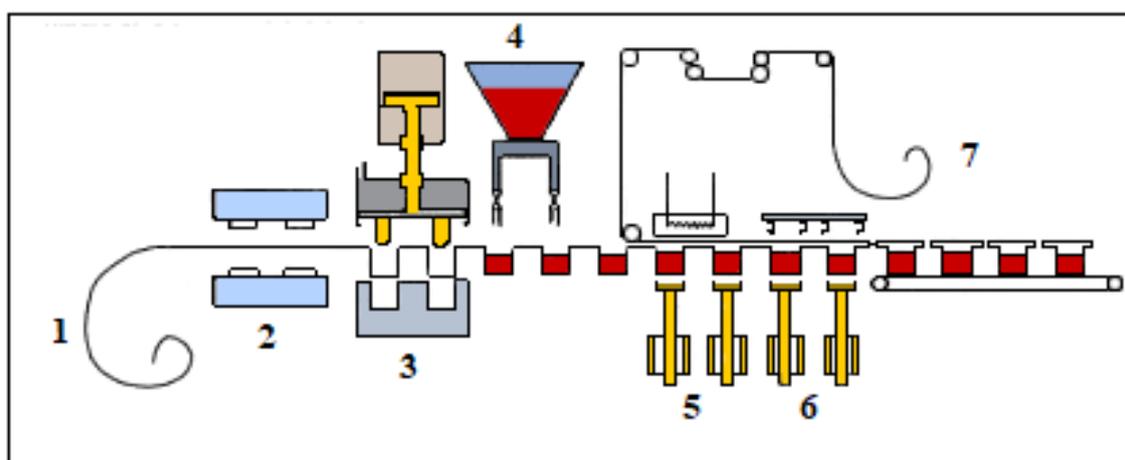


Figura A. 2 Proceso de termoconformado.

Tabla A. 3 Etapas del proceso de termoconformado.

Función	
1	Cuerpo del envase (bobina de film de 150 µm)
2	Calentamiento
3	Formado
4	Dosificación del producto
5	Sellado
6	Corte
7	Tapa del envase (bobina de film de 70 µm)

Otras propiedades finales que tiene que soportar este film son, el esfuerzo a la penetración, esfuerzo a la ruptura, el porcentaje de transmisión luminosa, el porcentaje de turbidez y el porcentaje de brillo, aunque estas tres últimas propiedades no son tan críticas en lo que al film corresponde. El valor de BUR que satisface los requerimientos técnicos, especialmente el de mayor esfuerzo al desgarro es el de 2,5.

Conociendo estos datos, se procede a realizar el cálculo pertinente de Lay Flat Width, que determinará qué modelo de línea de proceso es más óptima para este proyecto.

A continuación se detallan los parámetros utilizados y la fórmula para obtener el Lay Flat Width:

Tabla A. 4 Unidades de los parámetros para determinar el Lay Flat.

Parámetros	Unidades
Lay Flat	mm
Diámetro boquilla	mm
BUR	adimensional

$$\text{Lay Flat} = \left(\text{Diámetro boquilla} \cdot \frac{\pi}{2} \right) \cdot \text{BUR} \quad (\text{A. 2})$$

Una vez planteada la fórmula se plantean los datos que se van a utilizar para realizar el correspondiente cálculo.

Tabla A. 5 Parámetros para el cálculo del Lay Flat.

Parámetros	Film A	Film B	Unidades
Diámetro boquilla	450	450	mm
BUR	3,5	2,5	adimensional

- **Film A (70 μm):**

$$\text{Lay Flat} = \left(450 \cdot \frac{\pi}{2} \right) \cdot 3,5 = \mathbf{2474 \text{ mm}} \quad (\text{A. 3})$$

- **Film B (150 μm):**

$$\text{Lay Flat} = \left(450 \cdot \frac{\pi}{2} \right) \cdot 2,5 = \mathbf{1767,15 \text{ mm}} \quad (\text{A. 4})$$

Una vez obtenido el valor del Lay Flat Width o ancho de film, ya se puede determinar el modelo de línea de proceso que se comparará a la empresa *Macro Engineering & Technology Inc.*

Viendo los resultados obtenidos de Lay Flat y haciendo referencia a la *tabla A. 1*, se puede determinar que entre todos los modelos propuestos, el más óptimo es el modelo 2600, porque teniendo como referencia el valor más alto obtenido, que es el valor calculado del film A, se determina que el modelo 2200 aunque cumpla el valor del film B, el valor del film A es muy superior por lo que podría ocasionar problemas en la producción, ya que podría obstruirse la producción al ir tan justa la relación entre el ancho de film producido y el teórico de la máquina. Por lo que el modelo 2600 cumple con ambos valores calculados.

Ya determinado el modelo de línea de proceso que se va a utilizar en la planta de producción, lo siguiente es realizar el cálculo de la relación de adelgazamiento.

1.1.3. Relación de adelgazamiento (Ra)

Este parámetro mide la reducción del espesor del film después de ser soplada. Está definida por el cociente entre la abertura de los labios de la boquilla (E_0) y el espesor de la película (E).

A continuación se detallan los parámetros utilizados y la fórmula para obtener la relación de adelgazamiento:

Tabla A. 6 Unidades de los parámetros para determinar la Relación de adelgazamiento.

Parámetros	Unidades
Relación de adelgazamiento (Ra)	adimensional
E_0	mm
E	mm

$$R_a = \frac{E_0}{E} = BUR \cdot TUR \quad (A. 5)$$

Una vez planteada la fórmula se plantean los datos que se van a utilizar para realizar el correspondiente cálculo.

Tabla A. 7 Parámetros para el cálculo de la relación de adelgazamiento.

Parámetros	Film A	Film B	Unidades
E_0	1,8	1,8	mm
E	0,07	0,15	mm

- **Film A (70 μm):**

$$R_a = \frac{1,8}{0,07} = 25,71 \quad (A. 6)$$

- **Film B (150 μm):**

$$R_a = \frac{1,8}{0,15} = 12 \quad (A. 7)$$

Obtenidos los valores de la variable de proceso correspondiente a la relación de adelgazamiento, se procede a continuación a realizar el cálculo de la relación de estiramiento.

1.1.4. Relación de estiramiento (TUR)

Este parámetro se define como el cociente entre la velocidad de estirado de los rodillos de colapsamiento (V) y la velocidad de extrusión a la salida de la boquilla (V_0). Este parámetro nos indica el estirado que ha sufrido el material en la dirección de extrusión (MD) una vez que ha salido de la boquilla. En la industria es común utilizar las siglas en inglés del término equivalente “*Take Up Ratio*” (TUR).

A continuación se detallan los parámetros utilizados y la fórmula para obtener la relación de estiramiento:

Tabla A. 8 Unidades de los parámetros para determinar la relación de estiramiento.

Parámetros	Unidades
Relación de estiramiento (TUR)	adimensional
V_0	m/s
V	m/s
R_a	adimensional
BUR	adimensional

$$TUR = \frac{V}{V_0} = \frac{R_a}{BUR} \quad (A. 8)$$

Una vez planteada la fórmula se plantean los datos que se van a utilizar para realizar el correspondiente cálculo.

Tabla A. 9 Parámetros para el cálculo de la relación de estiramiento.

Parámetros	Film A	Film B	Unidades
R_a	25,71	12	adimensional
BUR	3,5	2,5	adimensional

- **Film A (70 μm):**

$$\text{TUR} = \frac{25,71}{3,5} = 7,35 \quad (\text{A. 9})$$

- **Film B (150 μm):**

$$\text{TUR} = \frac{12}{3,5} = 4,80 \quad (\text{A. 10})$$

Tras haber obtenido los valores de relación de estiramiento de cada uno de los films, basándonos como referencia en el artículo titulado “*Efecto de las variables del proceso de extrusión sobre la relación estructura- propiedades de películas tubulares de PEBD*” [6], se puede concluir que los valores están dentro de un rango de aceptación de las propiedades que se requieren en este tipo de films para envasado.

A continuación en la *tabla A. 10* se puede observar los datos extraídos del artículo y que se han tomado como orientación para verificar que los valores obtenidos para la relación de estiramiento de la línea de proceso que se está diseñando, es correcta.

Tabla A. 10 Efecto de las propiedades en función del TIR.

Propiedades	TUR		
	5	6	7,5
Desgarro (g/μm)			
MD	1,75 ± 0,14	1,77 ± 0,14	1,37 ± 0,12
TD	2,80 ± 0,23	3,30 ± 0,08	2,55 ± 0,13
Impacto (KJ/m)	31,9 ± 0,7	32,4 ± 0,9	34,9 ± 1,7
Penetración (g/μm)	11,5 ± 0,3	10,8 ± 0,3	13,3 ± 0,2
Esfuerzo a la ruptura (MPa)			
MD	16,1 ± 0,3	16,5 ± 0,3	18,4 ± 0,6
TD	18,7 ± 1,4	22,3 ± 0,8	16,3 ± 1,1
Transmisión luminosa (%)	72,7 ± 2,3	72,2 ± 2,5	69,6 ± 1,7
Turbidez (%)	40,6 ± 1,8	42,8 ± 2,3	45,3 ± 2
Brillo (%)	20,6 ± 0,7	19,0 ± 0,6	18,8 ± 0,5

Como conclusión se obtuvo que un incremento de TUR imparte a las cadenas poliméricas una mayor orientación en MD, como se puede observar en la *tabla A. 10*. A mayores valores de TUR se refleja una disminución de la fuerza de desgarro en MD y TD.

Las propiedades de impacto y penetración no sufrieron mayores cambios, lo cual se debe a que el BUR empleado puede estar atenuando la orientación impartida en MD. Asimismo ocurre en los primeros puntos de esfuerzo a la ruptura, sin embargo, en el valor más alto de TUR se observa un mayor valor en MD debido a la mayor orientación en esta dirección y un menor esfuerzo en TD debido a conservación de volumen.

Tras la conclusión que obtuvieron los científicos que realizaron dicho estudio y basándose de referencia para el resultados obtenido, se puede concluir que los valores de TUR de 7,35 y 4,8 para los films A y B respectivamente, están dentro del rango de lo que se requiera que cumplan dichos film para alimentación.

Obtenidos los valores de la variable de proceso correspondiente a la relación de estiramiento, se procede a continuación a realizar el cálculo de la velocidad de línea que habrá que alcanzar, para obtener la producción determinada.

1.1.5. Velocidad de línea

A continuación se detallan los parámetros utilizados y la fórmula para obtener la velocidad de línea:

Tabla A. 11 Unidades de los parámetros para determinar la velocidad de línea.

Parámetros	Unidades
M total	g/min
Lay Flat	mm
espesor total	mm
ρ ponderada	g/mm ³
v línea	mm/min

$$V_{\text{línea}} = \frac{M_{\text{total}}}{\text{Lay flat} \cdot 2 \cdot \text{espesor total} \cdot \rho_{\text{ponderada}}} \quad (\text{A. 11})$$

Una vez planteada la fórmula se procede a realizar el cálculo para ambos films. Los parámetros de caudal másico y espesores totales, son los planteados inicialmente en el apartado 1.1.1. *Introducción* y el valor del Lay Flat, es el determinado en el apartado 1.1.2. *Lay flat Width*.

El valor de ρ total, se ha obtenido realizando una media ponderada que relaciona los espesores de cada una de las capas correspondientes al film final y la densidad de cada material del que está hecha cada capa.

A continuación se muestra en la *ecuación A.12*, la fórmula utilizada para obtener la media ponderada de la densidad.

$$\rho_{ponderada} = \frac{\sum(\rho_i \cdot e_i)}{\sum(e_i)} \quad (A.12)$$

En la siguiente tabla se muestran los parámetros que se van a utilizar para el cálculo de la velocidad de línea.

Tabla A. 12 Parámetros para el cálculo de la velocidad de línea.

Parámetros	Film A	Film B	Unidades
M total	4.166	8.333	g/min
Lay Flat	2.474	1.767,15	mm
espesor total	0,07	0,15	mm
ρ ponderada	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	g/mm ³

- **Film A (70 μm):**

$$V_{línea} = \frac{4.166}{2.474 \cdot 2 \cdot 0,07 \cdot 1 \cdot 10^{-3}} = 1,20 \cdot 10^4 \frac{\text{mm}}{\text{min}} \quad (A.13)$$

- **Film B (150 μm):**

$$V_{línea} = \frac{8.333}{1.767,15 \cdot 2 \cdot 0,15 \cdot 1 \cdot 10^{-3}} = 1,57 \cdot 10^4 \frac{\text{mm}}{\text{min}} \quad (A.14)$$

Ya obtenidos los cálculos de la velocidad de línea a la que va a trabajar la línea de proceso, se procede a realizar el cálculo del caudal másico de extrusión de cada extrusora, obteniendo así el correspondiente espesor de cada capa del film, de manera óptima.

1.1.6. Caudal másico de cada extrusora

Se van a realizar nueve cálculos por cada film, correspondientes a cada una de las extrusoras que compone la línea de proceso.

A continuación se detallan los parámetros utilizados y la fórmula para obtener el caudal másico por extrusora:

Tabla A. 13 Unidades de los parámetros para determinar el caudal másico de las extrusoras.

Parámetros	Unidades
M total	g/min
M extrusora	g/min
espesor total	mm
espesor de cada capa	mm
ρ total	g/mm ³
ρ material	g/mm ³

M total hace referencia a la producción de cada film que se quiere producir, como se ha comentado en el apartado 1.1.1. *Introducción*.

Para realizar los cálculos es necesario hacer una conversión de unidades.

- **Film A (70 μ m):**

$$250 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 4.166 \frac{\text{g}}{\text{min}} \quad (\text{A. 15})$$

- **Film B (150 μ m):**

$$500 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 8.333 \frac{\text{g}}{\text{min}} \quad (\text{A. 16})$$

Hecha la conversión de unidades, se plantea la fórmula que se va a utilizar y se procede a realizar el cálculo de ambos films.

$$M_{\text{extrusora } i} = \left(\frac{\rho_{\text{material } i}}{\rho_{\text{total}}} \right) \cdot \left(\frac{\text{espesor capa } i}{\text{espesor total}} \right) \cdot M_{\text{total}} \quad (\text{A. 17})$$

Los parámetros de caudal másico total, valores de densidad y espesores utilizados para hacer los cálculos se detallarán a medida que se realicen los cálculos.

El valor de ρ_{total} , se ha obtenido realizando una media ponderada que relaciona los espesores de cada una de las capas correspondientes al film final y la densidad de cada material del que está hecha cada capa.

- **Film A (70 μm):**

Tabla A. 14 Parámetros de cada extrusora para realizar el cálculo del caudal másico del film A.

Parámetros	Material	Espesor (mm)	ρ (g/mm ³)	Espesor· ρ (g/mm ³)	M total (g/min)
Extrusora 1	PA	0,015	$11,4 \cdot 10^{-4}$	$17,1 \cdot 10^{-6}$	4.166
Extrusora 2	Tie	0,005	$9,1 \cdot 10^{-4}$	$4,55 \cdot 10^{-6}$	
Extrusora 3	PA	0,004	$11,4 \cdot 10^{-4}$	$4,56 \cdot 10^{-6}$	
Extrusora 4	EVOH	0,004	$11,9 \cdot 10^{-4}$	$4,76 \cdot 10^{-6}$	
Extrusora 5	PA	0,004	$11,4 \cdot 10^{-4}$	$4,56 \cdot 10^{-6}$	
Extrusora 6	Tie	0,005	$9,1 \cdot 10^{-4}$	$4,55 \cdot 10^{-6}$	
Extrusora 7	PE	0,008	$9,2 \cdot 10^{-4}$	$7,36 \cdot 10^{-6}$	
Extrusora 8	PE	0,010	$9,2 \cdot 10^{-4}$	$9,20 \cdot 10^{-6}$	
Extrusora 9	PE	0,015	$9,2 \cdot 10^{-4}$	$13,8 \cdot 10^{-6}$	
<u>TOTAL</u>		0,07		$1 \cdot 10^{-3}$	

○ Extrusora 1:

$$M_{\text{extrusora 1}} = \left(\frac{11,4 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot \left(\frac{0,015}{0,07} \right) \cdot 4.166 = \mathbf{1.011,34} \left(\frac{\mathbf{g}}{\mathbf{min}} \right) \quad (\text{A. 18})$$

○ Extrusora 2:

$$M_{\text{extrusora 2}} = \left(\frac{9,1 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot \left(\frac{0,005}{0,07} \right) \cdot 4.166 = \mathbf{269,10} \left(\frac{\mathbf{g}}{\mathbf{min}} \right) \quad (\text{A. 19})$$

○ Extrusora 3:

$$M_{\text{extrusora 3}} = \left(\frac{11,4 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot \left(\frac{0,004}{0,07} \right) \cdot 4.166 = \mathbf{269,69} \left(\frac{\mathbf{g}}{\mathbf{min}} \right) \quad (\text{A. 20})$$

○ Extrusora 4:

$$M_{\text{extrusora 4}} = \left(\frac{11,9 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot \left(\frac{0,004}{0,07} \right) \cdot 4.166 = \mathbf{281,52} \left(\frac{\mathbf{g}}{\mathbf{min}} \right) \quad (\text{A. 21})$$

○ Extrusora 5:

$$M_{\text{extrusora 5}} = \left(\frac{9,1 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot \left(\frac{0,005}{0,07} \right) \cdot 4.166 = \mathbf{269,69} \left(\frac{\mathbf{g}}{\mathbf{min}} \right) \quad (\text{A. 22})$$

○ Extrusora 6:

$$M_{\text{extrusora 6}} = \left(\frac{9,1 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot \left(\frac{0,005}{0,07} \right) \cdot 4.166 = \mathbf{269,10} \left(\frac{\mathbf{g}}{\mathbf{min}} \right) \quad (\text{A. 23})$$

○ Extrusora 7:

$$M_{\text{extrusora 7}} = \left(\frac{9,2 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot \left(\frac{0,008}{0,07} \right) \cdot 4.166 = \mathbf{435,29} \left(\frac{\mathbf{g}}{\mathbf{min}} \right) \quad (\text{A. 24})$$

- Extrusora 8:

$$M_{\text{extrusora 8}} = \left(\frac{9,2 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot \left(\frac{0,010}{0,07} \right) \cdot 4.166 = 544,11 \left(\frac{\text{g}}{\text{min}} \right) \quad (\text{A. 25})$$

- Extrusora 9:

$$M_{\text{extrusora 9}} = \left(\frac{9,2 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot \left(\frac{0,015}{0,07} \right) \cdot 4.166 = 816,17 \left(\frac{\text{g}}{\text{min}} \right) \quad (\text{A. 26})$$

Obtenidos ya los cálculos pertinentes, se va a realizar una conversión de unidades. Los valores obtenidos tienen las unidades en gramos/minuto y se requiere que se tengan en kilogramos/minuto, de esa manera poder visualizar la producción de una manera más clara y llevar un mayor control a la hora de almacenaje y distribución de producto.

A continuación se de tallan en la *tabla A. 15* los resultados obtenidos de manera resumida, con la conversión ya hecha en las unidades correctas:

Tabla A. 15 Caudales máxicos de las extrusoras del film A.

Parámetros	M extrusora i (kg/h)
Extrusora 1	60,68
Extrusora 2	16,15
Extrusora 3	16,18
Extrusora 4	16,89
Extrusora 5	16,18
Extrusora 6	16,15
Extrusora 7	26,12
Extrusora 8	32,65
Extrusora 9	48,97

• **Film B (150 μm):**

Tabla A. 16 Parámetros de cada extrusora para realizar el cálculo del caudal másico del film B.

Parámetros	Material	Espesor (mm)	ρ (g/mm ³)	Espesor· ρ (g/mm ³)	M total (g/min)
Extrusora 1	PA	0,026	$11,4 \cdot 10^{-4}$	$29,6 \cdot 10^{-6}$	8.333
Extrusora 2	Tie	0,010	$9,1 \cdot 10^{-4}$	$9,10 \cdot 10^{-6}$	
Extrusora 3	PA	0,009	$11,4 \cdot 10^{-4}$	$10,3 \cdot 10^{-6}$	
Extrusora 4	EVOH	0,009	$11,9 \cdot 10^{-4}$	$10,7 \cdot 10^{-6}$	
Extrusora 5	PA	0,009	$11,4 \cdot 10^{-4}$	$10,3 \cdot 10^{-6}$	
Extrusora 6	Tie	0,010	$9,1 \cdot 10^{-4}$	$9,1 \cdot 10^{-6}$	
Extrusora 7	PE	0,017	$9,2 \cdot 10^{-4}$	$15,6 \cdot 10^{-6}$	
Extrusora 8	PE	0,028	$9,2 \cdot 10^{-4}$	$25,8 \cdot 10^{-6}$	
Extrusora 9	PE	0,032	$9,2 \cdot 10^{-4}$	$29,4 \cdot 10^{-6}$	
<u>TOTAL</u>		0,15		$1 \cdot 10^{-3}$	

○ Extrusora 1:

$$M_{\text{extrusora 1}} = \left(\frac{11,4 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot \left(\frac{0,026}{0,15} \right) \cdot 8.333 = 1.647,59 \left(\frac{\text{g}}{\text{min}} \right) \quad (\text{A. 27})$$

○ Extrusora 2:

$$M_{\text{extrusora 2}} = \left(\frac{9,1 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot \left(\frac{0,010}{0,15} \right) \cdot 8.333 = 505,84 \left(\frac{\text{g}}{\text{min}} \right) \quad (\text{A. 28})$$

○ Extrusora 3:

$$M_{\text{extrusora 3}} = \left(\frac{11,4 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot \left(\frac{0,009}{0,15} \right) \cdot 8.333 = 570,32 \left(\frac{\text{g}}{\text{min}} \right) \quad (\text{A. 29})$$

- Extrusora 4:

$$M_{\text{extrusora 4}} = \left(\frac{11,9 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot \left(\frac{0,009}{0,15} \right) \cdot 8.333 = \mathbf{595,33} \left(\frac{\mathbf{g}}{\mathbf{min}} \right) \quad (\text{A. 30})$$

- Extrusora 5:

$$M_{\text{extrusora 5}} = \left(\frac{9,1 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot \left(\frac{0,009}{0,15} \right) \cdot 8.333 = \mathbf{570,32} \left(\frac{\mathbf{g}}{\mathbf{min}} \right) \quad (\text{A. 31})$$

- Extrusora 6:

$$M_{\text{extrusora 6}} = \left(\frac{9,1 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot \left(\frac{0,010}{0,15} \right) \cdot 8.333 = \mathbf{505,84} \left(\frac{\mathbf{g}}{\mathbf{min}} \right) \quad (\text{A. 32})$$

- Extrusora 7:

$$M_{\text{extrusora 7}} = \left(\frac{9,2 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot \left(\frac{0,017}{0,15} \right) \cdot 8.333 = \mathbf{869,38} \left(\frac{\mathbf{g}}{\mathbf{min}} \right) \quad (\text{A. 33})$$

- Extrusora 8:

$$M_{\text{extrusora 8}} = \left(\frac{9,2 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot \left(\frac{0,028}{0,15} \right) \cdot 8.333 = \mathbf{1.431,91} \left(\frac{\mathbf{g}}{\mathbf{min}} \right) \quad (\text{A. 34})$$

- Extrusora 9:

$$M_{\text{extrusora 9}} = \left(\frac{9,2 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot \left(\frac{0,032}{0,15} \right) \cdot 8.333 = \mathbf{1.636,47} \left(\frac{\mathbf{g}}{\mathbf{min}} \right) \quad (\text{A. 35})$$

Obtenidos ya los cálculos pertinentes, se va a realizar una conversión de unidades. Los valores obtenidos tienen las unidades en gramos/minuto y se requiere que se tengan en kilogramos/minuto, de esa manera poder visualizar la producción de una manera más clara y llevar un mayor control a la hora de almacenaje y distribución de producto.

A continuación se de tallan en la *tabla A. 17* los resultados obtenidos de manera resumida:

Tabla A. 17 Caudales máxicos de las extrusoras del film B.

Parámetros	M extrusoras i (kg/h)
Extrusora 1	98,86
Extrusora 2	30,35
Extrusora 3	34,22
Extrusora 4	35,72
Extrusora 5	34,22
Extrusora 6	30,35
Extrusora 7	52,16
Extrusora 8	85,91
Extrusora 9	98,19

1.2. Conducciones y accesorios

En el siguiente apartado se va a realizar el cálculo de todos los parámetros que son necesarios conocer para el correcto diseño de las conducciones.

El material que se quiere transportar por dichas conducciones es sólido, concretamente se quiere transportar la materia prima desde el interior de los silos de almacenamiento donde se encuentra, hasta las tolvas situadas en cada una de las extrusoras al inicio del proceso de producción.

Debido a que la materia prima es un sólido, es necesario utilizar el transporte neumático. Dicho transporte puede realizarse mediante transporte en fase diluida o transporte en fase densa. En este proyecto se va a realizar el transporte en fase diluida, ya que es el método más conocido de transporte neumático en la industria, especialmente utilizado en la industria del plástico.

A continuación en la *tabla A. 18* se muestran las restricciones de las propiedades que cumplen el transporte en fase diluida.

Tabla A. 18 Propiedades del transporte neumático en fase diluida.

Propiedad	Transporte en fase diluida
Velocidad de gas (m/s)	> 15
Concentración de sólidos (% vol.)	≤ 1
ΔP/L (mbar/m)	< 5

Conocido el tipo de transporte que se va a llevar a cabo, se procede a realizar los correspondientes cálculos.

1.2.1. Diámetro de las conducciones

Para iniciar los cálculos es necesario conocer el diámetro de las conducciones y para determinarlo se ha establecido como partida que el material de las conducciones va a ser de acero galvanizado, porque dos de los cuatro materiales que se utilizan en la producción son higroscópicos y este tipo de material para las tuberías es perfecto para protegerlo del agua y de la humedad gracias al zinc, ya que al crear una capa de zinc sobre el acero, se evita que el oxígeno alcance el hierro. Por ello, se ha obtenido un catálogo de conducciones de este material y se ha realizado el cálculo de pérdida de carga de todas las conducciones con todos los diámetros del catálogo y así finalmente determinar el diámetro más óptimo para el diseño de conducciones que se requiere.

A continuación se muestra en la *tabla A. 17*, los diámetros que se ha extraído del catálogo de conducciones de acero galvanizado [23].

Tabla A. 19 Diámetros de las conducciones de acero galvanizado.

	Acero galvanizado		
	D (pulg.)	D (m)	Espesor (mm)
A	8"	0,2032	3,4,5,6
B	10"	0,2540	4,5,6
C	12"	0,3048	4,5,6

Como se van a realizar los cálculos para tres diámetros distintos, se ha distinguido cada diámetro con una letra en orden alfabético, de esa manera es más fácil llevar un seguimiento de los cálculos.

Antes de empezar a realizar los cálculos, en la tabla se presentan los datos necesarios para realizarlos.

Tabla A. 20 Definición de los términos necesarios para realizar el cálculo de las conducciones.

Términos	Unidades	Valores		
Caudal másico material (Q_m)	kg/s	0,0275		
Densidad partícula (ρ_p)	kg/m ³	1.140		
Densidad fluido (ρ_f)	kg/m ³	1,2		
Viscosidad fluido (μ_f)	Pa·s o kg/m·s	1,84·10 ⁻⁵		
Gravedad (g)	m/s ²	9,8		
Concentración de sólidos (%CS)	% vol.	1		
Tamaño de partícula (x)	m	0,005		
L horizontal	m	30		
L vertical	m	10		
nº codos	Ud.	7		
Diámetro conducciones (D)	Pulgadas	8	10	12
	m	0,2032	0,2540	0,3048

Si observamos la *tabla A. 20* se observa que el caudal másico utilizado para realizar los cálculos, corresponde al dato obtenido de mayor caudal de la *tabla A. 17*, que hace referencia al material que pasará por el interior de las conducciones, que corresponde también al material más denso. Así se realiza el cálculo desde el extremo “más desfavorable”, sabiendo que a menor caudal y material menos denso podrá transportarse de manera óptima por las conducciones.

Por lo que se determina que los cálculos van a realizarse tomando como referencia que el material de las partículas corresponde a la poliamida y como fluido que transporta dicho material, el aire.

1.2.2. Sección de las conducciones

En primer lugar se calcula la sección de la tubería para cada uno de los diámetros planteados mediante la *ecuación A.36*.

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \quad (A. 36)$$

Para obtener la sección, se sustituye el valor de diámetro correspondiente en la *ecuación A.36*.

Tabla A. 21 Resultados de sección de las conducciones en función del diámetro.

	D (m)	Sección (m²)
A	0,2032	0,0324
B	0,2540	0,0507
C	0,3048	0,0730

1.2.3. Velocidad del fluido (U_f)

Conocida la sección se procede a calcular la velocidad del fluido (U_f), pero para ello es necesario conocer antes la velocidad de sedimentación (U_{salt}), que se calcula mediante la *ecuación A.37*.

$$S = \frac{Q_m}{\rho_f \cdot U_{salt} \cdot S} = \left[\frac{1}{10^{(1440 \cdot x + 1,96)}} \right] \cdot \left(\frac{U_{salt}}{\sqrt{g \cdot D}} \right)^{(1100 \cdot x + 2,5)} \quad (A. 37)$$

De la *ecuación A.37* se conocen todos los términos excepto el término *U_{salt}* que es el término que interesa obtener. En la *tabla A. 20* se han detallado todos los términos necesarios para realizar el cálculo, por lo que se sustituyen dichos términos en la *ecuación A.37* y se despeja *U_{salt}*, obteniendo los valores de la *tabla A. 22*.

Tabla A. 22 Resultados de la velocidad de sedimentación en función del diámetro.

	D (m)	Usalt (m/s)
A	0,2032	13,61
B	0,2540	14,305
C	0,3048	14,90

Una vez se ha obtenido la velocidad de sedimentación (U_{salt}), ya se puede pasar a realizar el cálculo de la velocidad del fluido (U_f), que consiste en multiplicar la velocidad de sedimentación (U_{salt}) obtenida, por un factor de seguridad de 1,5 para asegurar así suficiente caudal y que no se produzca sedimentación.

En la *tabla A. 23* se muestran los valores de velocidad del fluido en función de cada uno de los diámetros.

Tabla A. 23 Resultados de la velocidad del fluido en función del diámetro.

	D (m)	Uf (m/s)
A	0,2032	20,415
B	0,2540	21,46
C	0,3048	22,34

Obtenido los valores de velocidad del fluido en la *tabla A. 23*, se observa que las condiciones que se han determinado en la *tabla A. 18* referentes a las propiedades del transporte en fase diluida, se cumplen, ya que la velocidad de gas calculada es mayor a 15 m/s.

A continuación se procede a realizar el cálculo de la caída de presión de los tramos horizontales y verticales de las conducciones.

Para realizar los correspondientes cálculos se recuerda que todos los valores de las variables están detallados en la *A. 20*.

Para obtener la caída de presión a lo largo de la línea de transporte es necesario plantear el balance de energía mecánica para el sistema. Se considera la sección diferencial de la conducción en la *figura A. 3*.

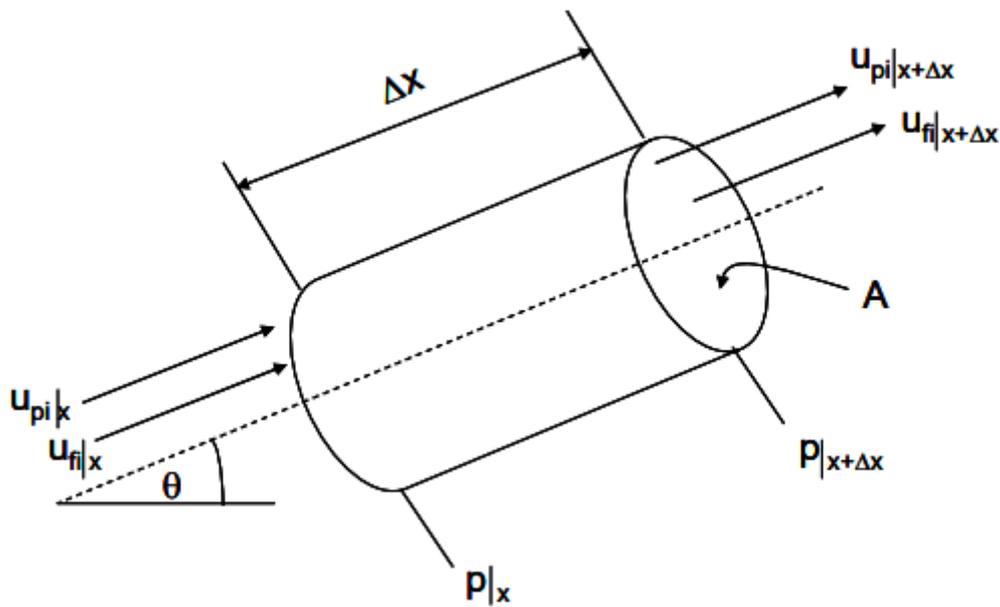


Figura A. 3 Sección de una línea de transporte.

1.2.4. Caída de presión (Tramo horizontal)

Algunos términos de la ecuación generalizada del balance de energía mecánica pueden omitirse, ya que la línea de transporte que se está diseñando es horizontal y el ángulo (θ) es igual a cero.

De esa forma los términos que se desprecian son los siguientes:

$$(1 - \varepsilon) \cdot L \cdot \rho_p \cdot g \cdot \text{sen}(\theta) = 0 \quad (\text{A. 38})$$

$$\varepsilon \cdot L \cdot \rho_f \cdot g \cdot \text{sen}(\theta) = 0 \quad (\text{A. 39})$$

Obteniendo finalmente el balance de la siguiente manera:

$$\Delta P_{\text{Horizontal}} = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon \cdot \rho_f \cdot U_{fi}^2 + \frac{1}{2} \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \rho_p \cdot U_{pi}^2 + F_{fw}L + F_{pw}L = 0 \quad (\text{A. 40})$$

Para verlo más claro se va a dividir el balance planteado en cuatro términos:

Tabla A. 24 Términos del balance de energía mecánica (Tramo horizontal)

Término 1	$\frac{1}{2} \cdot \varepsilon \cdot \rho_f \cdot U_f^2$
Término 2	$\frac{1}{2} \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \rho_p \cdot U_{pi}^2$
Término 3	$F_{fw}L$
Término 4	$F_{pw}L$

A continuación se calculan todos los términos detallados en la *tabla A. 24* para poder obtener finalmente la caída de presión en las conducciones horizontales.

- **Velocidad intrínseca de la partícula (U_{pi})**

$$U_{pi} = U_f \cdot (1 - 0,0638 \cdot x^{0,3} \cdot \rho_p^{0,5}) \quad (A. 41)$$

En las *tablas A. 20* y *A. 23* se han determinado los términos necesarios para realizar el cálculo de la velocidad intrínseca de la partícula, por lo que se sustituyen en la *ecuación A.41*, obteniendo los correspondientes valores de velocidad intrínseca de la partícula para cada diámetro planteado.

Tabla A. 25 Resultados de la velocidad intrínseca de la partícula en función del diámetro.

	D (m)	U_{pi} (m/s)
A	0,2032	11,44
B	0,2540	12,03
C	0,3048	12,52

- **Porosidad (ϵ)**

$$\epsilon = 1 - \frac{Q_m}{S \cdot U_{pi} \cdot \rho_p} \quad (A.42)$$

En las *tablas A. 20, A. 23 y A. 25* se han determinado todos los términos necesarios para realizar el cálculo de la porosidad, por lo que se sustituyen en la *ecuación A.42*, obteniendo los correspondientes valores de porosidad para cada diámetro planteado.

Tabla A. 26 Resultados de la porosidad en función del diámetro.

	D (m)	ϵ
A	0,2032	0,999
B	0,2540	0,999
C	0,3048	0,999

- **Velocidad intrínseca del fluido (U_{fi})**

$$U_{fi} = \frac{U_f}{\epsilon} \quad (A.43)$$

En las *tablas A. 23 y A. 26* se han determinado todas las variables necesarias para realizar el cálculo de la velocidad intrínseca del fluido, por lo que se sustituyen en la *ecuación A.43*, obteniendo los correspondientes valores de velocidad intrínseca del fluido para cada diámetro planteado.

Tabla A. 27 Resultados de la velocidad intrínseca del fluido en función del diámetro.

	D (m)	U_{fi} (m/s)
A	0,2032	20,42
B	0,2540	21,46
C	0,3048	22,34

- **Término 3: Factor de fricción del fluido ($F_{fw}L$)**

$$F_{fw}L = \frac{2 \cdot f_g \cdot \rho_f \cdot U_f^2}{D} \quad (A.44)$$

En las *tablas A. 20 y A. 23* se han determinado las variables necesarias para poder realizar el cálculo de fricción del fluido excepto la variable (f_g), para ello se ha de tener en cuenta el número de Reynolds, que se calcula con la *ecuación A.45*.

$$Re_D = \frac{\rho_f \cdot U_f \cdot D}{\mu} \quad (A.45)$$

$$\begin{aligned} f_g &= 64/Re_D && \text{para } Re_D \leq 2 \cdot 10^3 \\ f_g &= 0,184 \cdot Re_D^{-1/5} && \text{para } Re_D > 2 \cdot 10^4 \\ f_g &= 0,316 \cdot Re_D^{-0,25} && \text{para } 2 \cdot 10^3 < Re_D \leq 2 \cdot 10^4 \end{aligned}$$

En *tabla A. 28* se muestran los resultados obtenidos en función del diámetro.

Tabla A. 28 Resultados del factor de fricción del fluido en función del diámetro.

	D (m)	Re_D	f_g	F_{fw}L (Pa)
A	0,2032	27,054 · 10 ⁴	0,0151	74,33
B	0,2540	35,549 · 10 ⁴	0,0143	62,23
C	0,3048	44,41 · 10 ⁴	0,0136	53,44

• **Término 4: Factor de fricción del sólido ($F_{pw}L$)**

$$F_{pw}L = \frac{2 \cdot f_p \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \rho_p \cdot U_{pi}^2 \cdot L}{D} \quad (A. 46)$$

En las *tablas A. 20, A. 26 y A. 25* se han determinado las variables necesarias para poder realizar el cálculo de fricción del sólido excepto la variable (f_p), para ello se ha de tener en cuenta el número de Reynolds, que a su vez se utiliza para determinar el término C_D .

A continuación se detalla cómo se obtiene mediante las *ecuaciones A.47 y A.48*.

$$Re_p = \frac{\rho_f \cdot (U_{fi} - U_{pi}) \cdot x}{\mu} \quad (A. 47)$$

$$Re_p < 1$$

$$1 < Re_p < 500$$

$$500 < Re_p < 2 \cdot 10^5$$

$$C_D = 24/Re_p$$

$$C_D = 18,5 \cdot Re_p^{-0,6}$$

$$C_D = 0,44$$

$$f_p = \frac{3}{8} \cdot \frac{\rho_f}{\rho_p} \cdot \frac{D}{x} \cdot C_D \cdot \left(\frac{U_{fi} - U_{pi}}{U_{pi}} \right)^2 \quad (A. 48)$$

En *tabla A. 29* se muestran los resultados obtenidos en función del diámetro.

Tabla A. 29 Resultados del factor de fricción del sólido en función del diámetro.

	D (m)	Re_p	C_D	f_p	F_{pw}L (Pa)
A	0,2032	2.928,26	0,44	$4,35 \cdot 10^{-3}$	19,16
B	0,2540	3.075	0,44	$5,42 \cdot 10^{-3}$	21,12
C	0,3048	3.202,17	0,44	$6,51 \cdot 10^{-3}$	22,90

- **Término 1**

$$\frac{1}{2} \cdot \varepsilon \cdot \rho_f \cdot Uf^2 \quad (A.49)$$

En las *tablas A. 20, A. 26 y A. 27* se han determinado todas las variables necesarias para realizar el cálculo del término 1 que se sustituyen en la *ecuación A.49*, obteniendo los correspondientes valores que se muestran en la *tabla A. 30*, en función del diámetro.

Tabla A. 30 Resultados del término 1 del balance de energía mecánica en función del diámetro.

	D (m)	Término 1
A	0,2032	250,16
B	0,2540	276,29
C	0,3048	299,41

- **Término 2**

$$\frac{1}{2} \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \rho_p \cdot Upi^2 \quad (A.50)$$

En las *tablas A. 20, A. 25 y A. 26* se han determinado todas las variables necesarias para realizar el cálculo del término 2 que se sustituyen en la *ecuación A.50*, obteniendo los correspondientes valores que se muestran en la *tabla A. 31*, en función del diámetro.

Tabla A. 31 Resultados del término 2 del balance de energía mecánica en función del diámetro.

	D (m)	Término 2 (Pa)
A	0,2032	7,46
B	0,2540	8,25
C	0,3048	8,93

- **Cálculo de la caída de presión ($\Delta P_{\text{Horizontal}}$)**

Finalmente conociendo todos los términos que forman el balance de energía mecánica planteado en la *ecuación A.40* se realiza el cálculo de la caída de presión en el tramo horizontal.

Los resultados se muestran en la *tabla A. 32* en función del diámetro.

Tabla A. 32 Resultado de la caída de presión en tramo horizontal.

	D (m)	$\Delta P_{\text{Horizontal}}$ (Pa)
A	0,2032	351,11
B	0,2540	367,89
C	0,3048	384,68

1.2.5. Caída de presión (Tramo vertical)

Algunos términos de la ecuación generalizada del balance de energía mecánica pueden despreciarse, ya que son mucho más dominantes en el transporte horizontal que en el vertical, porque son producidos debido a la energía cinética. Además, como se trata de un tramo vertical, el ángulo es de 90° , por lo que ($\theta = 1$).

De esa forma los términos que se desprecian son los siguientes:

$$\frac{1}{2} \cdot \varepsilon \cdot \rho_f \cdot U_{fi}^2 = 0 \quad (A. 51)$$

$$\frac{1}{2} \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \rho_p \cdot U_{pi}^2 = 0 \quad (A. 52)$$

Obteniendo finalmente el balance de la siguiente manera:

$$\Delta P_{\text{Vertical}} = F_{fw}L + F_{pw}L + (1 - \varepsilon) \cdot L \cdot \rho_p \cdot g + \varepsilon \cdot L \cdot \rho_f \cdot g = 0 \quad (A. 53)$$

Para verlo más claro se va a dividir el balance planteado en cuatro términos:

Tabla A. 33 Términos del balance de energía mecánica (Tramo vertical)

Término 3	$F_{fw}L$
Término 4	$F_{pw}L$
Término 5	$(1 - \varepsilon) \cdot L \cdot \rho_p \cdot g$
Término 6	$\varepsilon \cdot L \cdot \rho_f \cdot g$

A continuación se calculan todos los términos para poder obtener finalmente la caída de presión en las conducciones verticales.

- **Término 3: Factor de fricción del fluido ($F_{fw}L$)**

$$F_{fw}L = \frac{2 \cdot f_g \cdot \rho_f \cdot U_f^2}{D} \quad (A. 54)$$

En las *tablas A. 20 y A. 23* se han determinado las variables necesarias para poder realizar el cálculo de fricción del fluido excepto la variable (f_g), para ello se ha de tener en cuenta el número de Reynolds que se calcula con la *ecuación A.55*.

$$Re_D = \frac{\rho_f \cdot U_f \cdot D}{\mu} \quad (A. 55)$$

$$f_g = 64/Re_D$$

$$f_g = 0,184 \cdot Re_D^{-1/5}$$

$$f_g = 0,316 \cdot Re_D^{-0,25}$$

$$\text{para } Re_D \leq 2 \cdot 10^3$$

$$\text{para } Re_D > 2 \cdot 10^4$$

$$\text{para } 2 \cdot 10^3 < Re_D \leq 2 \cdot 10^4$$

En *tabla A. 34* se muestran los resultados obtenidos en función del diámetro.

Tabla A. 34 Resultados del factor de fricción del fluido en función del diámetro.

	D (m)	Re_D	f_g	F_{fw}L (Pa)
A	0,2032	27,054 · 10 ⁴	0,0151	74,33
B	0,2540	35,549 · 10 ⁴	0,0143	62,23
C	0,3048	44,41 · 10 ⁴	0,0136	53,44

- **Término 4: Factor de fricción del sólido (F_{pw}L)**

$$F_{pw}L = 0,057 \cdot G \cdot L \cdot \sqrt{\frac{g}{D}} \quad (A. 56)$$

En la *tabla A. 20* se han determinado las variables necesarias para poder realizar el cálculo de fricción del sólido excepto la variable *G*, que corresponde al gasto másico del sólido por unidad de área y se calcula mediante la *ecuación A.57*.

$$G = \frac{Q_m}{A} \quad (A. 57)$$

En *tablas A. 35* se muestran los resultados obtenidos en función del diámetro.

Tabla A. 35 Resultados del factor de fricción del sólido en función del diámetro.

	D (m)	G (kg/m²·s)	F_{pw}L (Pa)
A	0,2032	0,849	3,36
B	0,2540	0,542	1,92
C	0,3048	0,376	1,215

- **Término 5: Energía potencial del sólido**

$$(1 - \varepsilon) \cdot L \cdot \rho_p \cdot g \quad (A. 58)$$

Para realizar este cálculo es necesario estimar la porosidad (ε) en la línea de transporte vertical.

Si se asume que las partículas se comportan individualmente, la velocidad relativa puede asumirse igual a la velocidad terminal, es decir:

$$U_{pi} = \frac{U_f}{\varepsilon} - U_t \quad (A. 59)$$

$$Q_m = S \cdot U_{pi} \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \rho_p \quad (A. 60)$$

Relacionando las *ecuaciones* A.59 y A.60, resulta:

$$Q_m = S \cdot \left(\frac{U_f}{\varepsilon} - U_t \right) \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \rho_p \quad (A. 61)$$

Si se conoce el valor de la velocidad terminal (U_t) es posible determinar la porosidad, U_t para esferas.

$$U_t = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{(\rho_p - \rho_f) \cdot g \cdot x}{C_D \cdot \rho_f}} \quad (A. 62)$$

Para poder realizar el cálculo de U_t hay que tener en cuenta el número de Reynolds, que a su vez se utiliza para determinar el término C_D ,

$$Re_p = \frac{\rho_f \cdot U_t \cdot x}{\mu} \quad (A.63)$$

$$Re_p < 1$$

$$C_D = 24/Re_p$$

$$1 < Re_p < 500$$

$$C_D = 18,5 \cdot Re_p^{-0,6}$$

$$500 < Re_p < 2 \cdot 10^5$$

$$C_D = 0,44$$

Para poder obtener un valor de U_t es necesario realizar iteraciones suponiendo un valor de U_t inicial y sustituyéndolo en la *ecuación A.63*. Se obtendrá un valor supuesto de Re_p , seguidamente se obtiene un valor correspondiente de C_D y finalmente mediante la *ecuación A.62* se obtiene el valor de U_t teórico. Se realizarán iteraciones hasta haber obtenido finalmente un valor que coincida con el U_t supuesto y el U_t teórico.

A continuación se muestra en la *tabla A. 36* los valores obtenidos tras la iteración.

Tabla A. 36 Resultado de la iteración de U_t

(U_t) supuesto	Re_p	C_D	(U_t) teórico
0,2	64,86	1,51	6,40
0,5	162,16	0,87	8,43
1	324,32	0,58	10,37
5	1.621,62	0,44	11,87
10	3.243,24	0,44	11,87
12	3.891,89	0,44	11,87
11,87	3.848,73	0,44	11,87

Obtenido el valor de U_t , lo siguiente es despejar la variable de porosidad ϵ de la *ecuación A.61*.

Tabla A. 37 Resultados de la porosidad en función del diámetro.

	D (m)	ϵ
A	0,2032	0,999
B	0,2540	0,999
C	0,3048	0,999

En las *tablas A. 20 y A. 37* se han obtenido los datos para realizar el cálculo del término 5. A continuación se sustituyen en la *ecuación A.58* obteniendo los correspondientes valores que se muestran en la *tabla. 38* en función del diámetro.

Tabla A. 38 Resultados del término 5 del balance de energía mecánica.

	D (m)	Término 5 (Pa)
A	0,2032	111,72
B	0,2540	111,72
C	0,3048	111,72

- **Término 6. Energía potencial del fluido**

$$\varepsilon \cdot L \cdot \rho_f \cdot g \tag{A.64}$$

En las *tablas A. 20 y A. 37* se han determinado las variables necesarias para realizar el cálculo del término 6. Seguidamente se sustituyen en la *ecuación A.64* y se obtienen los correspondientes valores en función del diámetro (*tabla A. 39*).

Tabla A. 39 Resultados del término 6 del balance de energía mecánica.

	D (m)	Término 6 (Pa)
A	0,2032	117,48
B	0,2540	117,48
C	0,3048	117,48

- **Cálculo de la caída de presión ($\Delta P_{\text{Vertical}}$)**

Finalmente conociendo todos los términos que forman el balance de energía mecánica planteado en la *ecuación A.53*, se realiza el cálculo de la caída de presión en el tramo vertical.

Los resultados se muestran en la *tabla A. 40* en función del diámetro.

Tabla A. 40 Resultado de la caída de presión en tramo vertical.

	D (m)	$\Delta P_{\text{Vertical}}$ (Pa)
A	0,2032	306,89
B	0,2540	293,35
C	0,3048	283,85

1.2.6. Caída de presión (Codos)

Para realizar el cálculo de la pérdida de carga en los codos se muestra la *ecuación A.65*.

$$\Delta P_{\text{Codos}} = (n^{\circ} \text{ codos}) \cdot 7,5 \cdot \frac{\Delta P_{\text{Vertical}}}{L_{\text{Vertical}}} \quad (\text{A. 65})$$

El valor de 7,5 de la *ecuación A.65* es un valor fijo que se ha determinado basándose en muchos estudios de la pérdida de carga en codos en el transporte neumático, y se ha concluido que no existen correlaciones muy confiables, por ello, como regla del pulgar Rhodes (según el artículo que se ha utilizado para basarse en la realización de los cálculos de transporte neumático) [6], se sugiere asignar al codo una caída de presión equivalente a 7,5 metros de una conducción vertical.

Los resultados se muestran en la *tabla A. 41* en función del diámetro.

Tabla A. 41 Resultado de la caída de presión en los codos de las conducciones.

	D (m)	ΔP_{Codo} (Pa)
A	0,2032	1.611,17
B	0,2540	1.540,09
C	0,3048	1.490,24

1.2.7. Caída de presión Total

Finalmente se calcula la caída de presión total que tendrán las conducciones que se encargaran de transportar la materia prima desde los silos hasta las extrusoras mediante la *ecuación A.66*.

$$\Delta P_{\text{Total}} = \Delta P_{\text{Horizontal}} + \Delta P_{\text{Vertical}} + \Delta P_{\text{Codos}} \quad (\text{A. 66})$$

Los resultados se muestran en la *tabla A. 42* en función del diámetro.

Tabla A. 42 Resultado de la caída de presión total de las conducciones.

	D (m)	ΔP_{Total} (Pa)	ΔP_{Total} (bar)
A	0,2032	2.269,17	0,023
B	0,2540	2.201,33	0,022
C	0,3048	2.158,77	0,021

Tras realizar el estudio del diseño de transporte neumático, se puede concluir que la mejor opción es utilizar unas conducciones con un diámetro de 0,3048 metros, ya que se ha obtenido el valor más bajo de caída de presión. Es decir, al obtener una caída de presión menor, la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la conducción que las conduce es menor.

1.3. Distribución en planta por el método de SLP

1.3.1. Tabla racional de entre actividades (TRA)

En este apartado se realiza la distribución en planta a partir del modelo SLP (Systematic Layout Planning) cuyo objetivo es intentar optimizar el espacio de manera eficiente para que la producción sea óptima.

En primer lugar se definen las distintas zonas de la planta resumidas en la *tabla A. 43*.

Tabla A. 43 Zonas de la planta.

Zona	Área
1	Oficina
2	Laboratorio
3	Servicios
4	Comedor
5	Entrada de vehículos/peatones
6	Parking
7	Zona de descarga de M.P
8	Silos de almacenamiento de M.P
9	Proceso de producción
10	Contenedor de residuo plástico
11	Almacén de producto terminado
12	Zona de carga de producto terminado
13	Zona de mantenimiento

A continuación se establece la relación entre actividades, es decir, construir una tabla racional de actividades TRA (*figura A. 4*) para las zonas de la planta general según los siguientes códigos establecidos:

Tabla A. 44 Relación de proximidad.

Código	Relación de proximidad
A	Absolutamente necesaria
I	Importante
U	No importante
X	Indeseable

- TRA para las zonas de la planta en general.

Distribución de planta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Oficina	Laboratorio	Servicios	Comedor	Entrada vehículos/personas	Parking	Zona de descarga de M.P	Silos de almacenamiento de M.P	Proceso de producción	Contenedor de residuo plástico	Almacén de producto terminado	Zona de carga de producto	Zona de mantenimiento
1		I	I	U	U	I	I	I	A	U	A	I	U
2			I	X	U	I	I	I	A	I	I	U	U
3				I	U	U	U	U	U	U	U	U	U
4					X	U	X	X	X	X	X	X	X
5						I	A	A	U	A	A	A	U
6							U	U	U	U	U	U	U
7								A	I	U	U	U	U
8									A	X	U	U	I
9										I	I	I	A
10											X	U	U
11												A	U
12													U
13													

Figura A. 4 TRA del proceso general.

A partir de la *figura A. 4* se pueden sacar las siguientes conclusiones en cuanto a la distribución general de toda la planta.

En primer lugar, la oficina debe estar por absoluta necesidad cerca del almacén de producto terminado y del proceso de producción para facilitar el proceso de registro y gestión de productos. También, es importante que estén próximas al almacenamiento de materia prima, al almacenamiento de producto terminado, al laboratorio, la zona de carga de producto y la zona de descarga de materia prima, asegurando así un control del registro.

El laboratorio debe estar próximo al proceso de producción y es importante que este cerca del servicio, de los almacenes, de la zona de descarga de materia prima, del contenedor de residuo plástico y del parking, para llevar a cabo el procesado de la mejor manera posible.

La proximidad entre los servicios y el comedor es especialmente importante, por cuestión de higiene, pero tampoco se desea que estén cerca de los almacenes y del proceso de producción por el mismo motivo. Es una medida para proteger tanto los productos finales como la materia prima y mantenerlos en las mejores condiciones.

A lo que se refiere al comedor, es de carácter indeseable que este cerca de todo lo relacionado con la producción, por motivos de higiene y control sanitario.

En cuanto a la entrada de vehículos y peatones, es importante que este cerca del parking, y que tenga fácil acceso a las zonas de carga y descarga, del contenedor de residuo plástico y de los almacenamientos, para facilitar el proceso de transporte, el proceso de exportación del producto final y la llegada de la materia prima.

El parking, no afecta mucho que esté cerca o no de las zonas de carga y descarga, el sector de almacenamiento o el proceso de producción.

La zona de descarga necesariamente debe de estar muy cerca de los silos de almacenamiento de la materia prima y es importante que este cerca del proceso de producción, para facilitar el proceso de descarga, ahorrando así tiempo y problemas que pueden aparecer durante el mismo.

El almacenamiento de la materia prima deber estar cerca del proceso de producción para que el proceso sea más óptimo. Es importante que se encuentre próximo a la zona de mantenimiento, por si pudiera ocasionarse cualquier problema en los silos o conducciones hasta la tolva, pueda solucionarse con la mayor rapidez posible.

Por supuesto, deber estar lejos del contenedor de residuo plástico, para evitar que pueda contaminarse la materia prima en caso de fuga de silo, generando gastos y pérdidas indeseables de material.

En cuando al proceso de producción, es de absoluta necesidad que este cerca de la zona de mantenimiento para que el equipo pueda actuar lo más rápido posible en caso de parada de la línea de proceso. Es muy importante que esté cerca de la zona de mantenimiento por si falla cualquier máquina de la línea de proceso, poder repararla lo más rápido posible. Es importante también que esté cerca del almacén de producto terminado, de la zona de carga de producto y del contenedor de residuo plástico.

El contenedor de residuo plástico no tiene que estar cerca del almacenamiento de producto final, para prevenir que pueda contaminarse algún envío de producto acabado.

El almacén de producto terminado debe de estar necesariamente cerca de la zona de carga de producto para facilitar el proceso de exportación de los productos finales a los clientes.

Es independiente tener la zona de carga de producto terminado cerca de la zona de mantenimiento.

1.3.2. Diagrama relacional de recorridos y actividades (DRA)

En este apartado, se representa la relación entre las actividades en un diagrama, teniendo en cuenta la siguiente referencia de la *tabla A. 45*.

Tabla A. 45 Relación de líneas de proximidad.

Código	Relación de proximidad	Líneas
A	Absolutamente necesaria	4 Rojas
I	Importante	2 Verdes
U	No importante	-
X	Indeseable	Zic zac

- DRA para las zonas de la planta general.

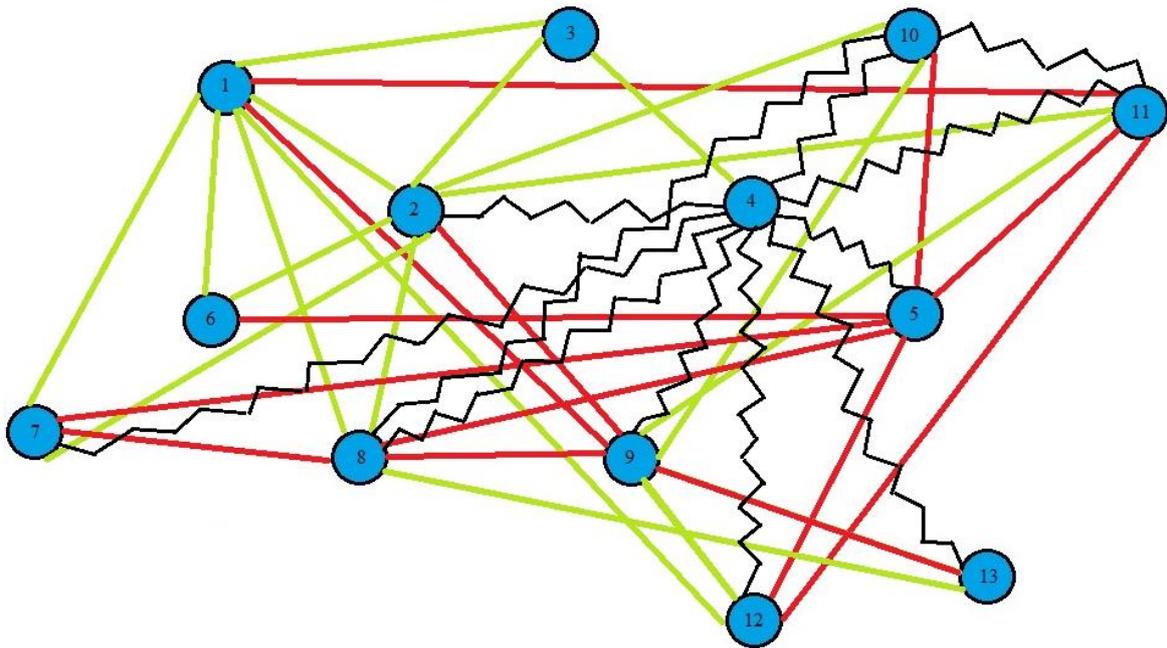


Figura A. 5 DRA general de la planta.

1.4. Método de jerarquías analíticas para la selección de parcela

El primer factor a tener en cuenta es la cercanía con las empresas de film que comercializan con el producto que se produce en dicha empresa. Muchas de esas empresas se encuentran en el interior de la Comunidad Valenciana, Cataluña y Castilla la Mancha, empresas tales como Entrepinares y Martínez Lorente.

En cuanto al precio del terreno, obviamente se busca la parcela más barata posible.

En tercer lugar, cercanía del proveedor de materia prima, ya que se busca que la parcela se encuentre lo más cercana posible a su localización. En este caso, la materia prima necesaria para llevar a cabo el proceso de producción está formada por cuatro tipos de materia distinta, pero hay que tener en cuenta que dos de los cuatro materiales que se utiliza provienen de la misma empresa (UBE Corporation Europe), por lo que situarse cerca de dicha empresa sería una buena opción para cumplir este factor y de esta manera, reducir los costes de transporte, lo que supondría unas ganancias mayores.

El siguiente aspecto se refiere al acceso a la empresa por carretera. Es importante que la parcela tenga una fácil conexión a las carreteras principales y que esté bien comunicada, ya que el transporte de los productos finales y de las materias primas se realiza por carreta.

Por último, la disponibilidad de mano de obra, el factor menos importante pero no despreciable en la ubicación de la parcela, ya que la mano de obra está disponible en casi cualquier parte. Sin embargo, existen zonas con mayor proporción de mano de obra disponible que otras, por lo tanto, la facilidad de contratar a los trabajadores será mayor.

En base a eso, se procede a realizar un análisis comparativo (*tabla A. 46*) entre los diferentes atributos (factores) donde se determina la dependencia entre ellos, es decir, en que intensidad un objetivo es preferido a otro:

Tabla A. 46 Análisis comparativo entre los diferentes atributos.

PARCELA	Cercanía de los proveedores	Precio (€)	Cercanía de la materia prima	Acceso a carreteras	Disponibilidad mano de obra
Cercanía de los proveedores	1	2	3	5	6
Precio (€)	1/2	1	2	4	5
Cercanía de la materia prima	1/3	1/2	1	2	4
Acceso a carreteras	1/5	1/4	1/2	1	3
Disponibilidad mano de obra	1/6	1/5	1/4	1/3	1

La referencia y el significado de cada número de la *tabla A. 46* se referencia en base al criterio de la *tabla A. 47*:

Tabla A. 47 Criterio de prioridad para la selección de los preferidos atributos.

Importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos elementos contribuyen idénticamente.
3	Dominación débil	La experiencia manifiesta que existe una débil dominancia de un elemento sobre otro.
5	Fuerte dominancia	La experiencia manifiesta una fuerte dominancia de un elemento sobre otro.
7	Demostrada dominancia	La dominancia de un elemento sobre otro es completamente demostrada.
9	Absoluta dominancia	Las evidencias demuestran que un elemento es absolutamente dominado por otro.
2,4,6,8	Valores intermedios	Son valores intermedios de decisión.

Una vez establecidas las proporciones anteriores, se procede a calcular el peso de cada atributo mediante el cálculo de la media geométrica:

1. Cercanía de los proveedores

$$w_1 = (1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 6)^{\frac{1}{5}} = 2,825 \quad (\text{A. 67})$$

2. Precio

$$w_2 = (0,5 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 5)^{\frac{1}{5}} = 1,821 \quad (\text{A. 68})$$

3. Cercanía de la materia prima

$$w_3 = (0,33 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 4)^{\frac{1}{5}} = 1,057 \quad (\text{A. 69})$$

4. Acceso a carreteras

$$w_4 = (0,2 \cdot 0,25 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 3)^{\frac{1}{5}} = 0,596 \quad (\text{A. 70})$$

5. Disponibilidad mano de obra

$$w_5 = (0,167 \cdot 0,2 \cdot 0,25 \cdot 0,33 \cdot 1)^{\frac{1}{5}} = 0,308 \quad (\text{A. 71})$$

Tabla A. 48 Peso de cada atributo.

w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	$\sum w_i$
2,825	1,821	1,057	0,696	0,308	6,707

Realizado el cálculo del peso de cada uno de los atributos, a continuación se realizan los siguientes cálculos teniendo como base de cálculo que la suma total de los resultados que se obtienen a continuación sea 1.

1. Cercanía de los proveedores

$$W_1 = \frac{w_1}{\sum w_i} = \frac{2,825}{6,707} = 0,421 \quad (\text{A. 72})$$

2. Precio

$$W_2 = \frac{w_2}{\sum w_i} = \frac{1,821}{6,707} = 0,271 \quad (\text{A. 73})$$

3. Cercanía de la materia prima

$$W_3 = \frac{w_3}{\sum w_i} = \frac{1,057}{6,707} = 0,157 \quad (\text{A. 74})$$

4. Acceso a carreteras

$$W_4 = \frac{w_4}{\sum w_i} = \frac{0,696}{6,707} = 0,104 \quad (\text{A. 75})$$

5. Disponibilidad mano de obra

$$W_5 = \frac{w_5}{\sum w_i} = \frac{0,308}{6,707} = 0,046 \quad (\text{A. 76})$$

Tabla A. 49 Peso de los atributos en base 1.

W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	$\sum W_i$
0,421	0,271	0,157	0,104	0,046	1

A partir de estos valores se define la matriz de decisión normalizada teniendo en cuenta la ubicación de cada parcela con respecto a cada uno de los factores, seleccionando la mejor opción posible. Es decir, se realiza una proporción de idoneidad tal y como se muestra en la *tabla A. 50*.

Tabla A. 50 Matriz de decisión normalizada.

Parcela	Cercanía de los proveedores	Precio (€)	Cercanía de la materia prima	Acceso a carreteras	Disponibilidad mano de obra
1	1	0	1	0,5	1
2	0,5	1	0,5	0,55	0,75
3	0,75	0,5	0,25	1	0,5

A continuación, se procede a puntuar cada parcela, multiplicando el valor de cada uno de los atributos por el peso que tiene cada atributo para el proceso de selección y después se realiza la suma de los atributos resultantes.

- **Parcela 1**

$$P1 = (W_1 \cdot 1) + (W_3 \cdot 1) + (W_4 \cdot 0,5) + (W_5 \cdot 1) = 0,676 \quad (A. 77)$$

- **Parcela 2**

$$P2 = (W_1 \cdot 0,5) + (W_2 \cdot 1) + (W_3 \cdot 0,5) + (W_4 \cdot 0,55) + (W_5 \cdot 0,75) = 0,652 \quad (A. 78)$$

- **Parcela 3**

$$P3 = (W_1 \cdot 0,75) + (W_2 \cdot 0,5) + (W_3 \cdot 0,25) + (W_4 \cdot 1) + (W_5 \cdot 0,5) = 0,617 \quad (A. 79)$$

De esta forma, se refleja en la *tabla A. 51* una puntuación para cada parcela que refleja cual es la que mejor se adapta a las necesidades estipuladas.

Tabla A. 51 Puntuación de las parcelas.

PARCELA	PUNTUACIÓN
1	0,676
2	0,652
3	0,617

Finalmente, se selecciona la parcela cuya puntuación es más alta según el método de jerarquías analíticas, en base a los atributos y, en general, a todo el estudio realizado anteriormente. En este caso, la mejor parcela que cumple con los requisitos requeridos por la empresa es la parcela 1.

2. Anexo II. Estudio de la viabilidad económica

2.1. Coste de los equipos del proceso principal

Como se ha explicado en el apartado 6.3 *Equipos del proceso* perteneciente al documento de la *memoria*, cuando se adquiere la línea de proceso, se adquiere como un único equipo, por lo que se ha detallado la línea de proceso principal, los equipos auxiliares principales que componen dicho equipo, los equipos que componen el laboratorio y toda la maquinaria necesaria para llevar una óptima producción de la planta.

A continuación se muestra el desglose de todos los equipos y maquinaria.

2.1.1. Línea de proceso de extrusión soplado

La línea de proceso de producción, como se ha explicado en el apartado 6.4.3. *Descripción del proceso* perteneciente al documento de la *memoria*, tiene como objeto la transformación de materia prima en forma de granza en bobinas de film, que serán distribuidas a los clientes encargados de utilizar dichos films en un proceso de post-procesado de termoconformado, con la finalidad de obtener un envase alimentario listo para envasar alimentos y distribuir a posteriori.

A continuación se muestra la ficha técnica de los distintos modelos que se han planteado en el apartado 1.1.2. *Lay flat Width* y finalmente se ha justificado la elección del modelo más óptimo para el proceso descrito.

En la tabla siguiente se observa las características principales del modelo a comprar.

Tabla A. 52 Características de la línea de proceso de extrusión soplado.

Línea de proceso de extrusión soplado	
Modelo	2.600
Potencia (kW)	0,45
Precio (€)	3.000.000

Barrier Blown Film Lines

Versatile Coextrusion Solutions for Food and Medical Packaging Films



Key Features:

- Versatile extrusion technology can be used to produce a wide range of films types
- Designed to process any barrier material including PA, EVOH, and PVdC
- Quality craftsmanship and efficient design minimize downtime
- Large selection of winding and end-of-line automation options to improve production quality and plant safety

Applications:

- Food packaging
 - High barrier films (meat, dairy, deli, prepared meals, frozen)
- Medical films
 - High barrier medical packaging films
- Lamination film

Macro's barrier blown film lines are designed to produce high quality barrier films in an efficient and cost effective manner. Every line is constructed using the latest technology, highest quality materials and superior workmanship.

Our unique design provides the flexibility to meet the needs of our customer's continuously evolving demands. Available up to 11-layers, each line is a versatile system capable of producing a variety of structures using different combinations of resins and layer configurations.

All models are equipped with Macro's patented extrusion die and air ring technology that ensures exceptionally flat film production that is free of gels.

Macro's sophisticated controls package simplifies line operation by automating basic procedures, making production easier and more reliable.

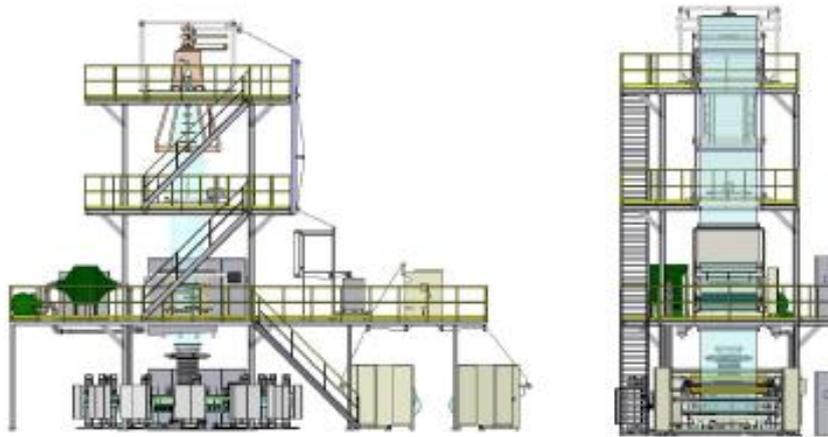
The line is available with either surface or turret winders in a variety of configurations to provide the winding flexibility to create the best roll quality for the application.



Figura A. 6 Descripción técnica del modelo de línea de proceso de extrusión soplado.

Barrier Blown Film Lines

Versatile Coextrusion Solutions for Food and Medical Packaging Films



Model	1200	1600	1800	2200	2600
Layflat Width (mm)	1200	1600	1800	2200	2600
Film Thickness Range (µm)	20 - 200	20 - 200	20 - 200	20 - 200	20 - 200
No. of Layers	5, 7, 9, 11	5, 7, 9, 11	5, 7, 9, 11	5, 7, 9, 11	5, 7, 9, 11
Typical Raw Materials	LDPE/LLDPE, mPE, HDPE, EVA, PP, PETG, PS, SBS Copolymers, PA (Nylon), EVOH, PVdC, Ionomers, Acid Copolymers, Tie Resins				
Maximum Production Speed (m/min)	150	150	150	150	150
Gauge Control System	ACCUPRO die-heater system, or D10 PRO air ring system				
Layer Monitoring	Individual layer thickness distribution monitoring				
Winders	Sheeting: Gap surface (optional reversible), turret, or stacked turret				
Maximum Roll Diameter (mm)	1500	1500	1500	1500	1500
Multiple Rolls, Maximum No.	4	4	4	4	4
Airshaft Diameters (mm)	76, 152	76, 152	76, 152	76, 152, 203	76, 152, 203



www.macroeng.com

Head Office Canada - Tel: +1(905)507-9000 | Fax: +1(905)507-3000
 Europe Italy - Tel: +39 0321 182 7286 | Fax: +39 0321 182 7287
 Asia China - Tel: +86-411-86698162 | Fax: +86-411-86641431

Figura A. 7 Ficha técnica de los modelos de línea de proceso de extrusión soplado.

2.1.1.1. Chiller de refrigeración por agua

El chiller de agua permite regular la temperatura del agua, manteniendo un flujo constante y contribuyendo de manera significativa a estabilizar las condiciones de proceso, de tal manera que aumente la eficiencia.

El chiller estará conectado a un depósito de agua con una capacidad de 12.000 L. El depósito se utilizará para recircular el agua por el interior de las extrusoras y mantener una temperatura óptima.

Los grupos de refrigeración de agua de la serie GR2A son unidades compactas con condensación por aire evaporador de placas, con tanque interno de presión atmosférica y modos circuito de trabajo de refrigeración centralizado o dedicado. La serie GR2A está diseñada especialmente para el enfriamiento de máquinas usadas en la transformación de plástico y caucho, máquinas para el vaciado a presión, plantas para galvanizado, prensas cerámica y cualquier otro proceso industrial.

Tabla A. 53 Características del depósito de agua.

Depósito de agua	
Modelo	Tanque tricapa de polietileno
Capacidad (L)	12.000
Dimensiones (cm)	240 x 308
Precio (€)	1.930



Figura A. 8 Depósito de agua.

Tabla A. 54 Características del chiller de agua.

Chiller de agua	
Modelo	GR2A
Presión de trabajo (bar)	4
Potencia (kW)	2,2 - 118
Precio (€)	12.524



Figura A. 9 Chiller de agua.

2.1.1.2. Chiller de refrigeración por aire

El chiller de aire es un eficaz sistema de refrigeración, indispensable en las instalaciones de extrusión de film para obtener una correcta transformación del producto. La posibilidad de controlar con precisión la temperatura del aire de proceso permite fijar un parámetro fundamental para la gestión de la instalación. En el caso de una correcta refrigeración, la producción en kg/h de la extrusora aumenta de manera proporcional a la disminución de la temperatura, consiguiendo en algunos casos un incremento del 30%.

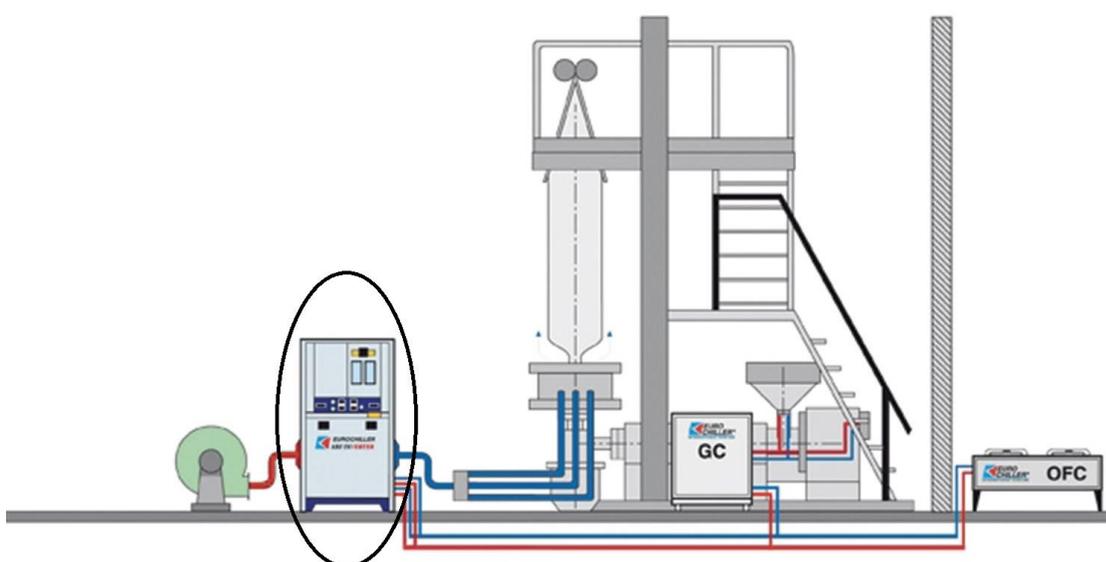


Figura A. 10 Conexión del chiller de aire al proceso.

Tabla A. 55 Características del chiller de aire.

Enfriador por aire	
Modelo	ABF-EVO-UNO-INVERTER
Presión de trabajo (bar)	4
Potencia (kW)	28-177
Precio (€)	14.407

ABFevo
inverter

PROCESS AIR CHILLERS

❄️ BUBBLE COOLING
🌀 SHELL & TUBE CONDENSER
💧 WATER COOLED
🏠 SHELL & TUBE CONDENSER
RASFC

ABFevo
inverter

NEW
WATER COOL 6T
RASFC
MICROCHANNEL COOLING

ABFevo
inverter

ABF-EVO-UNO-INVERTER
cooling capacity 28 - 177 kW
Bubble cooling

ABFevo
inverter

ABF-EVO-DUE-INVERTER
cooling capacity 46 - 116 kW
IBC + Air ring cooling

REGULATOR SYSTEM

Figura A. 11 Ficha técnica del chiller de aire.

2.1.1.3. Atemperador (termorregulador)

El atemperador es un equipo que se utiliza para calentar y mantener los moldes o cilindros a una cierta temperatura. Se usan cuando la temperatura de los cilindros debe de estar muy por encima de la temperatura ambiente, lo cual es muy común en procesos de inyección y de extrusión de piezas de ingeniería o con propiedades ópticas.

En vez de tener un sistema de enfriamiento de agua tiene un sistema de calentamiento.

Tabla A. 56 Características del atemperador.

Atemperador	
Modelo	JPMT-W9
Potencia de calefacción (kW)	9
Potencia bomba (kW)	0,75
Presión (bar)	3,5
Precio (€)	4.620

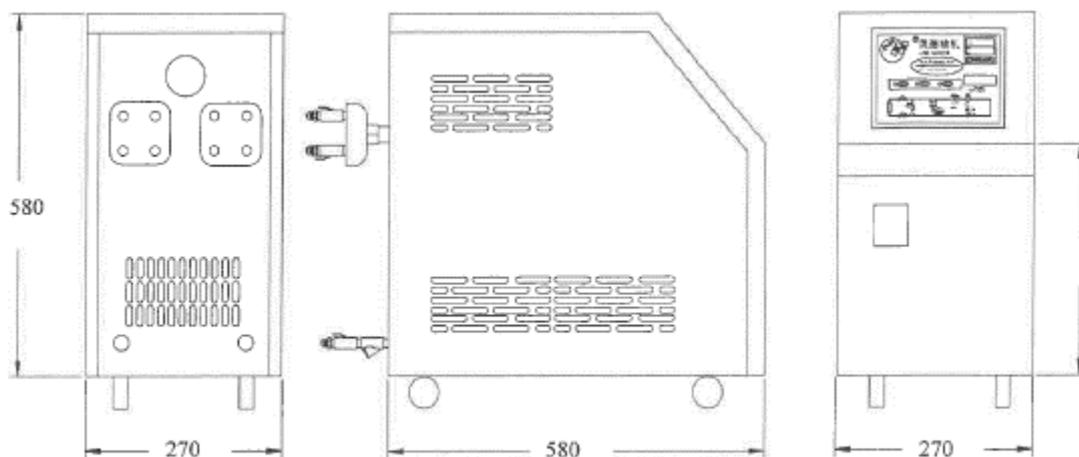


Figura A. 12 Alzado, planta y perfil del atemperador.



TERMORREGULADORES MOLD TEMPERATURE CONTROLLERS



Los equipos termorreguladores están compuestos por la serie JPMT, los cuales están pensados para garantizar el perfecto funcionamiento de manera sencilla y fiable.

The range of mould temperature controllers it's integrated by the JPMT series, which have been designed to assure easy and reliable operation.

La serie JPMT dispone de equipos para agua o para aceite desde 6 kw hasta 36 kw de potencia de calefacción. Los modelos JPMT-W (agua) trabajan en un rango de temperatura desde 15°C a 95°C el cual se ajusta con un control electrónico PID $\pm 1^\circ\text{C}$. Disponen de presostato de mínima y máxima presión, así como termostato de seguridad por alta temperatura.

JPMT series has available water and oil models from 6 kw to 36 kw of heating power. Temperature control range in water models (JPMT-W) it's from 15°C to 95°C which it's set by a electronic PID $\pm 1^\circ\text{C}$ temperature controller. Includes a minimum/maximum pressure gauge and a high temperature security thermostat.



El método de refrigeración es directo para conseguir mayor eficiencia y rapidez.

Direct cooling systems ensures high efficiency.



Figura A. 13 Ficha técnica del termorregulador.

Los modelos de aceite (JPMT-O) tienen un rango de temperatura de trabajo desde 15°C hasta 160°C el cual se ajusta con un control de alta precisión PID +/-1. Dispone de un depósito de 5,5 L. El sistema de refrigeración se realiza mediante un intercambiador de placas.

Los equipos JPMT están diseñados para facilitar las tareas de mantenimiento.

Oil based models have a operating temperature range from 15°C to 160°C which it's controlled by a high accuracy PID temperature regulator. Installed a 5.5 L tank. Indirect cooling system by a plate heat exchanger.

JPMT series it's been designed to facilitate maintenance duties.



En cualquier modelo de la serie JPMT se puede instalar un relé de estado sólido para el control de la calefacción y de esta manera optimizar el proceso. Los modelos JPMT 24 kw / 36 kw tanto de agua como de aceite, incorporan un regulador de potencia tipo SCR con el cual se consigue una mayor precisión [opcional en el resto de modelos].

In any model of JPMT series a solid state relay can be optionally installed to control heating process optimally. Water and Oil JPMT 24 kw / 36 kw models install a power regulator SCR type in order to get a higher precision [this is optional in the rest of the models].



Figura A. 14 Ficha técnica del termorregulador.

ESPECIFICACIONES-SPECIFICATIONS

	POTENCIA CALENTAMIENTO HEATING POWER	POTENCIA BOMBA PUMP POWER	CAUDAL BOMBA PUMP FLOW	TEMPERATURA MAX. WORKING TEMPERAT	CAPACIDAD DEPOSITO TANK CAPACITY	MÁXIMA PRESIÓN MAX PRESSURE	DIMENSIÓN DEL CIRCUITO CIRCUIT CONNECTIONS	DIMENSIONES DIMENSIONS Alto x Ancho x Largo	PESO WEIGHT
JPMT-W6 (WATER)	6 KW	0,37 KW	35 L/MIN.	95°C	-	2,5 BAR	2 DE 3/8"	655 x 300 x 780 MM	25 KGS.
JPMT-W9 (WATER)	9 KW	0,75 KW	60 L/MIN.	95°C	-	3,5 BAR	4 DE 1/2"	655 x 300 x 780 MM	30 KGS.
JPMT-W12 (WATER)	12 KW	0,75 KW	105 L/MIN.	95°C	-	3,0 BAR	4 DE 1/2"	655 x 300 x 780 MM	60 KGS.
JPMT-W18 (WATER)	18 KW	1,5 KW	205 L/MIN.	95°C	-	2,4 BAR	4 DE 1/2"	880 x 420 x 950 MM	100 KGS.
JPMT-W24 (WATER)	24 KW	1,5 KW	235 L/MIN.	95°C	-	2,4 BAR	4 DE 3/8"	880 x 420 x 950 MM	100 KGS.
JPMT-W36 (WATER)	36 KW	2,2 KW	315 L/MIN.	95°C	-	3,0 BAR	4 DE 3/8"	880 x 420 x 950 MM	130 KGS.
JPMT-O6 (OIL)	6 KW	0,37KW	35 L/MIN.	120°C	6,0 L.	2,5 BAR	2 DE 3/8"	655 x 300 x 780 MM	25 KGS.
JPMT-O9 (OIL)	9 KW	0,75 KW	60 L/MIN.	120°C	6,0 L.	3,5 BAR	2 DE 1/2"	655 x 300 x 780 MM	30 KGS.
JPMT-O12 (OIL)	12 KW	0,75 KW	105 L/MIN.	120°C	6,0 L.	3,0 BAR	4 DE 1/2"	655 x 300 x 780 MM	60 KGS.
JPMT-O18 (OIL)	18 KW	0,75 KW	105 L/MIN.	120°C	47 L.	3,0 BAR	4 DE 1/2"	1000 x 480 x 1000 MM	120 KGS.
JPMT-O24 (OIL)	24 KW	1,5 KW	235 L/MIN.	120°C	47 L.	2,4 BAR	4 DE 3/8"	1000 x 480 x 1000 MM	140 KGS.
JPMT-O36 (OIL)	36 KW	2,2 KW	315 L/MIN.	120°C	47 L.	3,0 BAR	4 DE 3/8"	1000 x 480 x 1000 MM	160 KGS.



**TERMORREGULADORES-
MOLD TEMPERATURE CONTROLLERS**

EQUIPAMIENTO STANDARD

- Control electrónico PID de alta precisión.
- Alarmas configurables.
- Presetado de mínima y máxima presión (modelo W).
- Termostato de seguridad.
- Manómetro de presión.
- Aislamiento térmico.
- Distribuidor de circuitos.
- Bombas de alta temperatura.
- Filtro entrada agua.
- Deposito 5,5 L. (Modelo O).

STANDARD EQUIPMENT

- High accuracy PID controller
- Configurable alarms.
- Minimum / maximum pressure switch (W model).
- Security thermostat.
- Pressure gauge.
- Thermal insulation.
- Circuit distributor.
- High temperature pumps.
- Water inlet filter.
- 5.5L. tank (O model).

Ctra. Albal-Beniparral CV33 - Km 0,200
46470 Albal (Valencia) España
Tel. (+34) 96 127 05 43
info@puchades.com | www.jpuchades.com



**EQUIPAMIENTOS
J. PUCHADES**
maquinaria para plásticos

Figura A. 15 Ficha técnica del termorregulador.

2.2. Coste de los equipos auxiliares del proceso principal

2.2.1. Silos

Para iniciar el proceso de producción las tolvas de cada una de las extrusoras deben de estar llenas del material correspondiente, dicho material se almacena en grandes silos. Haciendo referencia al apartado 8.6. *Silos de materias primas*, perteneciente al documento de la *memoria*, el silo de polietileno tiene una capacidad de 150 m³, el silo de Tie tiene una capacidad de 50 m³, el silo de poliamida tiene una capacidad de 100 m³ y el silo de EVOH tiene una capacidad de 20 m³.

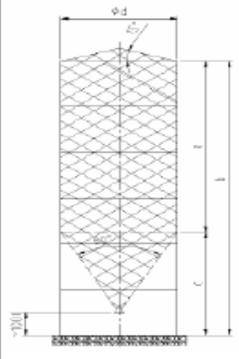
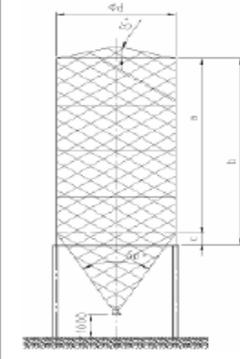
A continuación se muestra el modelo de silo que se obtendrán para cumplir con el almacenaje de cada silo. La empresa de silos *ZEPPELIN* suministra los 4 silos.

Tabla A. 57 Característica de los silos.

Silos	
Modelo	BSL-40 / BSL-54
nº de silos	4
Precio (€)	3.750

Standardized silos and accessories

BSL/BSS (Bolt-Tec Silo, long skirt/short skirt)

Silo type BOLT-TEC		Type	Type
<p>Silo with long skirt and base ring for full support</p>  <p>Material: EN AW-5404, EN AW 5083</p>	<p>Silo with short skirt and base ring for full support</p>  <p>Material: EN AW-5404, EN AW 5083</p>	<p>Type BSS-40-6-6 Bulk density 6,5 kN/m³</p> <p>BSS4066064 BSS4066090 BSS4066117 BSS4066144 BSS4066170 BSS4066197 BSS4066224 BSS4066250</p> <p>Type BSS-54-6-6 Bulk density 6,5 kN/m³</p> <p>BSS5466097 BSS5466145 BSS5466193 BSS5466240 BSS5466288 BSS5466335 BSS5466383 BSS5466431 BSS5466478</p>	<p>Type BSS-40-6-1 Bulk density 9,5 kN/m³</p> <p>BSS4061064 BSS4061090 BSS4061117 BSS4061144 BSS4061170 BSS4061197 BSS4061224 BSS4061250</p> <p>Type BSS-54-6-1 Bulk density 9,5 kN/m³</p> <p>BSS5461097 BSS5461145 BSS5461193 BSS5461240 BSS5461288 BSS5461335 BSS5461383 BSS5461431 BSS5461478</p>

© Zeppelin Systems GmbH

Figura A. 16 Características técnicas de los silos.

2.2.2. Bomba de vacío (transporte neumático)

Los sistemas de transporte neumático por aspiración tienen un uso muy extendido en el sector de los plásticos donde se utiliza para introducir la grana de plástico y los aditivos en los equipos de procesamiento, normalmente extrusoras o inyectoras. El sistema presenta numerosas ventajas: es limpio, eficiente y fiable; requiere poco mantenimiento y no provoca una abrasión excesiva ni daños en la materia prima.

Para este proceso concretamente se va a instalar una bomba de vacío de paletas rotativas.

Para la elección del modelo que se va a comprar es necesario realizar el cálculo volumétrico de aire que debe de aportar la bomba de vacío, para ello es necesario determinar el caudal volumétrico de cada uno de los materiales ya que cada uno tiene una densidad diferente.

A continuación se realiza el cálculo del caudal volumétrico de cada uno de las conducciones que transportará cada material del correspondiente silo a su tolva, considerando que la concentración del sólido es del 1% en volumen, esto se ha determinado en el apartado 1.2. *Conducciones y accesorios*.

Sólo se va a realizar el cálculo de mayor caudal másico obtenido en el apartado 1.1.6. *Caudal másico de cada extrusora*, que hace referencia al film B, porque de esa manera se obtendrá el caudal volumétrico que debe de soportar la bomba de vacío como mínimo para poder llevar a cabo el proceso de forma óptima.

- **Film B:**

Tabla A. 58 Caudal másico de cada material del film B.

Materiales	M extrusora i (kg/h)
PA	98,86
Tie	30,35
EVOH	35,72
PE	98,19

$$Q_{PA} = M_{\text{extrusora } i} \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) \cdot \frac{1}{\rho} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) \cdot \frac{1}{\%CS} = 98,86 \cdot \frac{1}{1.140} \cdot \frac{1}{0,01} = 8,67 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \quad (\text{A. 80})$$

$$Q_{Tie} = M_{\text{extrusora } i} \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) \cdot \frac{1}{\rho} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) \cdot \frac{1}{\%CS} = 30,35 \cdot \frac{1}{1.140} \cdot \frac{1}{0,01} = 3,33 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \quad (\text{A. 81})$$

$$Q_{EVOH} = M_{\text{extrusora } i} \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) \cdot \frac{1}{\rho} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) \cdot \frac{1}{\%CS} = 35,72 \cdot \frac{1}{1.140} \cdot \frac{1}{0,01} = 3,92 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \quad (\text{A. 82})$$

$$Q_{PE} = M_{\text{extrusora } i} \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) \cdot \frac{1}{\rho} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) \cdot \frac{1}{\%CS} = 98,19 \cdot \frac{1}{1.140} \cdot \frac{1}{0,01} = 10,67 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \quad (\text{A. 83})$$

Realizados los cálculos pertinentes de caudal volumétrico correspondiente a cada film, en la *tabla A. 59* se muestran los valores obtenidos:

Tabla A. 59 Caudal volumétrico de cada material del film B.

Materiales	Q volumétrico (m³/h)
PA	8,67
Tie	3,33
EVOH	3,92
PE	10,67

Tras los resultados obtenidos en la *tabla A. 59* se puede concluir que teniendo como referencia el valor más alto de caudal de aire obtenido, en este caso el polietileno, será necesario instalar una bomba de vacío para poder asegurar que sea capaz de funcionar la bomba de forma óptima frente cualquier conducción de la instalación de alimentación.

Será necesario instalar una bomba de vacío por conducción saliente de cada silo de material, es decir un total de cuatro bombas. Aunque el caudal volumétrico es diferente en cada uno de los materiales, se instalarán las cuatro bombas de vacío iguales y de esa manera se cubre la posibilidad de en un futuro llevar a cabo algún proyecto que involucre el cambio de material o estructura del proceso, de esa manera todas las conducciones están preparadas para trabajar de forma óptima con cualquier material del proceso.

Tabla A. 60 Características de la bomba de vacío.

Bomba de vacío	
Modelo	R 5 KB/KC 0040 D
Caudal nominal (m ³ /h)	20
Potencia nominal del motor (kW)	1,5
Vacío límite (bar)	0,02
Velocidad nominal del motor (min ⁻¹)	3.000
nº de unidades	4
Precio (€)	1.500

A continuación se adjunta una parte del catálogo que ha sido facilitado por el proveedor.

Busch Bombas y Sistemas de Vacío



R 5 KB 0020 – 0040 D/F

Las bombas de vacío de la serie KB forman parte de la familia de bombas de vacío de paletas rotativas R 5 de Busch. Se caracterizan por su diseño compacto y su elevado rendimiento, y están pensadas para instalarse en espacios reducidos.

Fiabiles y económicas

Busch lleva 50 años desarrollando y optimizando de forma continua la tecnología de paletas rotativas, centrándose siempre en la fiabilidad y en el ahorro de costes.

Optimizadas para sus aplicaciones

Los bombas de vacío de paletas rotativas R 5 de la serie KB, son extremadamente compactas gracias a la integración del motor y al sistema de transmisión, lo que las convierte en una opción ideal para instalar en el interior de maquinaria. Además, incorpora de fábrica unas paletas ultraresistentes, que garantizan una larga vida de servicio. Los filtros de escape presentan un diseño especial que consigue una excelente separación de la neblina de aceite contenida en el aire expulsado.

Fácil mantenimiento

Del mantenimiento puede encargarse fácilmente el operario. Aparte de los cambios de aceite y del filtro de escape, en los intervalos recomendados, no requiere de ningún mantenimiento adicional.

Las bombas de vacío rotativas de paletas R 5 son conocidas en toda la industria por su avanzada y energéticamente eficiente generación de vacío, lo que la hace apta para una amplia gama de aplicaciones. Ya sea para un uso intermitente o continuo, puede confiar en la serie R 5.

La serie R 5 incluye muchos más modelos que los diseños compactos aquí descritos. Existen versiones especiales para aplicaciones como la extracción de gases y vapores saturados, oxígeno y gases explosivos.



R 5 – Probada y fiable. Más de 2,5 millones de bombas funcionando en todo el mundo.

Especificaciones técnicas

Especificaciones técnicas

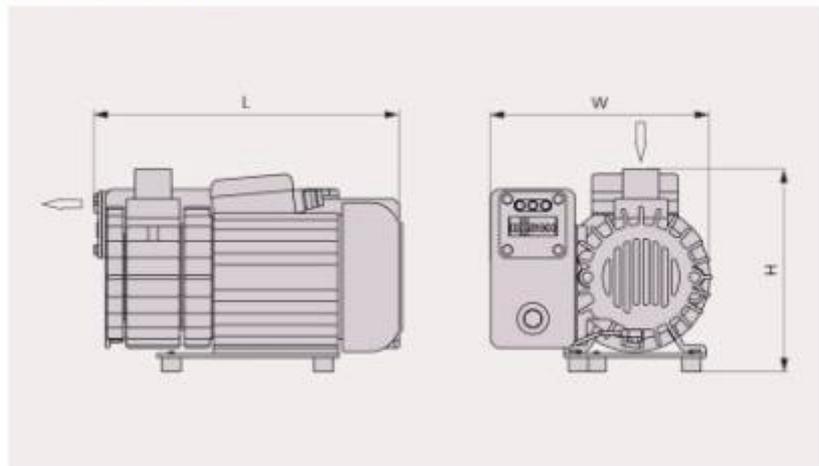
La tecnología de paletas rotativas permite que las bombas de vacío tengan un diseño simple. El nivel de vacío, alto y estable, que se consigue en todo momento durante el funcionamiento en continuo, queda garantizado por la recirculación del aceite lubricante, su perfecta combinación de materiales y su precisa y cuidada fabricación. Incorpora de serie un separador de aceite que asegura un aire de escape limpio gracias a un sofisticado sistema integrado de extracción con retorno de aceite. Si está equipada con una válvula de lastre de gas (opcional), puede incluso vehicular grandes cantidades de vapor. Una válvula de retención en la brida de aspiración evita el reflujo de aire hacia la cámara de vacío cuando la bomba se para. La bomba está impulsada por un motor estándar, de alta eficiencia, montado sobre brida.

Accesorios/opciones técnicas

- Válvula de lastre de gas
- Diversos filtros de aspiración
- Manómetro de colmatación del filtro
- Interruptor de nivel de aceite
- Unidad de regulación del vacío
- Aceites para bomba de vacío para todo tipo de aplicaciones

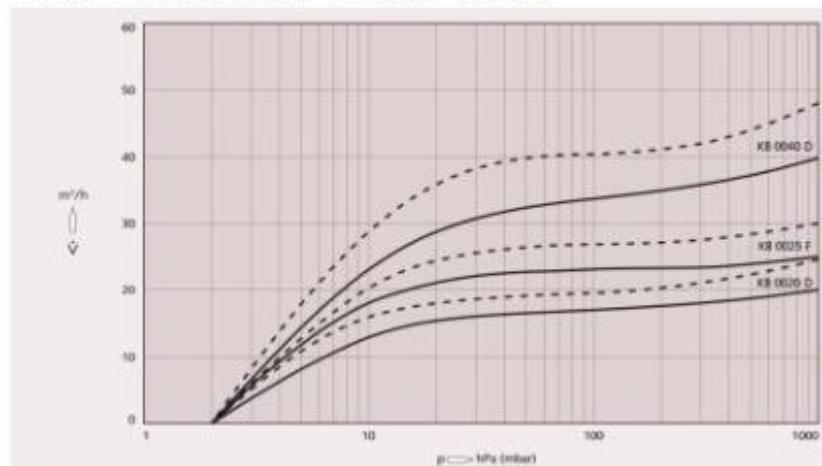
Figura A. 17 Ficha técnica de la bomba de vacío.

Dibujo
R 5 KB 0020 - 0040 D/F



Velocidad de bombeo

Aire a 20 °C. Tolerancia: ± 10 % — 50 Hz — 60 Hz



ISO - 50 HZ

ISO - 60 HZ

Características técnicas	KB 0020 D	KB 0025 F	KB 0040 D
Caudal nominal	20 m ³ /h	25 m ³ /h	40 m ³ /h
Vacío Límite	2 hPa (mbar)	2 hPa (mbar)	2 hPa (mbar)
Potencia nominal del motor	0,75 kW	0,9 kW	1,5 kW
Velocidad nominal del motor	3000 min ⁻¹	3000 min ⁻¹	3000 min ⁻¹
Nivel sonoro (ISO 2151)	67 dB(A)	71 dB(A)	71 dB(A)
Capacidad de aceite	0,45 l	0,45 l	0,8 l
Peso aproximado	19 kg	20 kg	29 kg
Dimensiones (L x W x H)	323 x 231 x 211 mm	347 x 250 x 229 mm	432 x 256 x 238 mm
Entrada / salida de gas	G 3/4" / -	G 3/4" / -	G 1 1/4" / G 1 1/4"

Figura A. 18 Ficha técnica de la bomba de vacío.

2.2.3. Carretilla elevadora

Una carretilla elevadora, grúa horquilla o coloquialmente toro, es un vehículo contrapesado en su parte trasera, que mediante dos horquillas, se utiliza para subir, bajar y transportar palés, contenedores y otras cargas.

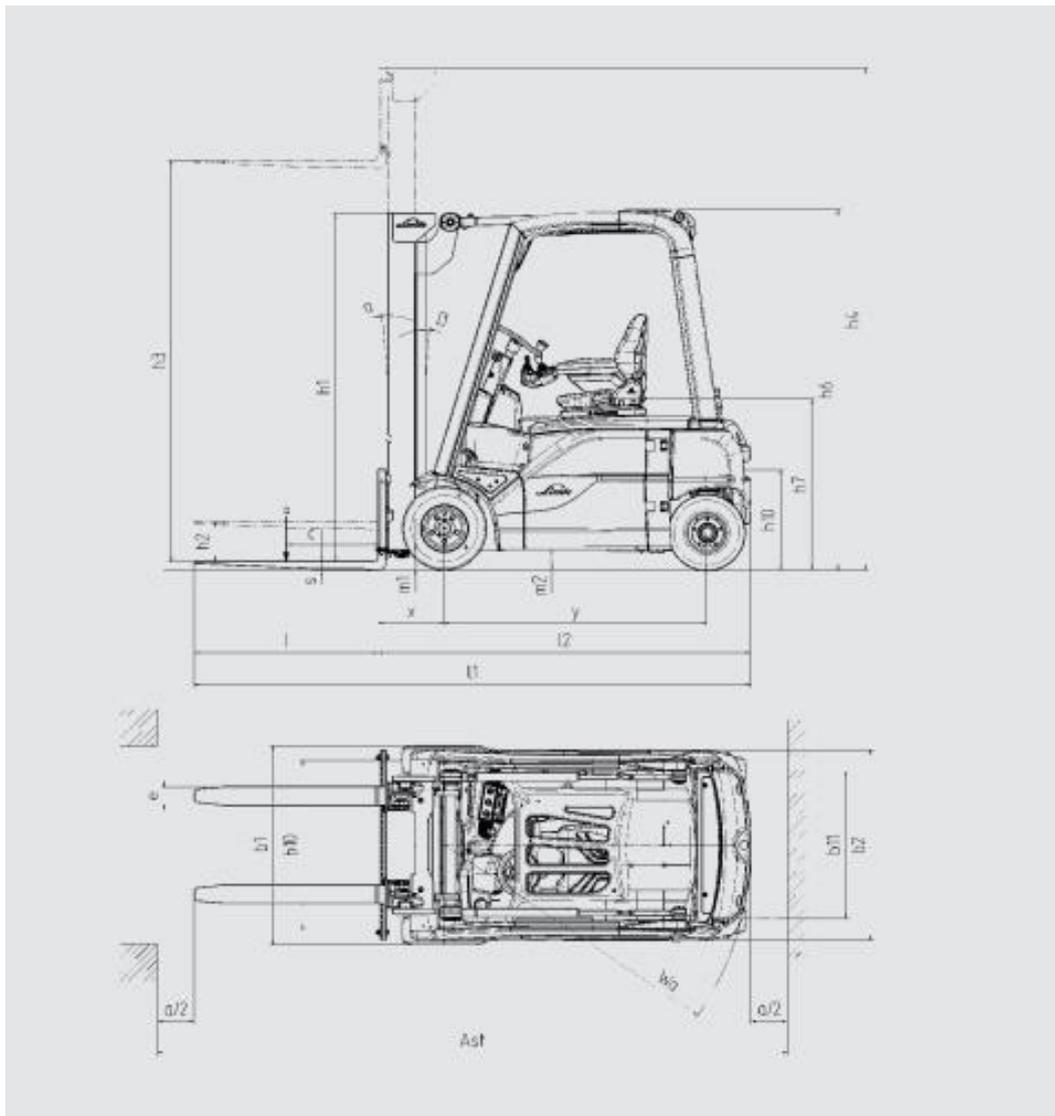
Este vehículo se utilizará para transportar las bobinas acabadas, desde la última parte del proceso de producción hasta el almacén de producto terminado y correcto almacenaje.

Tabla A. 61 Características de la carretilla elevadora.

Carretilla elevadora	
Modelo	E16 E20 EVO
Capacidad máxima (kg)	2000
nº de unidades	2
Precio (€)	14.500



Figura A. 19 Carretilla elevadora.



Mástil estándar (en mm)		E16P/E20PL			E16PH/E18PH/E20PH/E20PHL		
Elevación	h3	2.800	3.150	4.250	3.150	4.250	5.650
Altura total, replegado (con 150mm de elevación libre)	h1	2.021	2.196	2.746	2.196	2.746	3.446
Altura total, extendido	h4	3.363	3.713	4.813	3.713	4.813	6.251
Mástil dúplex (en mm)		E16P/E20PL			E16PH/E18PH/E20PH/E20PHL		
Elevación	h3	2.795	3.145	3.845	3.145	3.845	4.145
Altura total, replegado	h1	1.946	2.121	2.471	2.121	2.471	2.671
Altura total, extendido	h4	3.377	3.727	4.427	3.727	4.427	4.745
Elevación libre especial	h2	1.343	1.518	1.868	1.518	1.868	2.069
Mástil triplex (en mm)		E16P/E20PL			E16PH/E18PH/E20PH/E20PHL		
Elevación	h3	4.100	4.625	5.475	4.625	5.475	6.075
Altura total, replegado	h1	1.946	2.121	2.471	2.121	2.471	2.671
Altura total, extendido	h4	4.702	5.227	6.077	5.227	6.077	7.075
Elevación libre especial	h2	1.344	1.519	1.781	1.519	1.781	2.069

Otras alturas de elevación a petición
Menores alturas no factibles para vehículos de versiones altas

Figura A. 20 Ficha técnica de la carretilla elevadora.

2.2.4. Puente grúa

Un puente grúa, es un tipo de grúa que se utiliza en fábricas e industrias, para izar y desplazar cargas pesadas, permitiendo que se puedan movilizar piezas de gran porte en forma horizontal y vertical. Se compone de un par de rieles paralelos ubicados a gran altura sobre los laterales del edificio con un puente metálico (viga) desplazable que cubre el espacio entre ellas.

Dicho puente grúa se instalará en el edificio de proceso.

Tabla A. 62 Características del puente grúa.

Puente grúa	
Modelo	Puente grúa monorraíl ELV/ELK
Capacidad (kg)	5.000
nº de unidades	1
Precio (€)	6.000



Figura A. 21 Puente grúa.

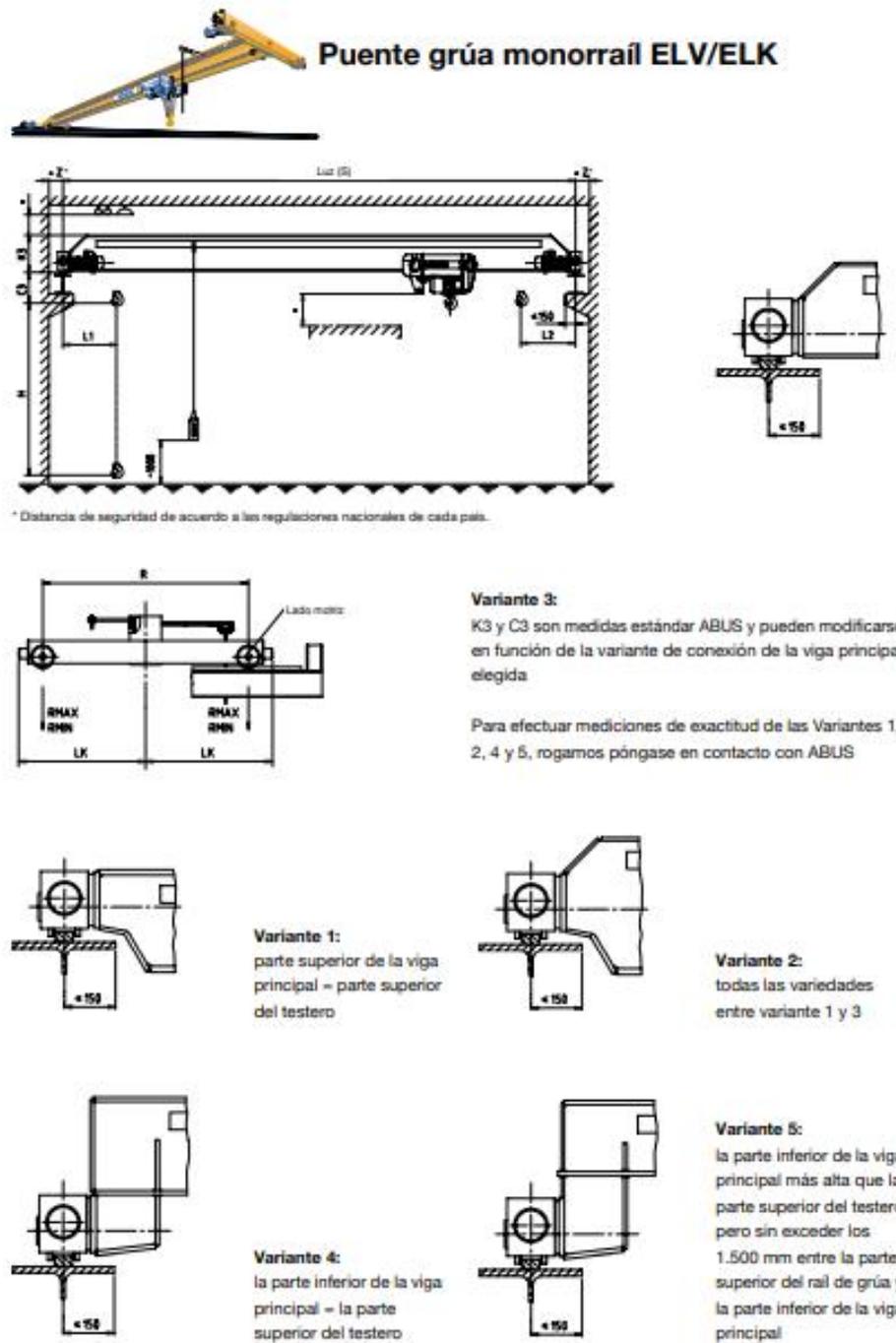


Figura A. 22 Ficha técnica del puente grúa.

Dimensiones de los puentes grúa monorraíles ELV/ELK (Resumen)¹⁾

Carga	S ²⁾	K3	C3	L1	L2	Z mm	R	LK	Carga rueda kN		
Polipasto ³⁾	m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	R max	R min	
500 kg Polipasto de cadena G40 500 FEM 2m	5	290	480	540	440	140	8000	1900	1165	4.3	2.0
	10	290	480	540	440	140	8000	1900	1165	5.5	2.8
	15	330	480	540	440	140	8000	2200	1315	7.4	4.8
Polipasto V = 1/4 min/m	18	410	480	540	440	140	8000	2700	1565	9.6	7.0
	20	410	480	540	440	140	8000	2700	1565	11.5	8.8
1000 kg Polipasto de cadena G44 1000 FEM 2m	5	290	520	580	450	140	8000	1900	1165	6.6	3.2
	10	290	520	580	450	140	8000	1900	1165	7.8	3.9
	15	330	520	580	450	140	8000	2200	1315	9.9	4.9
Polipasto V = 1.35 min/m	18	410	520	580	450	140	8000	2700	1565	12.1	7.1
	20	410	520	580	450	140	8000	2700	1565	14.1	10.1
1000 kg Polipasto de cable G44 1000 LE FEM 4m	5	290	380	350	640	140	9000	1900	1165	9.8	3.0
	10	290	380	350	640	140	9000	1900	1165	11.4	3.4
	15	350	380	350	640	140	9000	2200	1315	13.7	5.4
Polipasto V = 0.8/5 min/m	18	410	380	350	640	140	9000	2700	1610	15.7	7.2
	20	410	380	350	640	140	9000	2700	1610	17.7	9.2
2000 kg Polipasto de cable G44 2000 LE FEM 4m	5	290	380	350	640	140	9000	1900	1165	11.5	3.3
	10	330	380	350	640	140	9000	1900	1165	13.7	4.1
	15	370	380	350	640	140	9000	2200	1335	15.9	5.7
Polipasto V = 0.8/5 min/m	18	550	380	370	770	150	9000	2700	1625	16.5	6.6
	20	650	380	370	770	150	9000	3200	1855	17.7	7.4
3000 kg Polipasto de cable G44 3000 LE FEM 2m	5	290	380	350	640	140	9000	1900	1165	11.5	3.3
	10	330	380	350	640	140	9000	1900	1165	13.7	4.1
	15	370	380	350	640	140	9000	2200	1335	15.9	5.7
Polipasto V = 0.8/5 min/m	18	550	380	370	770	150	9000	2700	1625	16.5	6.6
	20	650	380	370	770	150	9000	3200	1855	17.7	7.4
3000 kg Polipasto de cable G44 3000 LE FEM 2m	5	330	380	350	640	140	9000	1900	1165	16.9	4.3
	10	330	380	350	640	140	9000	1900	1165	19.7	4.9
	15	450	380	350	640	140	9000	2200	1335	22.5	7.0
Polipasto V = 0.8/5 min/m	18	650	380	370	770	150	9000	2700	1625	23.1	7.6
	20	680	380	370	770	150	9000	3200	1860	24.3	8.9
5000 kg Polipasto de cable G44 5000 LE FEM 2m	5	330	480	530	710	140	9000	1900	1165	25.1	6.2
	10	410	480	530	710	140	9000	1900	1165	29.3	6.6
	15	550	480	530	710	140	9000	2200	1335	32.4	8.5
Polipasto V = 0.8/5 min/m	18	680	480	530	710	150	9000	2700	1625	33.3	9.3
	20	680	480	530	710	150	9000	3200	1860	35.0	10.9
5000 kg Polipasto de cable G44 5000 LE FEM 2m	5	330	520	580	840	150	9000	1900	1165	26.5	6.2
	10	410	520	580	840	150	9000	1900	1165	30.7	6.6
	15	550	520	580	840	150	9000	2200	1335	33.8	8.1
Polipasto V = 0.8/5 min/m	18	780	520	580	840	170	9000	2700	1625	34.9	9.4
	20	780	520	580	840	170	9000	3200	1860	36.6	10.7

Carga	S ²⁾	K3	C3	L1	L2	Z mm	R	LK	Carga rueda kN		
Polipasto ³⁾	m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	R max	R min	
8000 kg Polipasto de cable G44 8000 LE FEM 2m	5	350	480	1000	610	140	9000	1900	1165	30.5	8.0
	10	470	480	1000	610	150	9000	1900	1205	36.2	8.3
	15	680	480	1170	640	150	9000	2200	1355	37.9	8.7
Polipasto V = 0.8/5 min/m	18	780	480	1170	640	150	9000	2700	1620	39.9	10.0
	20	780	480	1170	640	150	9000	3200	1860	42.0	11.8
8000 kg Polipasto de cable G44 8000 LE FEM 2m	5	550	580	1210	680	150	10000	1900	1205	37.1	11.3
	10	580	580	1210	680	150	10000	1900	1205	43.1	8.8
	15	680	580	1210	680	150	10000	2200	1380	47.6	10.5
Polipasto V = 0.8/5 min/m	18	780	580	1210	680	170	10000	2700	1645	50.7	12.6
	20	780	580	1210	680	170	10000	3200	1885	53.1	14.6
10 000 kg Polipasto de cable G44 10 000 LE FEM 2m	5	580	610	1210	680	150	10000	1900	1205	45.2	13.5
	10	580	610	1210	680	150	10000	1900	1205	51.2	10.8
	15	780	610	1210	680	150	10000	2200	1385	57.5	11.9
Polipasto V = 0.8/4 min/m	18	880	610	1210	680	170	10000	2700	1645	60.8	14.8
	20	1080	610	1210	680	170	10000	3200	1885	63.4	16.1
10 000 kg Polipasto de cable G44 10 000 LE FEM 2m	5	580	610	1210	680	150	10000	1900	1205	45.2	13.5
	10	580	610	1210	680	150	10000	1900	1205	51.2	10.8
	15	780	610	1210	680	150	10000	2200	1385	57.5	11.9
Polipasto V = 0.8/4 min/m	18	880	610	1210	680	170	10000	2700	1645	60.8	14.8
	20	1080	610	1210	680	170	10000	3200	1885	63.4	16.1
10 000 kg Polipasto de cable G44 10 000 LE FEM 2m	5	580	610	1210	680	150	10000	1900	1205	45.2	13.5
	10	580	610	1210	680	150	10000	1900	1205	51.2	10.8
	15	780	610	1210	680	150	10000	2200	1385	57.5	11.9
Polipasto V = 0.8/4 min/m	18	880	610	1210	680	170	10000	2700	1645	60.8	14.8
	20	1080	610	1210	680	170	10000	3200	1885	63.4	16.1

²⁾ Distancia de seguridad de acuerdo a las regulaciones nacionales de cada país. Para efectuar mediciones de exactitud, rogamos póngase en contacto con ABLIS

³⁾ Grúas de mayor luz, están disponibles otras especificaciones de polipasto

Nota 1:
Los datos se aplican a puentes grúas con alimentación eléctrica mediante una cadena portacables.



Figura A. 23 Dimensiones de los distintos modelos de puente grúa.

2.3. Coste de los equipos de laboratorio

En este punto se va a clasificar cada uno de los equipos que compondrán el laboratorio, en el cual se realizaran las pruebas pertinentes para verificar el correcto proceso de producción mediante la realización de distintos ensayos, el estudio de posibles mejoras y nuevos proyectos en el departamento de i+d+i, trabajando duro por un desarrollo y crecimiento continuo de la empresa.

2.3.1. Ensayo de microscopia

2.3.1.1. Microscopio óptico

El objetivo del microscopio es observar las diferentes capas que compone un film, determinándolas y verificando cada una de ellas y su espesor.

Tabla A. 63 Características del microscopio óptico.

Microscopio óptico	
Modelo	Microscopio profesional binocular acromático
nº de unidades	1
Precio (€)	1.500



Figura A. 24 Vista frontal y perfil del microscopio.

ESPECIFICACIONES DE LOS ACCESORIOS ESTÁNDAR:

○ **Objetivos:**

Categoría	Aumento	Apertura numérica	Distancia de funcionamiento	Observaciones
Objetivos cromáticos	4X	0.10	37.5	
	10X	0.25	7.316	
	40X	0.65	0.632	Muelle
	100X	1.25	0.198	Muelle

○ **Oculares:**

Categoría	Aumento	Diámetro de campo de visión (mm)
Ocular de campo amplio	WF10X	Ø 18
		≥ Ø 11

○ **Aumento total:**

	Objetivo 4X	Objetivo 10X	Objetivo 40X	Objetivo 100X
Ocular 10X	40X	100X	40X	1000X
Ocular 16X	64X	160X	640X	1600X

- Longitud de tubo mecánico: 160mm.
- Distancia de objetivo a imagen principal: 195mm.
- Tamaño de platina: 140mm x 140mm, rango de movimiento: 75 x 45mm.
- Condensador ABBE, NA=1.25 con diafragma iris.
- Rango de enfoque micro y macrométrico: 30 mm.
- Iluminación: lámpara halógena 6V 20W, con ajuste de intensidad.
- Peso neto: 6,5 kg.
- Medidas (incluyendo cabezal binocular): 185mm largo x 270mm ancho x 400mm alto.

Figura A. 25 Especificaciones técnicas del microscopio.

2.3.2. Ensayo óptico

2.3.2.1. Hazemeter (medidor de transparencia)

Este equipo de precisión está diseñado para medir la luz difusa y transmitida en muestras de plásticos en hoja y films.

Tabla A. 64 Características del medidor de transparencia (Hazemeter).

Hazemeter	
Modelo	Novo-Haze TX Transmisión Haze
nº de unidades	1
Precio (€)	13.000

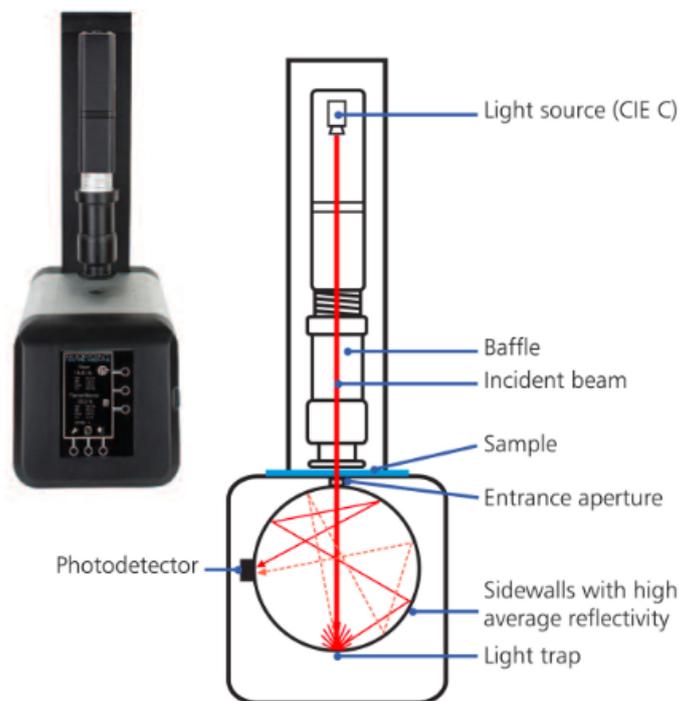


Figura A. 26 Hazemeter.

2.3.2.2. Brillómetro (medidor de brillo)

El brillómetro Novo-Gloss de tres ángulos 20/60/85° es ideal para las medidas de brillo de todas las superficies y es adecuado para films plásticos.

60° se conoce como el ángulo de medición universal y es la geometría más comúnmente especificada en aplicaciones tales como pinturas, revestimientos, plásticos y fabricación en general.

Tabla A. 65 Características del medidor de brillo.

Brillómetro	
Modelo	Brillómetro Novo-Gloss Trio
nº de unidades	1
Precio (€)	250



Figura A. 27 Medidor de brillo.

2.3.3. Ensayo mecánico

2.3.3.1. Máquina universal

Una máquina universal de ensayos, es una máquina semejante a una prensa, con facultades para someter materiales a ensayos de tracción, compresión o flexión para medir sus propiedades. La fuerza ejercida se logra mediante placas de compresión o mordazas (cónicas o laterales) accionadas por tornillos (mordazas manuales) o sistema hidráulico (mordazas hidráulicas).

Su función en el laboratorio será la de comprobar la resistencia de las diversas muestras obtenidas en la producción.

Tabla A. 66 Características de la máquina universal.

Máquina Universal	
Modelo	HM-D 1000 kN
nº de unidades	1
Precio (€)	20.000



Figura A. 28 Máquina Universal.

Características:

- Bastidor de gran rigidez para una mínima deformación durante el ensayo.
- Husillos de precisión precargados.
- Célula de carga HBM® (líder internacional en esta tecnología).
- Sistema de transmisión Stark®.
- Pantalla táctil integrada.
- Ordenador de sobremesa con software HoyWin®.
- Estética moderna.

Accesorios opcionales:

- Mordazas de tracción manuales, neumáticas o hidráulicas.
- Gran variedad de utillajes para cada tipo de ensayo.
- Placa ranurada para adaptar componentes de geometrías variadas.
- Extensómetros.
- Protección perimetral.
- Mesa para elevar la zona de trabajo.
- Doble zona de ensayo.

Sobresuelo

Capacidad kN	100	200-300	400-600	1000
Velocidad máxima <small>mm/min</small>	600	600	350	250
Recorrido <small>mm</small>	1100 (1350) ¹⁾	1100 (1350) ¹⁾	1450	1550
Separación vertical máxima ²⁾ <small>mm</small>	1275 (1525) ¹⁾	1275 (1525) ¹⁾	1650	1700
Separación entre mordazas ³⁾ <small>mm</small>	725 (975) ¹⁾	640 (890) ¹⁾	710	750
Espacio entre columnas <small>mm</small>	565	565	635	635
Dimensiones (A x F x H) <small>mm</small>	1100 x 600 x 2100 (2350) ¹⁾	1100 x 600 x 2100 (2350) ¹⁾	1160 x 900 x 2300	1110 x 950 x 2750
Peso <small>kg</small>	850	900	2000	3000
Alimentación <small>V</small>	380-400 V/III			

Sobremesa

Capacidad kN	5-20	25-50	100
Velocidad máxima <small>mm/min</small>	1000	750	500
Recorrido <small>mm</small>	800	1000	1000
Separación vertical máxima ²⁾ <small>mm</small>	1000	1230	1230
Separación entre mordazas ³⁾ <small>mm</small>	650	680	650
Espacio entre columnas <small>mm</small>	450	450	450
Dimensiones (A x F x H) <small>mm</small>	900 x 650 x 1450	900 x 650 x 1650	900 x 650 x 1650
Peso <small>kg</small>	200	380	380
Alimentación <small>V</small>	220 V/Monofásica		

Figura A. 29 Ficha técnica de la máquina universal.

2.3.3.2. Gelbo Flex (resistencia a la flexión)

El equipo Gelbo Flex se utiliza para establecer la resistencia a la flexión de los films producidos. Durante la prueba, el film se retuerce durante un tiempo de ciclos determinado según norma (ASTM F392). La falla de flexión se determina mediante la evaluación de los poros reflejados en el film, que han sido ocasionados durante el ensayo.

Tabla A. 67 Características del Gelbo Flex.

Gelbo Flex	
Modelo	Gelbo Flex Tester
nº de unidades	1
Precio (€)	5.000



Figura A. 30 Gelbo Flex.

2.3.3.3. Spencer Impact (resistencia al impacto)

El accesorio de impacto Spencer fue desarrollado para su uso con el probador de prueba Elmendorf ProTear de Twing-Albert. El material se sujeta y el péndulo con una sonda en el extremo se balancea y perfora el material.

Proporciona un método conveniente para determinar la resistencia al impacto de películas plásticas y materiales de embalaje en condiciones que se aproximan mucho a las tasas de deformación a las que está sujeto el material en aplicaciones de uso final.

Tabla A. 68 Características del Spencer Impact.

Spencer Impact	
Modelo	Spencer Impact Tester
n° de unidades	1
Precio (€)	10.000



Figura A. 31 Spencer Impact.



Spencer Impact ProTear Attachment

The Spencer Impact Attachment was developed for use with Thwing-Albert's Elmendorf Tear Tester. It provides a convenient method for determining the impact resistance of plastic films and packaging materials under conditions that closely approximate the strain rates that the material is subject to in end-use applications. Extremely consistent, the Spencer Impact Attachment provides one of the most repeatable methods of testing impact resistance of plastic film. The air-operated clamping assembly automates the clamping mechanism to ensure an even higher level of accuracy.



The Spencer Impact Attachment is a modification to the standard ProTear Elmendorf Tearing Tester and consists of a curved metal arm that is permanently attached to the pendulum and is fitted on the end with an interchangeable impact head that is available in various shapes and sizes. This allows different materials and tests to be performed with one machine. An O-ring Sample Clamp is mounted at the top of the clamp upright. The pendulum swings the impact head through the clamped specimen with sufficient force to puncture the sample, and the energy used is recorded.



Specifications

Standard Impact Head:

Radius: 0.5 inches (12.7 mm)
Diameter: 0.75 inches (19.0 mm)

O-Ring Clamp:

Inside Diameter: 89 mm

Sample Size:

5 x 5 inch square (127 mm x 127 mm)
or
5.25 inch diameter circle (133.35 mm diameter)

Features:

- Complies with ASTM D3420-94
- Air clamp assembly - min 60 PSI
- Pendulum capacities:
200, 400, 800, 1600, 3200,
6400, 12,800 gram

Figura A. 32 Ficha técnica del Spencer Impact.

2.3.4. Medidor de humedad

2.3.4.1. Karl Fischer

Es un método usado en química analítica que utiliza una valoración volumétrica para determinar trazas de agua en una muestra.

Este equipo se utilizará como control de la materia prima que se almacena en los silos. Durante un tiempo determinado se cogerán muestras de materia prima de cada silo para verificar que el valor de humedad de cada uno es correcto y evitar así problemas en la producción.

Tabla A. 69 Características del Karl Fischer.

Karl Fischer	
Modelo	Karl-Fischer METROHM THERMOPREP 860 KF
nº de unidades	1
Precio (€)	8.500



Figura A. 33 Karl Fischer.

2.3.5. Medidor de espesores

El medidor de espesores es utilizado para medir el perfil de espesor en la circunferencia del film tubular. Esto es logrado mediante la medición de una muestra del film cortado transversalmente. Dicho sistema está equipado con dos sensores, uno capacitivo sin contacto y el otro con un micrómetro.

Tabla A. 70 Características del medidor de espesores.

Medidor de espesores	
Modelo	M. Espesores film OCTAGON GPA-CAP
n° de unidades	1
Precio (€)	18.250

Unidad GPA-Cap para la medición capacitiva de espesor de film

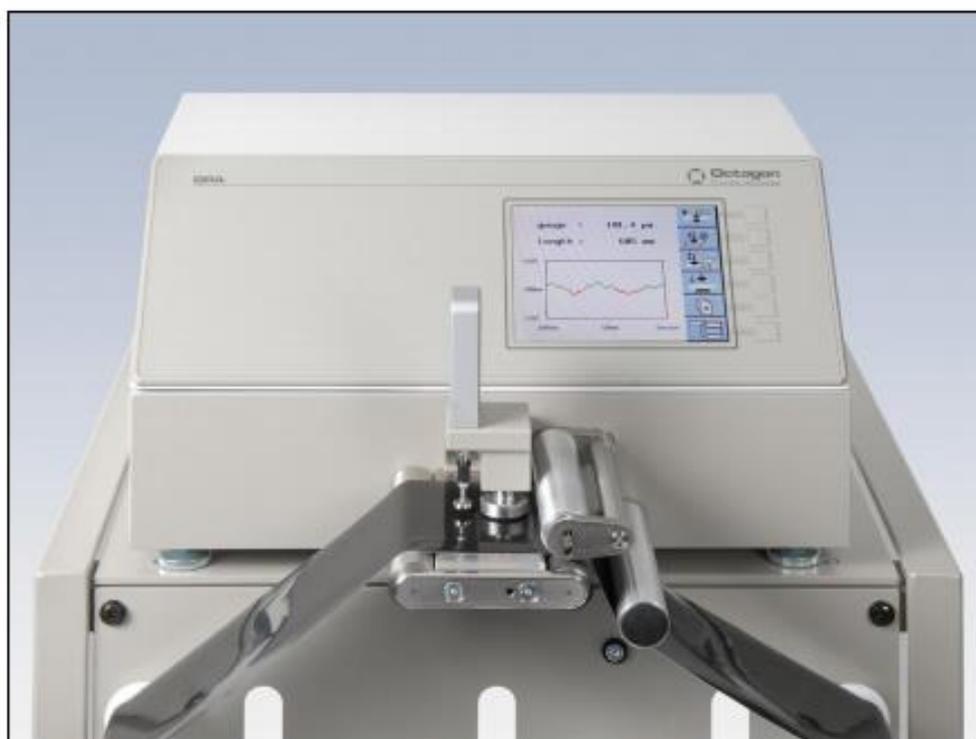
La unidad GPA-Cap es utilizada para medir el perfil de espesor en la circunferencia del film tubular. Esto es logrado mediante la medición de una muestra del film cortado transversalmente. Este sistema es equipado con dos sensores, uno capacitivo sin contacto, el otro un micrómetro. Para la calibración automática, una

cantidad de puntos de la muestra son medidos por los dos sensores. Para facilitar la operación, los elementos móviles son automatizados. El equipo se maneja mediante un display touchscreen en la unidad y el programa del PC GPA-Win incluido en el suministro.

Un soporte con rodillos guidores incrementa el rendimiento de este equipo de laboratorio.

Medición conforme ISO 4593

Como función suplementaria a la medición capacitiva, el sistema permite la medición conforme a las normas estándar DIN 53370 y ISO 4593..



Su ventaja:

- Uso facilitado
- Calibración fácil
- Medición automática de muestra
- Medición sin contacto
- Medición sin desgaste
- Medición conforme ISO

Datos técnicos:

- Ancho de muestra 100 mm
- Largo max. de muestra 20 m
- Veloc. medición 15 - 80 mm/s
- Gama de espesor 0-300 μm
- Resolución 0,1 μm
- Precisión del sensor $\pm 0,2 \mu\text{m}$
- Fuerza de presión 0,3-0,5 N
- Salida analógica 0-5 V

Indicador:

- Espesor real durante la medición
- Espesor mínimo/máximo
- Espesor promedio
- Deviación $\pm \% \text{ o } \pm \mu\text{m}$ del valor deseado
- Tolerancias en términos sigma 1, sigma 2 y sigma 3

Figura A. 34 Ficha técnica del medidor de espesores.

Equipo de laboratorio Octagon: Desde más de 25 años, líderes en la medición del perfil de espesores

Programa: GPA-Win para Windows[®]

Todos los datos nominales se ingresan mediante el teclado del PC. Al fin de cada medición, los datos son transferidos automáticamente paso por paso al PC y apresentados en el monitor.

Representación:

- Diagrama cartesiano
- Diagrama polar
- Diagrama de Gauss
- Tolerancias (% , μm , sigma 1, 2 y 3)
- Análisis de Fourier
- Análisis del perfil
- Comparación de perfiles



Selección de la páginas de pantalla

Uso facilitado

Reajuste a cero:

Esto es logrado simplemente pulsando la tecla apropiada antes del posicionamiento de la muestra de film en el sensor.

Calibración:

La calibración se realiza automáticamente en paralelo a la medición capacitiva conforme a una medición de la norma ISO.

Medición:

Un botón pone en marcha y para la medición. Introduciendo el largo exacto, el sistema para automáticamente después de la medición. Para la medición conforme ISO solamente tiene que introducir la cantidad de puntos de medición.

Accesorio: Soporte con rodillos guidores



Soporte con rodillos guidores

El soporte es equipado con rodillos para guiar la muestra de film. Está incluido un dispositivo de ajuste de la tensión para poder ajustar la tensión a cualquier espesor y tipo de film, así eliminando la formación de arrugas durante la medición.

El diseño del soporte permite una medición facilitada de diferentes circunferencias del film tubular hasta 6.0 m. Un soporte suplementario puede ser suministrado para las muestras con circunferencias más grandes.

Octagon
Process Technology GmbH
Nuernberger StraÙe 119
D-97076 Wuerzburg

Teléfono: +49 931 27 96 70
Fax: +49 931 27 47 19

contact@octagon-gmbh.de
www.octagon-gmbh.de

GPA-Cap_v1.odt / 11.13

Detos técnicos sujetos a modificación

Figura A. 35 Ficha técnica del medidor de espesores.

2.4. Cálculo del coste de los equipos

A continuación se va a proceder a realizar los cálculos para conocer el coste total de todos los equipos que forman el proceso de producción.

Para ello es necesario conocer el coste de cada uno de los equipos que se han detallado en los apartados siguientes: 2.1. *Coste de los equipos del proceso principal*, 2.2. *Coste de los equipos auxiliares del proceso principal* y 2.3. *Coste de los equipos de laboratorio*.

- Coste de los equipos pertenecientes al proceso principal:

Tabla A. 71 Coste de los equipos del proceso principal.

Equipo	Coste (€) IVA incluido
Línea de proceso de extrusión soplado	3.000.000
Chiller de refrigeración por agua	12.524
Depósito de agua	1.930
Chiller de refrigeración por aire	14,407
Atemperador	4.620
<u>TOTAL</u>	3.033.481

- Coste de los equipos auxiliares del proceso principal:

Tabla A. 72 Coste de los equipos de los equipos auxiliares.

Equipo	Coste (€) IVA incluido
Silos	15.000
Bomba de vacío	6.000
Carretilla elevadora	29.000
Puente grúa	6.000
<u>TOTAL</u>	56.000

- Coste de los equipos pertenecientes al laboratorio:

Tabla A. 73 Coste de los equipos del laboratorio.

Equipo	Coste (€) IVA incluido
Microscopio óptico	1.500
Hazemeter	13.000
Brillómetro	250
Máquina Universal	20.000
Gelbo	5.000
Spencer Impact	10.000
Karl Fischer	8.500
Medidor de espesores	18.250
<u>TOTAL</u>	76.500

Coste total de todos los equipos que son necesarios para llevar a cabo el proceso de producción y el estricto control de producto es de **3.165.981 €**.

2.5. Cálculo del coste de personal de trabajo

En el siguiente apartado se va a detallar el horario de trabajo y el personal necesario que trabajará para llevar a cabo de una forma óptima el proceso de producción.

A continuación se detalla por medio de dos tablas, el horario de producción que se llevará a cabo. Dichas tablas hacen referencia a un mes de trabajo, en el cual cómo se va a llevar a cabo la producción de dos tipos de films (A y B), el horario de producción de cada uno de los films será el siguiente.

Se realizarán tres turnos de ocho horas cada uno y se realizará una producción continua de lunes a domingo, durante un total de 330 días, ya que por temas de mantenimiento de maquinaria, la planta parará por un total de 30 días, es decir 1 mes. Para la determinación de dichos días se ha tenido como referencia que un mes tiene un total de 30 días.

Las semanas 1^a y 3^a de cada mes se empezará produciendo el film A durante los cuatro primeros días y los tres días restantes de la semana se producirán el film B. Durante las semanas 2^a y 4^a de cada mes empezará produciéndose el film B, seguidamente se producirá el film A durante tres días y finalmente de nuevo el film B para terminar la semana, de esa manera cada dos semanas se obtendrá el mismo número de producto de cada film.

Así se puede concluir que en un mes, utilizando este método de turnos y producción se obtendrá un total de 21 bobinas de film de cada producto.

Tabla A. 74 Calendario de trabajo (1^o y 3^o semana).

CALENDARIO DE TRABAJO (Semanas 1^a y 3^a)							
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1^o turno	A	A	A	A	B	B	B
2^o turno	A	A	A	A	B	B	B
3^o turno	A	A	A	A	B	B	B

Tabla A. 75 Calendario de trabajo (2^o y 4^o semana).

CALENDARIO DE TRABAJO (Semanas 2^a y 4^a)							
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1^o turno	B	A	A	A	B	B	B
2^o turno	B	A	A	A	B	B	B
3^o turno	B	A	A	A	B	B	B

Detallado el horario de trabajo, se procede al detalle de los trabajadores que compondrán cada turno de trabajo.

Se va a dividir en dos tablas, la *tabla. 76* estará compuesta del personal de trabajo que estará presente durante los tres turnos de trabajo y la *tabla A. 77* se detallará el personal que es sólo necesaria su función en la empresa durante un único turno. De esta manera se distingue el personal de trabajo influyente directamente al proceso de producción y el influyente indirectamente.

Tabla A. 76 Personal de trabajo presente en turnos.

Turno (8 horas)	Trabajadores	Departamento
1º turno	2 personas	Producción (Operario)
	1 persona	Mantenimiento
	1 persona	Seguridad
	1 Persona	Producción (Jefe de planta)
2º turno	2 personas	Producción (Operario)
	1 persona	Mantenimiento
	1 persona	Seguridad
	1 Persona	Producción (Jefe de planta)
3º turno	2 personas	Producción (Operario)
	1 persona	Mantenimiento
	1 persona	Seguridad
	1 Persona	Producción (Jefe de planta)

Tabla A. 77 Personal de trabajo con horario fijo.

Trabajadores	Departamento	Horario
1 persona	Dirección	8.00 a 13.00 /15.00 a 18.00
2 personas	Administración (Oficinas)	8.00 a 13.00 /15.00 a 18.00
2 personas	Laboratorio	8.00 a 13.00 /15.00 a 18.00
2 personas	Limpieza	15.00 a 20.00

Detallado todo el personal que compondrá la planta, se procede en la *tabla A. 78* calcular el sueldo de cada trabajador y el total que se destinará a ello.

Los sueldos se han obtenido de la *Tabla salarial de la industria del plástico de la Comunidad Valenciana* [24].

Tabla A. 78 Salario mensual del personal de la planta.

Departamento		Turnos	n° de trabajadores	Salario (€/mes)	Salario total (€/mes)
Producción	Operario	3	6	1.997,30	11.983,77
	Jefe de Planta	3	3	2.794,26	8.382,78
Mantenimiento		3	3	1.997,30	5.991,90
Seguridad		3	3	1.708,32	5.124,96
Dirección		1	1	3.525,75	3.525,75
Administración		1	2	2.341,30	4.682,60
Laboratorio		1	2	2.449,36	4.898,72

TOTAL

44.590,48

El total de personal que trabajará en la planta será de 20 trabajadores, con un sueldo en conjunto que alcanza la cifra de 44.590,248 €/mes.

Es decir, anualmente se destinará **624.266,72 €** distribuido en 14 pagas al sueldo del personal de la empresa.

2.6. Cálculo del coste de consumo eléctrico

Se va a realizar el cálculo del consumo eléctrico anual que tendrá la instalación de la planta, para ello se debe conocer el precio del kWh actual [20]. Hay muchas compañías que establecen precios similares, por lo que se ha tomado un valor medio como referencia.

Para el cálculo se utilizará el valor de **0,1298 €/kWh**, que no incluye los gastos fijos (contador, potencia contratada, etc.), por ello al precio obtenido de luz se le debe aplicar el 5% para cubrir dicho gasto.

Para el cálculo de consumo de energía se establece que generalmente, la planta está en funcionamiento 24 horas durante los 7 días de la semana. Pero está claro que alguna maquinaria no está todo el rato trabajando en continuo, por lo que a continuación se detalla una tabla para obtener el correspondiente consumo energético de cada equipo.

Se estima que los equipos del proceso principal de producción y los equipos auxiliares trabajen 24 horas aproximadamente, pero los equipos de laboratorio se estima que solo se haga uso de ellos durante el turno de 8 horas correspondiente.

El cálculo anual se ha establecido en 360 días, aunque la planta esté en funcionamiento sólo 330 días debido al mes de mantenimiento, se cuenta como año entero aunque el gasto pueda ser menor durante ese mes.

Para obtener el precio de kWh/día de los equipos del proceso principal se ha tenido como referencia que el precio en la industria de producción de extrusión plástica es de **0,42 kWh/kg**.

Tabla A. 79 Coste eléctrico anual de la maquinaria.

Maquinaria	kWh/día	kWh/mes	kWh/año	Consumo (€/año)
Equipos del proceso principal	5.040	151.200	1.814.400	235.509,12
Equipos auxiliares del proceso principal	5.832	174.960	2.099.520	272.517,70
Equipos de laboratorio	12,8	384	4.608	598,12

TOTAL

508.624,94

Una vez obtenido el total de €/consumo eléctrico que tendrá la planta por parte de los equipos, se le aplica el 5%, como anteriormente se ha explicado, para obtener el coste real del consumo de los equipos.

Es decir, anualmente se estima un coste de consumo eléctrico por parte de los equipos de **534.056,19 €**.

2.7. Cálculo del coste de consumo de agua

Para obtener el cálculo del consumo de agua que se realizará hay que tener en cuenta que el consumo de agua se utilizará para uso personal (duchas, aseos, etc.) y para refrigerar las extrusoras durante el proceso de producción.

El agua que se utiliza para refrigerar las extrusoras se extrae de un depósito con una capacidad de 12.000 L instalado cerca de la línea de proceso en el interior del edificio de producción. Para realizar el cálculo hay que tener en cuenta que el agua del depósito circula por un circuito cerrado para refrigerar las extrusoras y dicha agua del depósito se cambiará anualmente, por lo que el cálculo realizado corresponde al coste de llenado del tanque de agua.

Para estimar la cantidad de agua que se destina al uso personal, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) [21], se considera que la cantidad adecuada de agua por consumo humano ronda alrededor de 100 L/día, sin embargo se estima que el consumo real ronda los 250 L/día por lo que teniendo en cuenta que en esta planta trabajan un total de 20 empleados y aunque no todos hagan el mismo uso de entre otras cosas, por ejemplo la ducha, se ha puesto esta cifra como base de cálculo. Por lo que la cantidad de litros total consumido al día será de 5.000 L.

Como base de cálculo se ha establecido que el precio del agua por metro cúbico sea de 2,23 €/m³, según la estadística sobre el suministro y saneamiento de agua realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) [23].

El precio establecido no incluye los gastos fijos, por ello al precio obtenido de agua se le debe aplicar el 2% para cubrir dicho gasto.

El cálculo anual se ha establecido en 360 días, aunque la planta esté en funcionamiento solo 330 días debido al mes de mantenimiento, se cuenta como año entero aunque el gasto pueda ser menor durante ese mes.

Tabla A. 80 Coste de anual de agua para refrigerar las extrusoras.

Consumo de agua para la refrigeración de las extrusoras	m³/año	€/m³	Consumo (€/año)
	12	2,23	26,76

Tabla A. 81 Coste anual de agua para uso personal de la planta.

Consumo de agua para uso personal	m³/día	m³/mes	m³/año	Consumo (€/año)
	5	150	1.800	4.014

Una vez obtenido el total de €/consumo de agua que tendrá la planta, se le aplica el 2%, como anteriormente se ha explicado, para obtener el coste real del consumo.

Es decir, anualmente se estima un coste de consumo de agua por parte de la planta de **4.121,57 €**.

2.8. Cálculo del coste de la materia prima

En este apartado se va a definir el coste de materia prima necesaria para llevar a cabo la producción deseada. Los datos de los precios han sido proporcionados por la empresa colaboradora en el proyecto; UBE Corporation Europe.

Tabla A. 82 Precio €/kg de la materia prima.

Material	Precio (€/Kg)
PE	1,2
Tie	3,9
PA	2,6
EVOH	4,8

Conociendo los datos de la tabla A. 82 se procede a calcular el coste de materia prima anual.

Según el apartado 2.5. *Cálculo del coste de personal de trabajo*, donde se ha detallado el horario de producción que se llevará a cabo para obtener la producción deseada de cada producto y el apartado 1.1.6. *Caudal másico de cada extrusora*, donde se ha realizado el cálculo para obtener el caudal másico por hora de cada extrusora durante la producción, se construyen las *tablas A. 83 y A. 84* donde se obtiene de forma detallada el coste mensual de la materia prima utilizada para la producción de ambos films.

Tabla A. 83 Coste mensual de materia prima para producir el film A.

FILM A			
Material	Kg/h total	kg (mensual)	€ (mensual)
PE	107,7	38.784	46.541,10
Tie	32,3	11.625	45.337,72
PA	93,0	33.495	87.088,28
EVOH	16,9	6.081	29.187,83
<u>TOTAL</u>		89.986	208.155

Tabla A. 84 Coste mensual de materia prima para producir el film B.

FILM B			
Material	Kg/h total	kg (mensual)	€ (mensual)
PE	236,27	85.056	102.067
Tie	60,70	21.852	85.224
PA	167,29	60.226	156.587
EVOH	35,72	12.859	61.724
<u>TOTAL</u>		179.993	405.602

Tras haber realizado los correspondientes cálculos, se procede a calcular el coste total mensual y anual de materia prima.

$$\text{Coste mensual de M. P.} = 208.155 + 405.602 = 613.757 \frac{\text{€}}{\text{mes}} \quad (\text{A. 84})$$

$$\text{Coste anual de M. P.} = 613.757 \frac{\text{€}}{\text{mes}} \cdot \frac{11 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 6.751.327 \frac{\text{€}}{\text{año}} \quad (\text{A. 85})$$

2.9. Cálculo del coste de las conducciones y accesorios

Para realizar el cálculo del coste de las conducciones de acero galvanizado, se establece según catálogo, precio cada 100 metros de longitud de conducción dependiendo del diámetro.

En la *figura A. 36* se puede observar los datos extraídos del catálogo del fabricante.

Diámetro	Espesor	Precios - Euros / 100 metros
Pulgadas	mm	Galva lisos
8"	3	2.784
	4	3.601
	5	4.560
	6	5.490
10"	4	4.585
	5	5.808
	6	7.003
12"	4	5.544
	5	6.967
	6	8.406

Figura A. 36 Datos de diámetro de las conducciones según catálogo.

En el apartado *1.2. Conducciones y accesorios* se ha realizado el cálculo de la caída de presión total de las conducciones. Para dicho cálculo se ha realizado un estudio de los tres diámetros presentes en el catálogo del fabricante y se ha obtenido que el diámetro óptimo de las conducciones sea de 12" (0,3048 m) con un espesor de 5 mm.

Determinado el precio de las conducciones €/100 m, el coste total de las conducciones se expone en la *tabla A. 85*.

Tabla A. 85 Coste total de las conducciones.

Términos	Unidades	Valores
Diámetro conducciones (D)	Pulgadas	12
	m	0,3048
Longitud	m	40
Precio	€/100m	6.967

PRECIO TOTAL

2.786,80 €

Obtenido el precio total de las conducciones, se debe tener en cuenta el coste de los accesorios, que tienen un coste de 20€/unidad y se han instalado un total de 7 codos en las conducciones, por lo que el coste de los codos es de **140 €**.

El coste total de las conducciones tiene un coste total de **2.926,80 €**.

2.10. Ingresos totales

Los ingresos totales hacen referencia a la venta de ambos productos de bobinas de film producidas. Teniendo en cuenta que el precio establecido de venta de film es de 2,75 €/kg, se ha estimado que la ganancia tanto mensual como anual es la siguiente.

Tabla A. 86 Venta anual de film A.

FILM A						
	Bobinas	Kg/h	Kg (mensual)	Venta mensual (€)	kg (anual)	Venta anual (€)
Proceso simultáneo	1	125	45.000	123.750	540.000	1.485.000
	1	125	45.000	123.750	540.000	1.485.000
<u>TOTAL:</u>	2	250	90.000	247.500	1.080.000	2.970.000

Tabla A. 87 Venta anual de film B.

FILM B						
	Bobinas	Kg/h	Kg (mensual)	Venta mensual (€)	kg (anual)	Venta anual (€)
Proceso simultáneo	1	250	90.000	247.500	1.080.000	2.970.000
	1	250	90.000	247.500	1.080.000	2.970.000
<u>TOTAL:</u>	2	500	180.000	495.000	2.160.000	5.940.000

$$\text{Ingreso anual} = 2.970.000 + 5.940.000 = \mathbf{8.910.000} \frac{\text{€}}{\text{año}} \quad (\text{A. 86})$$

Se puede concluir que los ingresos anuales de la empresa por parte de las ventas de bobinas será de 8.910.000 €.

3. Anexo III. Estudio de seguridad y salud de impacto ambiental

Según la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de prevención de Riesgos Laborales, es de carácter obligatorio de establecer una evaluación de los posibles riesgos que pueden ocurrir en todos los puestos de trabajo de la planta industrial que se diseña.

Esta evaluación de riesgos consiste en identificar los posibles riesgos, prever los daños que puedan causar, valor sus consecuencias y establecer las medidas correctoras oportunas.

La metodología en todos los casos se basa en aplicar cuatro etapas:

1. Obtención de información (proceso, materias primas, equipos, organización, etc.).
2. Identificación de riesgos.
3. Valoración de riesgos.
4. Priorización en la implantación de las medidas preventivas o plan de acción.

Dicho estudio se va a llevar a cabo mediante el método del INSHT, en este método se valoran los riesgos asignándoles uno de los niveles de riesgo recogidas en la *tabla A. 88*, tomando como criterio la siguiente clasificación del riesgo:

- Consecuencias del daño:
 - **Leve.** Daños superficiales, molestias, irritación, etc.
 - **Importante.** Quemaduras, torceduras, asma, etc.
 - **Serio.** Amputaciones, lesiones múltiples, cáncer, etc.
- Probabilidad de que ocurra:
 - **Poco posible.** Se sabe que ha pasado en alguna parte.
 - **Posible.** Secuencia rara, pero posible.
 - **Casi seguro.** Es el resultado más probable.

Tabla A. 88 Índice de tolerabilidad del método INSHT.

		Consecuencias		
		Leve	Importante	Serio
Probabilidad de que ocurra	Poco posible	Trivial T	Tolerable TO	Moderado M
	Posible	Tolerable TO	Moderado M	Importante I
	Casi seguro	Moderado M	Importante I	Intolerable IN

Los niveles de riesgos indicados en la *tabla A. 88*, forman la base para decidir si se requiere mejorar los controles existentes o implantar unos nuevos, así como la temporización de las acciones.

En la *tabla A. 89* se muestra un criterio sugerido como punto de partida para la toma de decisiones. La tabla también indica que los esfuerzos precisos para el control de los riesgos y la urgencia con la que deben adoptarse las medidas de control, deben ser proporcionales al riesgo.

Tabla A. 89 Criterios para la decisión de las medidas preventivas.

Riesgo	Acción y temporización
Trivial (T)	No se requiere acción específica.
Tolerable (TO)	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
Moderado (M)	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un período determinado. Cuando el riesgo moderado está asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.
Importante (I)	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
Intolerable (IN)	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. SI no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.

A continuación se describen los riesgos y códigos descritos en la Ley 31/1995 que se han seleccionado como más importantes, ya que pueden repercutir más al proyecto que se está diseñando.

Tabla A. 90 Riesgos y códigos más influyentes al proyecto.

Código	Riesgo	Descripción
01	Caída de personas a distinto nivel	Existe este riesgo cuando se realizan trabajos, aunque sea muy ocasionalmente, en zonas sin protección adecuada, como barandilla, murete, antepecho, barrera, etc., en los accesos a estas zonas y en huecos existentes en pisos y zonas de trabajo.
02	Caída de personas al mismo nivel	Este riesgo se presenta cuando existen en el suelo obstáculos o sustancias que pueden provocar una caída por tropiezo o resbalón.
03	Caída de objetos por desplome o derrumbamiento	El riesgo existe por la posibilidad de desplome o derrumbamiento.
04	Caída de objetos en manipulación	Posibilidad de caída de objetos o materiales durante la ejecución de trabajos o en operaciones de transporte y elevación por medios manuales o mecánicos.
08	Choques y golpes contra objetos móviles	Posibilidad de recibir un golpe por partes móviles de maquinaria fija y objetos o materiales en manipulación o transporte.
12	Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos	Ejemplo: Vuelco de carretillas elevadoras.
13	Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos	Posibilidad de lesiones musculoesqueléticas y/o fatiga física al producirse un desequilibrio entre las exigencias de la tarea y la capacidad física del individuo.
15	Contactos térmicos	Riesgo de quemaduras por contacto con superficies o productos calientes o fríos.
16	Contactos eléctricos	Riesgo de daños por descarga eléctrica al entrar en contacto con algún elemento sometido a tensión eléctrica.
23	Atropellos o golpes con vehículos	Posibilidad de sufrir una lesión por golpe o atropello por un vehículo (perteneciente o no a la empresa) durante la jornada de trabajo.

Definidos los códigos más influyentes en el proyecto, se procede a aplicar el método de INSHT en la *tabla A. 91* donde se muestra cada código, la probabilidad de que ocurra, consecuencia del daño y el índice de tolerabilidad.

Tabla A. 91 Método INSHT.

Código	Riesgo	Probabilidad de que ocurra	Consecuencia del daño	Índice de tolerabilidad
01	Caída de personas a distinto nivel	Poco posible	Serio	M
02	Caída de personas al mismo nivel	Poco posible	Importante	TO
03	Caída de objetos por desplome o derrumbamiento	Posible	Importante	M
04	Caída de objetos en manipulación	Poco posible	Importante	TO
08	Choques y golpes contra objetos móviles	Poco posible	Importante	TO
12	Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos	Poco posible	Serio	M
13	Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos	Posible	Leve	TO
15	Contactos térmicos	Posible	Importante	M
16	Contactos eléctricos	Poco posible	Serio	M
23	Atropellos o golpes con vehículos	Posible	Serio	I

Mediante los datos resultantes obtenidos de la *tabla A. 91* se procede a describir las medidas preventivas que se llevaran a cabo para evitar que ocurra alguno de los riesgos descritos.

- **01. Caídas de personas a distinto nivel**

Se elegirán equipos de trabajo que garanticen una protección suficiente a los trabajadores contra riesgos de sufrir una caída.

Se incluirán medidas de seguridad y protección necesarias y suficientes para cada área de trabajo, considerando las colectivas (barandillas, redes de seguridad o cobertura de huecos) e individuales (arneses de seguridad).

Si hablamos de trabajos temporales en altura, estos únicamente podrán realizarse cuando existan unas condiciones meteorológicas que no pongan en peligro la integridad de los trabajadores.

Se protegerán con barandillas o sistemas de protección equivalentes todos los agujeros, aberturas o desniveles que supongan un riesgo de caída de personas. Si es necesario acceder a esas aberturas, estos sistemas de protección podrán tener partes móviles.

Si hablamos de escaleras manuales, estas deberán ser preferiblemente metálicas y estar colocadas de forma inclinada, siempre sobrepasando 1 metro del punto de apoyo superior.

- **02. Caídas de personas al mismo nivel**

Mantener las zonas de circulación y las salidas convenientemente señalizadas y libres de obstáculos respetando la anchura de los mismos para facilitar, en la medida de lo posible, el paso simultáneo de las personas y los equipos de transporte de cargas y prevenir los golpes contra objetos y las caídas, manteniendo la necesaria distancia de seguridad.

Mantener en todo momento el orden y la limpieza en los locales donde se realice cualquier tipo de tarea. Recoger toda la herramienta y el material al finalizar la jornada. Depositar las basuras y desperdicios en recipientes adecuados.

Prestar atención a los desniveles e irregularidades del suelo, extremando la precaución en los desplazamientos por suelos o superficies mojadas. Estas situaciones deberán ser comunicadas para su corrección.

No tender cables, conducciones, mangueras, etc., al nivel del suelo de la zona de trabajo. Solicitar la instalación de canaletas.

- **03. Caída de objetos por desplome o derrumbamiento**

No permanecer ni circular por debajo de zonas en las que haya personal trabajando.

En días con presencia de fuertes vientos, evitar la proximidad a fachadas u árboles durante los desplazamientos exteriores.

Cuando se esté realizando la carga y descarga de material, no situarse debajo cargas suspendidas ni en la proximidad de las mismas.

Evitar golpear sobre la base de estanterías, armarios o cualquier mueble que pueda provocar la caída de objetos en ellos colocados.

Impartir la formación adecuada a los trabajadores acerca de los posibles factores de riesgo en el puesto de trabajo.

- **04. Caída de objetos en manipulación**

Las operaciones de manipulación de objetos deberán estar correctamente planificadas, vigiladas adecuadamente y efectuadas con miras a proteger la seguridad de los trabajadores.

Evitar la manipulación de los equipos de transporte con las manos o el calzado húmedo o manchado de grasa, ni en superficies deslizantes o irregulares.

Los equipos de trabajo que sirvan para la elevación de cargas deberán emplearse de forma que se pueda garantizar su estabilidad, teniendo en cuenta la naturaleza del suelo.

- **08. Choques y golpes contra objetos móviles**

Control del orden en el entorno de trabajo.

Inspeccionar visualmente el área de trabajo y las vías de circulación por las que se transite.

Los desplazamientos se realizarán sin celeridad y, principalmente, sin correr.

Tener especial cuidado durante la realización de trabajos en áreas con escasa superficie libre o con una densidad elevada de objetos (mobiliario, equipos de trabajo...).

Prestar especial atención a los posibles objetos manipulados y/o transportados por las vías de circulación del centro de trabajo, de forma que se evite la proximidad excesiva y la interferencia en la accesibilidad de los mismos.

Extremar la precaución en pasillos que impliquen giros con escasa o nula visibilidad, así como en las salidas de recinto y ascensores.

Se deberá extremar la precaución a la hora de atravesar puertas de tipo vaivén y especialmente si se circula detrás de otras personas.

- **12. Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos**

Los trabajadores deben mantener hábitos seguros de trabajo, respetar el código de circulación y conducir con prudencia.

Los vehículos y máquinas deben ser revisados por el operario antes de su uso. Establecer planes de revisión.

Limitar la velocidad de circulación en el recinto en función de la zona y vehículo.

Debe existir un nivel de iluminación adecuado.

La carga de vehículos debe disponerse de una forma adecuada quedando uniformemente repartida y bien sujeta.

- **13. Sobre esfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos**

Evaluación adecuada del puesto y entorno de trabajo.

Utilización de carros manuales y medios auxiliares para transporte del material.

Se recomienda no rebasar nunca el máximo de carga manual transportada por un sólo operario de 40 Kg. (recomendable 25 Kg. para hombres y 15 para mujeres).

Si se rebasa dicha carga, pedir ayuda a uno o varios compañeros.

Disposición adecuada de los materiales de trabajo (proximidad de las piezas a cortar a la máquina de corte, etc.) para evitar posturas forzadas (alturas de planos de trabajo, torsiones del operario, etc.).

Posibilidad de alternar tareas.

- **15. Contactos térmicos**

No tocar los equipos de trabajo presentes en las instalaciones (estufas, esterilizadores, calefactores, congeladores, calderas...). En caso de que sea necesario que dicho trabajo sea realizado por personal capacitado y autorizado, empleando los EPI's adecuados (guantes de protección frente a alta temperatura EN 407, guantes para baja temperatura EN 511, etc.).

Prestar especial atención cuando se vaya a realizar un trabajo en áreas tales como cuartos de instalaciones de equipos de frío/calor.

- **16. Contactos eléctricos**

La instalación se mantendrá acorde a las especificaciones del REBT, con dispositivo de corte diferencial, corte automático y TT. Llevar a cabo las inspecciones reglamentarias establecidas por el R.D. 842/2002. Los cuadros se mantendrán cerrados con elementos de bloqueo (candado o cerraja de seguridad).

De carácter individual, consistente en la desconexión de la fuente de energía de los equipos que presenten irregularidades.

Está totalmente prohibido a realizar cualquier manipulación eléctrica si no se está autorizado. Cualquier trabajo en las instalaciones eléctricas, o en sus proximidades, se realizará mediante técnicas y procedimientos que deberán cumplir las prescripciones del Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

No tocar interruptores ni equipos eléctricos con las manos húmedas. No manipular conexiones, cuadros, equipos eléctricos, etc.

- **23. Atropellos o golpes con vehículos**

Verificar el estado del vehículo (elementos de protección pasiva y activa) y llevar a cabo el mantenimiento establecido por el fabricante.

Mantener conductas acordes al Código de circulación, respetando la señalización existente.

Transitar únicamente por las zonas destinadas a tal fin y evitar la presencia en áreas con circulación intensa de vehículos.

Respetar la señalización, en particular de las zonas y vías correspondientes al paso de vehículos y las reservadas a los peatones.

3.1. Fichas técnicas y de seguridad de los productos

En este apartado se va a mostrar las fichas técnicas de la materia prima que se va a utilizar en el proceso de producción de film.

3.1.1. Ficha técnica del polietileno



Ficha de Datos de Seguridad del Producto

The Dow Chemical Company

Nombre del producto: Polietileno de Baja Densidad LDPE 682S

Fecha: 05.09.2007

Fecha de Impresión: 06 Sep 2007

The Dow Chemical Company le animamos y esperamos que lea y entienda el contenido de esta SDS, existe importante información en este documento. Esperamos que siga las precauciones identificadas en este documento, al menos que se produzcan condiciones de uso que precisen otros métodos o acciones.

1. Identificación del producto y compañía

Nombre del producto

Polietileno de Baja Densidad LDPE 682S

IDENTIFICACIÓN DE LA COMPAÑÍA.

The Dow Chemical Company
2030 Willard H. Dow Center
Midland, MI 48674
USA

Número Comunicación del Cliente

800-258-2436

NÚMERO TELEFÓNICO DE EMERGENCIA

Contacto de Emergencia 24 horas:

989-636-4400

Contacto Local para Emergencias:

(56) 41-508300

2. Información sobre la composición

Este producto es una mezcla.

Componente	CAS #	Cantidad
Eteno, homopolímero	9002-88-4	<= 99,0 %

Si se trata de un material peligroso según el criterio de transporte, por favor vea la sección 14 para encontrar el componente que clasificó al material como peligroso.

3. Identificación de los peligros

Revisión general de emergencia.

Color: blanco

Estado Físico: bolas

Olor: Inodoro

Figura A. 37 Ficha técnica del polietileno (página 1).

Efectos potenciales sobre la salud.

Contacto con los Ojos: Tanto el sólido como el polvo del producto pueden producir irritación o lesión en la córnea, por acción mecánica. Temperaturas elevadas pueden generar vapores en concentraciones suficientes para causar irritación en los ojos. Los efectos pueden incluir malestar y rojez.

Contacto cutáneo: El contacto prolongado no produce irritación en la piel. Lesión mecánica solamente. En condiciones de proceso normales, el material se calienta a elevadas temperaturas; el contacto con el material puede causar quemaduras.

Absorción por la Piel: No se prevén efectos nocivos por la absorción a través de la piel.

Inhalación: No es probable que una única exposición al polvo cause efectos adversos. Los vapores/humos liberados durante el procesado térmico pueden causar irritación respiratoria.

Ingestión: Toxicidad por vía oral muy baja. No se prevén efectos nocivos por ingestión de cantidades pequeñas. Puede causar una obstrucción en caso de ingestión

4. Procedimientos para primeros auxilios

Contacto con los Ojos: Lavar los ojos concienzudamente con agua durante algunos minutos. Quitar las lentes de contacto después de los 1-2 minutos iniciales y seguir lavando unos minutos más. Si hay efectos, consultar a un médico, preferiblemente un oftalmólogo.

Contacto cutáneo: Si el material fundido entra en contacto con la piel, no aplicar hielo, sino enfriar con agua helada o chorro de agua abundante. NO tratar de separar el material de la piel. La separación puede dar lugar a daño grave en el tejido. Consiga atención médica inmediata.

Inhalación: Trasladar al afectado al aire libre. Si se producen efectos, consultar a un médico.

Ingestión: Si se ingiere, solicitar atención médica. Puede causar bloqueo gastrointestinal. No administrar laxantes. No inducir al vómito si no es bajo supervisión médica.

Advertencia médica: Si hay quemaduras, trátelas como quemaduras térmicas, después de descontaminarlas. No hay antídoto específico. El tratamiento de la exposición se dirigirá al control de los síntomas y a las condiciones clínicas del paciente.

5. Medidas de lucha contra incendios

Medios de Extinción: Niebla o agua pulverizada. Extintores de polvo químico. Extintores de anhídrido carbónico. Espuma.

Procedimientos de lucha contra incendios: Mantener a las personas alejadas. Aislar el área y no permitir el acceso innecesario. Humedecer bien con agua para que se enfríe y evitar que vuelva a incendiarse. Si el material está fundido, no aplicar chorro de agua directo. Usar agua finamente pulverizada o espuma. Enfriar los alrededores con agua para localizar la zona de fuego. Para pequeños fuegos se pueden usar extintores manuales de polvo seco o de anhídrido carbónico.

Equipo de Protección Especial para Bomberos: Utilice un equipo de respiración autónomo de presión positiva y ropa protectora contra incendios (incluye un casco contra incendios, abrigo, botas y guantes). Si el equipo protector de incendios no está disponible o no se utiliza, apague el incendio desde un sitio protegido o a una distancia de seguridad.

Riesgos no usuales de Fuego y Explosión: El transporte neumático y otras operaciones de mantenimiento mecánico pueden generar polvo combustible. No permita que se acumule el polvo para reducir el potencial de explosiones de polvo. Este producto desprende humo muy denso al ser incinerado con insuficiente oxígeno.

Productos de combustión peligrosos: Durante un incendio, el humo puede contener el material original junto a productos de la combustión de composición variada que pueden ser tóxicos y/o imitantes. Los productos de la combustión pueden incluir, pero no exclusivamente: Monóxido de carbono. Dióxido de carbono (CO₂).

Figura A. 38 Ficha técnica del polietileno (página 2).

6. Medidas en caso de vertido accidental

Pasos que deben tomarse al el material es liberado o derramado: Confinar el material derramado si es posible. Barrer. Se recogerá en recipientes apropiados y debidamente etiquetados. Ver Sección 13, Consideraciones relativas a la eliminación, para información adicional.

Eliminación de las Fuentes de Ignición: No aplicable.

Control del Polvo: No aplicable.

Precauciones Individuales: El producto derramado puede ocasionar un riesgo de caída por suelo resbaladizo. Usar el equipo de seguridad apropiado. Para información adicional, ver la Sección 8, Controles de exposición/ protección Individual.

Protección del medio ambiente: Evitar la entrada en suelo, zanjas, alcantarillas, conducciones de agua y/o aguas subterráneas. Ver sección 12, Información ecológica.

7. Manipulación y almacenamiento

Manipulación

Manejo General: No fumar, ni tener llamas abiertas o fuentes de ignición en áreas de manejo y almacenaje. El manejo seguro del producto requiere buen orden y limpieza y control del polvo. Evitar la inhalación de humos del proceso. Usar con ventilación adecuada. Cuando sea apropiado, la información exclusiva sobre el manejo de los contenedores puede encontrarse en la etiqueta del producto. Los trabajadores deberán protegerse de la posibilidad de contacto con la resina pulverizada. No permita que el producto fundido entre en contacto con los ojos, piel o ropa. Los transportes neumáticos y otras operaciones de manejo mecánico pueden generar polvo combustible. Para reducir el riesgo potencial de explosiones de polvo, aislar y conectar a tierra el equipo eléctrico y evitar la acumulación de polvo. El polvo puede arder por una descarga estática.

Almacenamiento

Almacene de acuerdo con las buenas prácticas de fabricación.

Tiempo de validez: Use dentro de 12 Meses

8. Controles de la exposición/protección personal

Límites de exposición

Ninguno establecido.

Protección Personal

Protección de ojos/cara: Utilice gafas de seguridad. Si existe la posibilidad de que una exposición a las partículas pueda causar molestias a los ojos, use gafas tipo motorista (goggles). Si la exposición produce molestias en los ojos, usar un respirador facial completo.

Protección Cutánea: No son necesarias precauciones especiales, aparte de llevar ropa limpia que cubra todo el cuerpo.

Protección de las manos: Los guantes de protección química no deberían ser necesarios para el manejo de este producto. El contacto con la piel debería ser mínimo de acuerdo con las prácticas de higiene general para este producto. Usar guantes para protegerse contra lesiones mecánicas. La selección de los guantes dependerá del trabajo. Utilice guantes con aislante aplicable a la protección térmica cuando se juzgue necesario.

Protección respiratoria: Una protección respiratoria debería ser usada cuando existe el potencial de sobrepasar los límites de exposición requeridos o guías. En el caso de que no existan guías o valores límites de exposición requeridos aplicables, use protección respiratoria cuando los efectos adversos, tales como irritación respiratoria o molestias hayan sido manifestadas, o cuando sea indicado por el proceso de evaluación de riesgos. Usar un respirador purificador de aire aprobado cuando se generen vapores a altas temperaturas o cuando haya polvo o niebla presentes. Los tipos de mascarillas respiratorias siguientes deberían ser eficaces: En presencia de polvo/niebla use un/una

Figura A. 39 Ficha técnica del polietileno (página 3).

aquellos que tienen filtro para partículas. En presencia de vapores, ácidos, o polvos/neblas use un/una Cartucho para vapor orgánico con un prefiltro de partículas.
Ingestión: Practique una buena higiene personal. No coma o guarde comida en el área de trabajo. Lávese las manos antes de comer o fumar.

Medidas de Orden Técnico

Ventilación: Usar ventilación local de extracción, u otros controles técnicos para mantener los niveles ambientales por debajo de los límites de exposición requeridos o guías. En el caso de que no existieran límites de exposición requeridos aplicables o guías, una ventilación general debería ser suficiente para la mayor parte de operaciones. Puede ser necesaria la ventilación local en algunas operaciones.

9. Propiedades físicas y químicas

Estado Físico	bolas
Color	blanco
Olor	Inodoro
Punto de Inflamación - Closed Cup	No aplicable.
Límites de Inflamabilidad en el Aire	Inferior: No aplicable. Superior: No aplicable.
Temp. de auto-ignición:	No se disponen de datos de ensayo
Presión de vapor:	No aplicable.
Punto de ebullición (760 mmHg)	No aplicable..
Densidad de vapor (aire=1):	No aplicable.
Peso específico (H ₂ O = 1)	0,9200 - 0,9260 ASTM D792
Punto de congelación	No aplicable.
Punto de fusión	128 °C Análisis Calorimétrica Diferencial (DSC) Estimado
Solubilidad en el Agua (en peso)	Insignificante
pH:	No aplicable.
Viscosidad Cinemática	No aplicable.

10. Estabilidad y reactividad

Estabilidad / Inestabilidad

Estable.

Condiciones a Evitar: La exposición a temperaturas elevadas puede originar la descomposición del producto.

Materiales Incompatibles: Ninguno conocido.

Pollimerización Peligrosa

No ocurrirá.

Descomposición Térmica

Los productos de descomposición dependen de la temperatura, el suministro de aire y la presencia de otros materiales. El tratamiento puede liberar humos y otros productos de descomposición.

Fragmentos de polímero pueden liberarse a temperaturas superiores al punto de fusión. Los humos pueden ser irritantes. Los productos de descomposición pueden incluir, sin limitarse a: Aldehídos. Alcoholes. Ácidos orgánicos. Los productos de descomposición pueden incluir trazas de: Hidrocarburos.

Figura A. 40 Ficha técnica del polietileno (página 4).

11. Información toxicológica

Toxicidad aguda

Ingestión

Estimado DL50, Rata > 5.000 mg/kg

Absorción por la Piel

Estimado DL50, Conejo > 2.000 mg/kg

Dosis repetida de toxicidad

Según los datos disponibles, no se prevén efectos adversos por exposiciones repetidas.

12. Información ecológica

DESTINO QUÍMICO

Movimiento y Reparto

No se prevé bioconcentración debido a su elevado peso molecular (PM > 1000). En el medio ambiente terrestre, se espera que el material permanezca en el suelo. En medio ambiente acuático, se espera que el material flote.

Persistencia y Degradabilidad

Se espera que este sólido polimérico insoluble en agua sea inerte en el medio ambiente. Por exposición a la luz solar se espera una fotodegradación superficial. No se espera una biodegradación apreciable.

ECOTOXICIDAD

No se espera que cause efectos tóxicos agudos, pero los granos pueden causar mecánicamente efectos adversos si son ingeridos por aves acuáticas u organismos acuáticos.

13. Consideraciones relativas a la eliminación

NO ENVIAR A NINGUN DESAGÜE, NI AL SUELO NI A NINGUNA CORRIENTE DE AGUA. Todas las prácticas de vertido deben cumplir las Leyes y Reglamentos Federales, Estatales, Provinciales y Locales. Los reglamentos pueden variar según la localización. El generador de los residuos es el único responsable de la caracterización de los mismos y del cumplimiento de las Leyes aplicables. DOW NO TIENE CONTROL SOBRE LAS PRÁCTICAS DE GESTIÓN NI LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE LAS PARTES QUE MANEJAN O USAN ESTE PRODUCTO. LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN ESTE DOCUMENTO SE REFIERE SOLAMENTE AL PRODUCTO ENVIADO EN LAS CONDICIONES PREVISTAS Y DESCRITAS EN LA SECCIÓN DE LA SDS: Información sobre la composición PARA LOS PRODUCTOS NO USADOS NI CONTAMINADOS, las opciones preferidas incluyen el envío a un lugar aprobado y autorizado. Reciclador. Recuperador. Incinerador u otro medio de destrucción térmica. Vertedero.

14. Información relativa al transporte

REGLAMENTACIONES NACIONALES E INTERNACIONALES

TRANSPORTE TERRESTRE (US DOT): Los Reglamentos de transporte Terrestre en América Latina - Región Sur (Argentina, Chile, Paraguay y Uruguay) respetan los reglamentos del US DOT con algunas excepciones.

TRANSPORTE TERRESTRE - AMÉRICA LATINA REGIÓN SUR

En conformidad con el reglamento de la REGIÓN SUR de América Latina, este producto No está clasificado como peligroso según las leyes y normas de los siguientes países:

Figura A. 41 Ficha técnica del polietileno (página 5).

Brasil/Argentina/Paraguay/Uruguay - MERCOSUR - Acuerdo de Facilitación para el Transporte de Mercancías Peligrosas (Brasil Ley 1797 de 25/11/1996); Argentina: Ley 22.449/1995 Dto. 779/1995 (Alineado ao Mercosur) Chile - Leyes 298 de 25/11/1994 y 198 de 28/9/2000.

CARRETERA & FERROCARRIL Empacado
NO REGULADO

CARRETERA & FERROCARRIL Granel
NO REGULADO

TRANSPORTE MARÍTIMO - IMDG
NO REGULADO

TRANSPORTE AÉREO - ICAOM/TATA
NO REGULADO

Esta información no pretende abarcar toda la información / requisitos legislativos específicos u operacionales del producto. La información adicional sobre el sistema de transporte puede obtenerse a través de un representante autorizado de la organización de ventas o servicio de atención al cliente. Es responsabilidad de la organización del transporte el cumplimiento de todas las leyes, regulaciones y normas aplicables relativas al transporte del producto.

15. Información reglamentaria

U.S. Toxic Substances Control Act (TSCA)

Todos los componentes de este producto están en el inventario del TSCA o están exentos de los requisitos del TSCA según 40 CFR 720.30

Se recomienda que el cliente verifique en el lugar donde se usa este producto si el mismo se encuentra específicamente reglamentado para su aplicación en consumo humano o aplicaciones veterinarias, como aditivo en productos comestibles o farmacéuticos o de envasado, productos sanitarios y cosméticos, o aún como agente controlado reconocido como precursor en la fabricación de drogas, armas químicas y municiones.

16. Otra información

Sistema de Clasificación de Peligros

NFPA	Salud	Fuego	Reactividad
	1	1	0

Usos Recomendados y Restricciones.

Un plástico de polietileno. Materia prima para tratamiento industrial de artículos o piezas. Dow recomienda que este producto sea usado según las aplicaciones enumeradas. Por favor contacte con el Grupo de Servicio al Cliente de Dow si pretende usar este producto para otras aplicaciones.

Revisión

Número de identificación: 1012191 / 0000 / Fecha 05.09.2007 / Versión: 1.0

Las revisiones más recientes están marcadas con doble barra y negrita en la margen izquierda del documento.

Leyenda

N/A	No disponible.
P/P	Peso/Peso
OEL	Límite de Exposición Ocupacional
STEL	Límite Exposición de Corta Duración.
TWA	Promedio Ponderado en Tiempo

Figura A. 42 Ficha técnica del polietileno (página 6).

Nombre del producto: Polietileno de Baja Densidad LDPE 682S Fecha: 05.09.2007

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc.
DOW IHS	Recomendaciones de Higiene Industrial de Dow
"WEEL"	"Workplace Environmental Exposure Level"
HAZ DES	Designación de los Peligros

The Dow Chemical Company recomienda a cada cliente o usuario que reciba esa HOJA DE INFORMACIÓN PARA MANEJO SEGURO DEL PRODUCTO que la estudie cuidadosamente, y de ser necesario o apropiado, consulte a un especialista con el objeto de conocer los riesgos asociados al producto y comprender los datos de esa hoja. Las informaciones aquí contenidas son verdicas y precisas en cuanto a los datos mencionados. No obstante no se otorga ninguna garantía expresa o implícita. Los requisitos legales y reglamentarios se encuentran sujetos a modificaciones y pueden difirir de una jurisdicción a otra. Es responsabilidad del usuario asegurar que sus actividades cumplan con la legislación en vigor. Las informaciones contenidas en estas HOJAS corresponden exclusivamente al producto tal cual fue despachado, en su envase original. Como las condiciones de uso del producto están fuera del control de nuestra Compañía, corresponde al comprador / usuario determinar las condiciones necesarias para su uso seguro. Debido a la proliferación de fuentes de informaciones, como las hojas de información de otros proveedores, nosotros no somos y no podemos ser responsables de las hojas de información obtenidas de otras fuentes. Si hubiera obtenido una hoja de información de otra fuente distinta o si no estuviera seguro que la misma fuera la vigente, póngase en contacto con nosotros y solicite la información actualizada.

Figura A. 43 Ficha técnica del polietileno (página 7).

3.1.2. Ficha técnica de la resina adhesiva (Tie)



Hoja de Datos de Seguridad

Derechos Reservados, 2018, 3M Company.

Todos los derechos reservados. Copiar o descargar la presente información con el objetivo de utilizar los productos de 3M en forma apropiada está permitido con la condición de que: (1) la información se copie en su totalidad y sin cambios, salvo previo acuerdo por escrito otorgado por 3M, y (2) ni la copia ni el original vuelvan a venderse o distribuyan de alguna otra forma con el propósito de obtener ganancias con ello.

Número del grupo de documento:	05-6781-8	Número de versión:	2.02
Fecha de publicación:	11/12/2018	Fecha de reemplazo:	07/03/2016

La presente Hoja de Datos de Seguridad se preparó de conformidad con la Norma Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2015, Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.

SECCIÓN 1: Identificación del producto

1.1. Identificación del producto

Adhesivo Epóxico 3M(R) Scotch-Weld(R) DP105, transparente, Parte B

Números de Identificación del producto

LA-D100-1894-1 DP-105 LA-D100-0018-4 LA-D100-0018-5 LA-D100-2294-7

1.2. Uso recomendado y restricciones de uso

Uso recomendado

Parte B de Adhesivo epóxico de 2 componentes, Adhesivo estructural

1.3. Detalles del proveedor

Nombre del proveedor o fabricante: 3M México, S.A. de C.V.

Domicilio: Av. Santa Fe No. 190, Col. Santa Fe, Del. Álvaro Obregón, Ciudad de México, C.P. 01210

Teléfono: (55) 52 700 400
Correo electrónico: mxproducts@mmm.com
Sitio web: www.3M.com.mx

1.4. Número telefónico de emergencia

+52 55 52582573

SECCIÓN 2: Identificación de peligros

2.1. Clasificación de la sustancia o mezcla

Toxicidad aguda (bucal): Categoría 5.

Irritación/daño grave ocular: Categoría 2A.

Figura A. 44 Ficha técnica de la resina adhesiva (página 1).

Corrosión/irritación cutánea: Categoría 3.
 Sensitizante cutáneo: Categoría 1.
 Toxicidad acuática aguda: Categoría 2.
 Toxicidad acuática crónica: Categoría 3.

2.2. Elementos en la etiqueta

Palabra de advertencia
 Atención

Símbolos
 Signo de exclamación |

Pictogramas:



DECLARACIONES DE PELIGRO:

H303 Puede ser nocivo en caso de deglución.
 H319 Causa irritación ocular grave.
 H316 Causa irritación cutánea leve.
 H317 Puede causar una reacción alérgica cutánea.
 H401 Tóxico para la vida acuática.
 H412 Nocivo para la vida acuática con efectos duraderos.

DECLARACIONES DE PRECAUCIÓN

Prevención:
 P280E Use guantes de protección.
 Respuesta:
 P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: enjuague con cuidado con agua durante varios minutos; retire los lentes de contacto si están presentes y es fácil hacerlo; siga enjuagando.
 P333 + P313 Si se presenta irritación cutánea o sarpallido: consiga atención médica.
 Desecho:
 P501 Deseche el contenido/recipiente de conformidad con las regulaciones locales, regionales, nacionales, internacionales correspondientes.

2.3. Otros peligros:
 Ninguno conocido.

SECCION 3: Composición/información de los componentes

Este material es una mezcla

Ingrediente	C.A.S. No.	% por peso
Resina epóxica	30583-72-3	70 - 80
Resina epóxica	25068-38-6	20 - 24
Organosilano	2530-83-8	0.5 - 1.5

Figura A. 45 Ficha técnica de la resina adhesiva (página 2).

SECCION 4: Primeros auxilios

4.1. Descripción de las medidas en caso de primeros auxilios:

Inhalación:

Lleve a la persona al aire libre. Si siente malestar, consiga atención médica.

Contacto con la piel:

Lave de inmediato con agua y jabón. Retire la ropa contaminada y lívela antes de volver a usarla. Si aparecen signos o síntomas, consiga atención médica.

Contacto con los ojos:

Enjuague de inmediato con abundante agua. Retire los lentes de contacto si es fácil hacerlo y siga enjuagando. Consiga atención médica.

En caso de deglución:

Enjuague la boca. Si siente malestar, consiga atención médica.

4.2. Síntomas y efectos más importantes, tanto agudos como retardados

Remítase a la Sección 11.1. Información acerca de efectos toxicológicos.

4.3. Indicaciones para cualquier atención médica inmediata y tratamiento especial requerido

No relevante

SECCION 5: Medidas contra incendios

5.1. Medios de extinción apropiados

En caso de incendio: para sofocarlo use un agente extintor para material combustible común, como agua o espuma.

5.2. Peligros especiales que resulten de la sustancia o mezcla

Ninguno inherente en este producto.

Descomposición peligrosa o subproducto

<u>Sustancia</u>	<u>Condición</u>
Aldehídos	Durante la combustión
Hidrocarburos	Durante la combustión
Monóxido de carbono	Durante la combustión
Dióxido de carbono	Durante la combustión
Cloruro de hidrógeno	Durante la combustión
Cetonas	Durante la combustión
Vapor, gas, partículas tóxicas	Durante la combustión

5.3. Acciones de protección especial para las personas que combaten los incendios

Use ropa protectora completa, incluyendo casco, aparatos respiratorios autónomos, de presión positiva o de presión, botas y pantalones, bandas alrededor de los brazos, cintura y piernas, máscara facial y cubierta protectora para las áreas expuestas de la cabeza.

SECCION 6 : Medidas en caso de derrame o fuga accidental

6.1. Precauciones que debe adoptar el personal, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Evacue el área. Ventile el área con aire fresco. En derrames grandes, o derrames en espacios confinados, ventile en forma mecánica para dispersar o extraer los vapores de conformidad con las buenas prácticas de higiene industrial. Para obtener

Figura A. 46 Ficha técnica de la resina adhesiva (página 3).

información relacionada con los peligros físicos y de salud, protección respiratoria, ventilación y equipo de protección personal, remítase a las otras secciones de la presente HDS.

6.2. Precauciones ambientales
Evite liberarlo al medio ambiente.

6.3. Métodos y material para contención y limpieza
Contenga el derrame. Trabaje desde los bordes hacia el centro del derrame, cubra con bentonita, vermiculita u otro material inorgánico absorbente disponible en el mercado. Mezcle suficiente absorbente hasta que aparente estar seco. Recuerde, al agregar material absorbente no se elimina el peligro físico, a la salud o ambiental. Recolecte todo el material derramado que sea posible. Coloque en un recipiente cerrado aprobado para transporte por las autoridades correspondientes. Limpie los residuos con un solvente apropiado seleccionado por una persona calificada y autorizada. Ventile el área con aire fresco. Lea y siga las precauciones de seguridad en la etiqueta del solvente y en la HDS. Selle el recipiente. Deseche el material recolectado tan pronto sea posible.

SECCION 7: Manejo y almacenamiento

7.1. Precauciones para el manejo seguro
Evite respirar el polvo, humo, gas, neblina, vapores o aerosol. No lo ponga en contacto con los ojos, piel o ropa. No coma, beba o fume cuando use este producto. Lave vigorosamente después de manipularlo. No debe permitirse usar ropa de trabajo contaminada fuera del lugar de trabajo. Evite liberarlo al medio ambiente. Lave la ropa contaminada antes de volver a usarla. Evite el contacto con agentes oxidantes (como cloro, ácido crómico, etc.)

7.2. Condiciones para almacenamiento seguro, incluyen cualquier incompatibilidad
Almacene alejado de ácidos. Almacene alejado de agentes oxidantes.

SECCION 8: Controles de exposición/protección personal

8.1. Parámetros de control

Límites de exposición ocupacional
No existen valores límite para la exposición ocupacional de cualquiera de los componentes enlistados en la Sección 3 de la presente HDS.

8.2. Controles de exposición

8.2.1. Controles técnicos
No requiere controles técnicos.

8.2.2. Equipo de protección personal (EPP)

Protección de ojos/cara

Con base en los resultados de una evaluación de exposición, seleccione y use protección en ojos/cara para evitar el contacto. Se recomienda el uso de las siguientes protecciones de ojos/cara:
Goggles de ventilación indirecta

Protección cutánea/mano

Con base en los resultados de una evaluación de exposición, seleccione y use guantes o ropa de protección aprobada por las normas locales correspondientes para evitar el contacto con la piel. La selección debe basarse tanto en los factores de uso como en los niveles de exposición, concentración de la sustancia o mezcla, frecuencia y duración, cambios físicos, como temperaturas extremas, y otras condiciones de uso. Consulte al fabricante de guantes o ropa de protección para seleccionar los guantes/ropa compatibles apropiados. Nota: Los guantes de nitrilo pueden usarse sobre guantes de polímero laminado para mejorar la destreza.

Figura A. 47 Ficha técnica de la resina adhesiva (página 4).

Se recomiendan guantes elaborados con los siguientes materiales: Polímero laminado

Protección respiratoria
Ninguno requerido.

SECCION 9: Propiedades físicas y químicas

9.1. Información con base en las propiedades físicas y químicas

Estado físico	Líquido
Forma física específica:	Líquido viscoso
Aspecto/Olor	transparente, olor ligero a epóxico
Límite de olor	Sin datos disponibles
pH	No relevante
Punto de fusión/punto de congelamiento	No relevante
Punto de ebullición/Punto de ebullición inicial/Rango de ebullición	=115.6 °C
Punto de inflamación	=115.6 °C [Método de prueba:Copa cerrada de Pensky-Martens]
Velocidad de evaporación	Sin datos disponibles
Inflamabilidad (sólido, gas)	No relevante
Límite inferior de inflamabilidad (LEL)	Sin datos disponibles
Límite superior de inflamabilidad (UEL)	Sin datos disponibles
Presión del vapor	<=186,158.4 Pa [a 55 °C]
Densidad del vapor	Sin datos disponibles
Densidad	1.11 g/ml
Densidad relativa	1.11 [Norma de referencia: AGUA = 1]
Solubilidad del agua	Nulo
Insoluble en agua	Sin datos disponibles
Coefficiente de partición: n-octanol/agua	Sin datos disponibles
Temperatura de autoignición	Sin datos disponibles
Temperatura de descomposición	Sin datos disponibles
Viscosidad	1,000 - 5,000 mPa-s
Peso molecular	Sin datos disponibles
VOC menos: H2O y solventes exentos	< 20 g/l [Método de prueba: calculado por la regla 443.1 de SCAQMD] [Detalles: cuando se usa como se pretende con la Parte A]
VOC menos: H2O y solventes exentos	1.5 % [Método de prueba: calculado según el título 2 de CARB] [Detalles: cuando se usa como se pretende con la Parte A]
VOC menos: H2O y solventes exentos	11 g/l [Método de prueba: calculado por la regla 443.1 de SCAQMD] [Detalles: tal como se suministra]

SECCION 10: Estabilidad y reactividad

10.1. Reactividad

Este material puede reaccionar con ciertos agentes en determinadas condiciones; remítase a los encabezados restantes en esta sección.

10.2. Estabilidad química

Estable.

10.3. Posibilidad de reacciones peligrosas

Puede presentar polimerización peligrosa.

10.4. Condiciones que deben evitarse

Figura A. 48 Ficha técnica de la resina adhesiva (página 5).

Durante el curado genera calor. No cure una masa mayor que 50 gramos en un espacio confinado para evitar una reacción exotérmica prematura que genere calor y humo intenses.

10.5. Materiales incompatibles:

Ácidos fuertes
Agentes oxidantes fuertes

10.6. Productos de descomposición peligrosos

<u>Sustancia</u>	<u>Condición</u>
Ninguno conocido.	

Remítase a la sección 5.2 para obtener información acerca de los productos peligrosos de descomposición durante la combustión.

SECCION 11: Información toxicológica

La siguiente información puede no ser consistente con la clasificación del material en la Sección 2 si las clasificaciones del ingrediente específico son obligatorias por parte de una autoridad competente; además, los datos toxicológicos de los ingredientes pueden no reflejarse en la clasificación del material o en los signos y síntomas de la exposición porque un ingrediente puede estar presente por debajo del límite para etiquetarlo, un ingrediente puede no estar disponible en la exposición o los datos pueden no ser relevantes en la totalidad del material.

11.1. Información acerca de efectos toxicológicos

Signos y síntomas de la exposición

Con base en los datos de la prueba o en la información de los componentes, este material puede producir los siguientes efectos en la salud:

Inhalación:

No se espera que genere efectos en la salud.

Contacto con la piel:

Iritación cutánea leve: los signos y síntomas pueden incluir enrojecimiento localizado, inflamación, arpillido y resequedad.
Reacción alérgica cutánea (no foto-inducida): los signos y síntomas pueden incluir enrojecimiento, inflamación, vesículas y prurito.

Contacto con los ojos:

Iritación ocular grave: los signos y síntomas pueden incluir enrojecimiento significativo, inflamación, lagrimeo, córneas con aspecto nublado y limitaciones en la visión.

Ingestión:

Puede ser nocivo en caso de deglución. Irritación gastrointestinal: los signos y síntomas pueden incluir dolor abdominal, malestar estomacal, náusea, vómito y diarrea.

Datos toxicológicos

Si un componente se divulga en la sección 3, aunque no aparezca en la siguiente tabla, los datos para dicho criterio de valoración no están disponibles o los datos no son suficientes para clasificarlo.

Toxicidad aguda

Nombre	Vía de administración	Especies	Valor
Producto en general	Dérmico		Sin datos disponibles, ATE calculado >5,000 mg/kg

Figura A. 49 Ficha técnica de la resina adhesiva (página 6).

Producto en general	Ingestión:		Sin datos disponibles; ATE: calculado(2,000 - 3,000 mg/kg
Resina epóxica	Dérmico	Rata	LD50 > 1,600 mg/kg
Resina epóxica	Ingestión:	Rata	LD50 > 1,000 mg/kg
Organosilano	Dérmico	Conejo	LD50 > 4,000 mg/kg
Organosilano	Inhalación - polvo/aerosol (4 horas)	Rata	LC50 > 5.3 mg/l
Organosilano	Ingestión:	Rata	LD50 > 7,010 mg/kg

ETA = estimación de toxicidad aguda

Corrosión/irritación en la piel

Nombre	Especie	Valor
Resina epóxica	Conejo	Irritante leve
Organosilano	Conejo	Irritante leve

Irritación/daño grave en los ojos

Nombre	Especie	Valor
Resina epóxica	Conejo	Irritante moderado
Organosilano	Conejo	Corrosivo

Sensibilización cutánea

Nombre	Especie	Valor
Resina epóxica	Humano y animal	Sensibilizante
Organosilano	Conejillo de indias	No clasificado

Sensibilización respiratoria

Nombre	Especie	Valor
Resina epóxica	Humano	No clasificado

Mutagenicidad de células germinales

Nombre	Via de administración	Valor
Resina epóxica	In vivo	No es mutágeno
Resina epóxica	In vitro	Existen algunos datos positivos, aunque los datos no son suficientes para la clasificación
Organosilano	In vivo	No es mutágeno
Organosilano	In vitro	Existen algunos datos positivos, aunque los datos no son suficientes para la clasificación

Carcinogenicidad

Nombre	Via de administración	Especie	Valor
Resina epóxica	Dérmico	Ratón	Existen algunos datos positivos, aunque los datos no son suficientes para la clasificación
Organosilano	Dérmico	Ratón	No es carcinógeno

Toxicidad en la reproducción

Efectos en la reproducción o desarrollo

Nombre	Via de administración	Valor	Especie	Resultados de la prueba	Duración de la exposición
Resina epóxica	Ingestión:	No clasificado para reproducción	Rata	NCAHL 750	2 generaciones

Figura A. 50 Ficha técnica de la resina adhesiva (página 7).

		Resina	Rata	mg/kg/día	
Resina epóxica	Ingestión:	No clasificado para reproducción masculina	Rata	NOAEL: 750 mg/kg/día	2 generación
Resina epóxica	Dérmico	No clasificado para desarrollo	Conejo	NOAEL: 300 mg/kg/día	durante la organogénesis
Resina epóxica	Ingestión:	No clasificado para desarrollo	Rata	NOAEL: 750 mg/kg/día	2 generación
Organosilano	Ingestión:	No clasificado para reproducción femenina	Rata	NOAEL: 1,000 mg/kg/día	1 generación
Organosilano	Ingestión:	No clasificado para reproducción masculina	Rata	NOAEL: 1,000 mg/kg/día	1 generación
Organosilano	Ingestión:	No clasificado para desarrollo	Rata	NOAEL: 3,000 mg/kg/día	durante la organogénesis

Órganos específicos

Toxicidad en órgano específico - exposición única

Para el componente o componentes, actualmente no hay información disponible o la información no es suficiente para la clasificación.

Toxicidad en órgano específico - exposición repetida

Nombre	Vía de administración	Órganos específicos	Valor	Especies	Resultados de la prueba	Duración de la exposición
Resina epóxica	Dérmico	hígado	No clasificado	Rata	NOAEL: 1,000 mg/kg/día	2 años
Resina epóxica	Dérmico	sistema nervioso	No clasificado	Rata	NOAEL: 1,000 mg/kg/día	13 semanas
Resina epóxica	Ingestión:	sistema de audición corazón aparato endocrino sistema hematopoyético hígado ojos riñón o vejiga	No clasificado	Rata	NOAEL: 1,000 mg/kg/día	28 días
Organosilano	Ingestión:	corazón aparato endocrino hueso, dientes, uñas o cabello sistema hematopoyético hígado sistema inmunológico sistema nervioso riñón o vejiga aparato respiratorio	No clasificado	Rata	NOAEL: 1,000 mg/kg/día	28 días

Peligro de aspiración

Para el componente o componentes, actualmente no hay información disponible o la información no es suficiente para la clasificación.

Para obtener información toxicológica adicional del material o sus componentes, contacte el domicilio y teléfono enlistados en la primera página de la HDS.

SECCIÓN 12: Información ecotoxicológica

La siguiente información puede no ser consistente con la clasificación del material en la Sección 2 si las clasificaciones del ingrediente específico son obligatorias por parte de una autoridad competente. La información adicional que conlleve a la clasificación del material en la Sección 2 está disponible por solicitud; además, los datos del destino ambiental y efectos de los ingredientes pueden no reflejarse en esta sección porque un ingrediente puede estar presente

Figura A. 51 Ficha técnica de la resina adhesiva (página 8).

por debajo del límite para etiquetarlo, no se espera que el ingrediente esté disponible en la exposición o no se considera que los datos sean relevantes en la totalidad del material.

12.1. Toxicidad

Peligro acústico agudo:

GHS Agudo 2: Tóxico para la vida acuática.

Peligro acústico crónico:

GHS Crónico 3: Nocivo para la vida acuática con efectos duraderos

Sin datos disponibles de la prueba del producto

Material	Cas #	Organismo	Tipo	Exposición	Criterio de valoración de la prueba	Resultados de la prueba
Resina epóxica	30583-72-3	Algas verdes	Experimental	72 horas	Efecto al 50% de concentración	≥ 100 mg/l
Resina epóxica	30583-72-3	Trucha arcoiris	Experimental	96 horas	50% de concentración letal	11.5 mg/l
Resina epóxica	25068-38-6	Pulgua de agua	Estimado	48 horas	50% de concentración letal	0.95 mg/l
Resina epóxica	25068-38-6	Algas verdes	Experimental	72 horas	Efecto al 50% de concentración	≥ 11 mg/l
Resina epóxica	25068-38-6	Trucha arcoiris	Experimental	96 horas	50% de concentración letal	1.2 mg/l
Resina epóxica	25068-38-6	Algas verdes	Experimental	72 horas	No se observan efectos de la concentración	4.2 mg/l
Resina epóxica	25068-38-6	Pulgua de agua	Experimental	21 días	No se observan efectos de la concentración	0.3 mg/l
Organosilano	2530-83-8	Carpa común	Experimental	96 horas	50% de concentración letal	55 mg/l
Organosilano	2530-83-8	Otros crustáceos	Experimental	48 horas	50% de concentración letal	324 mg/l
Organosilano	2530-83-8	Algas verdes	Experimental	96 horas	Efecto al 50% de concentración	350 mg/l
Organosilano	2530-83-8	Algas verdes	Experimental	96 horas	No se observan efectos de la concentración	130 mg/l
Organosilano	2530-83-8	Pulgua de agua	Experimental	21 días	No se observan efectos de la concentración	≥ 100 mg/l

12.2. Persistencia y degradabilidad

Figura A. 52 Ficha técnica de la resina adhesiva (página 9).

Material	CAS No.	Tipo de prueba	Duración	Tipo de estudio	Resultados de la prueba	Protocolo
Resina epóxica	30583-72-3	Experimental Biodegradación	28 días	Demanda de oxígeno biológico	0.1 % BOD/ThBOD	OCDE 301D - Prueba en frasco cerrado
Resina epóxica	25068-38-6	Estimado Hidrolisis		Vida media hidrolítica	<2 días (t 1/2)	Otros métodos
Resina epóxica	25068-38-6	Experimental Biodegradación	28 días	Demanda de oxígeno biológico	0 % BOD/ThBOD	OCDE 301C - MITI (I)
Organosilano	2530-83-8	Experimental Hidrolisis		Vida media hidrolítica	6.5 horas (t 1/2)	Otros métodos
Organosilano	2530-83-8	Experimental Biodegradación	28 días	Disolución la materia de carbono orgánico	37 % del peso	Otros métodos

12.3. Potencial bioacumulativo

Material	CAS No.	Tipo de prueba	Duración	Tipo de estudio	Resultados de la prueba	Protocolo
Resina epóxica	30583-72-3	Experimental Bioconcentración		Logaritmo del coeficiente de partición octanol/H ₂ O	3.84	Otros métodos
Resina epóxica	25068-38-6	Experimental BCF - Carpa	28 días	Factor de bioacumulación	<=42	OCDE 305E - Bioacumulación de flujo en peces
Organosilano	2530-83-8	Los datos no están disponibles o son insuficientes para la clasificación	N/D	N/D	N/D	N/D

12.4. Movilidad en el suelo

Para obtener mayores informes, contacte al fabricante

12.5 Otros efectos adversos:

Sin información disponible

SECCION 13: Información sobre la eliminación de los productos

13.1. Métodos de eliminación/desecho

Deseche el contenido/recipiente de conformidad con las regulaciones locales, regionales, nacionales, internacionales.

Deseche el material completamente curado (o polimerizado) en una instalación autorizada para desperdicio industrial. Como alternativa para desecharlo, incinere el producto sin curar en una instalación autorizada para incinerar desperdicios. La destrucción adecuada puede requerir el uso de combustible adicional durante el proceso de incineración. Los productos de combustión incluyen ácido halógeno (HCl/HF/HBr). Las instalaciones deben contar con la capacidad para manipular materiales halogenados. Los tambores, tanques o recipientes vacíos para transportar y manipular sustancias químicas peligrosas (sustancias, mezclas o preparaciones químicas clasificadas como peligrosas por las regulaciones correspondientes) deben considerarse, almacenarse y desecharse como desperdicios peligrosos, salvo que las regulaciones de desperdicio

Figura A. 53 Ficha técnica de la resina adhesiva (página 10).

correspondientes los hayan definido de alguna otra forma. Consulte a las autoridades de regulación correspondientes para determinar las instalaciones disponibles de tratamiento y desecho.

SECCIÓN 14: Información de transporte

No es peligroso para el transporte.

Transporte marino (IMDG)

UN Número: Ninguno asignado.
Nombre de envío apropiado: Ninguno asignado.
Nombre técnico: Ninguno asignado.
Clase/División de peligro: Ninguno asignado.
Riesgo secundario: Ninguno asignado.
Grupo de empaque: Ninguno asignado.
Cantidad limitada: Ninguno asignado.
Contaminante marino: Ninguno asignado.
Nombre técnico del contaminante marino: Ninguno asignado.
Otras descripciones de materiales peligrosos:
Ninguno asignado.

Transporte aéreo (IATA)

UN Número: Ninguno asignado.
Nombre de envío apropiado: Ninguno asignado.
Nombre técnico: Ninguno asignado.
Clase/División de peligro: Ninguno asignado.
Riesgo secundario: Ninguno asignado.
Grupo de empaque: Ninguno asignado.
Cantidad limitada: Ninguno asignado.
Contaminante marino: Ninguno asignado.
Nombre técnico del contaminante marino: Ninguno asignado.
Otras descripciones de materiales peligrosos:
Ninguno asignado.

Las clasificaciones para el transporte se proporcionan como un servicio al cliente. Para envíos, USTED es responsable de cumplir con todas las leyes y regulaciones correspondientes, que incluyan la clasificación apropiada de transporte y empaquetado. Las clasificaciones para el transporte se basan en la fórmula del producto, empaque, políticas de 3M y conocimiento por parte de 3M de las regulaciones vigentes apropiadas. 3M no garantiza la precisión de la presente información de clasificación. Esta información solo aplica para la clasificación de transporte y no aplica para los requisitos de empaquetado, etiquetado o comercialización. La información anterior solo es para referencia. Si realiza envíos por aire o mar, USTED está advertido de revisar y cumplir con los requisitos regulatorios correspondientes.

SECCIÓN 15: Información reglamentaria

15.1. Regulaciones/legislación de seguridad, salud y ambiental específicas para la sustancia o mezcla

Estatus de inventario global

Para obtener más información, contacte a 3M. Los componentes de este material cumplen con las provisiones de la Ley de control de químicos de Corea. Aplican ciertas restricciones; contacte a la división correspondiente para obtener información adicional. Los componentes del material cumplen con las disposiciones de Notificación Nacional de Sustancias Químicas Industriales y Esquema de Valoración (NICNAS) de Australia. Pueden aplicar ciertas restricciones. Para obtener mayor información, contacte a la división de ventas. Los componentes del material cumplen con las disposiciones de la Ley de Control de Sustancias Químicas de Japón. Pueden aplicar ciertas restricciones. Para obtener mayor información, contacte a la división de ventas. Los componentes del material cumplen con las disposiciones de los requisitos RA 6969 de Filipinas.

Figura A. 54 Ficha técnica de la resina adhesiva (página 11).

Pueden aplicarse ciertas restricciones. Para obtener mayor información, contacte a la división de ventas. Los componentes del producto cumplen con los requisitos de notificación de sustancias nuevas de CEPA. Este producto cumple con las medidas sobre la gestión medioambiental de nuevas sustancias químicas. Todos los ingredientes están listados o están exentos en el inventario China IECSC. Los componentes de este producto cumplen con los requisitos de notificación química de TSCA. Todos los componentes requeridos de este producto están listados en la parte activa del Inventario TSCA.

SECCION 16: Otra información

Clasificación de peligro NFPA

Salud: 2 Inflamabilidad: 1 Inestabilidad: 0 Peligros especiales: Ninguno

Las clasificaciones de peligro de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA) están diseñadas para que las use el personal de respuesta en emergencias para atender los peligros que se presentan a corto plazo, exposición aguda a un material en condiciones de incendio, salpicadura o emergencias similares. Las clasificaciones de peligro se basan principalmente en las propiedades físicas y tóxicas inherentes del material, aunque también incluyen las propiedades tóxicas de los productos de combustión o descomposición que se sabe se generan en cantidades significativas.

La información se considera correcta, pero no es exhaustiva y solo se utilizará como orientación. Se basa en el conocimiento actual de la sustancia química o mezcla y es aplicable a las precauciones de seguridad adecuadas para el producto.

LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDADES: La información en la presente Hoja de Datos de Seguridad se basa en nuestra experiencia y es correcta hasta donde sabemos a la fecha de la publicación, pero no aceptamos responsabilidad alguna por cualquier pérdida, daño o lesión que resulte de su uso (excepto como lo requiere la ley). La información puede no ser válida para algún uso al que no se hace referencia en la presente Hoja de Datos de Seguridad o uso del producto en combinación con otros materiales. Por dichas razones, es importante que los consumidores realicen sus propias pruebas para que queden satisfechos con la conveniencia del producto para sus propias aplicaciones pretendidas.

Los HDS de 3M México están disponibles en www.3M.com.mx

Figura A. 55 Ficha técnica de la resina adhesiva (página 12).

3.1.3. Ficha técnica de la poliamida



FICHA DE SEGURIDAD

Ficha de Datos de Seguridad según Directiva 453/2010/CE	Edición: 6
Nombre Comercial: POLIMERO DE POLIAMIDA 6	Fecha: 17/10/2012
Nº SHE: PPA 008	Código de sustancia CAS: 25038-54-4

1. Identificación del producto y de la empresa

Identificación del producto: POLIMERO DE POLIAMIDA 6 (GRANZA)
Nombre comercial:
Identificación de la empresa: NUREL S.A.
Carretera Barcelona Km. 329,2
50016 ZARAGOZA
Tfno: 976 465 579 Fax: 976 574 108
Teléfono de Emergencia: 976 465 579

2. Identificación de peligros

De acuerdo con el reglamento (CE) nº 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas

Elementos de etiquetado y declaración de precaución:

El producto no requiere una etiqueta de advertencia de peligro con arreglo a los criterios del SGA.

Clasificación de sustancias y mezclas:

No hay necesidad de clasificación con arreglo a los criterios del SGA para este producto.

Posibles peligros (De acuerdo a Directiva 1999/45/CE)

Ninguno.

3. Composición/Información de los componentes

Características químicas: Poliamida 6. $(-NH(CH_2)_5CO-)_n$
Datos complementarios:

CAS: 25038-54-4
Ingredientes peligrosos:

De acuerdo con la Directiva 1999/45/ CE

Caprolactama

Contenido (W/W): <= 0,5%
Número CAS :105-60-2
Número EC:203-313-2
Número INDEX: 63-069-00-2
Símbolos peligrosos : Xn

Figura A. 56 Ficha técnica de la poliamida (página 1).



FICHA DE SEGURIDAD

Ficha de Datos de Seguridad según Directiva 453/2010/CE	Edición: 6
Nombre Comercial: POLIMERO DE POLIAMIDA 6	Fecha: 17/10/2012
Nº SHE: PPA.008	Código de sustancia CAS: 25038-54-4

Frases -R : 20/22, 36/37/38

La redacción de los símbolos de peligro y frases-R, están especificadas en el capítulo 16 si se mencionan los ingredientes peligrosos

4. Primeros auxilios

- **Indicaciones generales:** Normalmente solo son necesarios en caso de quemaduras térmicas e inhalación del humo del material fundido.
- **En caso de Inhalación:** Retirar al paciente de la exposición.
- **En caso de contacto con la piel:** El material fundido puede provocar quemaduras térmicas. NO intentar quitar el polímero fundido de la piel. Enfriar rápidamente con agua fría. Retirar con cuidado las ropas (riesgo de adherencia a la piel).
- **En caso de contacto con los ojos:** Eliminar las partículas por irrigación con agua limpia.
- **En caso de ingestión:** Atención médica.

5. Medidas de lucha contra incendios

- **Medios de extinción adecuados:** cuando el producto está involucrado en un fuego, todos los agentes de extinción son apropiados para los materiales/equipos de alrededor (espuma, agua pulverizada, polvo seco extintor, CO₂, arena...).
- **Riesgos específicos que resultan de la exposición a la sustancia, sus productos de combustión y gases producidos:** hay riesgo de propagación del incendio por derramamientos calientes. Enfriar el producto fundido.
- **En caso de incendio pueden desprenderse:** vapores o humos tóxicos de NOx, CO, CO₂
- **Equipo de protección para personal de lucha contra incendios:** Utilizar equipo de respiración autónomo.

6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental

- **Medidas de precaución:** señalizar la zona afectada y recoger el producto. Un derrame de granza puede provocar deslizamientos o riesgo de caídas.
- **Medidas de protección del medio ambiente:** No presenta riesgos particulares.
- **Métodos de limpieza/recogida:** recoger el producto y depositarlo en contenedor. Limpiar la zona.

Figura A. 57 Ficha técnica de la poliamida (página 2).



FICHA DE SEGURIDAD

Ficha de Datos de Seguridad según Directiva 453/2010/CE	Edición: 6
Nombre Comercial: POLIMERO DE POLIAMIDA 6	Fecha: 17/10/2012
Nº SHE: PPA 008	Código de sustancia CAS: 25038-54-4

7. Manipulación y almacenamiento

- **Manipulación:** No necesita medidas técnicas específicas.
- **Almacenamiento:** Almacenar a temperatura ambiente en lugares secos.

8. Límites de exposición y medidas de protección personal

- **Componentes con valores límites a controlar en el lugar de trabajo:** NA
- **Protección personal:** utilizar protección facial si existe posibilidad de chips impulsados.
- **Medidas de higiene laboral:** NA
- **Protección respiratoria:** NA
- **Protección de las manos:** Usar guantes aislantes térmicos cuando se maneja en caliente.
- **Protección de los ojos:** Usar gafas protectoras si se maneja en caliente o bien en operaciones de procesado en frío (cortado o molienda).
- **Protección corporal:** Usar ropas protectoras adecuadas.

9. Propiedades físicas y químicas

Aspecto: Granular (chips)

- **Forma o estado:** Sólido
- **Color:** Blanco en estado crudo (Brillante/Semimate/Mate)
- **Olor:** Inodoro

Datos significativos para la seguridad:

- **Punto de fusión:** 223°C
- **Punto de inflamación:** NA
- **Tª ignición:** > 400 °C

Solubilidad:

- Prácticamente insoluble en agua y en la mayoría de disolventes orgánicos.
- Soluble en fenoles calientes, cresoles, ácido fórmico y ácido sulfúrico.

Otras propiedades:

- Producto no inflamable. Arde difícilmente (sólo en contacto con llama).
- Es un producto no comburente y autoextinguible.
- Funde formando perlas.

Figura A. 58 Ficha técnica de la poliamida (página 3).



FICHA DE SEGURIDAD

Ficha de Datos de Seguridad según Directiva 453/2010/CE

Edición: 6

Nombre Comercial: POLIMERO DE POLIAMIDA 6

Fecha: 17/10/2012

Nº SHE: PPA 008 Código de sustancia CAS: 25038-54-4

10. Estabilidad y reactividad

- **Descomposición térmica:**
Estable en las condiciones normales de empleo.
Temperatura de descomposición > 350 °C.
- **Productos de descomposición peligrosos:**
Calentando a descomposición emite humos tóxicos de óxidos de nitrógeno, monóxido y dióxido de carbono y cianuro de hidrógeno.

11. Información toxicológica

- Toxicidad oral aguda: (DL₅₀) = NA.
- Irritación: La sustancia es Inerte
- Respiratoria/sensibilización piel: No hay datos disponibles relativos a efectos de sensibilización, clasificación provisional
- Mutagenidad en células germinales: No hay datos disponibles relativos a efectos de mutación, clasificación provisional
- Otros riesgos : Basándonos en nuestra experiencia y en la información disponible , No se espera se presenten otros riesgos toxicológicos particulares en las condiciones normales de uso.

12. Información ecológica

- Persistencia/biodegradabilidad: producto persistente de baja biodegradabilidad.
- Toxicidad acuática: NA
- Observaciones: fácilmente recuperable.

13. Eliminación de residuos

Reciclar al máximo y en caso de no poder recuperar el producto, eliminarlo de acuerdo a la legislación local vigente.

Figura A. 59 Ficha técnica de la poliamida (página 4).



FICHA DE SEGURIDAD

Ficha de Datos de Seguridad según Directiva 453/2010/CE	Edición: 6
Nombre Comercial: POLIMERO DE POLIAMIDA 6	Fecha: 17/10/2012
Nº SHE: PPA 008	Código de sustancia CAS: 25038-54-4

14. Información relativa al transporte

Transporte Terrestre

ADR : No clasificado como mercancía peligrosa para el transporte

RID : No clasificado como mercancía peligrosa para el transporte

Transporte Marítimo

IMDG : No clasificado como mercancía peligrosa para el transporte

Transporte Aéreo:

IATA/ ICAO : No clasificado como mercancía peligrosa para el transporte

15. Disposiciones de carácter legal

- Etiquetado: no aplicable el etiquetado reglamentario obligatorio de sustancias peligrosas.
- Pictogramas: NA
- Frases R: NA
- Frases S: NA

16. Otras Informaciones

- Polímero base para la producción de fibras textiles.
- Otras aplicaciones del producto: producción plásticos técnicos.

Esta información está basada en el estado actual de nuestros conocimientos y se refiere al producto en la forma en que se suministra.

Este documento pretende describir el producto bajo el punto de vista de los requisitos de seguridad y no garantizar propiedades concretas o características técnicas particulares.

Figura A. 60 Ficha técnica de la poliamida (página 5).

3.1.4. Ficha técnica del EVOH



Revision date: February 25, 2016

Safety Data Sheet

SECTION 1: IDENTIFICATION OF THE SUBSTANCE/MIXTURE AND OF THE COMPANY/UNDERTAKING

1.1 Product identifier

Product name: EVAL™ Resin

M100A, M100B	LT171B, LT174B, L171A, L171B	F101A, F101B, F171A, F171B, FP101B, FP201B, F104B, FP104B			
J102A, J102B	C109B	H171A, H171B	E105A, E105B, EP171B, E171B	G176A, G176B	

Synonyms: Ethylene vinyl alcohol copolymer

1.2 Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

It is suitable for packaging application, including food contact materials within the scope of Regulation (EC) No 1935/2004 or relevant laws in US and JPN.

1.3 Details of the supplier of the safety data sheet

MANUFACTURER Kuraray America, Inc.
ADDRESS 11500 Bay Area Blvd
 Pasadena, TX 77507

1.4 Emergency Telephone number

For Chemical Emergency
 Spill, Leak, Fire, Exposure, or Accident
 Call CHEMTREC Day or Night
 Within USA and Canada: 1-800-424-9300 CCN706984 or
 +1 703-527-3887 (collect calls accepted)

SECTION 2: HAZARD IDENTIFICATION

2.1 Classification of the substance or mixture

GHS Classification according to HCS, 29 C.F.R. § 1910.1200

This product is not hazardous as defined by the U. S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA) under its Hazard Communication Standard (HCS), 29 C.F.R. § 1910.1200

Adverse physicochemical, human health and environmental effects

No additional information available

2.2 Label elements

Label in accordance with HCS, 29 C.F.R. § 1910.1200

No Pictogram required

Note: Product Classification and Labeling in accordance with REGULATION (EC) No 1272/2008, Hazard Communication Standard (HCS) and R5 Z7252.

2.3 Other Hazards

Product is not hazardous.

Figura A. 61 Ficha técnica del EVOH (página 1).



SECTION 3: COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

Chemical Product	Polymer, Polymeric substance in pellet form
Ethylene vinyl alcohol copolymer	CAS # 26221-27-2
Other Ingredients	None

Note: This product is not a dangerous preparation and does not contain dangerous substances in concentration that would require Classification and Labelling in accordance with Hazard Communication Standard (HCS), REGULATION (EC) No 1272/2008/EC and JS 27252. This "Safety data sheet" is provided as a courtesy to customers. See warranty information in Section 16.

SECTION 4: FIRST-AID MEASURES

4.1 Description of first aid measures

Eye Contact	Immediately flush with plenty of water for up to 15 mins. Remove any contact lenses and open eyelids widely. If irritation persists, seek medical attention promptly. Do not rub eyes.
Skin Contact	Wash off in flowing water and soap. Promptly flush with plenty of water if molten chemical gets on skin. Get medical attention immediately.
Inhalation	If exposed to finely ground dust, move the exposed person to fresh air at once. If breathing is difficult, properly trained personnel may assist affected person by administering oxygen. Get medical attention immediately.
Ingestion	Rinse mouth with water. Give the person one or two glasses of water to drink. After the liquid has been swallowed, try to induce vomiting by having affected person touch back of the throat with his finger. Get medical attention immediately.

4.2 Most important symptoms and effects, both acute and delayed

No additional information available

4.3 Indication of any immediate medical attention and special treatment needed

No additional information available

SECTION 5: FIRE-FIGHTING MEASURES

SECTION 6: ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

6.1 Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

Wear appropriate respiratory protection and protective clothing as described in section 8.

6.2 Environmental precautions

Avoid discharge into drains.

6.3 Methods and material for containment and cleaning up

Remove spillage with vacuum cleaner. If not possible, collect spillage with shovel, broom or the like. Transfer to a container for disposal.

6.4 Reference to other sections

No additional information available

SECTION 7: HANDLING AND STORAGE

7.1 Precautions for safe handling

When handling finely ground powder, ground all transfer, blending and dust collecting equipment to prevent static electricity and formation of sparks. Remove all ignition sources from material handling, transfer and processing areas where dust may be present. Mechanical and local exhaust ventilation should be provided in work areas. Do not use near open flame or areas where smoking is permitted. If pellets are spilled on walking surfaces, beware of slippery surfaces. Work areas should be kept clean and pellet free.

7.2 Conditions for safe storage, including any incompatibilities

Store in a cool, dry and well-ventilated location. Store in a damp-proof bag not to absorb moisture

7.3 Specific end use(s)

The identified uses for this product are detailed in section 1.2.

Figura A. 62 Ficha técnica del EVOH (página 2).

kuraray

SECTION 8: EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

8.1 Control parameters

Exposure limits (ACGIH)	No exposure limits noted for ingredients.
OSHA PEL (TWA, Ceiling)	Not specific recommendation but respiratory protection must be used when the general level exceeds 15 mg/m ³ (respirable)-8-hours TWA for nuisance dust
IOELV (TWA, STEL)	Not specific recommendation but respiratory protection must be used when the general level exceeds 10 mg/m ³ -8-hours TWA for nuisance dust

8.2 Exposure controls

Appropriate engineering controls	Use with local exhaust ventilation. Provide eyewash station and safety shower.
Respiratory protection	Wear approved dustproof mask during general operation. No specific recommendation made but respiratory protection may still be required under exceptional circumstances when excessive air contamination exists.
Hand protection	Wear protective gloves and clothing during general operation. Wear heat protective gloves and clothing if there is potential contact with heated materials.
Eye protection	Wear approved chemical safety goggles where exposure is reasonably probable.
Other protection	Wear appropriate clothing to prevent any possibility of skin contact.

SECTION 9: PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

9.1 Information on basic physical and chemical properties

Appearance	Solid
Odor	Odorless
Odor threshold	No data available
pH	No data available
Color	White, straw colored or transparent
Melting Point	140 - 220 °C
Initial boiling point and boiling range	No data available
Relative density	1.12-1.22 g/cm ³
Flash Point	288 °C
Decomposition temperature	> 300 °C
Solubility in water	Insoluble in water
Solubility (Other)	Soluble in Dimethyl Sulfoxide

SECTION 10: STABILITY AND REACTIVITY

10.1 Reactivity

There are no known reactivity hazards associated with this product.

10.2 Stability

Stable under normal temperature conditions and recommended use.

10.3 Possibility of hazardous reactions

Hazardous polymerization will not occur.

10.4 Conditions to avoid

Stable under recommended storage and handling conditions [See section 7].

10.5 Materials to avoid

No incompatible groups noted.

Figura A. 63 Ficha técnica del EVOH (página 3).

kuraray

10.6 Hazardous decomposition products

Thermal decomposition products may yield acetaldehyde, crotonaldehyde, acetone, acetic acid, carbon monoxide, carbon dioxide, hydrocarbons, and other organic vapors.

SECTION 11: TOXICOLOGICAL INFORMATION

11.1 Information on toxicological effects

Acute Toxicity	LD50 oral (rat) ; 6000 mg/kg LD50 dermal (rat) ; 4000 mg/kg (data of EVAL F301 resin)
Sub-chronic Toxicity	Species = Dog Dose = 140 mg/kg/day Duration = 3 months Effect = No effect Not classified
Mutagenicity	Not classified
Toxicity for Reproduction	Not classified

SECTION 12: ECOLOGICAL INFORMATION

12.1 Toxicity	Not considered toxic to aquatic organisms.
12.2 Persistence and degradability	No data available
12.3 Bioaccumulative potential	No data available
12.4 Mobility in soil	No data available
12.5 Results of PBT and vPvB assessment	No data available
12.6 Others adverse effects	No data available

SECTION 13: DISPOSAL CONSIDERATIONS

13.1 Waste treatment methods
All recovered material should be disposed of or reclaimed in conformance with applicable laws and regulations and in conformance with good engineering practices

SECTION 14: TRANSPORT INFORMATION

In accordance with ADR / RID / ADN / IMDG / ICAO / IATA

14.1 UN number

UN-No : Not applicable

14.2 UN proper shipping name

Transport document description : Not applicable

14.3 Transport hazard class (es)

Not applicable

14.4 Packing group

Not applicable

14.5 Environmental hazards

Special safety measures related to transportation : No additional information available

14.6 Special precautions for user

Overland transport (according to RID) : Not applicable

Transport by sea (according to IMDG) : Not applicable

Figura A. 64 Ficha técnica del EVOH (página 4).



Air transport (according to IATA-DGR) : Not applicable

14.7 Transport in bulk according to Annex II of MARPOL 73/78 and The IBC code

Not applicable

SECTION 15: REGULATORY INFORMATION

15.1. Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture

TOXIC SUBSTANCE CONTROL ACT (TSCA)	Listed
SUPERFUND AMENDMENTS AND REAUTHORIZATION ACT(SARA)	This material is not considered hazardous pursuant to Title III of SARA and is not considered subject to annual reporting requirements specified by Section 312 and 313 of Title III of SARA and 40 CFR Part 372.
EU REACH Regulation	No REACH Annex XVII restrictions Do not contain any Substance of Very High Concern (SVHC) meeting the criteria established in Article 57 of (EC) Regulation 1907/2006 (EC) Regulation in concentrations of 0.1% or more.

15.2. Chemical safety assessment

No chemical safety assessment has been carried out.

SECTION 16: OTHER INFORMATION

Data sources	DEPARTMENT OF LABOR, Occupational Safety and Health Administration 29 CFR Parts 1910, 1915, and 1926 REGULATION (EC) No 1272/2008 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006. Japanese Industrial standards: GHS classification (JIS Z 7252), SDS and labeling (JIS Z 7253), based on Industrial Safety and Health Law (ISHL), Ministry of Health, Labour and Welfare. The sources used to determine physical and toxic data in the corresponding chapter, are based on some information of internal and/or external analysis.
--------------	--

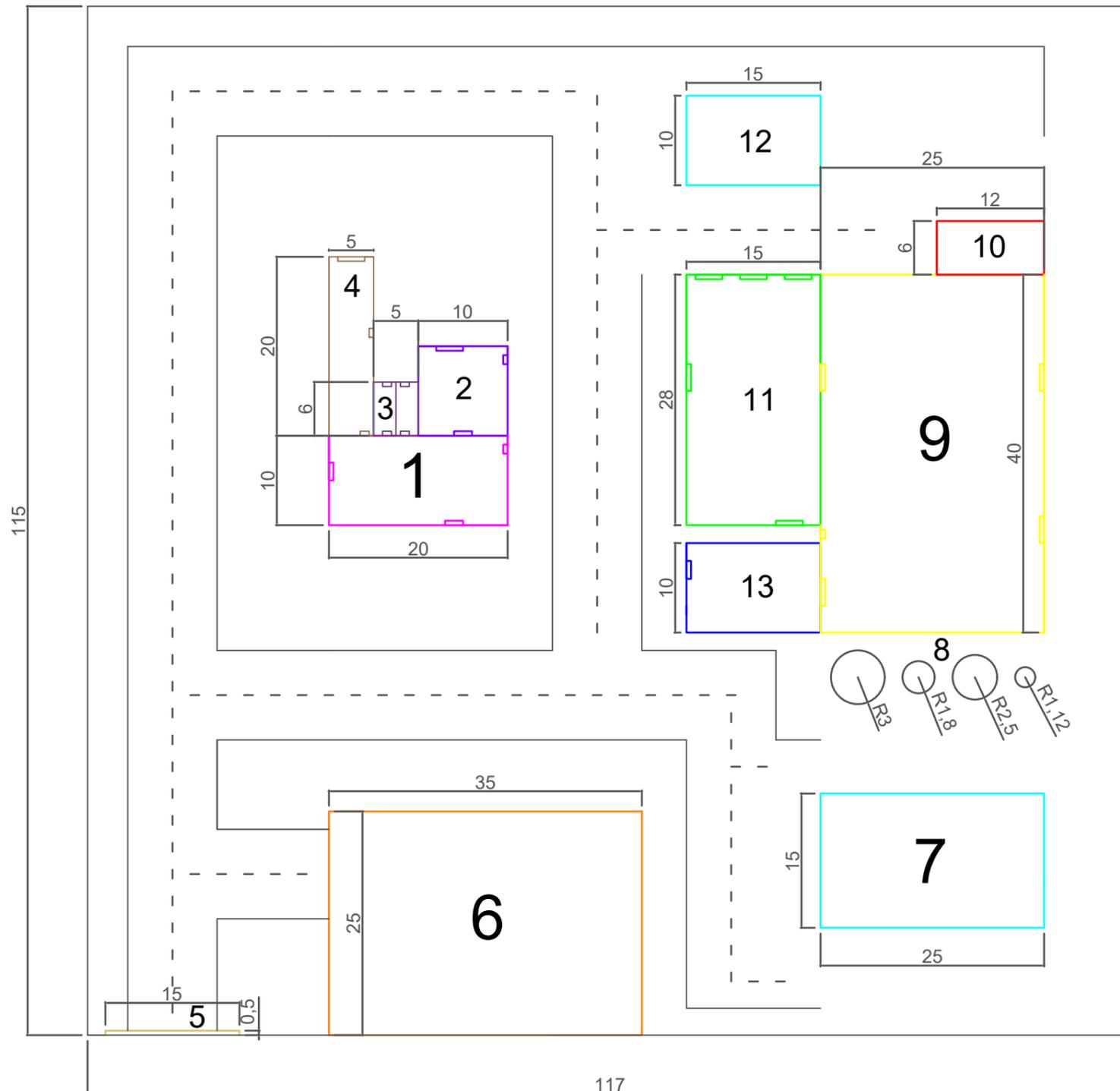
The information presented herein is believed to be factual as it has been derived from the works and opinions of persons believed to be qualified experts; however, nothing contained in this information is to be taken as a warranty or representation for which Kuraray America, Inc. bears legal responsibility. The user should review any recommendations in the specific context of the intended use to determine whether they are appropriate.

Figura A. 65 Ficha técnica del EVOH (página 5).

4. PLANOS

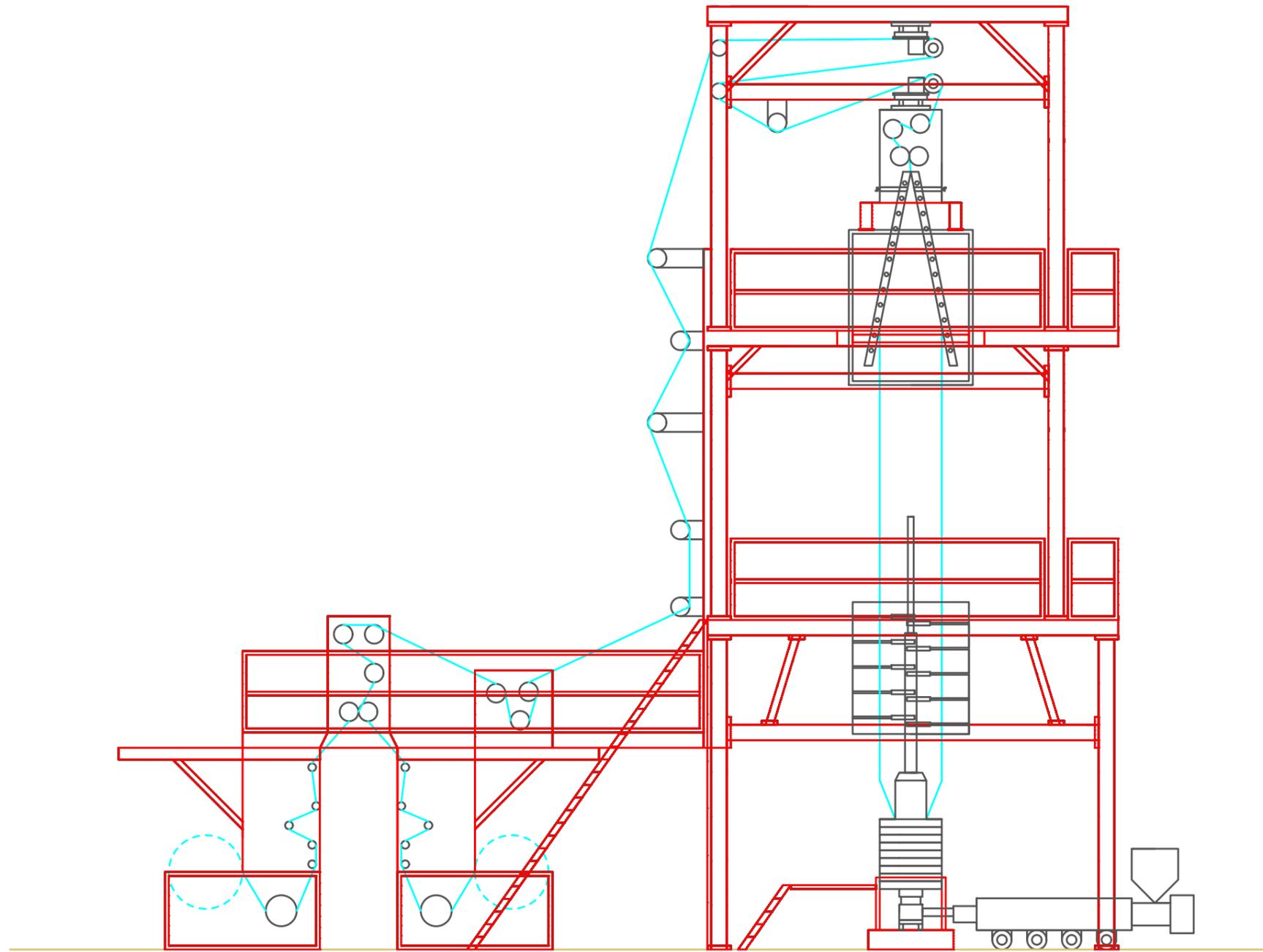
ÍNDICE DE PLANOS

1. Distribución en plana.
2. Proceso de producción.
3. Alzado del proceso de producción.



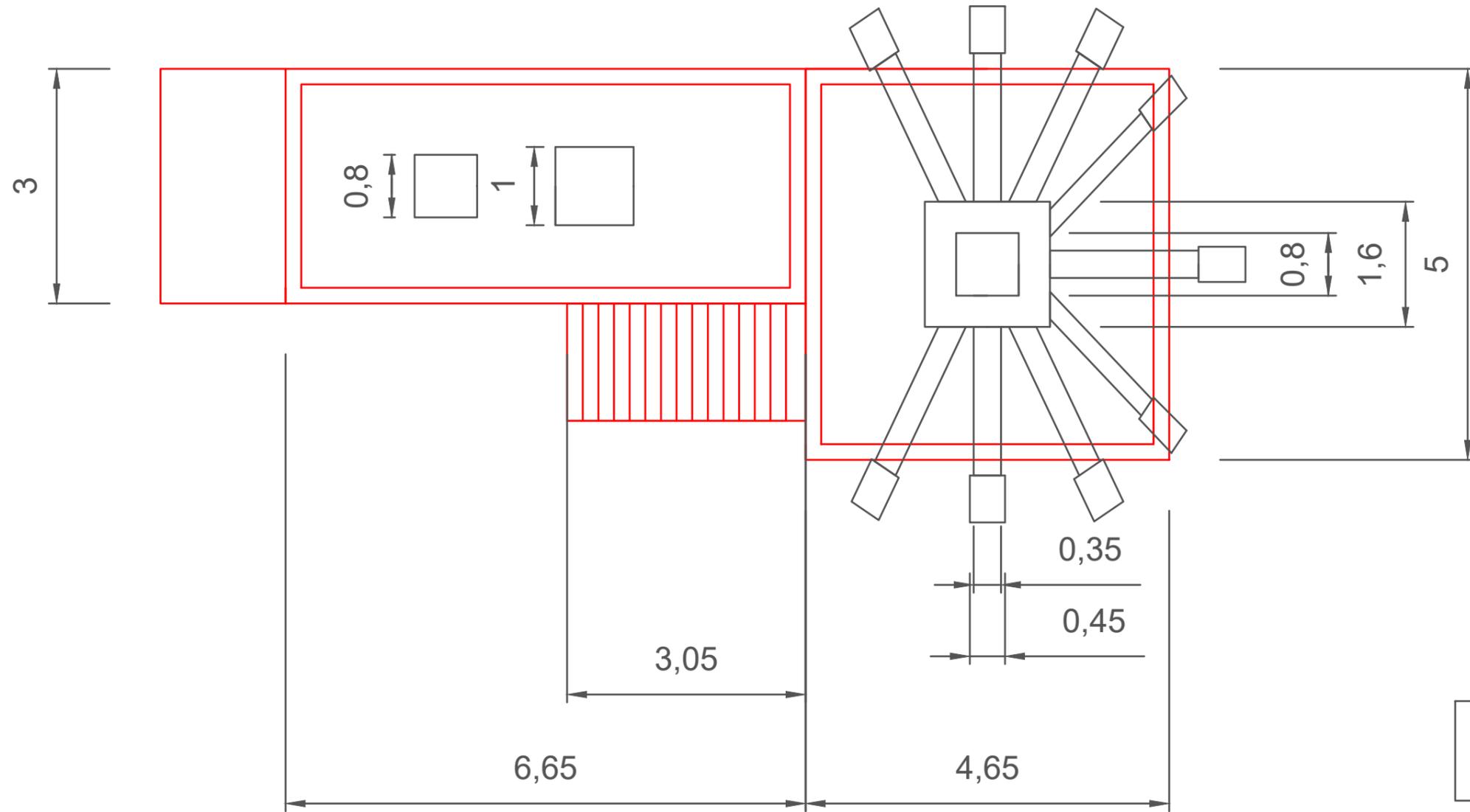
- 1 Oficina
- 2 Laboratorio
- 3 Servicios
- 4 Comedor
- 5 Entrada de vehículos/peatones
- 6 Parking
- 7 Zona de descarga de M.P
- 8 Silos de almacenamiento de M.P
- 9 Proceso de producción
- 10 Contenedor de residuo plástico
- 11 Almacén de producto terminado
- 12 Zona de carga de producto terminado
- 13 Zona de mantenimiento

TRABAJO FINAL DE GRADO	Escala: 1:600	Creado por: Sergio Gómez Ureña			
 UNIVERSITAT JAUME I	Tipo de documento: Plano distribución planta	Formato: A3	Estado del documento: Terminado		
	Título, título suplementario Diseño de planta	Unidades: m	Fecha de edición: 03/02/2020	Idioma: ESP	Hoja: 1/3



■	Estructura
■	Maquinaria
■	Film
■	Suelo

TRABAJO FINAL DE GRADO	Escala: 15:1	Creado por: Sergio Gómez Ureña			
	Tipo de documento: Plano proceso planta	Formato: A3	Estado del documento: Terminado		
	Título, título suplementario: Diseño del proceso de producción	Unidades: m	Fecha de edición: 03/02/2020	Idioma: ESP	Hoja: 2/3



TRABAJO FINAL DE GRADO	Escala: 15:1	Creado por: Sergio Gómez Ureña			
 UNIVERSITAT JAUME·I	Tipo de documento: Plano proceso planta	Formato: A3	Estado del documento: Terminado		
	Título, título suplementario Alzado del proceso de producción	Unidades: m	Fecha de edición: 03/02/2020	Idioma: ESP	Hoja: 3/3

5. PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

1.	Pliego de condiciones generales.....	6
1.1.	Objeto del Pliego de Condiciones.....	6
1.2.	Documentación del contrato de obra	6
2.	Condiciones facultativas	7
2.1.	Epígrafe 1º. Delimitación general de los agentes intervinientes.....	7
2.1.1.	El promotor.....	7
2.1.2.	El proyectista	7
2.1.3.	El director de obra	8
2.1.4.	El constructor.....	9
2.1.5.	Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación..	10
2.2.	Epígrafe 2º. Obligaciones y derechos generales del constructor o contratista.	11
2.2.1.	Verificación de los documentos del proyecto.....	11
2.2.2.	Plan de seguridad e higiene	11
2.2.3.	Proyecto de control de calidad.....	11
2.2.4.	Oficina en la obra	11
2.2.5.	Representación del contratista	12
2.2.6.	Presencia del constructor en la obra	13
2.2.7.	Trabajos no estipulados expresamente	13
2.2.8.	Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto	13
2.2.9.	Reclamaciones contra las ordenes de la dirección facultativa.....	14
2.2.10.	Recusación por el contratista del personal nombrado por el director de obra	14
2.3.	Responsabilidad civil de los agentes que intervienen en el proceso de la edificación.....	15

2.3.1.	Daños materiales.....	15
2.3.2.	Responsabilidad civil.....	15
2.4.	Epígrafe 3°. Prescripciones generales relativas a los trabajos, a los materiales y a los medios auxiliares	17
2.4.1.	Caminos y accesos.....	17
2.4.2.	Replanteo	17
2.4.3.	Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos.....	18
2.4.4.	Orden de los trabajos	18
2.4.5.	Facilidades para otros contratistas	18
2.4.6.	Ampliación de proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor	18
2.4.7.	Prórroga por causa de fuerza mayor	19
2.4.8.	Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra.....	19
2.4.9.	Condiciones generales de ejecución de los trabajos	19
2.4.10.	Obras ocultas	20
2.4.11.	Trabajos defectuosos	20
2.4.12.	Vicios ocultos	21
2.4.13.	Materiales y aparatos. Su procedencia	21
2.4.14.	Presentación de muestras.....	21
2.4.15.	Materiales no utilizables	22
2.4.16.	Materiales y aparatos defectuosos	22
2.4.17.	Gastos ocasionados por pruebas y ensayos	22
2.4.18.	Limpieza de las obras	23
2.4.19.	Obras sin prescripciones	23
2.5.	Recepciones de edificios y obras anejas	23
2.5.1.	De las recepciones provisionales.....	23
2.5.2.	Documentación final de la obra	24

2.5.3. Medición definitiva de los trabajos y liquidación provisional de la obra	24
2.5.4. Plazo de garantía	24
2.5.5. Conservación de las obras recibidas provisionalmente.....	24
2.5.6. De la recepción definitiva	25
2.5.7. Prórroga del plazo de garantía.....	25
2.5.8. Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido reincidida.....	25
3. Condiciones económicas	26
3.1. Epígrafe 1º	26
3.1.1. Principio general	26
3.2. Epígrafe 2º	26
3.2.1. Fianzas.....	26
3.2.2. Fianza provisional	26
3.2.3. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza	27
3.2.4. De su devolución en general	27
3.2.5. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales	28
3.3. Epígrafe 3º. Los precios	28
3.3.1. Composición de precios unitarios	28
3.3.2. Precios de contrata. Importe de contrata	29
3.3.3. Precios contradictorios	30
3.3.4. Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas	30
3.3.5. Formas tradicionales de medir o de aplicar precios	30
3.3.6. De la revisión de los precios contratados	31
3.3.7. Acopio de materiales	31
3.4. Epígrafe 4º. Obras por administración.....	31
3.4.1. Administración	31
3.4.2. Obras por administración directa.....	32

3.4.3.	Obras por administración delegada o indirecta	32
3.4.4.	Liquidación de obras por administración	33
3.4.5.	Abono al constructor de las cuentas de administración delegada	34
3.4.6.	Normas para la adquisición de los materiales y aparatos	34
3.4.7.	Responsabilidad de constructor en el bajo rendimiento de los obreros....	34
3.4.8.	Responsabilidad del constructor.....	35
3.5.	Epígrafe 5º. Valoración y abono de los trabajos.....	35
3.5.1.	Formas varias de abono de las obras	35
3.5.2.	Relaciones valoradas y certificaciones	36
3.5.3.	Mejoras de obras libremente ejecutadas.....	37
3.5.4.	Abono de trabajos presupuestados con partidaalzada	38
3.5.5.	Abono de agotamientos y otros trabajos especiales no contratados.....	38
3.5.6.	Pagos.....	39
3.5.7.	Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía.....	39
3.6.	Epígrafe 6º. De la indemnización mutuas.....	40
3.6.1.	Importe de la indemnización por retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras.....	40
3.6.2.	Demora de los pagos	40
3.7.	Epígrafe 7º. Varios.....	41
3.7.1.	Mejoras y aumentos de obra. Casos contrarios.	41
3.7.2.	Unidades de obra defectuosas pero aceptables.....	41
3.7.3.	Seguro de las obras	42
3.7.4.	Conservación de la obra	43
3.7.5.	Uso por el contratista de edificio o bienes del propietario	43
4.	Pliego de Condiciones. Técnicas Particulares.....	44
4.1.	Condiciones de los materiales.....	44

4.1.1.	Calidad de los materiales	44
4.1.2.	Pruebas y ensayos de materiales.....	44
4.1.3.	Materiales no consignados en proyecto.....	44
4.1.4.	Condiciones generales de ejecución	44
4.2.	Alumbrado	45
4.2.1.	Materiales	45
4.3.	Instalaciones de fontanería y saneamiento.....	45
4.4.	Instalación de climatización.....	46
4.5.	Maquinaria	46
4.6.	Instalaciones y equipos de protección contra incendios	47

1. Pliego de condiciones generales

1.1. Objeto del Pliego de Condiciones

El presente Pliego General de Condiciones tiene como misión establecer las condiciones técnicas, económicas, administrativas y legales para el objeto del Proyecto pueda materializarse en las condiciones especificadas, evitando posibles interpretaciones diferentes de las deseadas.

1.2. Documentación del contrato de obra

Integran el contrato los siguientes documentos relacionados por orden de prelación en cuanto al valor de sus especificaciones en caso de omisión o aparente contradicción:

1. Las condiciones fijadas en el propio documento de contrato de empresa o arrendamiento de obra, si existiere.
2. El Pliego de Condiciones particulares.
3. El presente Pliego General de Condiciones.
4. El resto de la documentación del Proyecto (memoria, planos, mediciones y presupuesto).

Las órdenes e instrucciones de la Dirección facultativa de las obras se incorporan al Proyecto como interpretación, complemento o precisión de sus determinaciones. En cada documento, las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas y en los planos, la cota prevalece sobre la medida a escala.

2. Condiciones facultativas

2.1. Epígrafe 1º. Delimitación general de los agentes intervinientes

2.1.1. El promotor

Será promotor cualquier persona, física o jurídica, pública o privada, que, individual o colectivamente decida, impulse, programe o financie, con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

- **Son obligaciones del promotor:**

- a) Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.
- b) Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra las posteriores modificaciones del mismo.
- c) Gestionar y obtener las preceptivas licencias y autorizaciones administrativas, así como suscribir el acta de recepción de la obra.
- d) Designar al coordinador de seguridad y salud para el proyecto y la ejecución de la obra.
- e) Suscribir los seguros previstos en la LOE.
- f) Entregar al adquirente, en su caso, la documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las administraciones competentes.

2.1.2. El proyectista

- **Son obligaciones del proyectista:**

- a) Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de arquitecto, arquitecto técnico o ingeniero técnico, según corresponda, y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico redactor del proyecto que tenga la titulación profesional habilitante.

- b) Redactar el proyecto con sujeción a la normativa vigente y a lo que se haya establecido en el contrato y entregarlo, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- c) Acordar, en su caso, con el promotor la contratación de colaboraciones parciales.

2.1.3. El director de obra

El director de obra es uno de los agentes de la edificación que participan en el proceso de construcción de un proyecto arquitectónico. Queda definido en la Ley de Ordenación de la Edificación de España como el agente que, formando parte de la Dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas, y las condiciones del contrato, con el objetivo de asegurar su adecuación al fin propuesto.

Podrán dirigir los proyectos parciales o complementarios otros técnicos competentes, pero siempre bajo la coordinación del director de obra.

El director de obra, representante de la propiedad frente al contratista, recaerán las siguientes funciones:

1. Planificar, a la vista del proyecto, del contrato y de la normativa técnica de aplicación, el control de calidad y económico de las obras.
2. Redactar, cuando se requiera expresamente por el constructor, el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Plan de seguridad e higiene para la aplicación del mismo.
3. Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del Constructor.
4. Comprobar la adecuación de la cimentación proyectada a las características reales del suelo.
5. Ordenar, dirigir y vigilar la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de buena construcción.
6. Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las instrucciones complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución.

7. Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurran a la dirección con función propia en aspectos parciales de su especialidad.
8. Realizar o disponer las pruebas y ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva, de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al constructor, impartiendo en su caso, las órdenes oportunas.
9. Realizar las mediciones de obra ejecutada, realizar y aprobar las certificaciones parciales, realizar y aprobar la certificación final de obra, y asesorar al promotor en el acto de la recepción.
10. Suscribir el certificado final de obra.

2.1.4. El constructor

El constructor es uno de los agentes de la edificación participantes en la construcción de un proyecto arquitectónico. Está definido en el artículo 11 de la Ley de Ordenación de la Edificación de España como el agente que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar, con los medios materiales y humanos propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al proyecto y al contrato.

El Constructor o Contratista habrá de proporcionar toda clase de facilidades al Director de Obra, o a sus subalternos a fin de que estos puedan desempeñar su trabajo con el máximo de eficacia. Específicamente corresponde al Constructor:

1. Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
2. Elaborar, cuando se requiera, el Plan de Seguridad e Higiene de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer en todo caso la ejecución de medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observación de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.
3. Suscribir con el Director de Obra el acta de replanteo de la obra.
4. Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.

5. Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o prescripción del Director de Obra, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
6. Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento de la obra, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.
7. Facilitar al Director de Obra con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
8. Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
9. Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
10. Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

2.1.5. Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación

Las entidades de control de calidad de la edificación prestan asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable.

Los laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación prestan asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra de edificación.

- **Son obligaciones de las entidades y de los laboratorios de control de calidad:**
 - a) Prestar asistencia técnica y entregar los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, al director de la ejecución de las obras.
 - b) Justificar la capacidad suficiente de medios materiales y humanos necesarios para realizar adecuadamente los trabajos contratados, en su caso, a través de la correspondiente acreditación oficial otorgada por las comunidades autónomas con competencia en la materia.

2.2. Epígrafe 2º. Obligaciones y derechos generales del constructor o contratista

2.2.1. Verificación de los documentos del proyecto

Antes de dar comienzo a las obras e inmediatamente después de recibidos, el Constructor deberá confrontar la documentación relacionada con el proyecto que le haya sido aportada y deberá informar con la mayor brevedad posible al Director de las Obras sobre cualquier discrepancia, contradicción u omisión solicitando las aclaraciones pertinentes.

2.2.2. Plan de seguridad e higiene

El Constructor, a la vista del Proyecto de Ejecución conteniendo, en su caso, el Estudio de Seguridad e Higiene, presentará el Plan de Seguridad e Higiene de la obra a la aprobación del Director de Obra de la dirección facultativa.

2.2.3. Proyecto de control de calidad

El constructor tendrá a su disposición el proyecto de control de calidad, si para la obra fuera necesario, en el que se especificarán las características y requisitos que deberán cumplir los materiales y unidades de obra, y los criterios para la recepción de los materiales, según estén avalados o no por sellos marcas de calidad; ensayos, análisis y pruebas a realizar, determinación de lotes y otros parámetros definidos en el proyecto por el arquitecto o aparejador de la dirección facultativa.

2.2.4. Oficina en la obra

El Constructor habilitará en la obra una oficina en la que existirá una mesa o tablero adecuado, en el que puedan extenderse y consultarse los planos. En dicha oficina tendrá siempre el Contratista a disposición del Director de Obra de la Dirección Facultativa.

- El Proyecto de Ejecución completo, incluidos los complementos que en su caso redacte el Ingeniero proyectista o Director de Obra.
- La Licencia de Obras.
- El Libro de Órdenes y Asistencias.

- El Plan de Seguridad e Higiene.
- El Libro de incidencias.
- El Reglamento y Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- La documentación de los seguros mencionada en el artículo 4º j.

Dispondrá además el Constructor una oficina para la Dirección facultativa, convenientemente acondicionada para que en ella se pueda trabajar con normalidad a cualquier hora de la jornada.

2.2.5. Representación del contratista

El Constructor viene obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá carácter de Jefe de la misma, con dedicación plena, y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas decisiones competen a la contrata.

Serán sus funciones las del Constructor según se especifica en dicho Pliego.

Cuando la importancia de las obras lo requiera y así se consigne en el Pliego de "Condiciones Particulares de Índole Facultativa", el Delegado del Contratista será un facultativo de grado superior o grado medio, según los casos.

El Pliego de Condiciones particulares determinará el personal facultativo o especialista que el Constructor se obligue a mantener en la obra como mínimo, y el tiempo de dedicación comprometido.

El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al Director de Obra para ordenar la paralización de las obras, sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

2.2.6. Presencia del constructor en la obra

El Jefe de obra, por sí o por medio de sus técnicos o encargados, deberá estar presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al Director de Obra en las visitas que haga a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándoles los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

2.2.7. Trabajos no estipulados expresamente

Es obligación de la contrata el ejecutar cuando sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente determinado en los documentos del Proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Director de Obra dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

En defecto de especificación en el Pliego de Condiciones particulares, se entenderá que requiere reformado de proyecto con consentimiento expreso de la propiedad, toda variación que suponga incremento de precios de alguna unidad de obra en más del 20 por 100 o del total del presupuesto en más de un 10 por 100.

2.2.8. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al Constructor, estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba del Director de Obra.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el Constructor, habrá de dirigirla, dentro del plazo de tres días, a quien la hubiere dictado, el cual dará al Constructor el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

El Constructor podrá requerir al Director de Obra las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

2.2.9. Reclamaciones contra las ordenes de la dirección facultativa

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas, a través del Director de Obra, ante la propiedad, si son de orden económico y de acuerdo a las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes.

Contra disposiciones de orden técnico del Ingeniero Técnico Director de Obra, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Director de obra, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

2.2.10. Recusación por el contratista del personal nombrado por el director de obra

El Constructor no podrá recusar al Director de Obra o personal encargado por éstos de la vigilancia de las obras, ni pedir que por parte de la propiedad se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones.

Cuando se crea perjudicado por la labor de éstos, procederá de acuerdo con lo estipulado en el artículo precedente, pero sin que por esta causa puedan interrumpirse ni perturbarse la marcha de los trabajos.

Faltas del personal

El Director de Obra, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al Contratista que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

El Contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en su caso a lo estipulado en el Pliego de Condiciones particulares, y sin perjuicio de sus obligaciones como Contratista general de la obra.

2.3. Responsabilidad civil de los agentes que intervienen en el proceso de la edificación

2.3.1. Daños materiales

Las personas físicas o jurídicas que intervienen en el proceso de la edificación responderán frente a los propietarios y los terceros adquirentes de los edificios o partes de los mismos, en el caso de que sean objeto de división, de los siguientes daños materiales ocasionados en el edificio dentro de los plazos indicados, contados desde la fecha de recepción de la obra, sin reservas o desde la subsanación de éstas:

- a) Durante 10 años, de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos que afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio.
- b) Durante 3 años, de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos de los elementos constructivos o de las instalaciones que ocasionen el incumplimiento de los requisitos de habitabilidad del artículo 3 de la LOE.

El constructor también responderá de los daños materiales por vicios o defectos de ejecución que afecten a elementos de terminación o acabado de las obras dentro del plazo de 1 año.

2.3.2. Responsabilidad civil

La responsabilidad civil será exigible en forma personal e individualizada, tanto por actos u omisiones de propios, como por actos u omisiones de personas por las que se deba responder.

No obstante, cuando pudiera individualizarse la causa de los daños materiales o quedase debidamente probada la concurrencia de culpas sin que pudiera precisarse el grado de intervención de cada agente en el daño producido, la responsabilidad se exigirá solidariamente.

En todo caso, el promotor responderá solidariamente con los demás agentes intervinientes ante los posibles adquirentes de los daños materiales en el edificio ocasionados por vicios o defectos de construcción.

Sin perjuicio de las medidas de intervención administrativas que en cada caso procedan, la responsabilidad del promotor que se establece en la LOE se extenderá a las personas físicas o jurídicas que, a tenor del contrato o de su intervención decisoria en la promoción, actúen como tales promotores bajo la forma de promotor o gestor de cooperativas o de comunidades de propietarios u otras figuras análogas.

Cuando el proyecto haya sido contratado conjuntamente con más de un proyectista, los mismos responderán solidariamente.

Los proyectistas que contraten los cálculos, estudios, dictámenes o informes de otros profesionales, serán directamente responsables de los daños que puedan derivarse de su insuficiencia, incorrección o inexactitud, sin perjuicio de la repetición que pudieran ejercer contra sus autores.

El constructor responderá directamente de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos derivados de la impericia, falta de capacidad profesional o técnica, negligencia o incumplimiento de las obligaciones atribuidas al jefe de obra y demás personas físicas o jurídicas que de él dependan.

Cuando el constructor subcontrate con otras personas físicas o jurídicas la ejecución de determinadas partes o instalaciones de la obra, será directamente responsable de los daños materiales por vicios o defectos de su ejecución, sin perjuicio de la repetición a que hubiere lugar.

El director de obra y el director de la ejecución de la obra que suscriba el certificado final de obra serán responsables de la veracidad y exactitud de dicho documento.

Quien acepte la dirección de una obra cuyo proyecto no haya elaborado él mismo, asumirá las responsabilidades derivadas de las omisiones, deficiencias o imperfecciones del proyecto, sin perjuicio de la repetición que pudiere corresponderle frente al proyectista.

Cuando la dirección de obra se contrate de manera conjunta a más de un técnico, los mismos responderán solidariamente sin perjuicio de la distribución que entre ellos corresponda.

Las responsabilidades por daños no serán exigibles a los agentes que intervengan en el proceso de la edificación, si se prueba que aquellos fueron ocasionados por caso fortuito, fuerza mayor, acto de tercero o por el propio perjudicado por el daño.

Las responsabilidades a que se refiere este artículo se entienden sin perjuicio de las que alcanzan al vendedor de los edificios o partes edificadas frente al comprador conforme al contrato de compraventa suscrito entre ellos, a los artículos 1.484 y siguientes del Código Civil y demás legislación aplicable a la compraventa.

2.4.Epígrafe 3º. Prescripciones generales relativas a los trabajos, a los materiales y a los medios auxiliares

2.4.1. Caminos y accesos

El Constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra y el cerramiento o vallado de ésta.

El Director de Obra podrá exigir su modificación o mejora.

2.4.2. Replanteo

Antes de dar comienzo las Obras, el Ingeniero Director, junto al personal subalterno necesario y en presencia del Contratista o su representante, procederán al replanteo general de la obra. El Constructor se hará cargo de las estacas, señales y referencias que se dejen en el terreno como consecuencia del replanteo iniciará las obras con el replanteo de las mismas en el terreno, señalando las referencias principales que mantendrá como base de ulteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta.

El Director podrá ejecutar u ordenar cuantos replanteos parciales considere necesarios durante el periodo de construcción para que las obras se realicen conforme al proyecto y a las modificaciones del mismo que sean aprobadas.

2.4.3. Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos

El Constructor dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el Pliego de Condiciones Particulares, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los periodos parciales en aquél señalados queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el Contrato. Obligatoriamente y por escrito deberá el contratista dar cuenta al Director de Obra del comienzo de los trabajos al menos con tres días de antelación.

2.4.4. Orden de los trabajos

En general, la determinación del orden de los trabajos será compatible con los plazos programados y es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

2.4.5. Facilidades para otros contratistas

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista General deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que les sean encomendados a todos los demás contratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre Contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, ambos contratistas estarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

2.4.6. Ampliación de proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente ampliar el Proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose siguiendo una recta interpretación del proyecto y según las instrucciones dadas por el Director de Obra, en tanto se formula o tramita el Proyecto Reformado.

El Constructor está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la Dirección de las obras disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalzos o cualquier otra obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

2.4.7. Prórroga por causa de fuerza mayor

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Constructor, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del Director de Obra. Para ello, el Constructor expondrá, en escrito dirigido al Director de Obra, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

2.4.8. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de las obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

2.4.9. Condiciones generales de ejecución de los trabajos

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue el Director de Obra al Constructor, dentro de las limitaciones presupuestarias y de conformidad con lo especificado.

2.4.10. Obras ocultas

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado, entregándose uno al Director de Obra, otro al Promotor y otro al Contratista, firmados todos ellos por los tres.

Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

2.4.11. Trabajos defectuosos

El Constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las "Condiciones Generales y Particulares de índole técnica" del Pliego de Condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exonere de responsabilidad el control que compete al Director de Obra, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Director de obra advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata.

2.4.12. Vicios ocultos

Si el Director de Obra tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos.

Los gastos que se ocasionen serán de cuenta del Constructor, siempre que los vicios existan realmente. En caso contrario serán a cargo de la Propiedad.

2.4.13. Materiales y aparatos. Su procedencia

El Constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el Pliego Particular de Condiciones Técnicas preceptúe una procedencia determinada.

Todos los materiales serán de la mejor calidad y su colocación será perfecta. Tendrán las dimensiones que marquen los documentos del Proyecto y la Dirección Facultativa.

El transporte, manipulación y empleo de los materiales se hará de manera que no queden alteradas sus características ni sufran deterioro sus formas o dimensiones.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo o acopio, el Constructor deberá presentar al Director de Obra una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

2.4.14. Presentación de muestras

A petición del Director de Obra, el Constructor le presentará las muestras de los materiales antes de su empleo en obra, sin cuya aprobación no podrán utilizarse en la construcción.

2.4.15. Materiales no utilizables

El Constructor, a su costa, transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra.

Se retirarán de ésta o se llevarán al vertedero, cuando así estuviese establecido en el Pliego de Condiciones particular vigente en la obra.

Si no se hubiese preceptuado nada sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene el Director de Obra, pero acordando previamente con el Constructor su justa tasación, teniendo en cuenta el valor de dichos materiales y los gastos de su transporte.

2.4.16. Materiales y aparatos defectuosos

Cuando los materiales, elementos de instalaciones o aparatos no fuesen de la calidad prescrita en este Pliego, o no tuvieran la preparación en él exigida o, en fin, cuando ante la falta de prescripciones formales de aquel se reconociera o demostrara que no eran adecuados para su objeto, el Director de Obra dará orden al Constructor de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o llenen el objeto a que se destinen.

Si a los quince días de recibir el Constructor orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, no ha sido cumplida, podrá hacerlo la Propiedad cargando los gastos a la Contrata.

Si los materiales, elementos de instalaciones o aparatos fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del Director de Obra, se recibirán pero con la rebaja del precio de aquél que determine, a no ser que el Constructor prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

2.4.17. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos

Todas las pruebas, análisis y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras serán verificados conforme indique el director de obra y serán de cuenta de la contrata todos los gastos que ello origine. Se incluye el coste de los materiales que se ha de ensayar, la mano de obra, herramientas, transporte, gastos de toma de muestras, minutas de laboratorio, tasas, etc.

Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las garantías suficientes, podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

2.4.18. Limpieza de las obras

Es obligación del Constructor mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de material sobrante, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca buen aspecto.

2.4.19. Obras sin prescripciones

En la ejecución de trabajos que entran en la construcción de las obras y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en éste Pliego ni en la restante documentación del Proyecto, el Constructor se atenderá, en primer término, a las instrucciones que dicte la Dirección Facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las reglas y prácticas de la buena construcción.

2.5. Recepciones de edificios y obras anejas

2.5.1. De las recepciones provisionales

Treinta días antes de dar fin a las obras, comunicará el Director de Obra a la Propiedad la proximidad de su terminación a fin de convenir la fecha para el acto de recepción provisional.

Esta se realizará con la intervención de la Propiedad, del Constructor y del Director de Obra. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los Técnicos de la Dirección Facultativa extenderán el correspondiente Certificado de final de obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se darán al Constructor las oportunas instrucciones para remediar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual, se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el Constructor no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato, con pérdida de la fianza.

2.5.2. Documentación final de la obra

El Director de Obra facilitará a la Propiedad la documentación final de las obras, con las especificaciones y contenido dispuestos por la legislación vigente.

2.5.3. Medición definitiva de los trabajos y liquidación provisional de la obra

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el Director de obra a su medición definitiva, con precisa asistencia del Constructor o de su representante. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que servirá para el abono por la Propiedad del saldo resultante salvo la cantidad retenida en concepto de fianza.

2.5.4. Plazo de garantía

El plazo de garantía deberá estipularse en el Pliego de Condiciones particulares y en cualquier caso nunca deberá ser inferior a nueve meses.

2.5.5. Conservación de las obras recibidas provisionalmente

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva, correrán a cargo del Contratista.

Si el edificio fuese ocupado o utilizado antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza y reparaciones causadas por uso corriente correrán a cargo del propietario y las reparaciones por vicios de obra o por defectos en las instalaciones, serán a cargo de la contrata.

2.5.6. De la recepción definitiva

La recepción definitiva se verificará después de transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del Constructor de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de los edificios y quedarán solo subsistentes todas responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

2.5.7. Prórroga del plazo de garantía

Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Director de Obra marcará al Constructor los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias y, de no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con la pérdida de la fianza.

2.5.8. Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido reincidida

En el caso de resolución del contrato, el Contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo que se fije en el Pliego de Condiciones particulares, la maquinaria, medios auxiliares, instalaciones, etc., a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa.

Las obras y trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos. Transcurrido el plazo de garantía se recibirán de forma definitiva, según lo dispuesto en este Pliego.

Para las obras y trabajos no terminados pero aceptables a juicio del Director de Obra, se efectuará una sola y definitiva recepción.

3. Condiciones económicas

Regula las relaciones económicas entre Propiedad y Contrata, y la función de control que ejerce la Dirección de Obra.

3.1. Epígrafe 1º

3.1.1. Principio general

Todos los que intervienen el proceso de construcción tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.

La propiedad, el contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

3.2. Epígrafe 2º

3.2.1. Fianzas

El Contratista prestará fianza con arreglo a alguno de los siguientes procedimientos, según se estipule:

- a) Depósito previo, en metálico o valores, o aval bancario, por importe entre el 3 por 100 y el 10 por 100 del precio total de la contrata.
- b) Mediante retención en las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual proporción.

3.2.2. Fianza provisional

En el caso de que la obra se adjudique por subasta pública, el depósito provisional para tomar parte en ella se especificará en el anuncio de la misma, y su cuantía será de ordinario, y salvo estipulación distinta en el Pliego de Condiciones particulares vigente en la obra, de un tres por ciento (3 por 100) como mínimo, del total del presupuesto de contrata.

El Contratista a quien se haya adjudicado la ejecución de una obra o servicio para la misma, deberá depositar en el punto y plazo fijados en el anuncio de la subasta o el que se determine en el Pliego de Condiciones particulares del Proyecto, la fianza definitiva que se señale y, en su defecto, su importe será el 10 por 100 de la cantidad por la que se haga la adjudicación de la obra, fianza que puede constituirse en cualquiera de las formas especificados en el apartado anterior.

El plazo señalado en el párrafo anterior, y salvo condición expresa establecida en el Pliego de Condiciones particulares, no excederá de treinta días naturales a partir de la fecha en que se le comunique la adjudicación, y dentro de él deberá presentar el adjudicatario la carta de pago o recibo que acredite la constitución de la fianza a que se refiere el mismo párrafo.

La falta de cumplimiento de este requisito dará lugar a que se declare nula la adjudicación, y el adjudicatario perderá el depósito provisional que hubiese hecho para tomar parte en la subasta.

3.2.3. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Director de Obra, en nombre y representación del Propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o, podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Propietario, en el caso de que el importe de la fianza no bastare para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

3.2.4. De su devolución en general

La fianza retenida será devuelta al Contratista en un plazo que no excederá de treinta días una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. La Propiedad podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros, subcontratos...

3.2.5. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales

Si la Propiedad, con la conformidad del Director de Obra, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el Contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

3.3. Epígrafe 3º. Los precios

3.3.1. Composición de precios unitarios

El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

- **Se considerarán costes directos:**

- a) La mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- b) Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución
- c) Los equipos y sistemas técnicos de seguridad e higiene para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- d) Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- e) Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

- **Se considerarán costes indirectos:**

- a) Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc.,
- b) Los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos.

Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

- **Se considerarán gastos generales:**

Los gastos generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la Administración, legalmente establecidos. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos (en los contratos de obras de la Administración pública este porcentaje se establece entre un 13 y un 17 por 100).

- **Beneficio industrial:**

El beneficio industrial del Contratista se establece en el 6 por 100 sobre la suma de las anteriores partidas.

- **Precio de Ejecución material:**

Se denomina Precio de Ejecución material el resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del Beneficio Industrial.

- **Precio de Contrata:**

El precio de Contrata es la suma de los costes directos, indirectos, los Gastos Generales y el Beneficio Industrial.

El IVA gira sobre esta suma pero no integra el precio.

3.3.2. Precios de contrata. Importe de contrata

En el caso de que los trabajos a realizar en un edificio u obra aneja cualquiera se contratasen a riesgo y ventura, se entiende por Precio de contrata el que importa el coste total de la unidad de obra, es decir, el precio de Ejecución material, más el tanto por ciento sobre este último precio en concepto de Beneficio Industrial del Contratista. El beneficio se estima normalmente, en 6 por 100, salvo que en las condiciones particulares se establezca otro distinto.

3.3.3. Precios contradictorios

Se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad por medio del Director de Obra decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El Contratista estará obligado a efectuar los cambios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Director de Obra y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que se determine en el Pliego de Condiciones particulares, siempre teniendo en cuenta la descomposición de precios del cuadro correspondiente. Si subsiste la diferencia se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del Proyecto, y en segundo lugar al banco de precios de uso más frecuente en la localidad. Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

3.3.4. Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras (con referencia a Facultativas).

3.3.5. Formas tradicionales de medir o de aplicar precios

En ningún caso podrá alegar el Contratista los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas, se estará a lo previsto en primer lugar, al Pliego General de Condiciones Técnicas, y en segundo lugar, al Pliego General de Condiciones Particulares.

3.3.6. De la revisión de los precios contratados

Contratándose las obras a riesgo y ventura, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento no alcance, en la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el Calendario, un montante superior al tres por 100 del importe total del presupuesto de Contrato.

Caso de producirse variaciones en alza superiores a este porcentaje, se efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el Pliego de Condiciones Particulares, percibiendo el Contratista la diferencia en más que resulte por la variación del IPC superior al 3 por 100.

No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el Calendario de la oferta.

3.3.7. Acopio de materiales

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la Propiedad ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el Propietario, son de la exclusiva propiedad de ésta; de su guarda y conservación será responsable el Contratista.

3.4. Epígrafe 4º. Obras por administración

3.4.1. Administración

Se denominan "Obras por Administración" aquellas en las que las gestiones que se precisan para su realización las lleva directamente el propietario, bien por sí o por un representante suyo o bien por mediación de un constructor.

Las obras por administración se clasifican en las dos modalidades siguientes:

- a) Obras por administración directa.
- b) Obras por administración delegada o indirecta.

3.4.2. Obras por administración directa

Se denominan "Obras por Administración directa" aquellas en las que el Propietario por sí o por mediación de un representante suyo, que puede ser el propio Director de Obra, expresamente autorizado a estos efectos, lleve directamente las gestiones precisas para la ejecución de la obra, adquiriendo los materiales, contratando su transporte a la obra y, en suma, interviniendo directamente en todas las operaciones precisas para que el personal y los obreros contratados por él puedan realizarla; en estas obras el constructor, si lo hubiese, o el encargado de su realización, es un mero dependiente del propietario, ya sea como empleado suyo o como autónomo contratado por él, que es quién reúne en sí, por tanto, la doble personalidad de Propietario y Contratista.

3.4.3. Obras por administración delegada o indirecta

Se entiende por "Obras por Administración Delegada o Indirecta" la que convienen un Propietario y un Constructor para que éste, por cuenta de aquél y como delegado suyo, realice las gestiones y los trabajos que se precisen y se convengan.

Son por tanto, características peculiares de las "Obras por Administración delegada o indirecta" las siguientes:

- a) Por parte del Propietario, la obligación de abonar directamente o por mediación del Constructor todos los gastos inherentes a la realización de los trabajos convenidos reservándose el Propietario la facultad de poder ordenar, bien por sí o por medio del Director de Obra en su representación, el orden o la marcha de los trabajos, la elección de los materiales y aparatos que en los trabajos han de emplearse y, en suma, todos los elementos que crea preciso para regular la realización de los trabajos convenidos.
- b) Por parte del Constructor, la obligación de llevar la gestión práctica de los trabajos, aportando sus conocimientos constructivos, los medios auxiliares precisos y, en suma, todo lo que, en armonía con su cometido, se requiera para la ejecución de los trabajos, percibiendo por ello del Propietario un tanto por ciento prefijado sobre el importe total de los gastos efectuados y abonados por el Constructor.

3.4.4. Liquidación de obras por administración

Para la liquidación de los trabajos que se ejecuten por administración delegada o indirecta, regirán las normas que a tales fines se establezcan en las "Condiciones particulares de índole económica" vigentes en la obra; a falta de ellas, las cuentas de administración las presentará el Constructor al Propietario, en relación valorada a la que deberá acompañarse y agrupados en el orden que se expresan los documentos siguientes todos ellos conformados por el Director de Obra:

- a) Las facturas originales de los materiales adquiridos para los trabajos y el documento adecuado que justifique el depósito o el empleo de dichos materiales en la obra.
- b) Las nóminas de los jornales abonados, ajustadas a lo establecido en la legislación vigente, especificando el número de horas trabajadas en la obra por los operarios de cada oficio y su categoría, acompañando a dichas nóminas una relación numérica de los encargados, capataces, jefes de equipo, oficiales y ayudantes de cada oficio, peones especializados y sueltos, listeros, guardas, etc., que hayan trabajado en la obra durante el plazo de tiempo a que correspondan las nóminas que se presentan.
- c) Las facturas originales de los transportes de materiales puestos en la obra o de retirada de escombros.
- d) Los recibos de licencias, impuestos y demás cargas inherentes a la obra que haya pagado o en cuya gestión haya intervenido el Constructor, ya que su abono es siempre a cuenta del Propietario.

A la suma de todos los gastos inherentes a la propia obra en cuya gestión o pago haya intervenido el Constructor se le aplicará, a falta de convenio especial, un quince por ciento (15%), entendiéndose que en este porcentaje están incluidos los medios auxiliares y los de seguridad preventivos de accidentes, los Gastos Generales que al constructor originen los trabajos por administración que realiza y el Beneficio Industrial del mismo.

3.4.5. Abono al constructor de las cuentas de administración delegada

Salvo pacto distinto, los abonos al Constructor de las cuentas de Administración delegada los realizará el Propietario mensualmente según los partes de trabajos realizados aprobados por el propietario o por su delegado representante.

Independientemente, el Director de Obra redactará, con igual periodicidad, la medición de la obra realizada, valorándola con arreglo al presupuesto aprobado. Estas valoraciones no tendrán efectos para los abonos al Constructor salvo que se hubiese pactado lo contrario contractualmente.

3.4.6. Normas para la adquisición de los materiales y aparatos

No obstante las facultades que en estos trabajos por Administración delegada se reserva el Propietario para la adquisición de los materiales y aparatos, si al Constructor se le autoriza para gestionarlos y adquirirlos, deberá presentar al Propietario, o en su representación al Director de Obra, los precios y las muestras de los materiales y aparatos ofrecidos, necesitando su previa aprobación antes de adquirirlos.

3.4.7. Responsabilidad de constructor en el bajo rendimiento de los obreros

Si de los partes mensuales de obra ejecutada que preceptivamente debe presentar el Constructor al Director de Obra, éste advirtiese que los rendimientos de la mano de obra, en todas o en algunas de las unidades de obra ejecutada, fuesen notoriamente inferiores a los rendimientos normales generalmente admitidos para unidades de obra iguales o similares, se lo notificará por escrito al Constructor, con el fin de que éste haga las gestiones precisas para aumentar la producción en la cuantía señalada por el Director de Obra.

Si hecha esta notificación al Constructor, en los meses sucesivos, los rendimientos no llegasen a los normales, el Propietario que da facultado para resarcirse de la diferencia, rebajando su importe de quince por ciento (15%) que por los conceptos antes expresados correspondería abonarle al Constructor en las liquidaciones quincenales que preceptivamente deban efectuársele. En caso de no llegar ambas partes a un acuerdo en cuanto a los rendimientos de la mano de obra, se someterá el caso a arbitraje.

3.4.8. Responsabilidad del constructor

En los trabajos de "Obras por Administración delegada", el Constructor solo será responsable de los defectos constructivos que pudieran tener los trabajos o unidades por el ejecutadas y también de los accidentes o perjuicios que pudieran sobrevenir a los obreros o a terceras personas por no haber tomado las medidas precisas que en las disposiciones legales vigentes se establecen. En cambio, y salvo lo expresado precedentemente, no será responsable del mal resultado que pudiesen dar los materiales y aparatos elegidos con arreglo a las normas establecidas en dicho artículo.

En virtud de lo anteriormente consignado, el Constructor está obligado a reparar por su cuenta los trabajos defectuosos y a responder también de los accidentes o perjuicios expresados en el párrafo anterior.

3.5. Epígrafe 5º. Valoración y abono de los trabajos

3.5.1. Formas varias de abono de las obras

Según la modalidad elegida para la contratación de las obras y salvo que en el Pliego Particular de Condiciones económica, se preceptúe otra cosa, el abono de los trabajos se efectuará de la siguiente manera:

1. Tipo fijo o tanto alzado total. Se abonará la cifra previamente fijada como base de la adjudicación, disminuida en su caso en el importe de baja efectuada por el adjudicatario.
2. Tipo fijo o tanto alzado por unidad de obra, cuyo precio invariable se haya fijado de antemano, pudiendo variar solamente el número de unidades ejecutadas.
Previa medición y aplicando al total de las diversas unidades de obra ejecutadas, del precio invariable estipulado de antemano para cada una de ellas, se abonará al

contratista el importe de las comprendidas en los trabajos ejecutados y ultimados con arreglo y sujeción a los documentos que constituyen el Proyecto, los que servirán de base para la medición y valoración de las diversas unidades.

3. Tanto variable por unidad de obra, según las condiciones en que se realice y los materiales autorizados en la forma que el presente "Pliego General de Condiciones Económicas" determina.

Se abonará al Contratista en idénticas condiciones al caso anterior.

4. Por listas de jornales y recibos de materiales, autorizados en la forma que el presente "Pliego General de Condiciones económicas" determina.
5. Por horas de trabajo, ejecutado en las condiciones determinadas en el Contrato.

3.5.2. Relaciones valoradas y certificaciones

En cada una de las épocas o fechas que se fijen en el contrato o en los "Pliegos de Condiciones Particulares" que rijan en la obra, formará con Contratista una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos previstos, según la medición que habrá practicado el Director de Obra.

Lo ejecutado por el Contratista en las condiciones preestablecidas, se valorará aplicando al resultado al resultado de la medición general, cúbica, superficial, lineal, ponderal o numeral correspondiente para cada unidad de obra, los precios señalados en el presupuesto para cada una de ellas, teniendo presente además lo establecido en el presente "Pliego General de Condiciones económicas", respecto a mejoras o sustituciones de material y a las obras accesorias y especiales, etc.

Al Contratista, que podrá presenciar las mediciones necesarias para extender dicha relación, se le facilitarán por el Director de Obra los datos correspondientes de la relación valorada, acompañándolos de una nota de envío, al objeto de que, dentro del plazo de diez días a partir de la fecha del recibo de dicha nota, pueda el Contratista examinarlos o devolverlos firmados con su conformidad o hacer, en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas. Dentro de los diez días siguientes a su recibo, el Director de Obra aceptará o rechazará las reclamaciones del Contratista si las hubiera, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo éste, en el segundo caso, acudir ante el Propietario contra la resolución del Director de Obra en la forma prevenida en los "Pliegos Generales de Condiciones Facultativas y Legales".

Tomando como base la relación valorada indicada en el párrafo anterior, expedirá el Director de Obra la certificación de las obras ejecutadas.

De su importe se deducirá el tanto por ciento que para la constitución de la fianza se haya preestablecido.

El material acopiado a pie de obra por indicación expresa y por escrito del Propietario, podrá certificarse hasta el noventa por ciento de su importe, a los precios que figuren en los documentos del Proyecto, sin afectarlos del tanto por ciento de la contrata.

Las certificaciones se remitirán al Propietario, dentro del mes siguiente al periodo a que se refieren y tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. En el caso de que el Director de Obra lo exigiera, las certificaciones se extenderán al origen.

3.5.3. Mejoras de obras libremente ejecutadas

Cuando el Contratista, incluso con autorización del Director de Obra, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el Proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquiera parte de las obras, o, en general, introdujese en ésta y sin pedírsela, cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del Director de Obra, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

3.5.4. Abono de trabajos presupuestados con partidaalzada

Salvo lo preceptuado en el "Pliego de Condiciones Particulares de índole económica" vigente en la obra, el abono de los trabajos presupuestados en partidaalzada, se efectuará de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación se expresan:

- a) Si existiesen precios contratados para unidades de obra iguales, las presupuestadas mediante partidaalzada, se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.
- b) Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partidaalzada, deducidos de los similares contratados.
- c) Si no existen precios contratados para unidades de obra iguales o similares, la partidaalzada se abonará íntegramente al Contratista, salvo el caso de que en el Presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso, el Director de Obra indicará al Contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de Administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el Presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el porcentaje que se fije en el Pliego de Condiciones Particulares en concepto de Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista.

3.5.5. Abono de agotamientos y otros trabajos especiales no contratados

Cuando fuese preciso efectuar agotamientos, inyecciones u otra clase de trabajos de cualquiera índole especial u ordinaria, que por no estar contratados no sean de cuenta del contratista, y si no se contratasen con tercera persona, tendrá el Contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales le serán abonados por el Propietario por separado de la contrata.

Además de reintegrar mensualmente estos gastos al Contratista, se le abonará juntamente con ellos el tanto por ciento del importe total que, en su caso, se especifique en el Pliego de Condiciones Particulares.

3.5.6. Pagos

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por el Director de Obra, en virtud de las cuales se verificarán aquéllos.

3.5.7. Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía

Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

1. Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el contratista a su debido tiempo, y el Director de Obra exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonado de acuerdo con lo establecido en los "Pliegos Particulares" o en su defecto en los Generales, en el caso de que dichos precios fuesen inferiores a los que rijan en la época de su realización; en caso contrario, se aplicarán estos últimos.
2. Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el Propietario, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.
3. Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

3.6. Epígrafe 6°. De la indemnización mutuas

3.6.1. Importe de la indemnización por retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el Calendario de Obra.

Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza.

3.6.2. Demora de los pagos

Si el Propietario no efectuase el pago de las obras ejecutadas, dentro del mes siguiente al que corresponde el plazo convenido, el Contratista tendrá además el derecho de percibir el abono de un cuatro y medio por ciento (4.5%) anual, en concepto de intereses de demora, durante el espacio de tiempo del retraso y sobre el importe de la mencionada certificación.

Si aún transcurrieran dos meses a partir del término de dicho plazo de un mes sin realizarse dicho pago, tendrá derecho el Contratista a la resolución del contrato, procediéndose a la liquidación correspondiente de las obras ejecutadas y de los materiales acopiados, siempre que éstos reúnan las condiciones preestablecidas y que su cantidad no exceda de la necesaria para la terminación de la obra contratada o adjudicada.

No obstante lo anteriormente expuesto, se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de pagos, cuando el Contratista no justifique que en la fecha de dicha solicitud ha invertido en obra o en materiales acopiados admisibles la parte de presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.

3.7. Epígrafe 7º. Varios

3.7.1. Mejoras y aumentos de obra. Casos contrarios.

No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso en que el Director de Obra haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato. Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, a menos que el Director de Obra ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

En todos estos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o aparatos ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el Director de Obra introduzca innovaciones que supongan una reducción apreciable en los importes de las unidades de obra contratadas.

3.7.2. Unidades de obra defectuosas pero aceptables

Cuando por cualquier causa fuera menester valorar obra defectuosa, pero aceptable a juicio del Director de Obra, éste determinará el precio o partida de abono después de oír al Contratista, el cual deberá conformarse con dicha resolución, salvo el caso en que, estando dentro del plazo de ejecución, prefiera demoler la obra y rehacerla con arreglo a condiciones, sin exceder de dicho plazo.

3.7.3. Seguro de las obras

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados.

El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuanto a nombre del Propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya, y a medida que ésta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecho en documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de reconstrucción de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda resolver el contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc., y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro y que no se le hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía de Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Director de Obra.

En las obras de reforma o reparación, se fijarán previamente la porción de edificio que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se prevé, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte del edificio afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de Seguros, los pondrá el Contratista, antes de contratarlos, en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

3.7.4. Conservación de la obra

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la obra durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el Propietario antes de la recepción definitiva, el Director de Obra, en representación del Propietario, podrá disponer todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación, abonándose todo ello por cuenta de la contrata.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el Director de Obra señale.

Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación del edificio corra a cargo del contratista, no deberá haber en él mas herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuese preciso ejecutar.

En todo caso, ocupado o no el edificio, está obligado el Contratista a revisar y reparar la obra, durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente "Pliego de Condiciones Económicas".

3.7.5. Uso por el contratista de edificio o bienes del propietario

Cuando durante la ejecución de las obras ocupe el Contratista, con la necesaria y previa autorización del Propietario, edificios o haga uso de materiales o útiles pertenecientes al mismo, tendrá obligación de repararlos y conservarlos para hacer entrega de ellos a la terminación del contrato, en perfecto estado de conservación, reponiendo los que se hubiesen inutilizado, en derecho a indemnización por esta reposición ni por las mejoras hechas en los edificios, propiedades o materiales que haya utilizado.

En el caso de que al terminar el contrato y hacer entrega del material, propiedades o edificaciones, no hubiese cumplido el Contratista con lo previsto en el párrafo anterior, lo realizará el Propietario a costa de aquél y con cargo a la fianza.

4. Pliego de Condiciones. Técnicas Particulares

Tiene a su vez tres partes: condiciones sobre los materiales, condiciones sobre la ejecución y prescripciones en cuanto a verificaciones. En ocasiones las dos últimas partes se redactan simultáneamente, es decir, se explica cómo debe ejecutarse una unidad de obra y seguidamente los controles de verificación de dicha unidad

4.1. Condiciones de los materiales

4.1.1. Calidad de los materiales

Todos los materiales a emplear en la presente obra serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

4.1.2. Pruebas y ensayos de materiales

Todos los materiales a que este capítulo se refiere podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado, y sea necesario emplear, deberá ser aprobado por la dirección de las obras, bien entendido que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la construcción.

4.1.3. Materiales no consignados en proyecto

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la dirección facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

4.1.4. Condiciones generales de ejecución

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de la construcción, de acuerdo con las condiciones establecidas en el Pliego de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura, aprobado por el Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos en fecha

24 de abril de 1973, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la dirección facultativa, no pudiendo por tanto servir de pretexto al contratista la baja subasta para variar esa esmerada ejecución, ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

4.2. Alumbrado

Se define como punto de luz el conjunto formado por el apoyo con su cimentación, acometida y equipo eléctrico completo, armadura y lámpara, así como accesorios y demás elementos auxiliares para un completo funcionamiento.

4.2.1. Materiales

Todos los materiales e instalaciones satisfarán las prescripciones impuestas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.D. 842 / 2002) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, así como el Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, aprobados por R.D. 32751 1982, de 12 de Noviembre.

Se adopta lo establecido en las normas siguientes:

- NTE-IEB: “Instalación eléctrica de baja tensión”.
- NTE-IEE: “Alumbrado exterior”.
- NTE-IEI: “Alumbrado interior”.
- NTE-IEP: “Puesta a tierra”.
- NTE-IER: “Instalaciones de electricidad. Red exterior”.

4.3. Instalaciones de fontanería y saneamiento

Regula el presente artículo las condiciones relativas a la ejecución, materiales y equipos industriales, control de la ejecución, seguridad en el trabajo, medición, valoración y mantenimiento de las instalaciones de abastecimiento y distribución de agua.

Se adopta lo establecido en las normas:

- NTE-IFA: “Instalaciones de fontanería”.
- NTE-IFC: “Instalaciones de fontanería. Agua caliente”.
- NTE-IFF: “Instalaciones de fontanería. Agua fría”.

4.4. Instalación de climatización

Se refiere al presente artículo a las instalaciones de ventilación, refrigeración y calefacción.

Se adoptan las condiciones relativas a funcionalidad y calidad de materiales, control, seguridad en el trabajo, pruebas de servicio, medición, valoración y mantenimiento, establecidas en las normas siguientes:

- Reglamento de Seguridad por plantas e instalaciones frigoríficas e Instrucciones MIIF complementarias.
- Reglamentos vigentes sobre recipientes a presión y aparatos a presión.
- NTE-ICI: “Instalaciones de climatización industrial”.
- NTE-ICT: “Instalaciones de climatización-torres de refrigeración”.
- NTE-ID: “Instalaciones de depósitos”.
- Reglamento de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria (R.D. 1618/1980 del 4 de Julio).
- NTE-ISV: “Ventilación”.

4.5. Maquinaria

Todas las partes de la maquinaria que deben estar en contacto con los elementos a tratar serán de material inalterable, con superficie lisa y de fácil limpieza para su correcto mantenimiento e higiene.

Los elementos móviles deberán estar provistos de los debidos dispositivos de protección para el manejo del operador. Los rendimientos de cada máquina se ajustarán a los que se han fijado en el Proyecto. Si en condiciones de trabajo normales una máquina, con fuerza de acondicionamiento suficiente y manejado de acuerdo con las instrucciones, no diera el

rendimiento garantizado, se comunicará a la casa vendedora para que comunique las deficiencias y haga las modificaciones oportunas.

Si en el plazo de un mes, estas deficiencias no fueran subsanadas, la casa se hará cargo de la maquinaria, puesta, embalada en la estación más próxima a la residencia del cliente, devolviendo el mismo importe que haya pagado, o suministrándole a elección de éste, en sustitución de la maquinaria retirada, otra de rendimiento correcto.

Serán a cuenta de la casa suministradora el transporte, embalaje, derechos de aduanas, riesgos, seguros e impuestos hasta que la maquinaria se encuentre en el lugar de su emplazamiento. El montaje será por cuenta de la casa vendedora, si bien el promotor proporcionará las escaleras, instalación eléctrica, herramienta gruesa y material de albañilería, carpintería y cerrajería necesaria para el montaje, así como personal auxiliar para ayudar al especializado que enviará la empresa suministradora.

El plazo que para la entrega de maquinaria pacte el promotor con el vendedor de esta, no podrá ser ampliado más que por causa de fuerza mayor, como huelgas, lock-out, movilización del ejército, guerra o revolución. Si el retraso es imputable a la casa vendedora, el promotor tendrá derecho a un 1% de rebaja en el precio por cada semana de retraso como compensación por los perjuicios ocasionados.

4.6. Instalaciones y equipos de protección contra incendios

Se refiere el presente artículo a las condiciones de ejecución, de los materiales de control de la ejecución, seguridad en el trabajo, medición, valoración y mantenimiento, relativas a las instalaciones de protección contra fuego y rayos.

Se cumplirá lo prescrito en la norma NBE-CPI-96 sobre condiciones de protección contra incendios y se adoptará lo establecido en la norma NTE-IPF "Protección contra el fuego", y anejo nº 6 de la EH-82, así como se adoptará lo establecido en la norma NTEIPP "Pararrayos".

6. ESTADO DE MEDICIONES

ÍNDICE DEL ESTADO DE MEDICIONES

1. Estado de mediciones	2
1.1. Equipos del proceso principal	2
1.2. Equipos auxiliares	3
1.3. Equipos de laboratorio	3
1.4. Conducciones y accesorios	4
1.5. Parcela.....	4
1.6. Obra civil	4
1.7. Instalaciones.....	5

1. Estado de mediciones

El Estado de Mediciones es el conjunto de operaciones que se realizan sobre cualquier unidad de obra para obtener su cantidad y constituye uno de los documentos básicos del Proyecto.

Tiene como misión precisar y determinar las unidades de cada partida o unidad de obra que configuran la totalidad del objeto del presupuesto.

A continuación se detallan las partidas que componen el proyecto:

- Equipos del proceso principal
- Equipos auxiliares
- Equipos de laboratorio
- Conducciones y accesorios
- Parcela
- Obra civil
- Instalaciones

1.1. Equipos del proceso principal

En la *tabla E.M. 1* se muestra el estado de mediciones de los equipos que componen el proceso principal del proceso de producción.

Tabla E.M. 1 Equipos del proceso principal.

Equipo	Unidad	Cantidad
Línea de proceso de extrusión soplado	Ud.	1
Depósito de agua	Ud.	1
Chiller de refrigeración por agua	Ud.	1
Chiller de refrigeración por aire	Ud.	1
Atemperador	Ud.	1

1.2. Equipos auxiliares

En la *tabla E.M. 2* se muestra el estado de mediciones de los equipos auxiliares del proceso principal.

Tabla E.M. 2 Equipos auxiliares.

Equipo	Unidad	Cantidad
Silos	Ud.	4
Bomba de vacío	Ud.	4
Carretilla elevadora	Ud.	2
Puente grúa	Ud.	1

1.3. Equipos de laboratorio

En la *tabla E.M. 3* se muestra el estado de mediciones de los equipos que componen el laboratorio.

Tabla E.M. 3 Equipos de laboratorio.

Equipo	Unidad	Cantidad
Microscopio óptico	Ud.	1
Hazemeter	Ud.	1
Brillómetro	Ud.	1
Máquina Universal	Ud.	1
Gelbo Flex	Ud.	1
Spencer Impact	Ud.	1
Karl Fischer	Ud.	1
Medidor de espesores	Ud.	1

1.4. Conducciones y accesorios

En la *tabla E.M. 4* se muestra el estado de mediciones de las conducciones y los accesorios.

Tabla E.M. 4 Conducciones y accesorios.

Elemento	Unidad	Cantidad
Tubería de acero galvanizado de D=0,3048 m	Ud.	17
Codo de 90° de D=0,3048 m	Ud.	7

1.5.Parcela

En la *tabla E.M. 5* se muestra el estado de mediciones referente a la parcela que se ha adquirido para la construcción de la planta.

Tabla E.M. 5 Superficie de la parcela de la planta.

Parcela	Unidad	Superficie
	m ²	13.500

1.6. Obra civil

En la *tabla E.M. 6* se muestra el estado de mediciones referente a la construcción de los edificios que componen la planta.

Tabla E.M. 6 Superficie de los edificios de obra civil.

Edificio	Unidad	Superficie
Oficinas	m ²	200
Laboratorio	m ²	100
Servicios	m ²	30
Comedor	m ²	100
Producción	m ²	1.000
Almacén de producto terminado	m ²	420
Mantenimiento	m ²	150

1.7. Instalaciones

En la *tabla E.M. 7* se muestra el estado de mediciones que hace referencia a las instalaciones que son necesarias llevar a cabo para poner en marcha la planta.

Es necesaria la instalación de fontanería en edificios como el laboratorio, los servicios, el comedor y el proceso de producción.

Es necesaria la instalación de alumbrado en edificios como las oficinas, el laboratorio, los servicios, el comedor, el mantenimiento, el proceso de producción y el almacén de producto acabado.

Es necesaria la instalación contra incendios en todos los edificios, para prevenir una catástrofe en caso de que ocurra algún accidente en la planta.

Por último, es necesaria la instalación de red de saneamiento en edificios como los laboratorios, los servicios y el comedor.

Tabla E.M. 7 Superficie de las instalaciones de la planta.

Instalación	Unidad	Superficie
Fontanería	m ²	1.230
Alumbrado	m ²	1.420
		580
Contra incendios	m ²	2.000
Saneamiento	m ²	1.230

7. PRESUPUESTO

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. Presupuesto de Ejecución Material (PEM)	2
1.1. PEM Parcial	2
1.1.1. Equipos del proceso principal	2
1.1.2. Equipos auxiliares	3
1.1.3. Equipos de laboratorio	3
1.1.4. Conducciones y accesorios.....	4
1.1.5. Parcela	4
1.1.6. Obra civil.....	4
1.1.7. Instalaciones	5
1.1.8. Mano de obra.....	6
1.2. PEM Total.....	6
2. Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC).....	7
3. Presupuesto Total	7

1. Presupuesto de Ejecución Material (PEM)

El Presupuesto de Ejecución Material constituye el importe del coste de la parcela, los equipos, la edificación industrial, las conducciones y la mano de obra, necesarios para montar la empresa e iniciar su actividad.

Tiene como misión determinar el coste económico del objeto del Proyecto.

A continuación se detallan las partidas presupuestadas que componen el proyecto:

- Equipos del proceso principal
- Equipos auxiliares
- Equipos de laboratorio
- Conducciones y accesorios
- Parcela
- Obra civil
- Instalaciones
- Mano de obra

1.1. PEM Parcial

1.1.1. Equipos del proceso principal

En la primera partida se presupuestan los equipos pertenecientes al proceso principal de producción.

Como se muestra a continuación en la *tabla P. 1*.

Tabla P. 1 Presupuesto de los equipos del proceso principal.

Equipo	Unidad	Cantidad	Precio Ud. (€)	Precio (€)
Línea de proceso de extrusión soplado	Ud.	1	3.000.000	3.000.000
Depósito de agua	Ud.	1	1.930	1.930
Chiller de refrigeración por agua	Ud.	1	12.524	12.524
Chiller de refrigeración por aire	Ud.	1	14.407	14.407
Atemperador	Ud.	1	4.620	4.620

TOTAL

3.033.481

1.1.2. Equipos auxiliares

En la segunda partida se presupuestan los equipos auxiliares que forman parte del proceso de producción.

Se muestran a continuación en la *tabla P. 2*.

Tabla P. 2 Presupuesto de los equipos auxiliares.

Equipo	Unidad	Cantidad	Precio Ud. (€)	Precio (€)
Silos	Ud.	4	3.750	15.000
Bomba de vacío	Ud.	4	1.500	6.000
Carretilla elevadora	Ud.	2	14.500	29.000
Puente grúa	Ud.	1	6.000	6.000

TOTAL

56.000

1.1.3. Equipos de laboratorio

La tercera partida está formada por los equipos que componen el laboratorio y que a continuación se presupuestan, tal y como se observa en la *tabla P. 3*.

Tabla P. 3 Presupuesto de los equipos de laboratorio.

Equipo	Unidad	Cantidad	Precio Ud. (€)	Precio (€)
Microscopio óptico	Ud.	1	1.500	1.500
Hazemeter	Ud.	1	13.000	13.000
Brillómetro	Ud.	1	250	250
Máquina Universal	Ud.	1	20.000	20.000
Gelbo Flex	Ud.	1	5.000	5.000
Spencer Impact	Ud.	1	10.000	10.000
Karl Fischer	Ud.	1	8.500	8.500
Medidor de espesores	Ud.	1	18.250	18.250

TOTAL

76.500

1.1.4. Conducciones y accesorios

La cuarta partida hace referencia al coste de las conducciones y accesorios que se han calculado en el apartado 1.2. *Conducciones y accesorios* del documento de *Anexos*.

Tabla P. 4 Presupuesto de las conducciones y accesorios.

Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Ud. (€)	Precio (€)
Tubería de acero galvanizado de D=0,3048 m	Ud.	17	163,93	2.786,80
Codo de 90° de D=0,3048 m	Ud.	7	20	140
<u>TOTAL</u>				2.926,80

1.1.5. Parcela

La quinta partida hace referencia al coste de la parcela que se ha elegido mediante la aplicación del método de jerarquías analíticas que se ha realizado en el apartado 1.4. *Método de jerarquías analíticas para la selección de parcela* del documento de *Anexos*.

Tabla P. 5 Presupuesto de la parcela.

Parcela	Unidad	Superficie	Coste (€/m ²)	Coste total (€)
	m ²	13.500	50	675.000

1.1.6. Obra civil

La sexta partida hace referencia a la obra civil, que corresponde a todos los edificios que se construyen en la empresa, ya sean oficinas, laboratorios, almacenes o cualquier otro tipo de edificio junto a sus costes de construcción.

El coste del metro cuadrado se ha determinado según los ratios económicos establecidos por el Colegio de Ingenieros Industriales de la Comunidad Valenciana.

Tabla P. 6 Presupuesto de la obra civil.

Edificios	Unidad	Superficie	Coste (€/m ²)	Coste total (€)
Oficinas	m ²	200	300	60.000
Laboratorio	m ²	100	300	30.000
Servicios	m ²	30	300	9.000
Comedor	m ²	100	300	30.000
Producción	m ²	1.000	175	175.000
Almacén de producto terminado	m ²	420	175	73.500
Mantenimiento	m ²	150	300	45.000

TOTAL

422.500

1.1.7. Instalaciones

La séptima partida hace referencia a las todas las instalaciones necesarias para que la planta pueda operar de manera óptima.

El coste del metro cuadrado se ha determinado según los ratios económicos establecidos por el Colegio de Ingenieros Industriales de la Comunidad Valenciana.

Para llevar a cabo la instalación de alumbrado es necesario tener en cuenta que no será igual el alumbrado en oficinas y laboratorio que en producción y almacenes, porque no se necesita el mismo alumbrado. Por lo que para la instalación de alumbrado para oficinas, laboratorio, comedor y mantenimiento se definirá un precio de 25 €/ m² y la instalación de alumbrado para la producción y el almacén se definirá un precio de 12 €/ m².

Tabla P. 7 Presupuesto de las instalaciones.

Instalaciones	Unidad	Superficie	Coste (€/m ²)	Coste total (€)
Fontanería	m ²	1.230	6	7.380
Alumbrado	m ²	1.420	12	17.040
		580	25	14.500
Contra incendios	m ²	2.000	20	40.000
Saneamiento	m ²	1.230	8	9.840

TOTAL

88.760

1.1.8. Mano de obra

En el documento 6. *Estado de Mediciones* no se ha definido dicha partida, pero es necesaria definirla en el presupuesto. Dicha partida que hace referencia a la mano de obra necesaria para llevar a cabo el montaje de la instalación de todos los equipos para poner en marcha el proceso.

Se ha estipulado que la mano de obra corresponde al 5% del coste total de los equipos, dicho valor se ha decidido teniendo en cuenta la aplicación del Real Decreto 1098/01 por la que se dicta en el Artículo 13º, se fija un valor máximo de 6%, 7% u 8% según se trate de obra terrestre, fluvial o marítima, respectivamente.

Los costes que hacen referencia a la mano de obra se han presupuestado en la *Tabla P. 8*.

Tabla P. 8 Presupuesto de mano de obra.

Mano de Obra	Unidad	Cantidad	Coste total de equipos (€)	Coste total (€)
	%	5	3.165.981	158.299,05

1.2.PEM Total

Conociendo el presupuesto de las partidas anteriormente descritas, se procede a detallar el PEM Total, el cual se obtiene mediante la suma de todas partidas.

En la siguiente *tabla P. 9* se muestra el coste total de las partidas.

Tabla P. 9 PEM total.

Partida	Coste (€)
Equipos del proceso principal	3.033.481
Equipos auxiliares	56.000
Equipos de laboratorio	76.500
Conducciones y accesorios	2.926,80
Parcela	675.000
Obra civil	422.500
Instalaciones	88.760
Mano de obra	158.299,05

TOTAL

4.513.466,85

2. Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC)

El PEC es el importe que cobra al contratista de modo que al valor de materiales y mano de obra, se le añade la parte proporcional de sus gastos generales y del beneficio económico o beneficio industrial a obtener de la obra.

Los porcentajes aplicados para cada uno de estos conceptos, al no estar fijados por ninguna normativa, se pueden determinar a partir de los valores habituales empleados en la contratación de obras oficiales, que son el 13% en concepto de Gastos Generales y el 6% en concepto de Beneficio Industrial.

Tabla P. 10 Presupuesto de ejecución por contrata.

	Coste (€)
PEM	4.513.466,85
Gastos generales	586.750,69
Beneficio industrial	270.808,01
<u>TOTAL</u>	5.371.025,55

3. Presupuesto Total

Para finalizar el cálculo del presupuesto total, es necesario aplicar el 21% de IVA, el cual corresponde a la inversión inicial.

Tabla P. 11 Presupuesto total.

	Coste (€)
PEC	5.371.025,55
IVA	1.127.915,37
<u>TOTAL</u>	6.498.940,92

El presupuesto total del proyecto “Diseño de una planta de producción de film multicapa para el sector alimentario” asciende a **SEIS MILLONES CUATROCIENTOS NOVENTA Y OCHO MIL NOVECIENTOS CUARENTA EUROS CON NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS.**