



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

Dimensionado y selección de los equipos de impulsión para el transporte de materias primas en el proceso de fabricación del PVC

MEMORIA PRESENTADA POR:

Noel Ferriz Navarro

GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA

Convocatoria de defensa: Septiembre de 2018

RESUMEN

El presente trabajo consiste en el dimensionado y selección de los equipos de impulsión para el transporte de materias primas en el proceso de fabricación de PVC. Los procesos utilizados en la empresa para la que se realiza el proyecto son el granceado y extrusión de PVC.

Para comenzar con el dimensionado, se realizará una programación lineal de la producción, con la que se consigue la optimización de la producción para el mínimo coste.

Una vez obtenidas las necesidades de material a almacenar y transportar, se dimensionan los silos de almacenamiento de las materias primas y de la granza de PVC, y los métodos de transporte de estos, tanto por transporte neumático como por transporte mecánico mediante tornillos sin fin.

Finalmente, se realizará el estudio de amortización de la instalación.

This project consists of the dimensioning and a selection of driving equipment for the transport of raw materials for the PVC manufacturing process. The processes used in the company in which the project is carried out are the PVC grainy and PVC extrusion.

To begin with the dimensioning, a linear programming of the production will be done in order to achieve the minimum cost of the mentioned production.

Once the material's needs are obtained for the purpose of storing and transporting, the capacity of the silos of the raw materials as well as the PVC pellets will be dimensioned. In addition, the transport methods will be done by pneumatic transport and mechanical transport by means of worm screw This transport methods will be dimensioned too.

Finally, the amortization of the project will be calculated.

PALABRAS CLAVE

Granza de PVC, Extrusión de PVC, Programación Lineal de la Producción, Optimización de la Producción, Silos Almacenamiento, Transporte Neumático, Tornillo sin fin.

INDICE

RESUMEN	1
PALABRAS CLAVE.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. OBJETIVOS.....	8
3. PERSIANAS PERSAX	9
3.1. DIAGRAMA DEL PROCESO ACTUAL	10
3.2. SITUACIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	14
3.3. DIAGRAMA DEL PROCESO MEJORADO	18
4. PROBLEMA LINEAL DE PRODUCCIÓN DE GRANZA PVC	20
5. DIMENSIONADO INSTALACIÓN DE TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA	31
5.1. Dimensionado Tuberías Fase 1 instalación de transporte	35
5.2. Dimensionado Tuberías Fase 2 instalación de transporte	37
5.3. Dimensionado Tuberías Fase 3 instalación de transporte	38
5.4. Dimensionado Tuberías Fase 4 instalación de transporte	39
5.5. Dimensionado soplante Fase 1 instalación de transporte	39
5.6. Dimensionado tornillo sin-fin Fase 2 instalación de transporte	45
5.7. Dimensionado tornillo sin-fin Fase 3 instalación de transporte	50
5.8. Dimensionado soplante Fase 4 instalación de transporte.....	51
6. ESTUDIO PAYBACK	53
6.1. Instalación silos interiores y suministro granza extrusoras.	53
6.2. Instalación silos exteriores materia primas.....	54
6.3. Coste y payback de la instalación proyectada	54
7. CONCLUSIONES	55
8. BIBLIOGRAFÍA.....	56
9. INDICE DE ILUSTRACIONES.....	57
10. ANEXOS	60
10.1. ANEXO I	61
10.2. ANEXO II	63
10.3. ANEXO III	65
10.4. ANEXO IV	67
10.5. ANEXO V	69
10.6. ANEXO VI.....	72
10.7. ANEXO VII	76

DIMENSIONADO Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE IMPULSIÓN PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAS PRIMAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PVC

10.8.	ANEXO VIII	83
10.9.	ANEXO IX	87
10.10.	ANEXO X	98

1. INTRODUCCIÓN

El PVC, policloruro de vinilo (C_2H_3Cl)_n, es el producto de la polimerización del monómero de cloroetileno, cloruro de vinilo. La resina resultante de esta polimerización es un plástico muy versátil, con él se pueden producir objetos flexibles o rígidos.

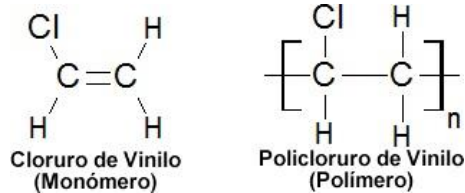


Ilustración 1. Estructura química

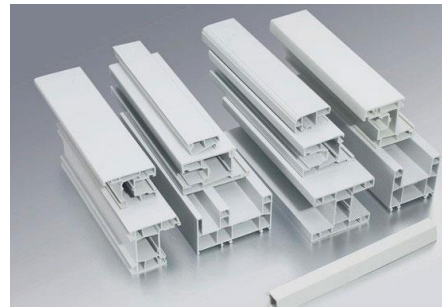


Ilustración 2. Perfiles de PVC

Este polímero sintético pertenece a la familia de los termoplásticos, un plástico que funde a altas temperaturas, alrededor de 80 °C, pudiéndose de esta manera moldearse con facilidad. Al enfriarse recupera la solidez anterior sin perder la nueva forma.

Esta propiedad es de gran ayuda para su reciclaje, pero teniendo en cuenta que con la repetición del proceso de moldeo se van perdiendo gradualmente propiedades físicas, por lo que llegado un momento ya no será posible su reutilización.

Las principales propiedades del PVC son:

- Elevada resistencia a la abrasión, buena resistencia mecánica y al impacto
- Baja densidad, 1400 kg/m³
- Buen aislante
- Es inerte y estable
- Material muy resistente, pueden mantener un buen estado hasta más de 60 años
- Buen aislante eléctrico
- No se quema con facilidad, ni autocombustiona
- Resistente al agua y muy resistente a la corrosión
- Alto valor energético
- Bajo coste de instalación
- Muy versátil, permite su combinación con un gran número de aditivos, lo que le permiten que pueda transformarse en un material rígido o flexible.

DIMENSIONADO Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE IMPULSIÓN PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAS PRIMAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PVC

En la industria existen dos tipos de productos finales de PVC:

- Rígidos: envases, ventanas, tuberías, persianas...
- Flexibles: cables, juguetes, calzados, pavimentos, recubrimientos...

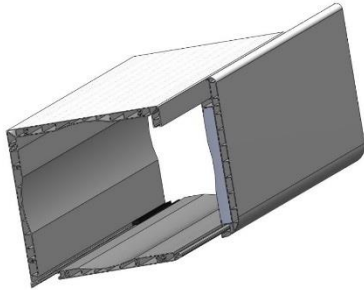


Ilustración 3. Perfiles de Cajón de PVC para persiana

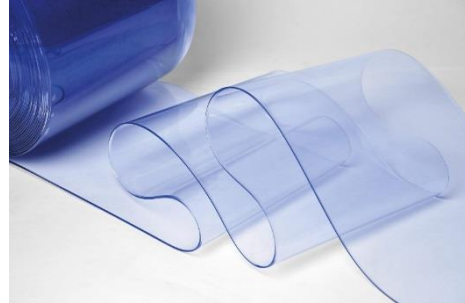


Ilustración 4. PVC Flexible

El policloruro de vinilo fue descubierto por casualidad en dos ocasiones durante el siglo XIX, una primera vez por Henri Víctor Regnault en 1835 y la segunda en 1872 por Eugen Baumann.

En 1918 Klatte de Grieskein descubrió los procesos que se emplean en la actualidad para la producción de cloruro de vinilo.

Waldo Semon en colaboración con la B.F. Goodrich Company mediante la mezcla con aditivos desarrolló en 1926 un método de plastificación del PVC ayudando a que el material fuese más flexible y con mejor fabricabilidad.

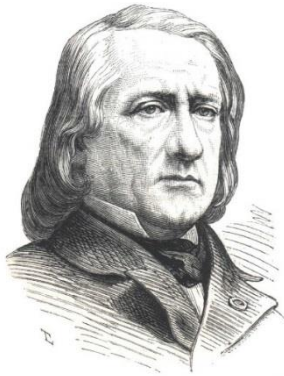


Ilustración 5. Henri Víctor Regnault



Ilustración 6. Eugen Baumann



Ilustración 7. Waldo Lonsbury Semon

Existen varios procesos con los que conformar un producto acabado de PVC: calandrado, extrusión, inyección, soplado, compresión o prensado, recubrimiento, y moldeo rotacional.

En Persiana Persax S.A. producen sus perfiles de PVC mediante el proceso de extrusión. Es un proceso en continuo, que por compresión y temperatura se fuerza al material a fluir a

través del orificio de una matriz, la cual determina la forma del producto. Con este proceso se obtienen productos masivamente y de la longitud deseada.

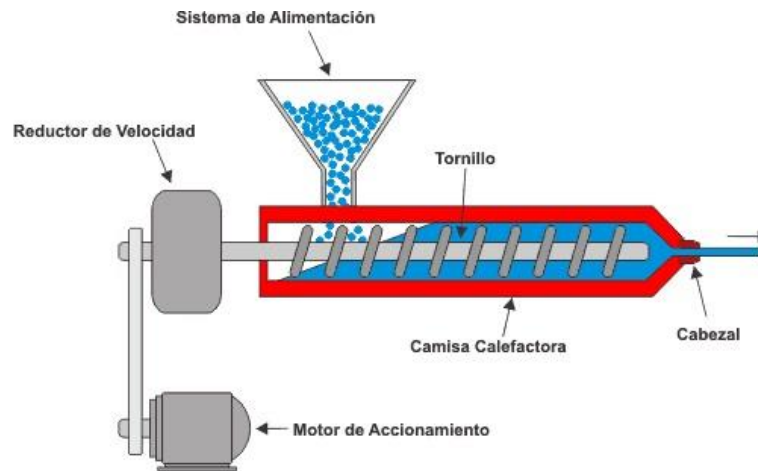


Ilustración 8. Proceso de Extrusión de PVC

Para la obtención de los perfiles como producto acabado, es necesario que una serie de equipos acompañen a la extrusora y la matriz, lo que se llama, línea de extrusión.

Una línea de extrusión se compone de:

- Extrusora: mediante una serie de resistencias se le da temperatura al material para fluidificarlo y con uno o dos husillos, o un pistón, se transporta el material por la extrusora a la vez que se le da presión para que el material fluya por el cabezal, este cabezal está conectado a la matriz.



Ilustración 9. Extrusora de doble husillo Battenfeld-cincinnati

- Matriz o hilera: fabricadas en acero inoxidable, la conforman una serie de placas cada una con un orificio con una determinada forma para ayudar a que el

DIMENSIONADO Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE IMPULSIÓN PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAS PRIMAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PVC

material fluya correctamente, la última placa tiene el orificio con la geometría que queremos extruir.

- Bancada de calibración: esta bancada es la que enfría rápidamente el material con agua para que el PVC se endurezca y mantenga la forma final requerida.



Ilustración 10. Hilera Perfil PVC

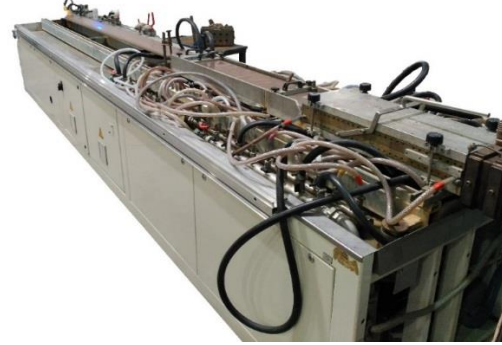


Ilustración 11. Bancada de calibración Battenfeld-cincinnati

- Arrastre: dos orugas de tacos de goma que estiran del perfil, para ayudar a la extrusora a mover el material, determina la velocidad de extrusión de la línea.
- Sierra de corte: esta sierra trabaja en continuo, por lo que al paso de perfil y a la medida requerida, la sierra se desplaza junto con el perfil para realizar el corte.



Ilustración 12. Arrastre Battenfeld-cincinnati



Ilustración 13. Sierra de corte Battenfeld-cincinnati

2. OBJETIVOS

Con la implementación de una nueva instalación de almacenamiento, pesaje y transporte de materias primas y granza de PVC se pretenden conseguir los siguientes objetivos:

1. Optimización de la producción de Extrusión de PVC:
Se realizará una programación lineal de la producción para calcular la producción semanal con el mínimo coste.
2. Optimización de los procesos de Granceado y Extrusión de PVC:
Mejora de la productividad, ya que se producirá más producto en menos tiempo y con menos personas.
3. Liberación de espacio de almacenamiento:
Este es uno de los puntos a tener más en cuenta, dado el problema acuciante de falta de espacio que hay en la planta, se liberaría una gran cantidad de espacio que en estos momentos está ocupada de almacén de materias primas y de granza.
4. Mejora de calidad de producto de los artículos de PVC extruido:
Al ser un proceso semiautomático, se tendría mayor uniformidad en las formulaciones, además que el almacenaje de la granza en silos conseguiría mayor limpieza de ésta.

Otro punto que se conseguiría con la implementación de esta instalación es la limpieza de la sección, dado que al estar el proceso más “cerrado”, y de que no se abrirían sacos de material, se reduciría drásticamente la generación de polvo y suciedad que existe actualmente.

3. PERSIANAS PERSAX

Persianas de Sax, S.A nace en 1976 al fusionarse varios persianeros que llevaban ejerciendo su actividad desde los años 55-60.

Cambia de nombre a Persianas Persax, S.A. en 1992, convirtiéndose así en una compañía líder en el sector de las persianas y cajones de aluminio.

Con más de 30 años de experiencia, una base sólida y una estudiada política de expansión y desarrollo, ha sabido posicionarse en un lugar destacado dentro del sector del cerramiento. Hoy es líder en la fabricación de todos sus productos, por ofrecer el sistema más avanzado y los materiales más actuales que hay en el mercado.



Ilustración 14. Sede Central Persianas Persax

La organización se dedica al diseño y la producción de persianas, compactos y puertas enrollables. La producción de perfiles de PVC, perfiles de aluminio con espuma aislante, mosquiteras, celosías, toldos, cortinas de exterior e interior y alicantinas de PVC y madera. La venta de puertas seccionales, puertas plegables, venecianas, motores y accesorios para el cerramiento.

Su sede central y principal centro productivo está localizada en VILLENA (Alicante), Autovía de Levante, Km. 48,2 – Polígono Santa Eulalia.

Dispone de 5 delegaciones en el territorio nacional y dos internacionales (Croacia y México) para la distribución directa de sus productos mediante su propia flota de transporte, esto les permite mantener una estrecha relación con sus clientes y garantizar la máxima calidad y rapidez de servicio.

De los distintos procesos productivos que tiene la organización este proyecto se enfocará en el proceso de Extrusión de PVC.

3.1. DIAGRAMA DEL PROCESO ACTUAL

A continuación, se describe el proceso completo para la producción de PVC rígido, desde que llegan las materias primas a las instalaciones hasta el conformado de perfiles en largo.

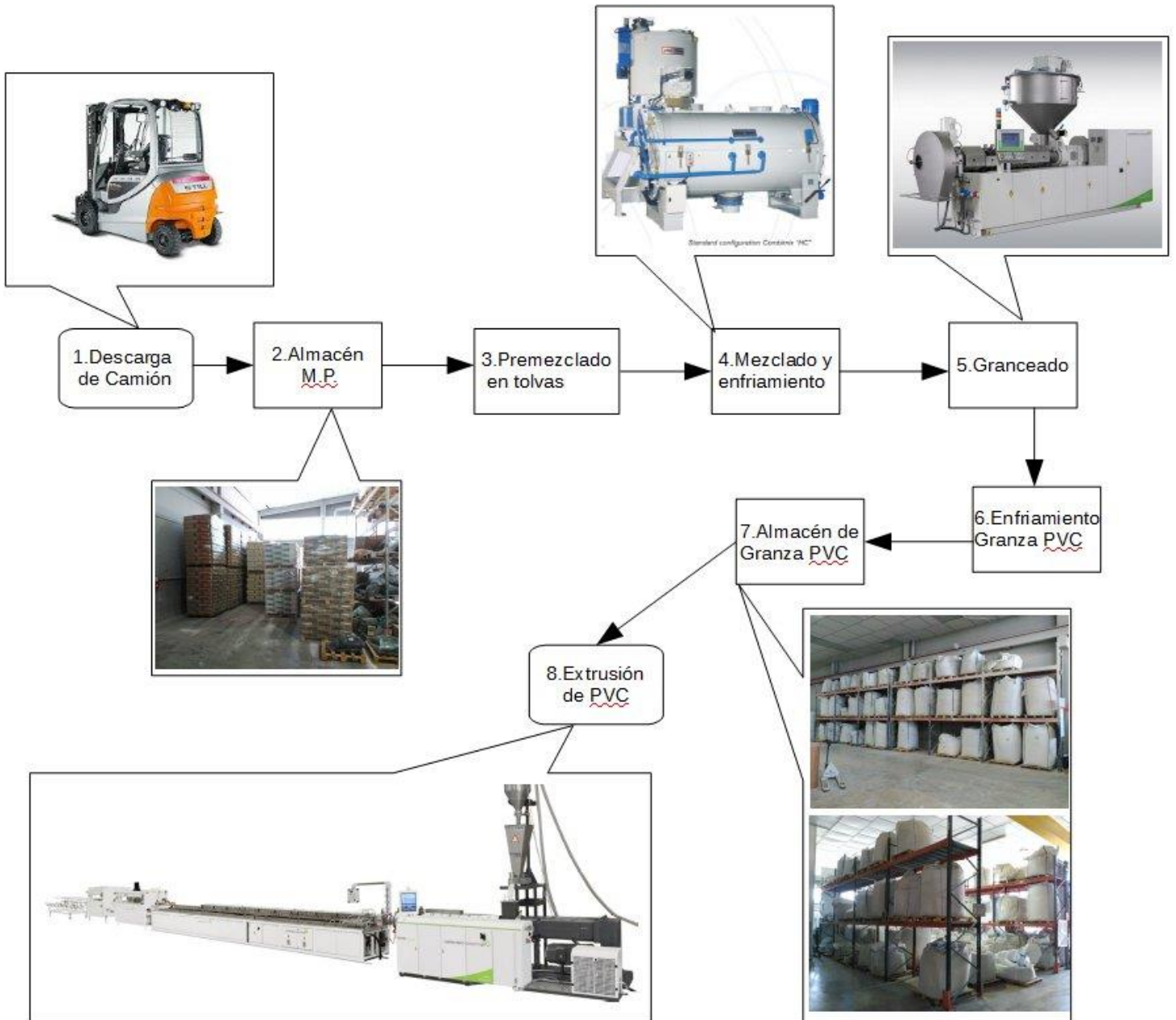


Diagrama 1. Diagrama de flujo proceso Extrusión PVC

Para la producción de perfiles de PVC rígido en la empresa Persianas PERSAX se dispone de la sección de Extrusión de PVC, la cual está compuesta por 3 procesos:

- Granceado
- Extrusión

- Embalado

Para comenzar el proceso de granceado necesitamos Materia Prima, la cual debe de estar almacenada. Actualmente se consumen 33000 kg de Resina de PVC y 20000 kg de CaCO_3 a la semana (14 turnos), estos son los componentes mayoritarios para la producción de PVC Rígido.

1. Descarga de camión

La descarga de los camiones de materia prima se realiza mediante carretilla elevadora, esta materia prima es servida paletizada en sacos de 25 kg, sumando cada palé 1000 kg. También se puede recibir materia prima en big bags de 1000-1200 kg. Cada camión se tarda entre 30 min y 1 h ser descargado por el operario de la carretilla.

2. Almacén M.P.

La materia prima descargada se almacena en la nave de producción y en un “techado” exterior ocupando un total de 217 m².



Ilustración 15. Almacén Materias Primas



Ilustración 16. Almacén Materias Primas

3. Premezclado en tolvas

Actualmente se realizan 3 turnos de 8h al día, cada turno es realizado por un operario distinto. El cual, dependiendo de la producción programada, se prepara la materia prima necesaria para realizar las formulaciones, posteriormente va abriendo los sacos de los distintos componentes y echándolos en la tolva de premezclado. Una vez se ha realizado la fórmula se pone en marcha el transporte hasta los turbomezcladores, este se realiza mediante tornillos sinfín.

4. Mezclado y enfriamiento

Se disponen de dos turbomezcladores, uno marca Caccia de 600 l y capacidad de 800 kg/h, y otro, marca Plasmec de 800 l y capacidad de 1000 kg/h.

El máximo tiempo de preparación de una mezcla de 22'49''

- Turbomezclador: 12'47''
- Enfriador: 10'02''



Ilustración 17. Turbomezclador Caccia



Ilustración 18. Turbomezclador Plasmec

5. *Granceado*

Desde los turbomezcladores se transporta el material, que sigue siendo polvo, por transporte mecánico hasta la granceadora, ésta tiene una capacidad de 600 kg/h.

Se va a estudiar la posibilidad de la instalación de una segunda granceadora con una capacidad de 1000 kg/h, ya que ahora la única granceadora es el cuello de botella del proceso.



Ilustración 19. Granceadora Cincinnati Extrusión

6. *Enfriamiento granza de PVC*

Una vez termina el proceso de granceado, el material pasa de ser polvo, a tener forma de 'pellet'. Este pellet se transporta desde la granceadora hasta el enfriador de granza mediante soplantes.

La enfriadora tiene una capacidad de 1000 kg/h.



Ilustración 20. Enfriador de granza de PVC

7. Almacén de granza de PVC

El almacén de granza de PVC está distribuido en dos zonas dentro de la nave de producción ocupando un total de 248 m². El material es almacenado en big bags y apilado en estanterías de 3 alturas.



Ilustración 21. Almacén-1 de big bags de granza PVC



Ilustración 22. Almacén-2 de big bags de granza PVC

También se dispone de varios silos de almacenamiento, uno cilíndrico de 60 m³, dos cilíndricos de 20 m³, y seis esféricos de 10 m³.



Ilustración 23. Silos cilíndricos de 20m³



Ilustración 24. Silos esféricos de 10m³

8. Extrusión de PVC

Los silos dejan caer el material en unas “cubetas”, tanto en estas cubetas como en los big bags se introduce una manguera con la que por aspiración se realiza el movimiento del material hasta las 9 extrusoras, este trabajo es realizado con tres bombas con un caudal de 1000 kg/h en total.



Ilustración 25. Bombas aspiración



Ilustración 26. Extrusora Battenfeld-cincinnati

3.2. SITUACIÓN DE LA INSTALACIÓN

La planta de producción dispone de una superficie total de 16000 m², la sección de producción de PVC rígido dispone de 2500 m² y la zona donde se desarrolla el proyecto es una superficie de 990 m².

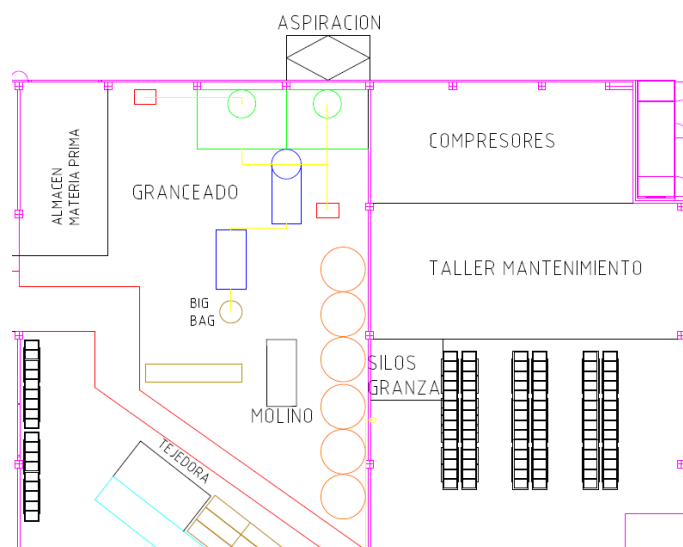


Ilustración 27. Plano ampliado planta productiva Persianas Persax, zona granceado PVC

La primera parte que modificar son las zonas de almacenaje de materias primas, éstas serán liberadas con la instalación de 3 silos en el exterior de las instalaciones.

Con las densidades aparentes de la Resina PVC y de los CaCO_3 y el consumo semanal, se dimensiona el volumen de los silos de almacenamiento, para una frecuencia de abastecimiento bisemanal por parte de los proveedores.

Densidades aparentes:

Resina PVC = 580 kg/m^3 (certificado de análisis de proveedor)

CaCO_3_1 = 1001 kg/m^3 (calculado con ensayo en laboratorio)

CaCO_3_2 = 905 kg/m^3 (calculado con ensayo en laboratorio)



Ilustración 28. Imagen ensayo densidad aparente del CaCO_3



Ilustración 29. Imagen ensayo densidad aparente del CaCO_3

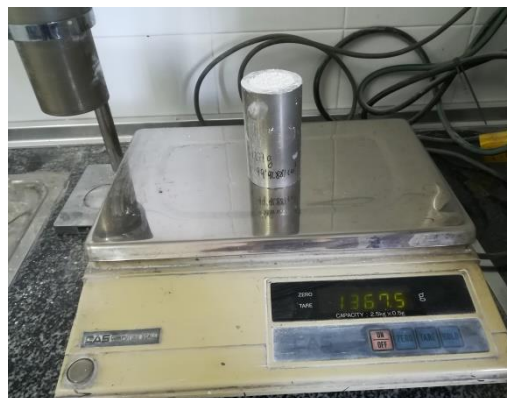


Ilustración 30. Imagen ensayo densidad aparente del CaCO_3

Con estos datos, las capacidades resultantes para los silos de almacenamiento de Materias Primas mayoritarias son de:

1 silo de 120 m^3 para Resina PVC y 2 silos de 60 m^3 uno para cada tipo de CaCO_3 .

Seguidamente se sustituirán los silos existentes en el interior de las instalaciones, excepto el cilíndrico de 60 m^3 , por una batería de 20 silos que tendrán una capacidad de 180 m^3 , siendo 10 silos de 10 m^3 y 10 silos de 8 m^3 , de esta manera las zonas de almacenamiento de grana de PVC en big bags también serán liberadas.

Para el dimensionado de los silos se usará la norma **UNE-ENV 1991-4:2006 Eurocódigo 1: Bases de proyecto y acciones en estructuras. Parte 4: Acciones en silos y depósitos.**

Los materiales de construcción de los silos de almacenamiento pueden ser los siguientes: hormigón, acero al carbono con o sin revestimiento plástico, acero inoxidable, aluminio, acero galvanizado, material plástico o material de fibra. Se seleccionará el material de construcción dependiendo del producto a almacenar.



Ilustración 31. Silos de hormigón



Ilustración 32. Silos de acero al carbono.



Ilustración 33. Silos de acero inoxidable.



Ilustración 34. Silos de aluminio.



Ilustración 35. Silos de acero galvanizado.



Ilustración 36. Silos de material compuesto, GRP.

Los silos están diseñados según normas API-650 (Norma Americana), las cuales indican tipos de diseño a elegir teniendo en cuenta la ley, y ha sido calculado para resistir las presiones laterales y verticales ejercidas por el material almacenado. También se tendrá en cuenta la presión reducida indicada por la norma UDI-3676 así como los vaciados excéntricos no uniformes y la posible formación de una bóveda y su posterior caída.

DIMENSIONADO Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE IMPULSIÓN PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAS PRIMAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PVC

Los silos de almacenamiento se usan en una gran variedad de industrias, para almacenar muy distintos volúmenes. La descarga de éstos puede ser por gravedad o mediante procedimientos mecánicos.

También se pueden clasificar por su geometría, siendo las más típicas los tipos de las Ilustraciones 28, 29 y 30.



Ilustración 31. Silo cuadrado con tolva piramidal.



Ilustración 32. Silo cilíndrico de flujo de masa.



Ilustración 33. Silo cilíndrico de flujo de embudo.

Para los silos exteriores se instalarán unos silos cilíndricos de flujo de masa en acero inoxidable y para los silos interiores se optará por silos cuadrados con tolva piramidal en acero al carbono y pintados para proteger de la corrosión, se eligen cuadrados para una mayor optimización del espacio.

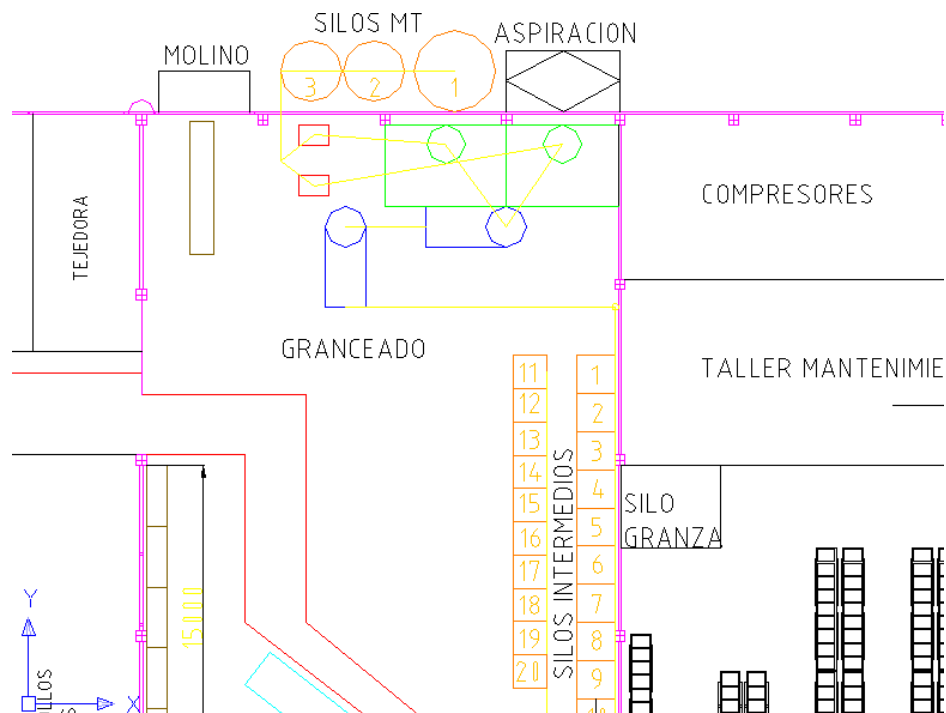


Ilustración 34. Plano ampliado planta productiva Persianas Persax, zona granceado PVC mejorado

3.3. DIAGRAMA DEL PROCESO MEJORADO

A continuación, se describe el proceso completo para la producción de PVC rígido mejora para conseguir los objetivos marcados con el desarrollo de este proyecto.

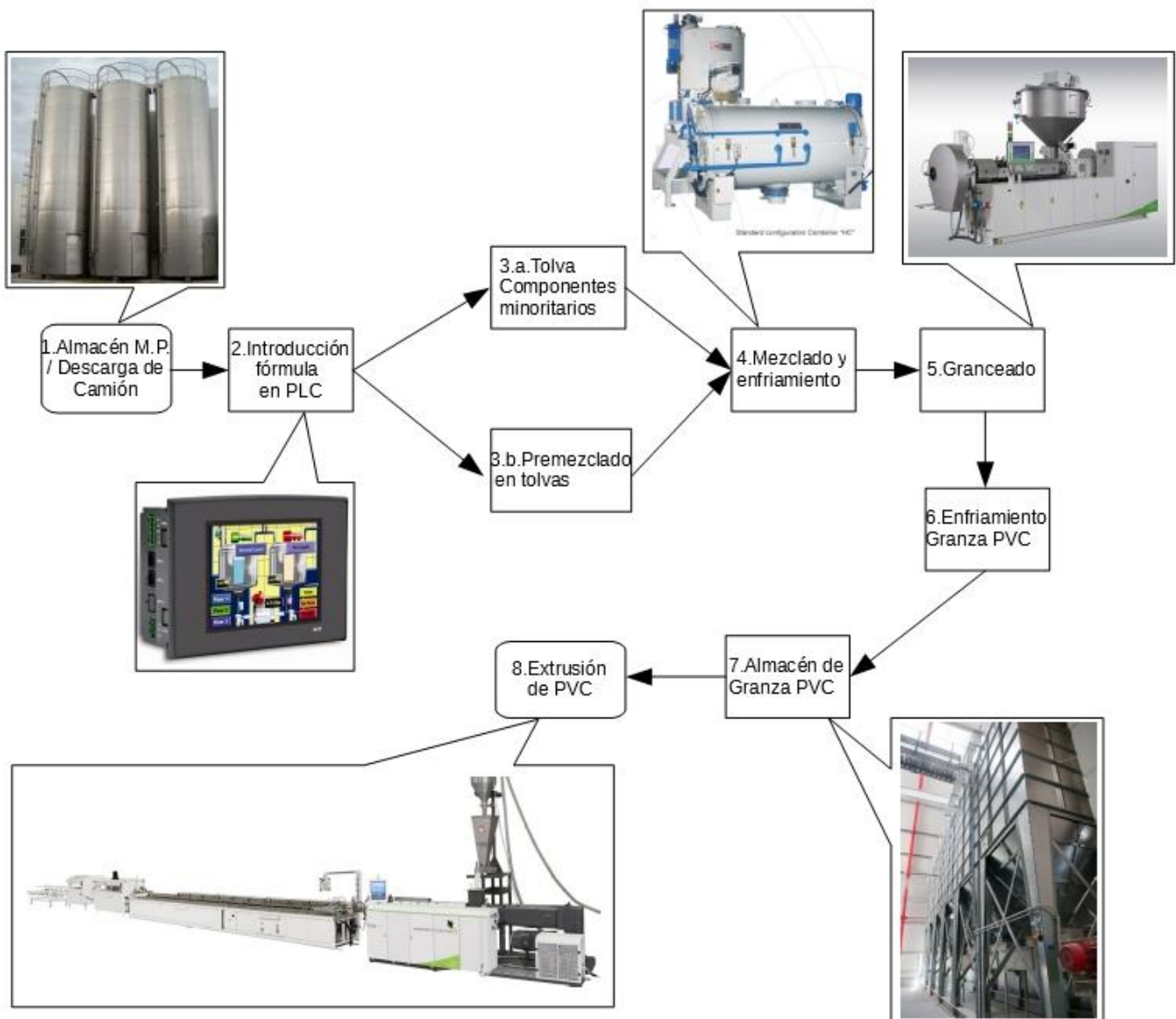


Diagrama 2. Diagrama de flujo proceso Extrusión PVC mejorado

1. Almacén M.P. / Descarga de camión

Como ya se ha dicho anteriormente, se debe de disponer de un silo de 120 m³ de Resina de PVC y dos silos de 60 m³ de CaCO₃.

Estos silos deben de estar equipados para poder ser cargados independientemente de cómo sea suministrado el material por el proveedor, en camión cisterna con material a granel o en camión con caja con material en big bags. En caso se recibir el material en big bag, se deberá de instalar un descargador de big bag además de una bomba para realizar la carga de los silos.

El tiempo máximo de descarga de un camión (24000 kg) será de 2-3h, por lo que hay que dimensionar la bomba para un flujo másico de 134 kg/min.

2. *Introducción fórmula en PLC*

Se instalará un PLC, el cual dispondrá en su memoria las formulaciones de todas las fórmulas de la que dispone PERSAX para la fabricación de granza de PVC rígido.

El operario seleccionará la fórmula que necesite para cumplir con su producción programada y el PLC dará la orden de transportar las cantidades de materia prima necesarias, estas mayoritariamente tienen un porcentaje de 60% Resina de PVC, y 40% CaCO₃, y se calculan mediante un pesaje con células de carga.

Esta materia prima podrá ser transportada directamente desde los silos a las tolvas de los turbomezcladores o a una tolva intermedia donde se complete la formulación con los componentes minoritarios (TiO₂, Complejo, Pigmentos, Lubricantes...)

Hay dos posibles maneras para realizar las formulaciones.

3.a. *Tolva componentes minoritarios*

Transportar material en polvo mediante transporte mecánico desde los silos de materias primas hasta las tolvas de uno de los dos turbomezcladores.

Además, se deberá de disponer de una tolva donde se depositarán los componentes minoritarios, los cuales serán transportados mediante transporte neumático hasta las tolvas de uno de los dos turbomezcladores.

3.b. *Premezclado en tolvas*

Transportar material en polvo mediante transporte neumático desde los silos de materias primas hasta unas tolvas de premezclado, una por cada turbomezclador.

En estas tolvas se añadirían los componentes minoritarios. Una vez se añaden los componentes minoritarios se transportará la fórmula hasta las tolvas de los turbomezcladores mediante transporte mecánico.

Para nuestra instalación se va a optar por la solución 3.b.

4. *Mezclado y enfriamiento*

Se disponen de dos turbomezcladores, uno marca Caccia de 600 l y capacidad de 800 kg/h, y otro, marca Plasmec de 800 l y capacidad de 1000 kg/h.

El máximo tiempo de preparación de una mezcla de 22'49''

- Turbomezclador: 12'47''
- Enfriador: 10'02''

5. *Granceado*

Desde los turbomezcladores se transporta el material, que sigue siendo polvo, por transporte mecánico hasta la granceadora, ésta tiene una capacidad de 600 kg/h.

Se va a estudiar la posibilidad de la instalación de una segunda granceadora con una capacidad de 1000 kg/h, ya que ahora la única granceadora es el cuello de botella del proceso.

6. *Enfriamiento granza de PVC*

Una vez termina el proceso de granceado, el material pasa de ser polvo, a tener forma de 'pellet'. Este pellet se transporta desde la granceadora hasta el enfriador de granza mediante soplantes.

La enfriadora tiene una capacidad de 1000 kg/h.

7. *Almacén de granza de PVC*

Desde el enfriador se mueve la granza por transporte neumático a uno de los 20 silos de almacenamiento de granza. Se dispondrá de una manguera extensible a la salida del enfriador la cual se conectará a una de las 20 bocas de entrada para los silos. Estas bocas estarán ordenadas y señalizadas en una mesa de conexiones.

Los 20 silos tendrán una capacidad de 180 m³, siendo 10 silos de 10 m³ y 10 silos de 8 m³. Estos serán silos rectangulares para mayor optimización del espacio y la altura máxima podrá ser de 4,4 m dado que se debe dejar habilitado el paso del puente grúa.

8. *Extrusión de PVC*

A la salida de los silos de almacenamiento de granza se dispondrá de otra mesa de conexiones, en esta mesa habrá una o varias bocas de salida para cada silo, dependiendo de si de una formulación fuese necesario alimentar varias extrusoras. Las extrusoras dispondrán cada una de una manguera extensible para conectarlas a la mesa de conexiones de salida de los silos de almacenamiento de granza.

El movimiento del material desde los silos de almacenamiento de granza hasta las extrusoras se hará mediante transporte neumático. Las bombas deberán de estar dimensionadas para alimentar la capacidad de las 9 extrusoras, la cual es de 1000 kg/h.

4. PROBLEMA LINEAL DE PRODUCCIÓN DE GRANZA PVC

Para el dimensionado de la instalación, se va a realizar el cálculo de las necesidades de producción mediante programación lineal, es decir, teniendo en cuenta la disponibilidad de las materias primas, la demanda de los productos, y el coste de producción.

Revisando el histórico de ventas de productos de PVC en los años 2015, 2016, 2017 y con una previsión de crecimiento del 10% para 2018 y del 12% para 2019 se calculan los kg y/o m³ que se consumirán en el 2019:

Tabla 1. Tabla previsión producción por colores

COLOR	kg/año	kg/semana	m ³ /año	m ³ /semana
PIZARRA MOTEADO	1975,77	42,95	2,56	0,056
7048	2221,28	48,29	2,88	0,063
8017	2524,35	54,88	3,28	0,071
7022	3180,48	69,14	4,13	0,090
NEGRO	3375,95	73,39	4,38	0,095
BRONCE	4280,79	93,06	5,56	0,121
BLANCO ALICANTINA	5945,96	129,26	7,72	0,168
VERDE OLIVA	7981,19	173,50	10,36	0,225
7011	12888,91	280,20	16,73	0,364
MADERA	17239,21	374,77	22,37	0,486
GRIS	21087,06	458,41	27,37	0,595
MARFIL ALICANTINA	24645,61	535,77	31,98	0,695
BASE MARRON	27847,28	605,38	36,14	0,786
7016	30686,07	667,09	39,82	0,866
8014	38400,64	834,80	49,84	1,083
MARFIL NORMAL	43512,63	945,93	56,47	1,228
BLANCO BR	83004,10	1804,44	107,72	2,342
BLANCO NORMAL	90112,89	1958,98	116,95	2,542
BLANCO W	271556,68	5903,41	352,42	7,661
BLANCO COMPACTO	431541,10	9381,33	560,04	12,175
TOTAL MES		24434,96		31,711

Se han descartado los colores de los cuales se han consumido menos de 2.5 m³ en un año. Quedando un total de 20 colores, los cuales podemos agrupar en 13 fórmulas distintas.

Las formulaciones de granza de PVC tienen muchos componentes: Resina PVC, CaCO₃, complejo (one-pack), TiO₂, pigmentos, cera, filtro UV, ácido esteárico, ricino.

Estos componentes los podemos dividir en 3 familias:

- Componentes mayoritarios A: Son el 90% del total de la fórmula, Resina PVC y CaCO₃
- Componentes mayoritarios B: Son el 9% del total de la fórmula, complejo y TiO₂
- Componentes minoritarios: Son el 1% del total de la fórmula, resto de componentes

En PERSAX se disponen de dos tipos de CaCO₃ y dos tipos de complejo, estas son las formulaciones de los colores que se van a tener en cuenta:

DIMENSIONADO Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE IMPULSIÓN PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAS PRIMAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PVC

Tabla 2. Tabla cantidades materia prima por formulación

COLOR	RESINA PVC (kg)	CaCO ₃ A (kg)	CaCO ₃ B (kg)	Complejo (kg)	Complejo con modificador de impacto (kg)	TiO ₂ (kg)	Pigmento (kg)	Otros (kg)	TOTAL (kg)
BLANCO COMPACTO	200	120	-	-	14,67	13,65	-	2,5195	350,8395
BLANCO W	200	-	140	11	-	10,66	-	3,604	365,264
BLANCO NORMAL	200	-	100	10,67	-	21,376	-	0,33718	332,38318
BLANCO BR	200	-	80	10,7	-	18,67	-	0,9903	310,3603
MARFIL NORMAL	200	-	100	10,67	-	10,977	3,42	0,25	325,317
8014	200	120	-	-	14,67	-	6,835	0,2	341,705
7016	200	120	-	-	14,67	-	6,835	0,2	341,705
BASE MARRON	200	125	-	-	14,67	-	-	2,239	341,909
MARFIL ALICANTINA	200	-	80	10,667	-	4,67	12	0,963	308,3
GRIS	200	-	100	10,67	-	9,726	-	0,3503	320,7463
MADERA	200	-	80	10,667	-	2,88	3,067	-0,034	296,58
7011	200	120	-	-	14,67	-	6,835	0,2	341,705
VERDE OLIVA	200	-	80	10,667	-	-	3,067	-0,034	293,7
BLANCO ALICANTINA	200	-	80	10,667	-	10,667	12	0,666	314
BRONCE	200	80	-	-	14,67	-	6,0177	0,2	300,8877
NEGRO	200	120	-	-	14,67	-	6,835	0,2	341,705
7022	200	120	-	-	14,67	-	6,835	0,2	341,705
8017	200	120	-	-	14,67	-	6,835	0,2	341,705
7048	200	120	-	-	14,67	-	6,835	0,2	341,705
PIZARRA MOTEADO	200	120	-	-	14,67	-	6,835	0,2	341,705

Para reducir la cantidad de variables de 26 fórmulas a las 13 fórmulas nombradas anteriormente no se han tenido en cuenta los componentes minoritarios, ya que se puede decir que son valores residuales comparados con los mayoritarios.

DIMENSIONADO Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE IMPULSIÓN PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAS PRIMAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PVC

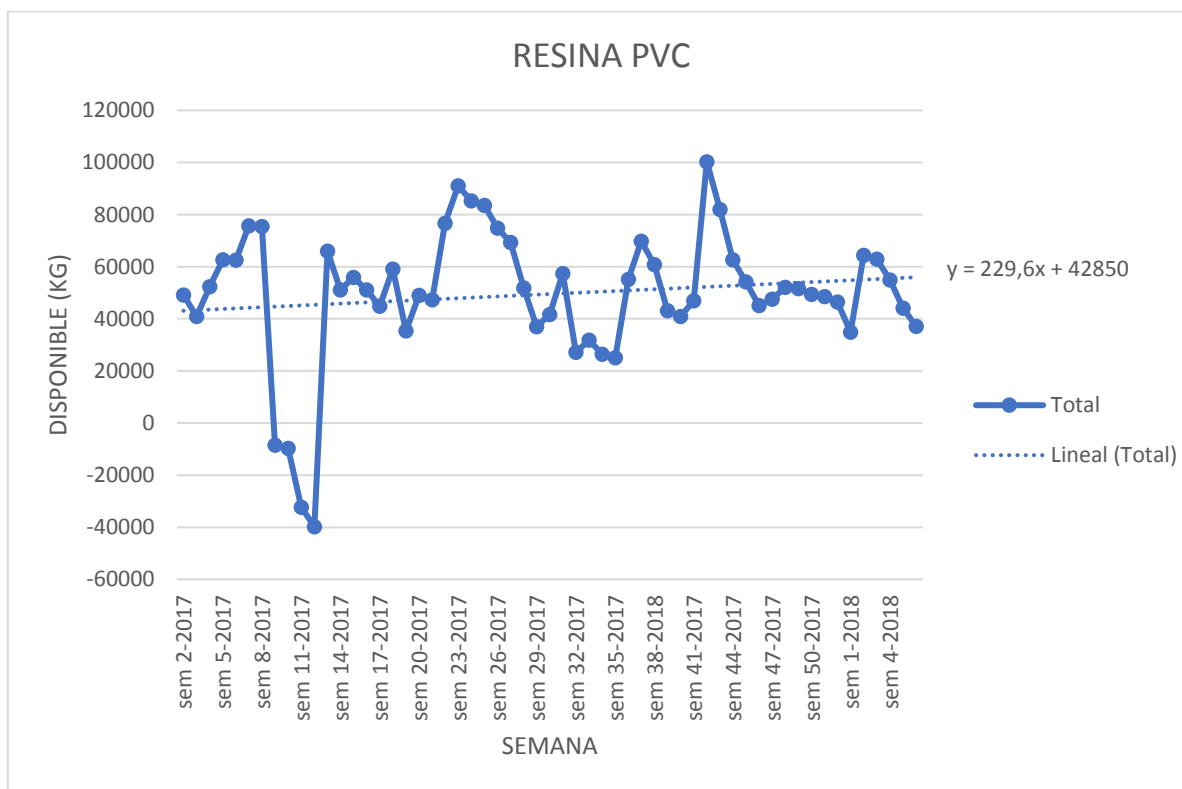
Tabla 3. Tabla cantidades materia prima por formulación agrupada

FORMULA	RESINA PVC (kg)	CaCO ₃ A (kg)	CaCO ₃ B (kg)	Complejo (kg)	Complejo con modificador de impacto (kg)	TiO ₂ (kg)
1	200	120	-	-	14,67	13,65
2	200	120	-	-	14,67	-
3	200	-	140	11	-	10,66
4	200	-	100	10,67	-	21,376
5	200	-	80	10,7	-	18,67
6	200	-	100	10,67	-	10,977
7	200	125	-	-	14,67	-
8	200	-	80	10,667	-	4,67
9	200	-	100	10,67	-	9,726
10	200	-	80	10,667	-	2,88
11	200	80	-	-	14,67	-
12	200	-	80	10,667	-	-
13	200	-	80	10,667	-	10,667

La disponibilidad semanal de las materias primas es de:

- Resina PVC: 42850 kg

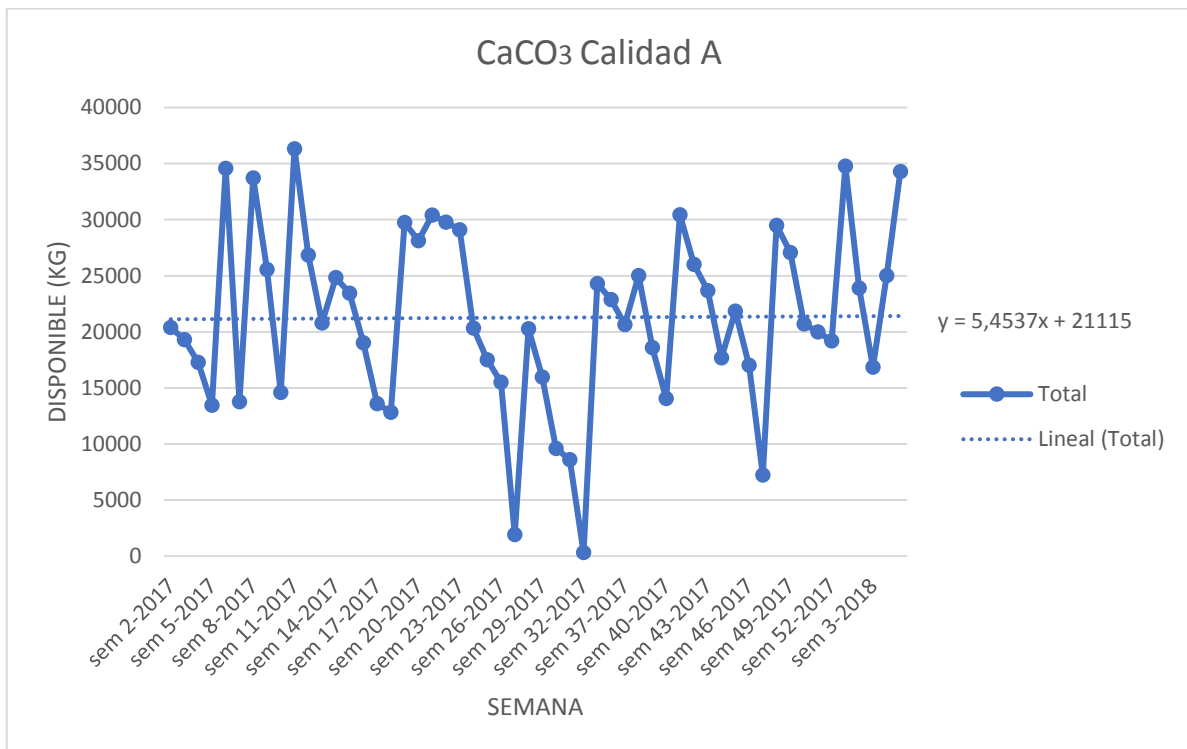
Gráfica 1. Stock Resina PVC semanal



DIMENSIONADO Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE IMPULSIÓN PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAS PRIMAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PVC

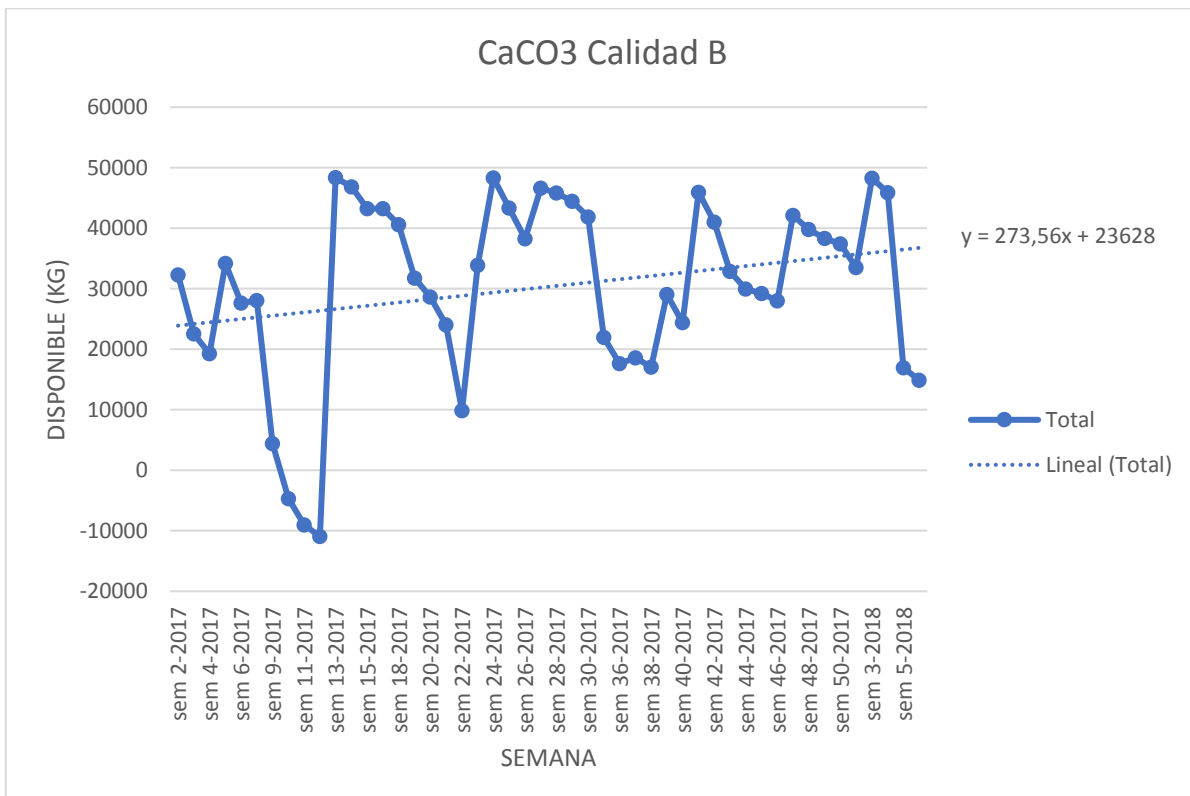
- CaCO₃ Calidad A: 21115 kg

Gráfica 2. Stock CaCO₃ Calidad A semanal



- CaCO₃ Calidad B: 23628 kg

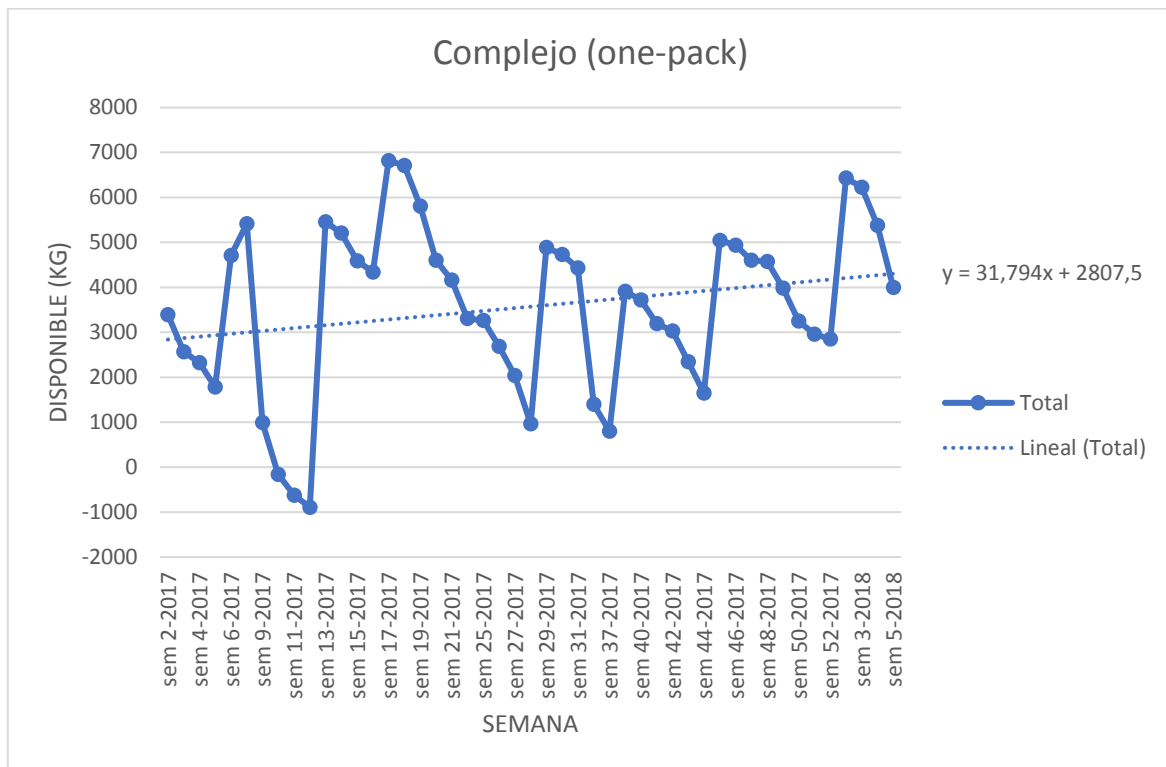
Gráfica 3. Stock CaCO₃ Calidad B semanal



DIMENSIONADO Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE IMPULSIÓN PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAS PRIMAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PVC

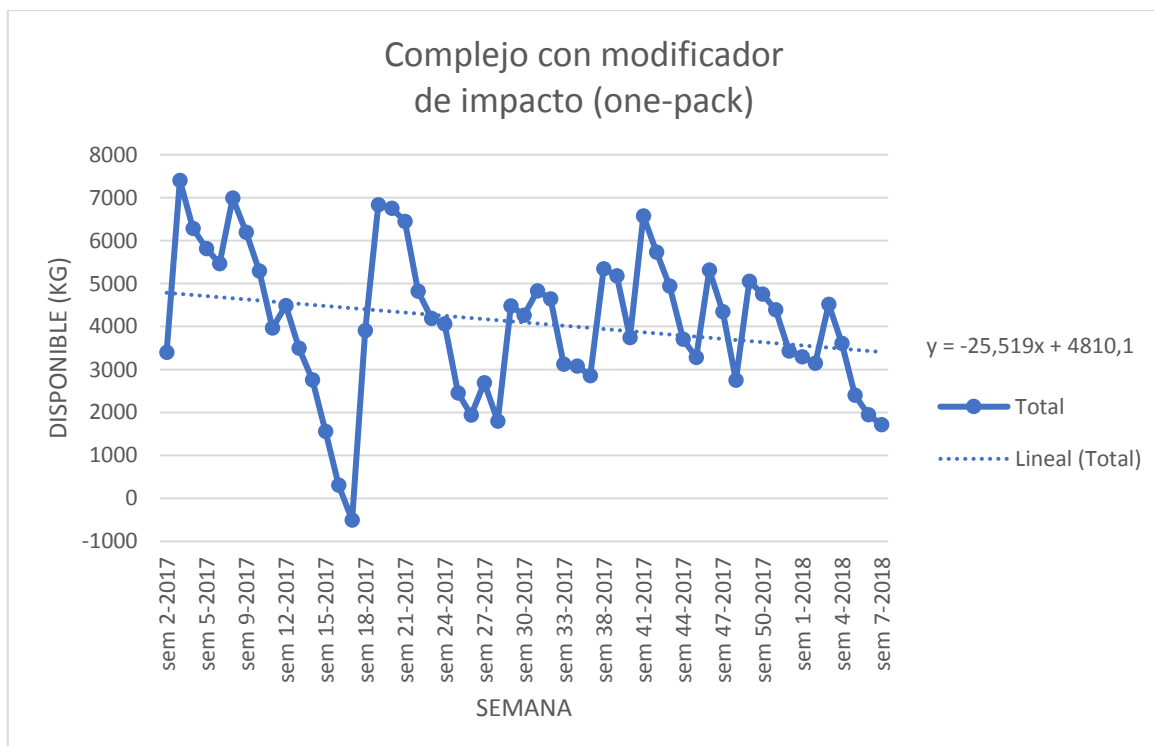
- Complejo (one-pack): 2807,5 kg

Gráfica 4. Stock Complejo semanal



- Complejo con modificador de impacto (one-pack): 4810,1 kg

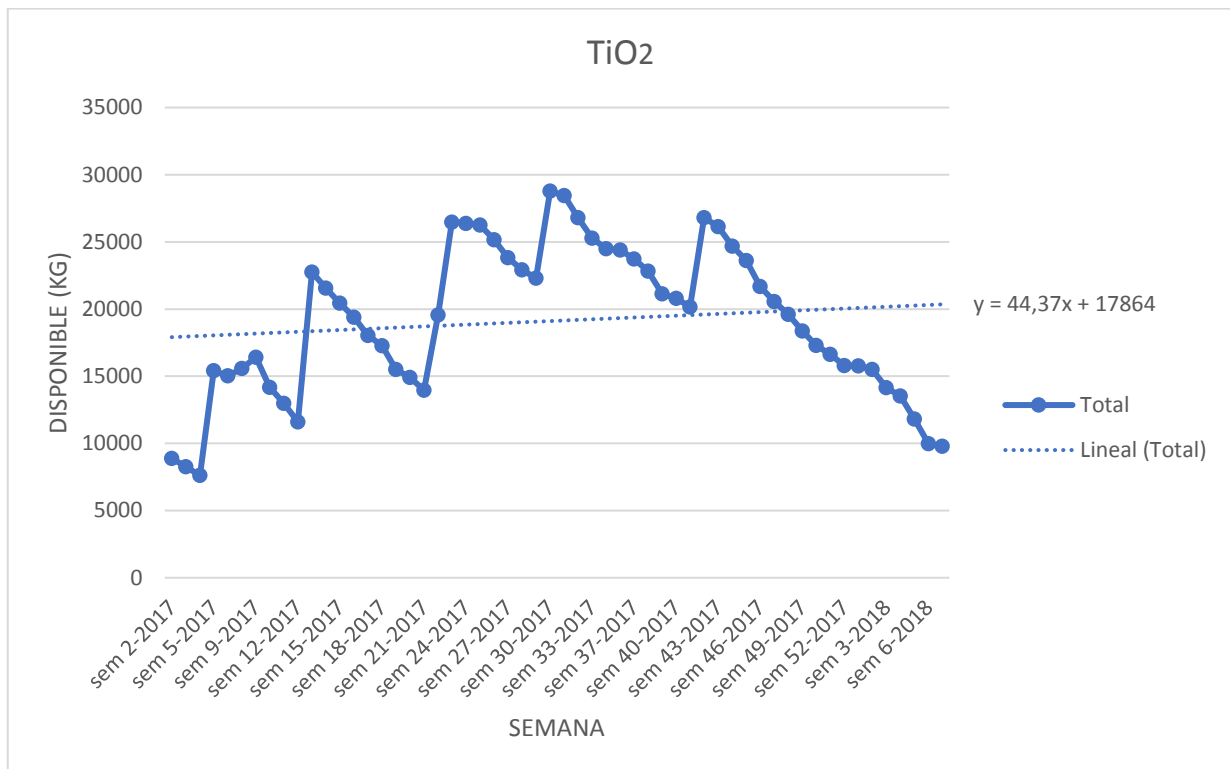
Gráfica 5. Stock Complejo con modificador de impacto semanal



DIMENSIONADO Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE IMPULSIÓN PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAS PRIMAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PVC

- TiO₂: 17864 kg

Gráfica 6. Stock TiO₂ semanal



Los costes de producción son los siguiente:

- Materia prima:

Tabla 4. Costes Materia Prima

COMPONENTE	PRECIO	UNIDAD
RESINA	0,98	€/kg
CaCO ₃ A	0,08	€/kg
CaCO ₃ B	0,06	€/kg
Complejo	2,15	€/kg
Complejo con modificador	2,17	€/kg
TiO ₂	2,75	€/kg

- Mano de obra:
Coste de operario: 15 €/h
- Energía:
Coste de energía: 0,146 €/kW

DIMENSIONADO Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE IMPULSIÓN PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAS PRIMAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PVC

En la producción del material acabado intervienen los siguientes equipos los cuales tienen las siguientes potencias de consumo:

Tabla 5. Potencias equipos

EQUIPO	P (kW)
GRANCEADORA ARGOS 93	70
TURBO. PLASMEC	85
L1 BC CONEX 50	31
BOMBA IMPULSIÓN	8
COMPRESOR	26
EQUIPO FRÍO	57

La capacidad productiva de la sección de granceado es de 600 kg/h la cual necesita de un operario, además la capacidad productiva de la sección de extrusión es de 1000 kg/h la cual necesita de tres operarios.

Finalmente, los costes de producción son:

Tabla 6. Costes producción por fórmula

FORMULA	COSTE FORMULA (€)	COSTE M.P. (€/kg)	COSTE ENERGÍA (€/h)	COSTE (€/kg)
1	274,97	0,78	40,44	0,92
2	237,43	0,69	40,44	0,80
3	257,37	0,70	40,44	0,77
4	283,72	0,85	40,44	0,92
5	275,15	0,89	40,44	0,95
6	255,13	0,78	40,44	0,85
7	237,83	0,70	40,44	0,76
8	236,58	0,69	40,44	0,76
9	251,69	0,74	40,44	0,80
10	231,65	0,75	40,44	0,82
11	234,23	0,79	40,44	0,85
12	223,73	0,76	40,44	0,83
13	253,07	0,81	40,44	0,87

Variables de decisión:

x_1 = nº fórmulas a fabricar semanalmente de Blanco Compacto (Fórmula 1)

x_2 = nº fórmulas a fabricar semanalmente de Colores Compacto (Fórmula 2)

x_3 = nº fórmulas a fabricar semanalmente de Blanco W (Fórmula 3)

x_4 = nº fórmulas a fabricar semanalmente de Blanco Normal (Fórmula 4)

x_5 = nº fórmulas a fabricar semanalmente de Blanco BR (Fórmula 5)

x_6 = nº fórmulas a fabricar semanalmente de Marfil Normal (Fórmula 6)

x_7 = nº fórmulas a fabricar semanalmente de Base Marrón (Fórmula 7)

x_8 = nº fórmulas a fabricar semanalmente de Marfil Alicantina (Fórmula 8)

x_9 = nº fórmulas a fabricar semanalmente de Gris (Fórmula 9)

x_{10} = nº fórmulas a fabricar semanalmente de Madera (Fórmula 10)

x_{11} = nº fórmulas a fabricar semanalmente de Bronce (Fórmula 11)

x_{12} = nº fórmulas a fabricar semanalmente de Verde Oliva (Fórmula 12)

x_{13} = nº fórmulas a fabricar semanalmente de Blanco Alicantina (Fórmula 13)

Restricciones con respecto a la disponibilidad de materias primas:

- Limitación de Resina PVC: 42850 kg

$$200 * (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13}) \leq 42850 \quad (1)$$

- Limitación de CaCO₃ Calidad A: 21115 kg

$$120 * (x_1 + x_2) + 125x_7 + 80x_{11} \leq 21115 \quad (2)$$

- Limitación de CaCO₃ Calidad B: 23628 kg

$$140x_3 + 100 * (x_4 + x_6 + x_9) + 80 * (x_5 + x_8 + x_{10} + x_{12} + x_{13}) \leq 23628 \quad (3)$$

- Limitación de Complejo (one-pack): 2807.5 kg

$$11x_3 + 10,67 * (x_4 + x_6 + x_9) + 10,7x_5 + 10,667 * (x_8 + x_{10} + x_{12} + x_{13}) \leq 2807,5 \quad (4)$$

- Limitación de Complejo con modificador de impacto (one-pack): 4810.1 kg

$$14,67 * (x_1 + x_2 + x_7 + x_{11}) \leq 4810,1 \quad (5)$$

- Limitación de TiO₂: 17864 kg

$$13,65x_1 + 10,66x_3 + 21,376x_4 + 18,67x_5 + 10,977x_6 + 4,67x_8 + 9,726x_9 + 2,88x_{10} + 10,667x_{13} \leq 17864 \quad (6)$$

Restricciones con respecto a la demanda:

- Demanda Fórmula 1

$$350,8395x_1 \geq 8990,44 \quad (7)$$

- Demanda Fórmula 2

$$341,705x_2 \geq 1984,45 \quad (8)$$

- Demanda Fórmula 3

$$365,264x_3 \geq 5657,43 \quad (9)$$

- Demanda Fórmula 4

$$332,3832x_4 \geq 1877,35 \quad (10)$$

- Demanda Fórmula 5 $310,3603x_5 \geq 1729,25$ (11)
- Demanda Fórmula 6 $325,317x_6 \geq 906,513$ (12)
- Demanda Fórmula 7 $341,909x_7 \geq 580,15$ (13)
- Demanda Fórmula 8 $308,3x_8 \geq 513,45$ (14)
- Demanda Fórmula 9 $320,7463x_9 \geq 439,31$ (15)
- Demanda Fórmula 10 $296,58x_{10} \geq 359,15$ (16)
- Demanda Fórmula 11 $300,8877x_{11} \geq 89,18$ (17)
- Demanda Fórmula 12 $293,7x_{12} \geq 166,28$ (18)
- Demanda Fórmula 13 $314x_{13} \geq 123,87$ (19)

Restricciones con respecto a la capacidad:

$$350,8395x_1 + 341,705x_2 + 365,264x_3 + 332,3832x_4 + 310,363x_5 + 325,317x_6 + 341,909x_7 + 308,3x_8 + 320,7463x_9 + 296,58x_{10} + 300,8877x_{11} + 293,7x_{12} + 314x_{13} \geq 57600 \quad (20)$$

$$350,8395x_1 + 341,705x_2 + 365,264x_3 + 332,3832x_4 + 310,363x_5 + 325,317x_6 + 341,909x_7 + 308,3x_8 + 320,7463x_9 + 296,58x_{10} + 300,8877x_{11} + 293,7x_{12} + 314x_{13} \leq 72000 \quad (21)$$

Función objetivo: Coste

$$323,1933x_1 + 274,8333x_2 + 282,2395x_3 + 306,1249x_4 + 296,0527x_5 + 277,04x_6 + 261,0133x_7 + 234,2155x_8 + 257,7197x_9 + 242,8397x_{10} + 254,5209x_{11} + 243,536x_{12} + 274,2476x_{13} \quad (22)$$

Finalmente, la formulación del problema que hay que resolver queda de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Min } & 323,1933x_1 + 274,8333x_2 + 282,2395x_3 + 306,1249x_4 + 296,0527x_5 + 277,04x_6 \\ & + 261,0133x_7 + 234,2155x_8 + 257,7197x_9 + 242,8397x_{10} + 254,5209x_{11} \\ & + 243,536x_{12} + 274,2476x_{13} \end{aligned}$$

$$200 * (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13}) \leq 42850$$

$$120 * (x_1 + x_2) + 125x_7 + 80x_{11} \leq 21115$$

$$140x_3 + 100 * (x_4 + x_6 + x_9) + 80 * (x_5 + x_8 + x_{10} + x_{12} + x_{13}) \leq 23628$$

$$11x_3 + 10,67 * (x_4 + x_6 + x_9) + 10,7x_5 + 10,667 * (x_8 + x_{10} + x_{12} + x_{13}) \leq 2807,5$$

$$14,67 * (x_1 + x_2 + x_7 + x_{11}) \leq 4810,1$$

$$13,65x_1 + 10,66x_3 + 21,376x_4 + 18,67x_5 + 10,977x_6 + 4,67x_8$$

$$+ 9,726x_9 + 2,88x_{10} + 10,667x_{13} \leq 17864$$

$$350,8395x_1 \geq 8990,44$$

$$341,705x_2 \geq 1984,45$$

$$365,264x_3 \geq 5657,43$$

$$332,3832x_4 \geq 1877,35$$

$$310,3603x_5 \geq 1729,25$$

$$325,317x_6 \geq 906,513$$

$$341,909x_7 \geq 580,15$$

$$308,3x_8 \geq 513,45$$

$$320,7463x_9 \geq 439,31$$

$$296,58x_{10} \geq 359,15$$

$$300,8877x_{11} \geq 89,18$$

$$293,7x_{12} \geq 166,28$$

$$314x_{13} \geq 123,87$$

$$\begin{aligned} & 350,8395x_1 + 341,705x_2 + 365,264x_3 + 332,3832x_4 + 310,363x_5 + 325,317x_6 \\ & + 341,909x_7 + 308,3x_8 + 320,7463x_9 + 296,58x_{10} + 300,8877x_{11} \\ & + 293,7x_{12} + 314x_{13} \geq 57600 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & 350,8395x_1 + 341,705x_2 + 365,264x_3 + 332,3832x_4 + 310,363x_5 + 325,317x_6 \\ & + 341,909x_7 + 308,3x_8 + 320,7463x_9 + 296,58x_{10} + 300,8877x_{11} \\ & + 293,7x_{12} + 314x_{13} \leq 72000 \end{aligned}$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13} = \mathbb{Z} +$$

Para la resolución de este problema hemos usado una hoja Excel con el módulo Solver. Obteniendo el siguiente resultado:

$$\begin{array}{lll} x_1 = 26 & x_5 = 6 & x_9 = 2 \\ x_2 = 6 & x_6 = 3 & x_{10} = 2 \\ x_3 = 16 & x_7 = 28 & x_{11} = 1 \\ x_4 = 6 & x_8 = 79 & x_{12} = 1 \\ & & x_{13} = 1 \end{array}$$

Los consumos semanales de cada formulación son:

$$\begin{array}{lll} \text{Fórmula 1} = 9121,83 \text{ kg} & \text{Fórmula 5} = 1862,16 \text{ kg} & \text{Fórmula 10} = 593,16 \text{ kg} \\ \text{Fórmula 2} = 2050,23 \text{ kg} & \text{Fórmula 6} = 975,95 \text{ kg} & \text{Fórmula 11} = 300,89 \text{ kg} \\ \text{Fórmula 3} = 5844,22 \text{ kg} & \text{Fórmula 7} = 9573,45 \text{ kg} & \text{Fórmula 12} = 293,70 \text{ kg} \\ \text{Fórmula 4} = 1994,30 \text{ kg} & \text{Fórmula 8} = 24355,70 \text{ kg} & \text{Fórmula 13} = 314,00 \text{ kg} \\ & \text{Fórmula 9} = 641,49 \text{ kg} & \text{CONSUMO TOTAL} = 57921,10 \text{ kg} \end{array}$$

Con unas holguras semanales de materia prima sobrante de:

- Resina PVC = 7450 kg
- CaCO₃ Calidad A = 13695 kg
- CaCO₃ Calidad B = 13168 kg
- Complejo (one-pack) = 1564,57 kg
- Complejo con modificador de impacto (one-pack) = 3915,23 kg
- TiO₂ = 16660,52 kg

5. DIMENSIONADO INSTALACIÓN DE TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA

Existen diferentes tipos de transportes de materias primas dependiendo del estado del material, sólido, líquido o polvo, del tamaño del material a transportar, velocidad, densidades... Estos tipos de transporte son:

- Transporte por gravedad
- Transporte hidráulico
- Transporte neumático
- Transporte mecánico

Los sistemas de transporte neumático son simples y sirven para el transporte, carga y/o descarga de productos granulares, pulverulentos y micronizados de cualquier densidad. Basándonos en el movimiento de sólidos en una corriente de aire a una velocidad determinada y en una dirección concreta, calculamos el volumen y presión de aire necesarios en cada caso, en función de la distancia a recorrer y de la naturaleza del producto a transportar.

DIMENSIONADO Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE IMPULSIÓN PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAS PRIMAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PVC

Las instalaciones de transporte neumático pueden ser diseñadas para trabajar por aspiración o presión negativa, o por impulsión o presión positiva.

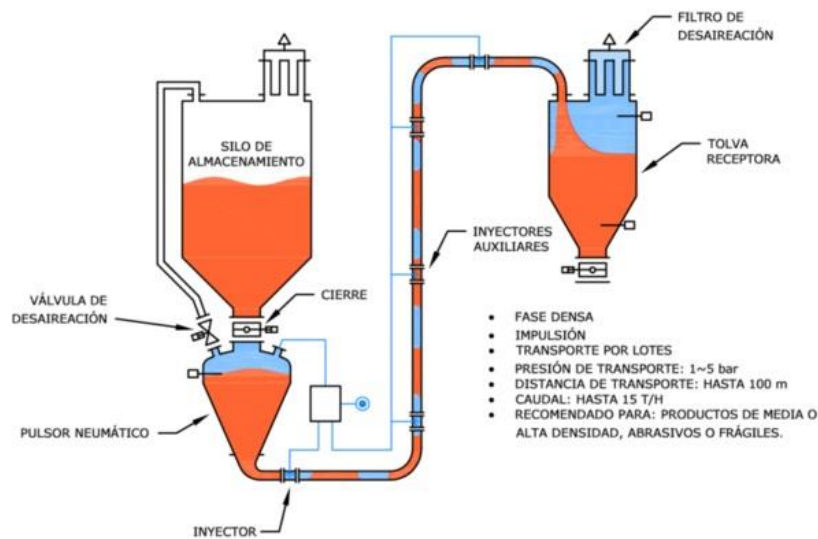


Ilustración 35. Esquema funcionamiento del transporte por impulsión

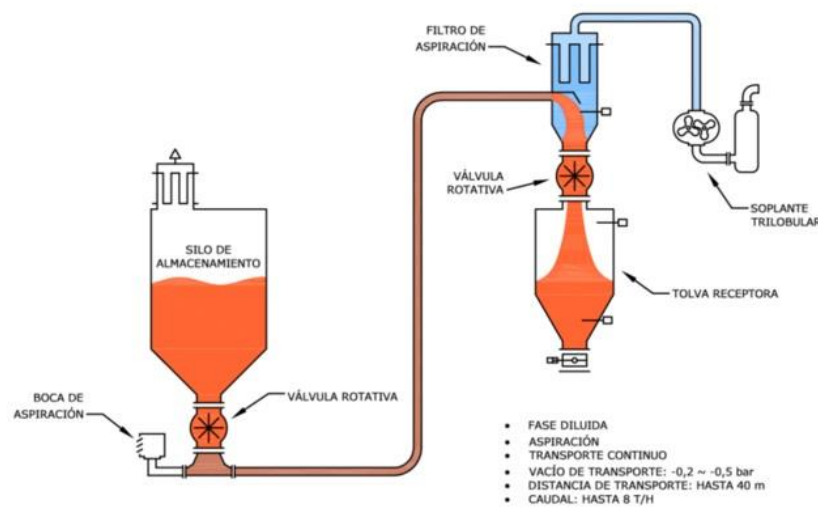


Ilustración 36. Esquema funcionamiento del transporte por aspiración

Dependiendo de la velocidad y del contenido de sólidos en el aire el transporte se puede clasificar como:

- Transporte en fase diluida
- Transporte en fase densa

El flujo en fase diluida se caracteriza por trabajar a altas velocidades, presiones reducidas, grandes volúmenes de aire y concentraciones bajas del material a transportar, las partículas van suspendidas en el flujo.

Tabla 7. Principales diferencias entre los transportes en fases diluida y densa

Propiedad	Transporte en fase diluida	Transporte en fase densa
Velocidad del gas, m/s	20	1-5
Concentración de sólidos, % en volumen	<1	>30
$\Delta P/L$, mbar/m	<5	>20

El flujo en fase densa se caracteriza por trabajar a bajas velocidades, altas presiones, y concentraciones altas de material, las partículas no se encuentran completamente suspendidas en el flujo y la interacción entre ellas es mucho mayor. Las bajas velocidades de las partículas del material implican que los materiales abrasivos y frágiles pueden ser transportados sin gran erosión de las tuberías ni degradación del producto. En las Ilustraciones 37 y 38 se muestran los diferentes patrones de flujo (Ingeniería de las operaciones básicas mecánicas, Gunt).

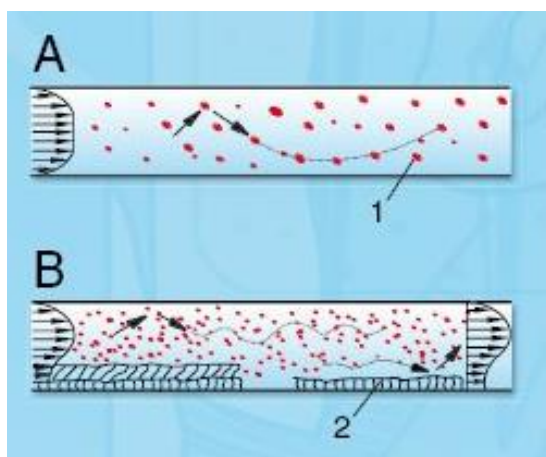


Ilustración 37. Tipos de transporte neumático:
A- Transporte en fase diluida (1- partículas sólidas)
B- Transporte en madeja (2- madeja)

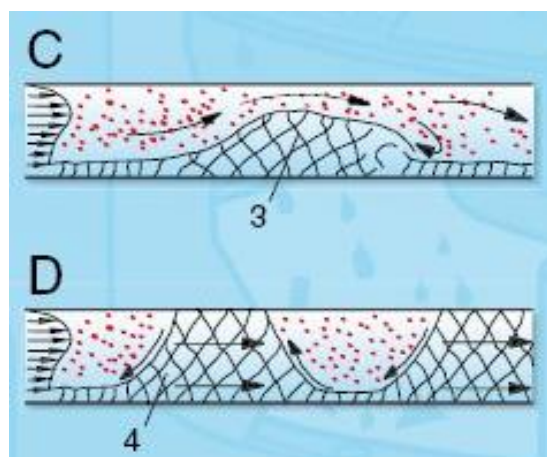


Ilustración 38. Tipos de transporte neumático:
C- Transporte en fase densa, en dunas (3- formación de conglomerado a partir de una duna) D- Transporte en fase densa, en tapón (4- tapón conmovedor)

El material a transportar por la instalación en determinadas fases es polvo y en otras son sólidos de pequeño tamaño, dependiendo del recorrido y la distancia de la instalación en unas partes se instalará transporte neumático y en otras, transporte mecánico mediante un sinfín.

El transporte neumático se realizará en fase densa, ya que las velocidades a las que se necesitan trabajar son lentas y este tipo de transporte necesita menores requerimientos de energía. Si bien la ecuación de la energía mecánica utilizada para el cálculo del transporte neumático en fase diluida también es válida para la fase densa, tiene poca aplicabilidad ya que los resultados no son confiables. Por lo general el diseño de la instalación de transporte en fase densa se basa en la experiencia previa por prueba y error, y el cálculo de forma empírica.

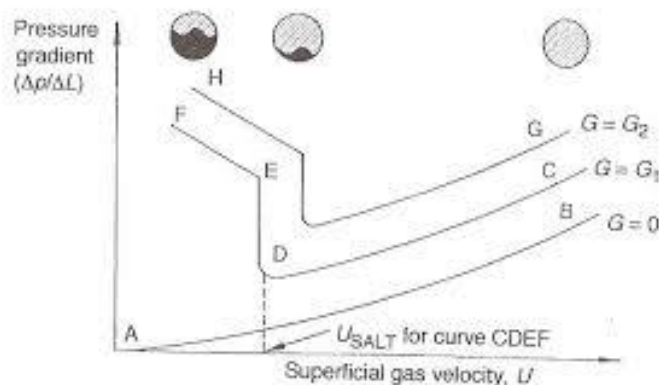


Ilustración 39. Diagrama de fases en transporte neumático horizontal.
Fuente: Rhodes (2003)

Dado que no se dispone de experiencia en el diseño de este tipo de instalaciones y tampoco de medios para realizar cálculos experimentales, se realiza el cálculo para el transporte en fase diluida.

Uno de los términos que se calculan en el transporte en fase diluida es la velocidad de sedimentación, esta es la velocidad en la que las partículas que se están moviendo en fase diluida empiezan a sedimentarse en el fondo de la línea de transporte o lo que es lo mismo, la velocidad en la que el transporte cambia de fase densa a fase diluida.

Esta velocidad tampoco puede obtenerse de forma teórica, por lo que se utilizan correlaciones. Rhodes (2003) sugiere la siguiente ecuación:

$$\frac{m_p}{\rho_f u_{salt} A} = \left[\frac{1}{10^{(1440x+1,96)}} \right] \left(\frac{u_{salt}}{\sqrt{g D}} \right)^{(1100x+2,5)} \quad (23)$$

Donde m_p es el flujo másico de sólidos, u_{salt} es la velocidad de sedimentación, x es el tamaño de partícula y A el área transversal del tubo.

A continuación, se describen las distintas fases del transporte de material en la instalación a calcular:

La primera fase de la instalación se trata de transporte neumático desde los silos exteriores de materias primas hasta las tolvas de premezclado, la Resina PVC recorrerá un total de 16,7 m con 2,5 m de desnivel y los CaCO_3 de cada calidad 12,7 m y 9,7 m, respectivamente, con el mismo desnivel.

La segunda fase es el transporte mecánico desde las tolvas de premezclado hasta los distintos turbomezcladores, hasta el Caccia tenemos una distancia de 8m con un desnivel de 4,6 m y hasta el Plasmec 13,5 m con el mismo desnivel.

Los turbomezcladores tardan de media unos 10 minutos en realizar la mezcla, por lo que en 10 minutos el material tiene que llegar hasta las tolvas de premezclado, el operario debe de completar la fórmula con los componentes faltantes, Complejo, TiO_2 , y componentes minoritarios y por último una vez completada la fórmula llegar hasta los turbomezcladores.

Por lo que vamos a contemplar que el recorrido de la fase uno y dos se realiza cada uno en 4 min y que el operario tarda 2 min en completar la fórmula, tardando la operación un total de 10 min.

La tercera fase es el transporte mecánico de la fórmula mezclada desde los turbomezcladores hasta la granceadora habiendo una distancia de 5,83 m con un desnivel de 3 m desde cada uno de ellos.

La cuarta fase es el transporte neumático de la granza de PVC desde la enfriadora de granza hasta los silos de almacenaje de granza, hasta el silo más lejano tenemos una distancia de 38 m con un desnivel de 4,5 m

5.1. Dimensionado Tuberías Fase 1 instalación de transporte

Una vez calculado el movimiento semanal de materia prima (57921,1 kg) podemos comenzar con el dimensionado de la instalación. El flujo másico será 57921,1 kg entre 15 turnos por semana entre 8 h por turno, lo que es igual a 482,68 kg/h.

- Resina PVC

Teniendo la distancia a recorrer y el tiempo necesario, la velocidad de arrastre es:

$$v = d/t \quad (24)$$

$$v = 16,7/4 = 4,175 \frac{m}{min} \rightarrow v = 250,5 m/h$$

El flujo de masa es igual a la densidad del material por la velocidad de arrastre:

$$G = \rho \times v \quad (25)$$

$$G = 580 \times 250,5 = 145290 \frac{kg}{m^2h}$$

Dado que la Resina PVC es el 60% de las fórmulas el flujo másico es:

$$m = 482,68 \times 0,6 = 290 kg/h$$

Con los resultados obtenidos podemos calcular la sección necesaria conseguir el flujo requerido:

$$m = G \times S \rightarrow S = \frac{m}{G} \quad (26)$$

$$S = 290/145290 = 0,001996 m^2$$

$$S = \pi \times r^2 \rightarrow r = \sqrt{\frac{S}{\pi}} \quad (27)$$

$$r = \sqrt{\frac{0,001996}{\pi}} = 0,02521 m = 25 mm$$

$$d = 25 \times 2 = 50 \text{ mm}$$

Viendo los diámetros estándar de tuberías en acero inoxidable (Tabla), pasa de 48,3 mm a 60,3 mm, seleccionamos la inmediatamente superior, tubería de acero inoxidable de 60,3 x 1,6 mm.

Tubería ISO Acero Inoxidable			
DN pulgadas		Tubos	
		medidas (mm)	peso (kg/m)
3/8"	DN-10	17,2 x 1,6	0,646
		17,2 x 2,0	0,766
1/2"	DN-15	21,3 x 1,6	0,817
		21,3 x 2,0	0,973
		21,3 x 2,6	1,285
3/4"	DN-20	26,9 x 1,6	1,049
		26,9 x 2,0	1,255
		26,9 x 2,6	1,6
1"	DN-25	33,7 x 1,6	1,332
		33,7 x 2,0	1,598
		33,7 x 2,6	2,05
1 - 1/4"	DN-32	42,4 x 1,6	1,694
		42,4 x 2,0	2,036
		42,4 x 2,6	2,6
		42,4 x 3,0	2,979
1 - 1/2"	DN-40	48,3 x 1,6	1,939
		48,3 x 2,0	2,333
		48,3 x 2,6	3,04
		48,3 x 3,0	3,424
2"	DN-50	60,3 x 1,6	2,438
		60,3 x 2,0	2,938
		60,3 x 2,6	3,77
		60,3 x 3,0	4,331
2 - 1/2"	DN-65	76,1 x 1,6	3,095
		76,1 x 2,0	3,734
		76,1 x 2,6	4,82
		76,1 x 3,0	5,526
3"	DN-80	88,9 x 1,6	3,627
		88,9 x 2,0	4,379

Ilustración 40. Fragmento tabla tamaños estándar de tubos de acero inoxidable del Catálogo de Eduardo Cortina

- CaCO_3

Sólo tendremos en cuenta el silo de CaCO_3 más alejado de las tolvas de premezclado.

La velocidad de arrastre es:

$$v = 12,7/4 = 3,175 \frac{m}{min} \rightarrow v = 190,5 \text{ m/h}$$

El flujo de masa:

$$G = 1001 \times 190,5 = 190690 \frac{kg}{m^2h}$$

Dado que el CaCO_3 es el 40% de las fórmulas el flujo másico es:

$$m = 482,68 \times 0,4 = 193 \text{ kg/h}$$

Sección necesaria:

$$S = 193/190690 = 0,00101 \text{ m}^2$$
$$r = \sqrt{\frac{0,00101}{\pi}} = 0,01795 \text{ m} = 18 \text{ mm}$$
$$d = 18 \times 2 = 36 \text{ mm}$$

Viendo los diámetros estándar de tuberías en acero inoxidable (Tabla), pasa de 33,7 mm a 42,4 mm, seleccionamos la inmediatamente superior, tubería de acero inoxidable de 42,4 x 1,6 mm.

5.2. Dimensionado Tuberías Fase 2 instalación de transporte

- Turbomezclador Caccia

La velocidad de arrastre es:

$$v = 8/4 = 2 \frac{\text{m}}{\text{min}} \rightarrow v = 120 \text{ m/h}$$

Dado que las fórmulas de granza son en un 90% Resina de PVC y CaCO_3 a un 60/40 estimamos que la densidad aparente de la fórmula es igual a $(580 \times 0,6) + (1001 \times 0,4) = 748,4 \text{ kg/m}^3$, el flujo de masa es:

$$G = 748,4 \times 120 = 89808 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{h}}$$

Como se ha dicho anteriormente el flujo másico es:

$$m = 482,68 \text{ kg/h}$$

Con los resultados obtenidos podemos calcular la sección necesaria conseguir el flujo requerido:

$$S = 482,68/89808 = 0,00537 \text{ m}^2$$
$$r = \sqrt{\frac{0,00537}{\pi}} = 0,04136 \text{ m} = 41 \text{ mm}$$
$$d = 41 \times 2 = 82 \text{ mm}$$

Viendo los diámetros estándar de tuberías en acero inoxidable (Tabla), pasa de 76,1 mm a 88,9 mm, seleccionamos la inmediatamente superior, tubería de acero inoxidable de 88,9 x 1,6 mm.

- Turbomezclador Plasmec

La velocidad de arrastre es:

$$v = 13,5/4 = 3,375 \frac{\text{m}}{\text{min}} \rightarrow v = 202,5 \text{ m/h}$$

El flujo de masa:

$$G = 748,4 \times 202,5 = 151551 \frac{kg}{m^2h}$$

Como se ha dicho anteriormente el flujo másico es:

$$m = 482,68 \text{ kg/h}$$

Sección necesaria:

$$S = 482,68 / 151551 = 0,00319 \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{0,00319}{\pi}} = 0,03184 \text{ m} = 32 \text{ mm}$$

$$d = 32 \times 2 = 64 \text{ mm}$$

Viendo los diámetros estándar de tuberías en acero inoxidable (Tabla), pasa de 60,3 mm a 76,1 mm, seleccionamos la inmediatamente superior, tubería de acero inoxidable de 76,1 x 1,6 mm.

5.3. Dimensionado Tuberías Fase 3 instalación de transporte

Teniendo que pasar la fórmula desde los turbomezcladores a la granceadora en 1 minuto, la velocidad de arrastre es:

$$v = 5,83 / 1 = 5,83 \frac{m}{min} \rightarrow v = 350 \text{ m/h}$$

El flujo de masa es:

$$G = 748,4 \times 350 = 261790,32 \frac{kg}{m^2h}$$

Como se ha dicho anteriormente el flujo másico es:

$$m = 482,68 \text{ kg/h}$$

Con los resultados obtenidos podemos calcular la sección necesaria conseguir el flujo requerido:

$$S = 482,68 / 261790,32 = 0,001844 \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{0,001844}{\pi}} = 0,02423 \text{ m} = 25 \text{ mm}$$

$$d = 25 \times 2 = 50 \text{ mm}$$

Viendo los diámetros estándar de tuberías en acero inoxidable (Tabla), pasa de 48,3 mm a 60,3 mm, seleccionamos la inmediatamente superior, tubería de acero inoxidable de 60,3 x 1,6 mm.

5.4. Dimensionado Tuberías Fase 4 instalación de transporte

Teniendo que pasar la granza de PVC desde el enfriador de granza hasta el silo más lejano en 5 minutos, la velocidad de arrastre es:

$$v = 38/5 = 7,6 \frac{m}{min} \rightarrow v = 456 m/h$$

La granza de PVC tiene una densidad aparente media medida en laboratorio de 770,55 kg/m³, siendo el flujo de masa:

$$G = 770,55 \times 456 = 351370,8 \frac{kg}{m^2h}$$

Como se ha dicho anteriormente el flujo másico es:

$$m = 482,68 kg/h$$

Con los resultados obtenidos podemos calcular la sección necesaria conseguir el flujo requerido:

$$S = 482,68/351370,8 = 0,00137 m^2$$

$$r = \sqrt{\frac{0,00137}{\pi}} = 0,02091 m = 21 mm$$

$$d = 21 \times 2 = 42 mm$$

Viendo los diámetros estándar de tuberías en acero inoxidable (Tabla), seleccionamos la tubería de acero inoxidable de 42,4 x 1,6 mm.

5.5. Dimensionado soplante Fase 1 instalación de transporte

Se debe de obtener la caída de presión a lo largo de la línea de transporte y para ello es necesario plantear el balance de energía mecánica para el sistema. Se considera la sección diferencial de la tubería descrita en la Ilustración 39, para este sistema el balance de cantidad de movimiento conduce a:

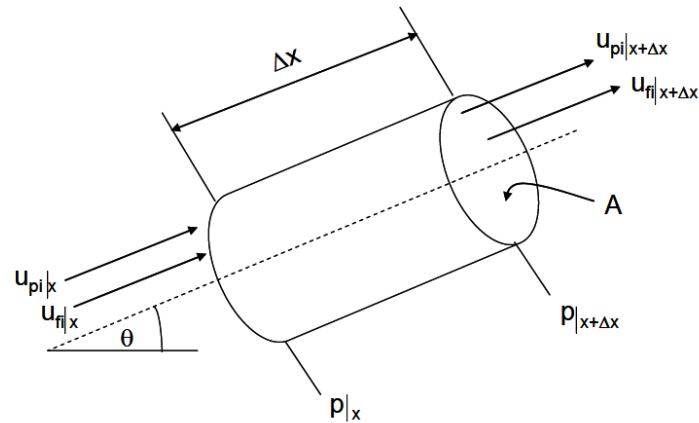


Ilustración 41. Sección de una línea de transporte. Adaptado de Rhodes (2003)

Haciendo el balance de energía mecánica en estado estacionario, asumiendo densidad y porosidad constantes, e integrando resulta:

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \varepsilon \rho_f u_{fi}^2 + \frac{1}{2} (1 - \varepsilon) \rho_p u_{pi}^2 + F_{fw}L + F_{pw}L + (1 - \varepsilon)L\rho_p g \sin \theta + \varepsilon L\rho_f g \sin \theta = 0 \quad (28)$$

(1) (2) (3) (4) (5) (6)

La ecuación xx indica la caída de presión en un tramo de línea recta que transporta sólidos dada por los siguientes términos:

1. Pérdida de carga por aceleración del gas
2. Pérdida de carga por aceleración de los sólidos
3. Pérdida de presión debido a la fricción del gas con la pared
4. Pérdida de presión debido a la fricción de los sólidos con la pared
5. Pérdida de carga por la energía potencial de los sólidos
6. Pérdida de carga por la energía potencial del gas

- Resina PVC

Tabla 8

		VALOR	UNIDADES
Gravedad	<i>g</i>	9,81	m/s ²
flujo másico	<i>mp</i>	0,081	kg/s
Tamaño partícula	<i>x</i>	0,25 x 10 ⁻⁴	m
Densidad material	<i>ρ_p</i>	580	kg/m ³
Longitud vertical	<i>L_v</i>	2,5	m
Longitud horizontal	<i>L_h</i>	16,7	m
Codos 90°	<i>n</i>	5	uds
Viscosidad del fluido	<i>μ</i>	1,845 x 10 ⁻⁵	Pa*s
Densidad del flujo	<i>ρ_f</i>	1,187	kg/m ³
Diámetro tubería	<i>D</i>	60,3 x 10 ⁻³	m
Sección tubería	<i>A</i>	2,86 x 10 ⁻³	m ²

DIMENSIONADO Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE IMPULSIÓN PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAS PRIMAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PVC

Con los datos disponibles y/o calculados hasta ahora (Tabla 8) se calculan las pérdidas de carga de la línea de transporte de Resina de PVC, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 9:

Tabla 9

		VALOR	UNIDADES
Velocidad de sedimentación	$usalt$	7,483	m/s
Velocidad superficial	uf	11,224	m/s
Caudal volumétrico de fluido	Qf	0,032	m ³ /s
Velocidad intersticial de las partículas	upi	10,506	m/s
Porosidad (tramos horizontales)	ϵ	0,995	
Velocidad intersticial del fluido	ufi	11,276	m/s
Nº Reynolds	Red	43542,366	
Factor de fricción	f	0,005	
Pérdida de presión debido a la fricción del gas con la pared (tramos horizontales)	$F_{fw} L (3)$	449,921	Pa
Nº Reynolds	Rep	1,239	
Coefficiente de arrastre	Cd	16,271	
Factor de fricción	f_p	0,162	
Pérdida de presión debido a la fricción de los sólidos con la pared (tramos horizontales)	$F_{pw} L (4)$	26563,709	Pa
Pérdida de carga por aceleración del gas	(1)	75,113	Pa
Pérdida de carga por aceleración de los sólidos	(2)	148,175	Pa
Pérdidas de carga en los tramos horizontales	Δp_{hor}	27236,918	Pa
Pérdida de presión debido a la fricción del gas con la pared (tramo vertical)	$F_{fw} L (3)$	67,353	Pa
Pérdida de presión debido a la fricción de los sólidos con la pared (tramo vertical)	$F_{pw} L (4)$	51,244	Pa
Porosidad (tramos verticales)	ϵ	0,996	
Pérdida de carga por la energía potencial de los sólidos	(5)	61,383	Pa
Pérdida de carga por la energía potencial del gas	(6)	28,956	Pa
Pérdidas de carga en los tramos verticales	Δp_{vert}	208,936	Pa
Pérdidas de carga en codos	Δp_{codos}	3134,035	Pa
Pérdidas de carga instalación	Δp	30579,888	Pa
	Δp	0,306	bar



Ilustración 42. Soplante tipo Roots trilobular

El soplante que se instalará capaz de soportar las pérdidas calculadas es un soplante tipo Roots trilobular (Ilustración 40) del fabricante Pedro Gil, referencia PG30.10 F1 (Ilustración 41) de 3 kW de potencia, 400 mbar de presión diferencial máxima, y 2,3 m³/min de flujo volumétrico máximo a 2900 rpm (Ilustración 42).



Ilustración 43. Soplante Pedro Gil serie PG30 F1 en cabina insonorizada



Consultar cuando se requieran presiones y caudales no contemplados. / Ask when requested pressures and intake capacities are not shown.

Δp/mbar	TAMAÑO / SIZE	30 10 / DN - 50						30 20 / DN - 80						30 30 / DN - 80						
300	Q ₁ m ³ /min.	0,74	1,87	2,43	3,45	4,24	4,58	1,15	2,7	3,47	4,87	5,95	6,42	1,55	3,62	4,66	6,52	7,97	8,59	
	Δt °C	53	36	34	31	30	30	47	34	32	30	29	29	47	34	32	30	29	29	
	R.P.M sopl.	1.400	2.400	2.900	3.800	4.500	4.800	1.400	2.400	2.900	3.800	4.500	4.800	1.400	2.400	2.900	3.800	4.500	4.800	
	R.P.M mtr.	2.860	2.850	2.895	2.895	2.895	2.910	2.850	2.895	2.895	2.895	2.910	2.910	2.850	2.895	2.910	2.910	2.910	2.910	
	kW	N. abs	1	1,7	2	2,6	3,1	3,3	1,3	2,3	2,8	3,6	4,3	4,6	1,7	2,9	3,5	4,6	5,4	5,8
		N. motor	1,5	2,2	3	3	4	5,5	2,2	3	3	5,5	5,5	5,5	2,2	4	5,5	7,5	7,5	7,5
	dB(A)	s. cab.	66	72	75	79	83	85	68	74	77	80	83	84	73	78	79	82	86	86
c. cab.		63	63	64	64	65	65	63	64	64	64	65	65	64	65	65	66	67	67	
400	Q ₁ m ³ /min.	0,61	1,74	2,3	3,32	4,11	4,45	0,99	2,54	3,31	4,71	5,79	6,26	1,34	3,41	4,45	6,31	7,76	8,38	
	Δt °C	86	52	47	43	41	40	73	49	45	42	40	39	72	48	45	41	40	39	
	R.P.M sopl.	1.400	2.400	2.900	3.800	4.500	4.800	1.400	2.400	2.900	3.800	4.500	4.800	1.400	2.400	2.900	3.800	4.500	4.800	
	R.P.M mtr.	2.860	2.895	2.895	2.895	2.910	2.910	2.850	2.895	2.895	2.910	2.910	2.910	2.895	2.910	2.910	2.915	2.915	2.915	
	kW	N. abs	1,2	2,1	2,6	3,3	4	4,2	1,7	2,9	3,5	4,6	5,4	5,8	2,2	3,7	4,5	5,9	7	7,5
		N. motor	1,5	3	3	4	5,5	5,5	2,2	4	4	5,5	7,5	7,5	3	5,5	5,5	7,5	11	11
	dB(A)	s. cab.	66	72	75	79	84	85	68	75	78	80	84	85	74	78	80	83	88	88
c. cab.		63	64	64	64	65	65	63	64	64	64	65	65	65	65	66	67	68	68	
500	Q ₁ m ³ /min.	1,62	2,19	3,2	4	4,33	0,85	2,4	3,17	4,57	5,65	6,12	1,16	3,23	4,26	6,13	7,58	8,2		
	Δt °C	69	62	56	53	52	106	64	59	54	51	50	104	64	58	53	51	50		
	R.P.M sopl.	2.400	2.900	3.800	4.500	4.800	1.400	2.400	2.900	3.800	4.500	4.800	1.400	2.400	2.900	3.800	4.500	4.800		
	R.P.M mtr.	2.895	2.895	2.910	2.910	2.910	2.895	2.895	2.910	2.910	2.910	2.910	2.895	2.910	2.910	2.915	2.915	2.915		
	kW	N. abs	2,6	3,1	4,1	4,8	5,1	2,1	3,5	4,3	5,6	6,6	7	2,7	4,6	5,5	7,2	8,6	9,1	
		N. motor	3	4	5,5	7,5	7,5	3	4	5,5	7,5	7,5	7,5	4	5,5	7,5	11	11	11	
	dB(A)	s. cab.	72	77	82	86	86	69	75	78	80	85	85	75	78	80	84	87	87	
c. cab.		63	63	64	67	67	63	64	64	64	65	65	65	66	66	67	69	69		

Ilustración 44. Información técnica de soplantes, catálogo fabricante Pedro Gil

- CaCO₃

Este soplante de encargará de impulsar los CaCO₃ de las dos calidades, ya que la demanda de estos materiales será alterna, para realizar los cálculos se coge el CaCO₃ de mayor densidad ya que éste será el que necesite mayor presión para ser transportado.

Tabla 10

		VALOR	UNIDADES
Gravedad	<i>g</i>	9,81	m/s ²
flujo másico	<i>mp</i>	0,054	kg/s
Tamaño partícula	<i>x</i>	0,3 x 10 ⁻⁵	m
Densidad material	<i>ρ_p</i>	1001	kg/m ³
Longitud vertical	<i>L_v</i>	2,5	m
Longitud horizontal	<i>L_h</i>	12,7	m
Codos 90°	<i>n</i>	5	uds
Viscosidad del fluido	<i>μ</i>	1,845 x 10 ⁻⁵	Pa*s
Densidad del flujo	<i>ρ_f</i>	1,187	kg/m ³
Diámetro tubería	<i>D</i>	42,4 x 10 ⁻³	m
Sección tubería	<i>A</i>	1,41 x 10 ⁻³	m ²

Con los datos disponibles y/o calculados hasta ahora (Tabla 10) se calculan las pérdidas de carga de la línea de transporte de CaCO₃, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 11:

Tabla 11

		VALOR	UNIDADES
Velocidad de sedimentación	$usalt$	7,182	m/s
Velocidad superficial	uf	10,773	m/s
Caudal volumétrico de fluido	Qf	0,015	m ³ /s
Velocidad intersticial de las partículas	upi	9,817	m/s
Porosidad (tramos horizontales)	ϵ	0,996	
Velocidad intersticial del fluido	ufi	10,815	m/s
Nº Reynolds	Red	29387,381	
Factor de fricción	f	0,006	
Pérdida de presión debido a la fricción del gas con la pared (tramos horizontales)	$Ffw L (3)$	484,982	Pa
Nº Reynolds	Rep	1,926	
Coefficiente de arrastre	Cd	12,484	
Factor de fricción	fp	0,081	
Pérdida de presión debido a la fricción de los sólidos con la pared (tramos horizontales)	$Fpw L (4)$	18103,881	Pa
Pérdida de carga por aceleración del gas	(1)	69,149	Pa
Pérdida de carga por aceleración de los sólidos	(2)	186,372	Pa
Pérdidas de carga en los tramos horizontales	$\Delta phor$	18844,384	Pa
Pérdida de presión debido a la fricción del gas con la pared (tramo vertical)	$Ffw L (3)$	95,469	Pa
Pérdida de presión debido a la fricción de los sólidos con la pared (tramo vertical)	$Fpw L (4)$	82,258	Pa
Porosidad (tramos verticales)	ϵ	0,996	
Pérdida de carga por la energía potencial de los sólidos	(5)	86,306	Pa
Pérdida de carga por la energía potencial del gas	(6)	28,979	Pa
Pérdidas de carga en los tramos verticales	$\Delta pvert$	293,0123	Pa
Pérdidas de carga en codos	$\Delta pcodos$	4395,184	Pa
Pérdidas de carga instalación	Δp	23532,581	Pa
	Δp	0,235	bar

El soplante que se instalará capaz de soportar las pérdidas calculadas es un soplante tipo Roots trilobular del fabricante Pedro Gil, referencia PG30.05 F1 de 2,2 kW de potencia, 300 mbar de presión diferencial máxima, y 1,06 m³/min de flujo volumétrico máximo a 2400 rpm.

5.6. Dimensionado tornillo sin-fin Fase 2 instalación de transporte

Un tornillo sin-fin es un sistema diseñado para el transporte en continuo de todo tipo de productos en polvo, gránulos, molidos y mezclas. El transporte se realiza mediante el giro sobre su propio eje de un tornillo sin-fin helicoidal introducido en una camisa tubular o de canal.

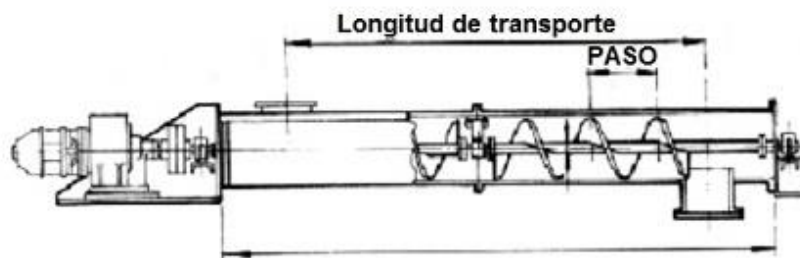


Ilustración 45. Sección de una línea de transporte mecánico mediante un tornillo sin-fin

El caudal se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$Q = 3600 S v \rho i \quad (29)$$

donde, S es el área de relleno del transportador, v la velocidad de desplazamiento e i el coeficiente de disminución del flujo debido a la inclinación del transportador.

Los valores del coeficiente de disminución de flujo en función de la inclinación del transportador se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 12. Coeficientes de disminución de flujo en función de la inclinación del transportador

Inclinación del canalón	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°
i	1	0,9	0,8	0,74	0,65	0,42	0,3	0,22

El área de relleno del transportador es:

$$S = \lambda \frac{\pi D^2}{4} \quad (30)$$

donde, λ es el coeficiente de relleno de la sección.

Este coeficiente toma un valor en función del tipo de carga que se transporta.

Tabla 13. Coeficientes de relleno en función del tipo de carga

Tipo de carga	Coficiente de relleno, λ
Pesada y abrasiva	0,125
Pesada y poco abrasiva	0,25
Ligera y poco abrasiva	0,32
Ligera y no abrasiva	0,4

La velocidad de desplazamiento es:

$$v = \frac{p n}{60} \quad (31)$$

donde, p es el paso del tornillo.

Como ejemplo se incluye la siguiente tabla donde aparecen algunos datos relativos a la capacidad de transporte de un sin-fin de tipo comercial:

Tabla 14. Capacidad de transporte de un sin fin

∅ del tornillo (mm)	160	200	250	315	400	500	630	800
Paso de hélice (mm)	160	200	250	300	355	400	450	500
Velocidad normal (r.p.m.)	70	65	60	55	50	45	40	35
Capacidad en horizontal al 100% (m³7h)	14	26	45	78	130	217	342	525

El cálculo de la potencia total de accionamiento del sinfin se compone de la suma de las siguientes potencias:

1. Potencia para el desplazamiento horizontal del material (P_H)

$$P_H = c_0 \frac{Q L_H g}{3600} \quad (32)$$

donde, c₀ es el coeficiente de resistencia del material transportado. Este coeficiente se puede estimar para los materiales a transportar mediante la siguiente tabla:

Tabla 15. Coeficientes de resistencia en función del tipo de material

Material	Coeficiente de resistencia del material, c₀
Harina, serrín, productos granulosos	1,2
Turba, sosa, polvo de carbón	1,6
Antracita, carbón, sal de roca	2,5
Yeso, arcilla seca, tierra fina, cemento, cal, arena	4

2. Potencia de accionamiento del tornillo en vacío (P_N)

$$P_N = \frac{D L_H}{20} \quad (33)$$

3. Potencia para el caso de un tornillo inclinado (P_i)

$$P_i = \frac{Q L_V g}{3600} \quad (34)$$

Con lo que la potencia total de accionamiento será:

$$P = P_H + P_N + P_i \quad (35)$$

- Caccia

Tabla 16

		VALOR	UNIDADES
Velocidad de desplazamiento del transportador	v	0,033	m/s
Flujo másico	mp	0,134	kg/s
Densidad material	ρp	748,4	kg/m ³
Longitud vertical	Lv	4,6	m
Longitud horizontal	Lh	8	m
Diámetro exterior sin-fin	D	0,085	m
Sección tubería	A	$5,67 \times 10^{-3}$	m ²
Coefficiente de relleno	λ	0,32	
Inclinación del canalón	$^\circ$	35	$^\circ$
Coefficiente de disminución de flujo	i	0,22	
Flujo volumétrico	Q	0,645	m ³ /h
Gravedad	g	9,81	m/s ²
Coefficiente de resistencia del material transportado	C_0	4	

Con los datos disponibles y/o calculados hasta ahora (Tabla 15) se calculan la capacidad del transportador y la potencia de accionamiento, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 16:

Tabla 17

		VALOR	UNIDADES
Paso del tornillo sin-fin	p	0,085	m
Velocidad de giro del tornillo sin-fin	n	23,529	rpm
Área de relleno del canalón	S	$1,815 \times 10^{-3}$	m ²
Capacidad del transportador	Q	35,877	kg/h
Velocidad de desplazamiento del transportador (2)	$v2$	0,167	m/s
Diámetro exterior sin-fin (2)	$D2$	0,14	m
Paso del tornillo sin-fin (2)	$p2$	0,14	m
Velocidad de giro del tornillo sin-fin (2)	$n2$	71,429	rpm
Área de relleno del canalón (2)	$S2$	$4,93 \times 10^{-3}$	m ²
Capacidad del transportador (2)	$Q2$	486,635	kg/h
Potencia para el desplazamiento horizontal del material	Ph	42,391	W
Potencia para el accionamiento del tornillo en vacío	Pn	0,056	W
Potencia para un tornillo inclinado	Pi	6,094	W
Potencia total de accionamiento	P	48,541	W

Una vez realizados los cálculos la capacidad del transportador es menor que el flujo másico que debemos de transportar, por lo que aumentamos la velocidad de desplazamiento del transportador de 2 m/min (v) a 10m/min ($v2$) y el diámetro exterior del sin-fin de 85mm (D) a 140mm ($D2$).

Este tornillo será accionado mediante un motorreductor del fabricante Pujol Muntalà, referencia RAX030M0E0 de 61 W de potencia y una velocidad de giro de 93,3 rpm.

- Plasmec

Tabla 18

		VALOR	UNIDADES
Velocidad de desplazamiento del transportador	v	0,056	m/s
Flujo másico	mp	0,134	kg/s
Densidad material	ρp	748,4	kg/m ³
Longitud vertical	Lv	4,6	m
Longitud horizontal	Lh	13,5	m
Diámetro exterior sin-fin	D	0,08	m
Sección tubería	A	$5,03 \times 10^{-3}$	m ²
Coefficiente de relleno	λ	0,32	
Inclinación del canalón	$^\circ$	20	$^\circ$
Coefficiente de disminución de flujo	i	0,65	
Flujo volumétrico	Q	0,645	m ³ /h
Gravedad	g	9,81	m/s ²
Coefficiente de resistencia del material transportado	$c0$	4	

Con los datos disponibles y/o calculados hasta ahora (Tabla 17) se calculan la capacidad del transportador y la potencia de accionamiento, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 18:

Tabla 19

		VALOR	UNIDADES
Paso del tornillo sin-fin	p	0,08	m
Velocidad de giro del tornillo sin-fin	n	42,188	rpm
Área de relleno del canalón	S	$1,61 \times 10^{-3}$	m ²
Capacidad del transportador	Q	158,45	kg/h
Velocidad de desplazamiento del transportador (2)	$v2$	0,117	m/s
Diámetro exterior sin-fin (2)	$D2$	0,1	m
Paso del tornillo sin-fin (2)	$p2$	0,1	m
Velocidad de giro del tornillo sin-fin (2)	$n2$	70	rpm
Área de relleno del canalón (2)	$S2$	$2,513 \times 10^{-3}$	m ²
Capacidad del transportador (2)	$Q2$	513,495	kg/h
Potencia para el desplazamiento horizontal del material	Ph	75,484	W
Potencia para el accionamiento del tornillo en vacío	Pn	0,068	W
Potencia para un tornillo inclinado	Pi	6,430	W
Potencia total de accionamiento	P	81,981	W

Una vez realizados los cálculos la capacidad del transportador es menor que el flujo másico que debemos de transportar, por lo que aumentamos la velocidad de desplazamiento

DIMENSIONADO Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE IMPULSIÓN PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAS PRIMAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PVC

del transportador de 3,375 m/min (v) a 7m/min (v2) y el diámetro exterior del sin-fin de 80mm (D) a 100mm (D2).

Este tornillo será accionado mediante un motorreductor del fabricante Pujol Muntalà, referencia RAX030M0Y0 de 92 W de potencia y una velocidad de giro de 70 rpm.

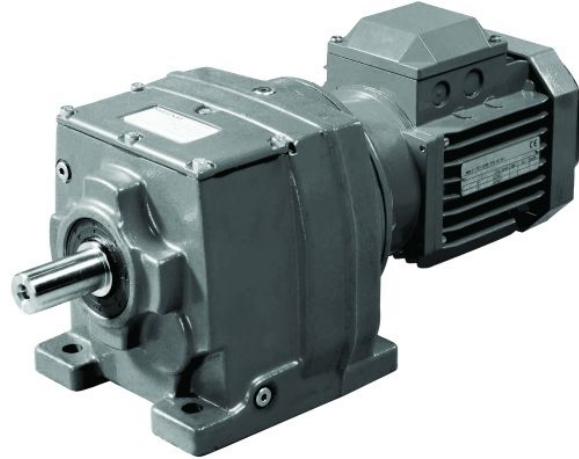
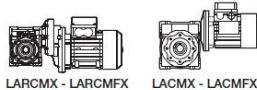


Ilustración 46. Motorreductor



PROGRAMA DE FABRICACIÓN FERTIGUNGSPROGRAMM MANUFACTURING PROGRAM PROGRAMME DE FABRICATION



P [kW]	n2 [1/min]	M2 [Nm]	IR	FRs [N]	fb	Tipo Typ Type	Código Referenz Ref.	Intens.nominal Nennstrom Nominal intens. 400 V (A)
0,092	14	29	100	3118	1	LACM 40X/56B-4/14 D18	RAX040M060	(0,5)
	14	29	100	3118	1	LACM 40X/56B-4/14 D19	RAX040M061	
	17,5	26	80	2895	1,3	LACM 40X/56B-4/17,5 D18	RAX040M070	
	17,5	26	80	2895	1,3	LACM 40X/56B-4/17,5 D19	RAX040M071	
	23,3	22	60	2630	1,8	LACM 40X/56B-4/23,3 D18	RAX040M080	
	23,3	22	60	2630	1,8	LACM 40X/56B-4/23,3 D19	RAX040M081	
	28	19	50	2475	2,2	LACM 40X/56B-4/28 D18	RAX040M090	
	28	19	50	2475	2,2	LACM 40X/56B-4/28 D19	RAX040M091	
	23,3	19	60	1367	0,8	LACM 30X/56B-4/23,3 D14	RAX030M0N0	
	23,3	19	60	1367	0,8	LACM 30X/56B-4(80)/23,3 D14	RAX030M0P0	
	28	17	50	1286	1	LACM 30X/56B-4/28 D14	RAX030M0Q0	
	28	17	50	1286	1	LACM 30X/56B-4(80)/28 D14	RAX030M0R0	
	35	15	40	1194	1,3	LACM 30X/56B-4/35 D14	RAX030M0S0	
	35	15	40	1194	1,3	LACM 30X/56B-4(80)/35 D14	RAX030M0T0	
	46,7	12	30	1085	1,7	LACM 30X/56B-4/46,7 D14	RAX030M0U0	
	46,7	12	30	1085	1,7	LACM 30X/56B-4(80)/46,7 D14	RAX030M0V0	
	56	11	25	1021	2,1	LACM 30X/56B-4/56 D14	RAX030M0W0	
	56	11	25	1021	2,1	LACM 30X/56B-4(80)/56 D14	RAX030M0X0	
	70	9	20	948	2	LACM 30X/56B-4/70 D14	RAX030M0Y0	
	70	9	20	948	2	LACM 30X/56B-4(80)/70 D14	RAX030M0Z0	
	93,3	7	15	861	2,6	LACM 30X/56B-4/93,3 D14	RAX030M100	

Ilustración 47. Información técnica de motorreductores, catálogo fabricante Pujol Muntalà

5.7. Dimensionado tornillo sin-fin Fase 3 instalación de transporte

Esta parte de la instalación se compone de dos tornillos ya que como se mencionó anteriormente las distancias desde cada turbomezclador hasta la granceadora son iguales.



Ilustración 48. Transportador de tornillo sin-fin

Tabla 20

		VALOR	UNIDADES
Velocidad de desplazamiento del transportador	v	0,097	m/s
Flujo másico	mp	0,134	kg/s
Densidad material	ρp	748,4	kg/m ³
Longitud vertical	Lv	3	m
Longitud horizontal	Lh	5,83	m
Diámetro exterior sin-fin	D	0,07	m
Sección tubería	A	$3,85 \times 10^{-3}$	m ²
Coefficiente de relleno	λ	0,32	
Inclinación del canalón	$^\circ$	30	$^\circ$
Coefficiente de disminución de flujo	i	0,3	
Flujo volumétrico	Q	0,645	m ³ /h
Gravedad	g	9,81	m/s ²
Coefficiente de resistencia del material transportado	$c0$	4	

Con los datos disponibles y/o calculados hasta ahora (Tabla 19) se calculan la capacidad del transportador y la potencia de accionamiento, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 20:

Tabla 21

		VALOR	UNIDADES
Paso del tornillo sin-fin	p	0,07	m
Velocidad de giro del tornillo sin-fin	n	83,286	rpm
Área de relleno del canalón	S	$1,23 \times 10^{-3}$	m^2
Capacidad del transportador	Q	96,719	kg/h
Velocidad de desplazamiento del transportador (2)	$v2$	0,167	m/s
Diámetro exterior sin-fin (2)	$D2$	0,12	m
Paso del tornillo sin-fin (2)	$p2$	0,12	m
Velocidad de giro del tornillo sin-fin (2)	$n2$	83,333	rpm
Área de relleno del canalón (2)	$S2$	$3,62 \times 10^{-3}$	m^2
Capacidad del transportador (2)	$Q2$	487,538	kg/h
Potencia para el desplazamiento horizontal del material	Ph	30,950	W
Potencia para el accionamiento del tornillo en vacío	Pn	0,035	W
Potencia para un tornillo inclinado	Pi	3,982	W
Potencia total de accionamiento	P	34,967	W

Una vez realizados los cálculos la capacidad del transportador es menor que el flujo másico que debemos de transportar, por lo que aumentamos la velocidad de desplazamiento del transportador de 5,83 m/min (v) a 10m/min ($v2$) y el diámetro exterior del sin-fin de 70mm (D) a 120mm ($D2$).

Estos tornillos serán accionados mediante unos motorreductores del fabricante Pujol Muntalà, referencia RAX030M0E0 de 61 W de potencia y una velocidad de giro de 93,3 rpm.

5.8. Dimensionado soplante Fase 4 instalación de transporte

Tabla 22

		VALOR	UNIDADES
Gravedad	g	9,81	m/s^2
flujo másico	mp	0,134	kg/s
Tamaño partícula	x	$4,09 \times 10^{-3}$	m
Densidad material	ρp	770,55	kg/m^3
Longitud vertical	Lv	38	m
Longitud horizontal	Lh	4,5	m
Codos 90°	n	5	uds
Viscosidad del fluido	μ	$1,845 \times 10^{-5}$	Pa*s
Densidad del flujo	ρf	1,187	kg/m^3
Diámetro tubería	D	$42,4 \times 10^{-3}$	m
Sección tubería	A	$1,41 \times 10^{-3}$	m^2

Con los datos disponibles y/o calculados hasta ahora (Tabla 21) se calculan las pérdidas de carga de la línea de transporte de Granza de PVC, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 22:

Tabla 23

		VALOR	UNIDADES
Velocidad de sedimentación	$usalt$	11,282	m/s
Velocidad superficial	uf	16,923	m/s
Caudal volumétrico de fluido	Qf	0,024	m ³ /s
Velocidad intersticial de las partículas	upi	11,165	m/s
Porosidad (tramos horizontales)	ϵ	0,989	
Velocidad intersticial del fluido	ufi	17,111	m/s
Nº Reynolds	Red	46162,187	
Factor de fricción	f	0,005	
Pérdida de presión debido a la fricción del gas con la pared (tramos horizontales)	$Ffw L (3)$	387,401	Pa
Nº Reynolds	Rep	1564,589	
Coefficiente de arrastre	Cd	0,44	
Factor de fricción	fp	0,0007	
Pérdida de presión debido a la fricción de los sólidos con la pared (tramos horizontales)	$Fpw L (4)$	168,173	Pa
Pérdida de carga por aceleración del gas	(1)	171,859	Pa
Pérdida de carga por aceleración de los sólidos	(2)	530,129	Pa
Pérdidas de carga en los tramos horizontales	$\Delta phor$	1257,562	Pa
Pérdida de presión debido a la fricción del gas con la pared (tramo vertical)	$Ffw L (3)$	3271,383	Pa
Pérdida de presión debido a la fricción de los sólidos con la pared (tramo vertical)	$Fpw L (4)$	3126,970	Pa
Porosidad (tramos verticales)	ϵ	0,985	
Pérdida de carga por la energía potencial de los sólidos	(5)	4258,140	Pa
Pérdida de carga por la energía potencial del gas	(6)	435,479	Pa
Pérdidas de carga en los tramos verticales	$\Delta pvert$	11091,973	Pa
Pérdidas de carga en codos	$\Delta pcodos$	10946,026	Pa
Pérdidas de carga instalación	Δp	23295,561	Pa
	Δp	0,233	bar

El soplante que se instalará capaz de soportar las pérdidas calculadas es un soplante tipo Roots trilobular del fabricante Pedro Gil, referencia PG30.05 F1 de 3 kW de potencia, 300 mbar de presión diferencial máxima, y 1,71 m³/min de flujo volumétrico máximo a 3300 rpm.

6. ESTUDIO PAYBACK

6.1. Instalación silos interiores y suministro granza extrusoras.

- Costes por mala calidad de granza y rotura o volcado de big bags
 - Mermas extrusión año 2017: 46000 kg
 - Mermas por cambios de color: 17000 kg
 - Mermas por variaciones de tonalidad entre big bags: 30%
 $17000 \times 0,3 = 5100 \text{ kg}$
 - Mermas por variaciones en la reología de la granza (material más denso, sin mezclar correctamente): 3% $\rightarrow 46000 \times 0,03 = 1380 \text{ kg}$
 - Granza desechada por rotura de big bags o volcado de los mismos 2017: 2 big bags rotos y 2 volcados: $4 \times 1250 = 5000 \text{ kg}$
 - Granza desechada por contaminación de la zona superior del big bag (aproximadamente 0.9 %).
 1. Capacidad de un big bag: 1250 kg
 2. Desperdicio por contaminación: 12 kg
 3. Stock Persax big bags: 72 big bags
 4. Desperdicio general por contaminación: $72 \times 12 = 864 \text{ kg/año}$
 5. A un precio estimado de 0,9 €/kg granza.

Total pérdidas granza: $5100 + 1380 + 5000 + 864 = 12344 \text{ kg} \times 0,9 \text{ €/kg} = 11109.6 \text{ €/año}$

- Espacio liberado por instalación de silos:
 - N5: **18 m²** (estantes junto a tejedora), **62 m²** (muelle granza).
 - N6: **230 m²** (estantes junto a Dpto. Mantenimiento), **258 m²** (quitando techado exterior y prolongando N6-bis hasta transformador, **155 m²**, sólo quitando techado exterior).
 - El espacio liberado, proporciona un volumen para almacenar **81 jaulas de 1,07 x 1,20 x 6 m.**
 - Precio estimado suelo = 2,5 €/ m².

Precio suelo: $18 + 62 + 230 + 258 = 568 \text{ m}^2 \times 2,5 \text{ €/m}^2 = 1420 \text{ €/mes} = 17040 \text{ €/año}$

- Coste operario rellenar big bags:

15 min/ op turno x 3 op/ turno = 0,75 h·15 €/h = 11,25 €/ turno, o lo que es lo mismo, 1,4 €/ h x 1752 h/ operario·3 turnos = **7391,25 €/ año**

6.2. Instalación silos exteriores materia primas.

- Pérdidas por roturas de sacos.
 - Suponemos 1 % de pérdidas, que viene a ser aprox. 10 kg/ palé
 - Consumo resina 2017: 906 ton, precio: 0,97
 $906000 \times 0,01 = 9060 \text{ kg} \times 0,97 \text{ €/kg} = \mathbf{8788 \text{ €/año}}$
 - Consumo carbonato A 253 ton, precio 0,091
 $253000 \times 0,01 = 2530 \text{ kg} \times 0,091 \text{ €/kg} = \mathbf{230 \text{ €/año}}$
 - Consumo carbonato B: 204 ton, precio 0,062
 $204000 \times 0,01 = 2040 \text{ kg} \times 0,062 \text{ €/kg} = \mathbf{126 \text{ €/año}}$

Coste pérdidas material: 8788+230+126 = **9144 €/ año**

6.3. Coste y payback de la instalación proyectada

- Ahorro anual Instalación almacenaje y dosificación:

11109.06 + 17040 + 7391.25 + 9144 = **44684,85 €/ año**

- Coste total de la instalación:
 - Componentes instalación (desglosado en el Anexo X): **567964.97€**
 - Para la instalación completa del proyecto se necesitará de todo el personal de mantenimiento por una semana completa además del asesoramiento de un técnico:
 1. Coste mano de obra técnico: 30 €/h → 40 h x 30 = **1200 €**
 2. Coste mano de obra personal: 15 €/h → 40 h x 15 x 4 = **2400 €**

Coste mano de obra: 1200 + 2400 = **3600 €**

Coste total de la instalación: 567964.97 + 3600 = **571564.97 €**

- Payback instalación:

$$PAYBACK = \frac{COSTE \text{ INSTALACIÓN}}{AHORRO \text{ INSTALACIÓN}} \quad (36)$$

$$PAYBACK = \frac{571564.97}{44684.85} = 12.8 \text{ años} = 12 \text{ años y } 10 \text{ meses}$$

7. CONCLUSIONES

A lo largo de este proyecto se han ido desarrollando los puntos que se habían marcado como objetivos del mismo.

Se ha diseñado una instalación para la optimización del proceso de Extrusión de PVC rígido en la planta de producción de Persianas Persax.

Teniendo en cuenta las necesidades de la empresa, las previsiones de ventas y los stocks semanales de Materias Primas, se ha realizado un Programación lineal de la producción para producir con el mínimo coste.

Se ha dimensionado y seleccionado los equipos necesarios para el correcto funcionamiento de la instalación diseñada.

Con todo lo nombrado se ha realizado el estudio de payback de la instalación, resultando éste de 12 años y 10 meses.

Teniendo en cuenta que no es una instalación pensada para ser amortizada en un corto periodo de tiempo el plazo de retorno de la inversión resultante es un plazo más que satisfactorio, dado que la vida útil de dicha instalación puede superar los 20 años, siempre y cuando se realice un mantenimiento preventivo adecuado.

La realización de dicho proyecto por la empresa Persianas Persax le reportaría números beneficios ya enumerados anteriormente, mayor productividad, mayor calidad de producto, mayor limpieza de las instalaciones, mayor calidad laboral de los operarios de la sección y liberación de espacio para realizar otras actividades.

8. BIBLIOGRAFÍA

AENOR (1998). *Eurocódigo 1. Bases de proyecto y acciones en estructuras. Parte 4: Acciones en Silos y Depósitos*. UNE-ENV 1911-4. Madrid: AENOR.

Cálculo de Transportadores de Tornillo Sin Fin.

<<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>> [Consulta: 5 de junio de 2018].

CONEJERO CALVO DE LEÓN, E. *Programación lineal: Aplicación a la producción de helados*. Proyecto Final de Grado.

Diseño de un silo cilíndrico para el almacenamiento de productos granulares. Proyecto Final de Carrera. Barcelona: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

GEANKOPLIS, C. J. (2006). *Procesos de transporte y principios de procesos de separación*. México D.F.: Compañía Editorial Continental.

GONZALES SEABRA, P. *Sistema transporte neumático para quinua*. Tesis. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú

HASTINIK (2015). *Aceros inoxidables y aleaciones especiales. Catálogo General*.

LORANDI SILOS (2016). *Bulk Material Handling*.

MATAIX Y PLANA, C. (1986). *Mecánica de fluidos y máquina hidráulicas*. Madrid: Ediciones del Castillo.

PAREDES LÓPEZ, J.J. *Diseño de las redes de aire comprimido y transporte neumático en un astillero*. Proyecto Final de Carrera. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

PEDRO GIL (2018) *Catálogo Soplantes*.

PÉREZ PORTO, J., GARDEY, A. (2015). *Definición de PVC*. <<https://definicion.de/pvc/>> [Consulta: 15 de marzo de 2018].

Policloruro de vinilo – PVC. <<https://www.textoscientificos.com/polimeros/pvc>> [Consulta: 15 de marzo de 2018].

Policloruro de vinilo. <https://es.wikipedia.org/wiki/Policloruro_de_vinilo> [Consulta: 20 de febrero de 2018].

Principios del procesado de los polímeros.

<[https://es.wikiversity.org/wiki/Principios del procesado de los pol%C3%ADmeros](https://es.wikiversity.org/wiki/Principios_del_procesado_de_los_pol%C3%ADmeros)> [Consulta: 16 de marzo de 2018].

PUJOL MUNTALÀ (2011). *Reductores de tornillo sin fin*.

SANCHEZ CARRILLO, A. *Estudio del transporte neumático de biomasa en tubos con rascadores alternativos*. Proyecto Final de Carrera. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR (2013). "Capítulo 5: Fluidización" en *Procesamiento de sólidos*. <<http://www.criba.edu.ar/cinetica/solidos/>> [Consulta: 24 de mayo de 2018].

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR (2013). “Capítulo 6: Transporte neumático” en *Procesamiento de sólidos*. < <http://www.criba.edu.ar/cinetica/solidos/>> [Consulta: 24 de mayo de 2018].

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. *La extrusión de materiales poliméricos*. <<https://www.upv.es/bin2/caches/miw/visfit?id=510532&idioma=C>> [Consulta: 16 de marzo de 2018].

VARELA J. (2015). *El inventor del policloruro de vinilo (PVC); Lonsbury Semon*. <<https://ahombrosdegigantescienciaytecnologia.wordpress.com/2015/09/10/el-inventor-del-cloruro-de-polivinilo-pvc-lonsbury-semon/>> [Consulta: 10 de abril de 2018].

YOUTUBE, “Transporte neumático de Aserrín” en *Youtube* <<https://www.youtube.com/watch?v=MA60awV1o9c>> [Consulta: 22 de mayo de 2018].

9. INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Estructura química	4
www.textoscientificos.com	
Ilustración 2. Perfiles de PVC.....	4
es.made-in-china.com	
Ilustración 3. Perfiles de Cajón de PVC para persiana	5
Ilustración 4. PVC Flexible	5
www.isomaltmayterodriguez.com	
Ilustración 5. Henri Victor Regnault	5
es.wikipedia.org	
Ilustración 6. Eugen Baumann.....	5
es.wikipedia.org	
Ilustración 7. Waldo Lonsbury Semon	5
ahombrosdegigantescienciaytecnologia.wordpress.com	
Ilustración 8. Proceso de Extrusión de PVC.....	6
www.aristegui.info	
Ilustración 9. Extrusora de doble husillo Battenfeld-cincinnati	6
www.plastico.com	
Ilustración 10. Hilera Perfil PVC.....	7
Ilustración 11. Bancada de calibración Battenfeld-cincinnati.....	7
Ilustración 12. Arrastre Battenfeld-cincinnati.....	7
Ilustración 13. Sierra de corte Battenfeld-cincinnati	7
Ilustración 14. Sede Central Persianas Persax	9
Diagrama 1. Diagrama de flujo proceso Extrusión PVC	10
Ilustración 15. Almacén Materias Primas.....	11
Ilustración 16. Almacén Materias Primas.....	11

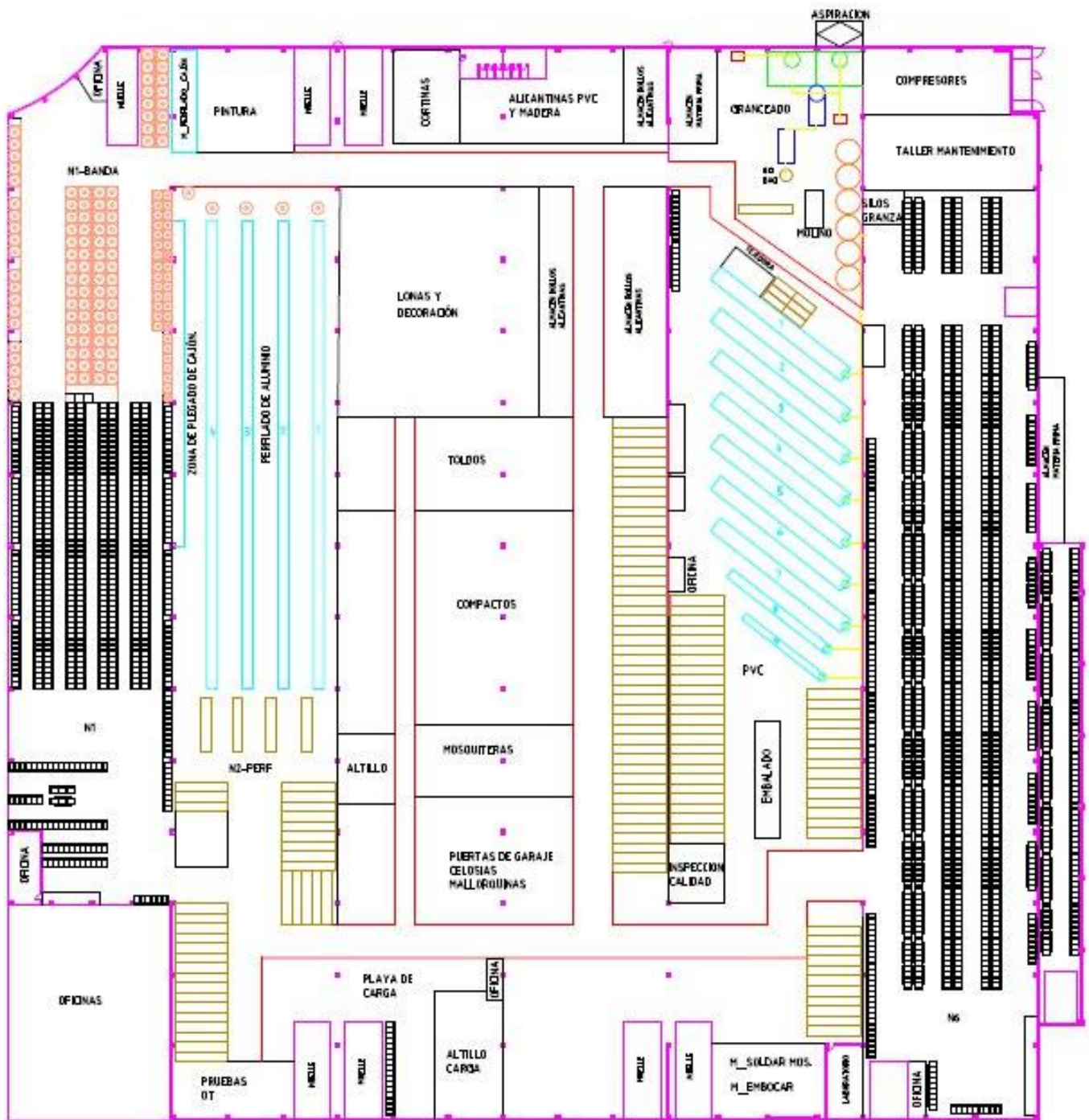
Ilustración 17. Turbomezclador Caccia	12
Ilustración 18. Turbomezclador Plasmec	12
Ilustración 19. Granceadora Cincinnati Extrusion.....	12
Ilustración 20. Enfriador de granza de PVC.....	13
Ilustración 21. Almacén-1 de big bags de granza PVC	13
Ilustración 22. Almacén-2 de big bags de granza PVC	13
Ilustración 23. Silos cilíndricos de 20m ³	13
Ilustración 24. Silos esféricos de 10m ³	13
Ilustración 25. Bombas aspiración	14
Ilustración 26. Extrusora Battenfeld-cincinnati.....	14
Ilustración 27. Plano ampliado planta productiva Persianas Persax, zona granceado PVC.....	14
Ilustración 28. Imagen ensayo densidad aparente del CaCO ₃	15
Ilustración 29. Imagen ensayo densidad aparente del CaCO ₃	15
Ilustración 30. Imagen ensayo densidad aparente del CaCO ₃	15
Ilustración 31. Silos de hormigón	16
www.inteco.com	
Ilustración 32. Silos de acero al carbono.....	16
www.directindustry.es	
Ilustración 33. Silos de acero inoxidable	16
www.conal.es	
Ilustración 34. Silos de aluminio.....	16
www.directindustry.es	
Ilustración 35. Silos de acero galvanizado.....	16
www.agriexpo.online	
Ilustración 36. Silos de material compuesto, GRP.	16
www.directindustry.es	
Ilustración 31. Silo cuadrado con tolva piramidal.....	17
www.agroterra.com	
Ilustración 32. Silo cilíndrico de flujo de masa.....	17
www.sodimateiberica.com	
Ilustración 33. Silo cilíndrico de flujo de embudo.....	17
Ilustración 34. Plano ampliado planta productiva Persianas Persax, zona granceado PVC mejorado	17
Diagrama 2. Diagrama de flujo proceso Extrusión PVC mejorado.....	18
Gráfica 1. Stock Resina PVC semanal	23
Gráfica 2. Stock CaCO ₃ Calidad A semanal	24
Gráfica 3. Stock CaCO ₃ Calidad B semanal	24
Gráfica 4. Stock Complejo semanal.....	25
Gráfica 5. Stock Complejo con modificador de impacto semanal	25
Gráfica 6. Stock TiO ₂ semanal.....	26
Ilustración 35. Esquema funcionamiento del transporte por impulsión	32
www.durafix.es	


Ilustración 36. Esquema funcionamiento del transporte por aspiración	32
www.durafix.es	
Ilustración 37. Tipos de transporte neumático: A- Transporte en fase diluida (1- partículas sólidas) B- Transporte en madeja (2- madeja)	33
www.gunt.de	
Ilustración 38. Tipos de transporte neumático: C- Transporte en fase densa, en dunas (3- formación de conglomerado a partir de una duna) D- Transporte en fase densa, en tapón (4- tapón conmovedor).....	33
www.gunt.de	
Ilustración 39. Diagrama de fases en transporte neumático horizontal. Fuente: Rhodes (2003)	34
Ilustración 40. Fragmento tabla tamaños estándar de tubos de acero inoxidable del Catálogo de Eduardo Cortina	36
www.eduardocortina.com	
Ilustración 41. Sección de una línea de transporte. Adaptado de Rhodes (2003).....	40
Ilustración 42. Soplante tipo Roots trilobular	42
www.pedrogil.com	
Ilustración 43. Soplante Pedro Gil serie PG30 F1 en cabina insonorizada	42
www.pedrogil.com	
Ilustración 44. Información técnica de soplantes, catálogo fabricante Pedro Gil	43
www.pedrogil.com	
Ilustración 45. Sección de una línea de transporte mecánico mediante un tornillo sin-fin	45
ingemecanica.com	
Ilustración 46. Motorreductor.....	49
img.directindustry.fr	
Ilustración 47. Información técnica de motorreductores, catálogo fabricante Pujol Muntalà ..	49
www.colombes.es	
Ilustración 48. Transportador de tornillo sin-fin	50
www.solostocks.com	

10. ANEXOS

10.1. ANEXO I

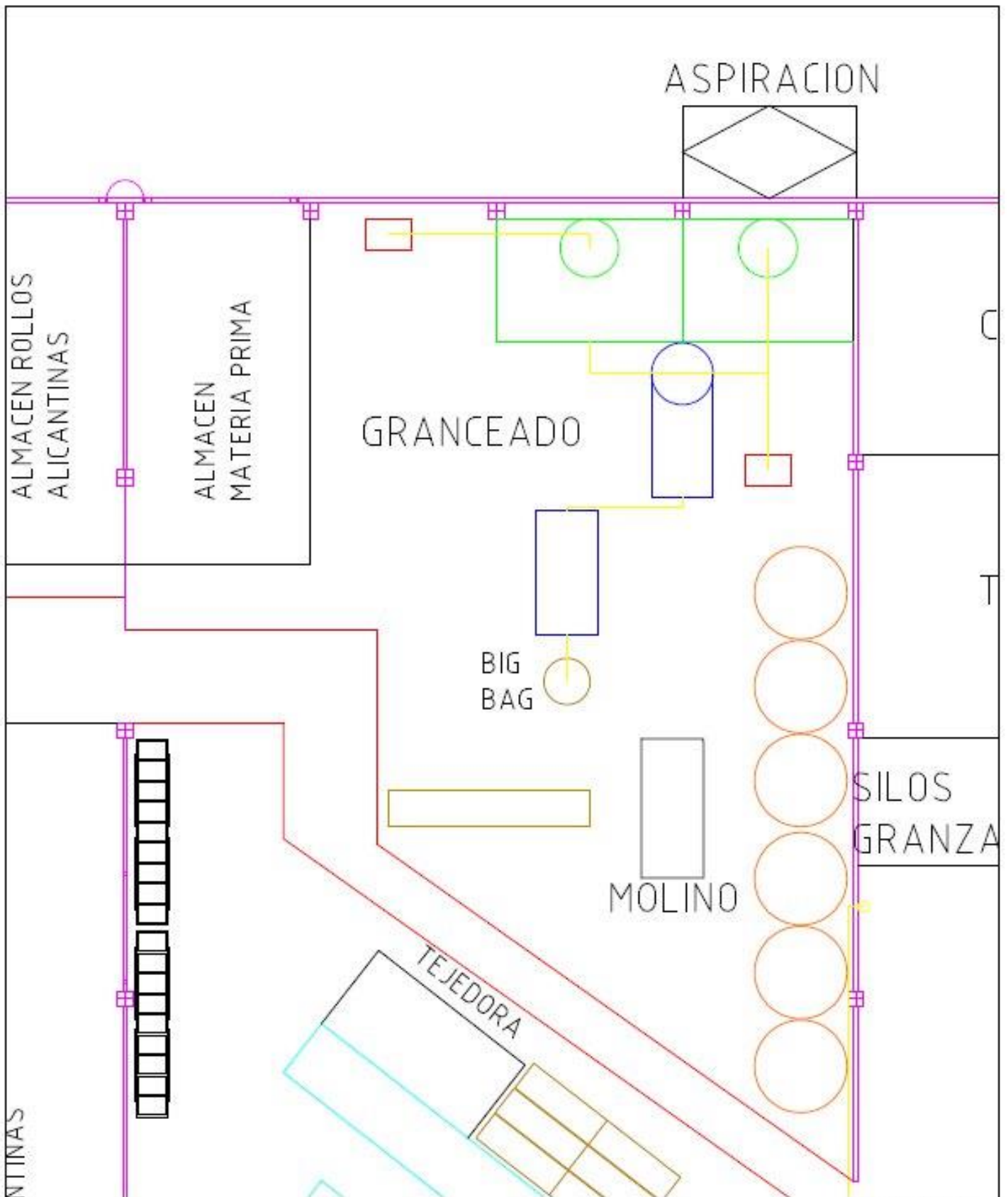
PLANO ACTUAL PLANTA PERSAX



Plano: Actual Planta Persax		Cotas: Milímetros
Autor: Noel Ferriz Navarro		Escala: 1:350
Promotor: PERSIANAS PERSAX S.A.		Fecha: 03-08-2017
I	TRABAJO FIN DE GRADO	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
	GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA	

10.2. ANEXO II

PLANO ACTUAL AMPLIADO SECCIÓN EXTRUSIÓN PVC PLANTA PERSAX



Plano: Actual Ampliado Sección PVC Planta Persax

Autor: Noel Ferriz Navarro

Cotas: Milímetros

Escala: 1:120

Fecha: 08-08-2017

II

Promotor: PERSAX S.A.

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

10.3. ANEXO III

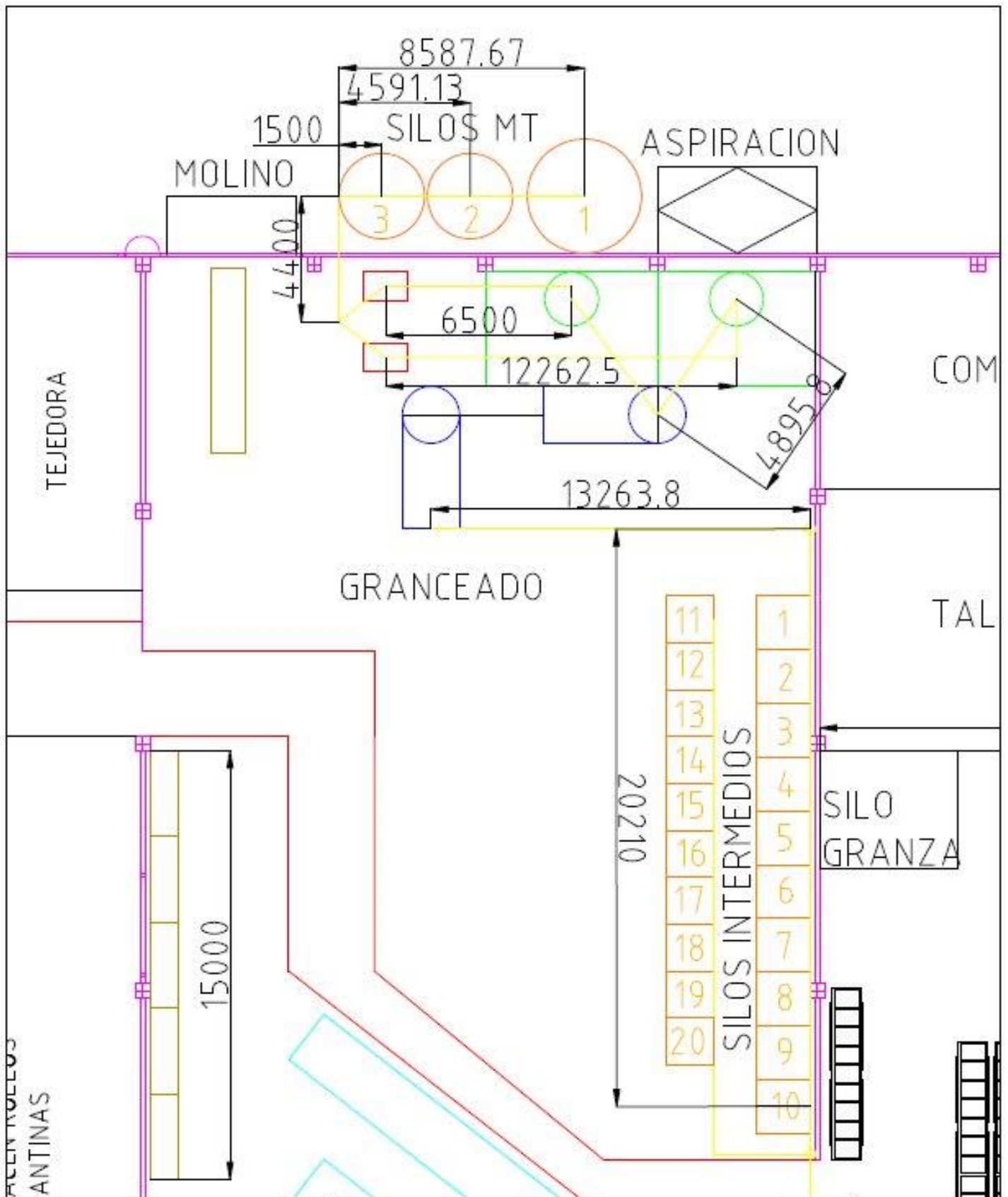
EXCEL TIEMPOS TURBOMEZCLADORES

TIEMPOS TURBOMEZCLADORES

NÚMERO	FECHA	MÁQUINA	CARGA (kg)	MEZCLADO (s)	ENFRIAMIENTO (s)	TOTAL (s)	TIEMPO/CARGA (s/kg)
1	18/10/2017	PLASMEC	307	433	602	1035	3,37
2	19/10/2017	PLASMEC	307	638	507	1145	3,73
3	19/10/2017	PLASMEC	307	652	529	1181	3,85
4	24/10/2017	CACCIA	308	730	270	1000	3,25
5	24/10/2017	CACCIA	308	722	270	992	3,22
6	26/10/2017	PLASMEC	351	612	489	1101	3,14
7	14/11/2017	PLASMEC	351	663	544	1207	3,44
8	15/11/2017	PLASMEC	365	652	516	1168	3,20
9	21/11/2017	CACCIA	342	748	270	1018	2,98
10	22/11/2017	CACCIA	342	767	270	1037	3,03
11	22/11/2017	CACCIA	342	732	270	1002	2,93
12	05/12/2017	PLASMEC	365	630	511	1141	3,13
13	06/12/2017	PLASMEC	365	644	523	1167	3,20
14	18/12/2017	PLASMEC	365	626	514	1140	3,12
15	10/01/2018	PLASMEC	310	589	496	1085	3,50
16	15/01/2018	CACCIA	308	687	270	957	3,11
17	26/01/2018	PLASMEC	365	641	502	1143	3,13
18	13/02/2018	CACCIA	342	733	270	1003	2,93
19	13/02/2018	CACCIA	342	720	270	990	2,89
20	21/02/2018	PLASMEC	307	485	589	1074	3,50
21	22/02/2018	PLASMEC	351	642	551	1193	3,40
22	22/02/2018	PLASMEC	351	621	526	1147	3,27
23	23/02/2018	PLASMEC	351	644	496	1140	3,25
24	23/02/2018	PLASMEC	351	597	537	1134	3,23
25	12/04/2018	CACCIA	308	512	270	782	2,54
26	12/04/2018	CACCIA	308	498	270	768	2,49
27	17/04/2018	PLASMEC	365	548	541	1089	2,98
28	17/04/2018	PLASMEC	365	536	554	1090	2,99
29	24/04/2018	PLASMEC	351	586	562	1148	3,27
30	25/04/2018	PLASMEC	351	612	538	1150	3,28
31	25/04/2018	PLASMEC	351	600	555	1155	3,29
32	26/04/2018	PLASMEC	351	593	511	1104	3,15
33	26/04/2018	PLASMEC	351	548	504	1052	3,00
34	08/05/2018	CACCIA	294	531	270	801	2,72
35	08/05/2018	CACCIA	294	528	270	798	2,71
MAXIMOS			365	767	602	1207	3,85
MINIMOS			294	433	270	768	2,49
PROMEDIOS			336,91	620,00	441,06	1061,06	3,15

10.4. ANEXO IV

PLANO MEJORADO AMPLIADO SECCIÓN EXTRUSIÓN PVC PLANTA PERSAX



Plano: Mejorado Ampliado Sección PVC Planta Persax

Autor: Noel Ferriz Navarro

Cotas: Milímetros

Escala: 1:100

Fecha: 11-08-2017

IV

Promotor: PERSAX S.A.

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

10.5. ANEXO V

EXCEL CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

COLOR	Suma de 2014(kg)	Suma de 2015(kg)	Suma de 2016(kg)	Suma de 2017(kg)	Suma de PREVISIÓN 2018	Suma de PREVISIÓN 2019	CAPACIDAD (M3)	MOLIDO
1013	0	11,4197733	128,9848872	0	0	0	0	0
1015	0	746,9633063	1037,526786	946,1194123	1040,731353	1165,619116	1,512713497	1,6881006
3005	0	858,811135	614,0386139	992,188298	1091,407128	1222,375983	1,586371245	1,77029838
3007	0	25,07544	5,6664	8,716812	9,5884932	10,73911238	0,013936971	0,01555285
5010	0	64,2979463	311,7222	0	0	0	0	0
6005	0	437,1271803	796,6639309	931,1697967	1024,286776	1147,20119	1,488811138	1,66142695
6008	0	0	0	1003,408211	1103,749032	1236,198916	1,604310327	1,79031735
6009	0	414,7893239	797,6336646	540,0816012	594,0897613	665,3805326	0,863515447	0,9636332
7006	0	0	9,9438881	0	0	0	0	0
7011	0	8740,790649	15268,6509	10461,77875	11507,95662	12888,91142	16,72693078	18,6662854
7012	0	4,9458	0	0	0	0	0	0
7015	0	0	313,11582	0	0	0	0	0
7016	2,00616	9222,734119	13644,66581	24907,52352	27398,27587	30686,06897	39,82366973	44,4409076
7021	0	3,853536	0	0	0	0	0	0
7022	8,110035	1296,608461	4395,889536	2581,55597	2839,711567	3180,476955	4,127549343	4,60610588
7024	0	0	187,1738505	10016,5188	11018,17068	12340,35116	16,01502198	17,8718365
7037	0	0	0	337,2732	371,00052	415,5205824	0,53925299	0,60177509
7040	0	3,2493591	2,7478503	0	0	0	0	0
7042	0	15,240255	0	0	0	0	0	0
7043	0	404,95212	0	525,946815	578,5414965	647,9664761	0,840915888	0,9384134
7044	0	0	53,04700815	0	0	0	0	0
7048	0	2250,91518	3564,784508	1802,983618	1983,28198	2221,275817	2,882720318	3,21694882
8014	0	8181,573488	3011,60734	15098,8115	16608,69265	18601,73576	24,14090192	26,9398476
8014	0	23707,93848	36454,0092	16070,5356	17677,58916	19798,89986	25,69455376	28,673633
8017	0	1455,612407	2084,167016	2048,982625	2253,880888	2524,346594	3,276038555	3,65586918
8019	0	858,5475093	946,9237957	555,9909863	611,5900849	684,9808951	0,888952344	0,9920193
8023	0	12,56052	0	0	0	0	0	0
9001	0	0	10,73646756	0	0	0	0	0
9007	0	9,8759678	1095,74829	1690,717617	1859,789379	2082,964104	2,70322258	3,01663975
9022	0	0	0	1425,084642	1567,593106	1755,704279	2,278512357	2,54268775
BASE MARRON	32,88873	20981,95035	24587,59478	18689,00898	20557,90988	23024,85906	29,88112891	33,3456083
BLANCO COMPACTO	63,9903428	362307,6244	373409,1814	284871,6057	313358,7663	350961,8183	455,4701207	508,27826
BLANCO BR	0	47858,15743	39829,14474	33534,07518	36887,4827	41313,98062	53,61632736	59,8327143
BLANCO W	0	135619,8971	257391,1081	220419,3817	242461,3199	271556,6783	352,4199688	393,280262
BRONCE	0	5019,729148	4940,046431	3474,66876	3822,135636	4280,791912	5,555512615	6,19963014
GRIS	0	9832,851955	11994,94611	8379,921421	9217,913563	10324,06319	13,39833014	14,95176
7048	0	0	4,2001362	0	0	0	0	0
NEGRO	0	3252,392344	4541,554388	2740,219072	3014,240979	3375,949896	4,3812296	4,88919834
PIZARRA MOTEADO	0	1114,380226	1815,767296	1603,708189	1764,079008	1975,768489	2,564106593	2,86139437
BLANCO NORMAL	196,6502925	97451,68564	118073,4756	73143,57571	80457,93328	90112,88528	116,9464158	129,871073
GRIS	64,5441237	10273,686	8532,66154	7129,269036	7842,195939	8783,259452	11,39871073	12,66667848
MADERA	41,61675791	4144,243166	4130,166895	2918,745057	3210,619563	3595,89391	4,666667848	5,46967705
MARFIL NORMAL	269,8113484	41983,32234	37343,56271	35318,68908	38850,55799	43512,62495	56,46967705	63,9903428
VERDE OLIVA	0	14,92906928	0	0	0	0	0	0
BLANCO BR	0	27935,0694	24052,728	15872,976	17460,2736	19555,50643	25,37868341	28,72578522
BLANCO W	0	0	24911,754	0	0	0	0	0
BASE MARRON	70,051844	8544,520138	13275,73469	3914,303224	4305,733547	4822,421572	6,258427046	6,98404191
BLANCO COMPACTO	58,54501	90799,91734	85799,05514	65405,26403	71945,79043	80579,28528	104,5739305	116,698446
BLANCO BR	0	37729,53417	28384,04232	17966,4048	19763,04528	22134,61071	28,72578522	32,0563116
BLANCO W	0	0	9534,65832	0	0	0	0	0
8014 ALCANTINA	0	2120,9496	0	0	0	0	0	0
BLANCO ALCANTINA	0	3637,904002	11717,45235	4826,266985	5308,893683	5945,960925	7,7165304	8,666667848
GRIS	0	1996,39345	625,6200192	1606,929905	1767,622895	1979,737643	2,569257669	2,86139437
MADERA	0	8778,662006	11515,22502	11074,11849	12181,53034	13643,31398	17,70597695	19,70597695
MARFIL ALCANTINA	0	13536,55248	25329,98509	20004,55347	22005,00882	24645,60988	31,98450179	36,23076895
VERDE OLIVA	0	1939,94328	10087,57851	6478,240488	7126,064537	7981,192281	10,35780653	11,698446

DENSIDAD APARENTE GRANZA (kg/m3)	770,5485
DENSIDAD APARENTE MOLIDO (kg/m3)	690,4915

KG VENDIDO POR
COLOR

COLOR	Suma de PREVISIÓN 2019	Suma de CAPACIDAD (M3)	Suma de MOLIDO
7021	0,00	0,00	0,00
7015	0,00	0,00	0,00
7040	0,00	0,00	0,00
5010	0,00	0,00	0,00
9001	0,00	0,00	0,00
7042	0,00	0,00	0,00
7012	0,00	0,00	0,00
7044	0,00	0,00	0,00
7006	0,00	0,00	0,00
1013	0,00	0,00	0,00
8014 ALICANTINA	0,00	0,00	
8023	0,00	0,00	0,00
3007	10,74	0,01	0,02
7037	415,52	0,54	0,60
7043	647,97	0,84	0,94
6009	665,38	0,86	0,96
8019	684,98	0,89	0,99
6005	1147,20	1,49	1,66
1015	1165,62	1,51	1,69
3005	1222,38	1,59	1,77
6008	1236,20	1,60	1,79
9022	1755,70	2,28	2,54
PIZARRA MOTEADO	1975,77	2,56	2,86
9007	2082,96	2,70	3,02
7048	2221,28	2,88	3,22
8017	2524,35	3,28	3,66
7022	3180,48	4,13	4,61
NEGRO	3375,95	4,38	4,89
BRONCE	4280,79	5,56	6,20
BLANCO ALICANTINA	5945,96	7,72	
VERDE OLIVA	7981,19	10,36	
7024	12340,35	16,02	17,87
7011	12888,91	16,73	18,67
MADERA	17239,21	22,37	
GRIS	21087,06	27,37	14,95
MARFIL ALICANTINA	24645,61	31,98	
BASE MARRON	27847,28	36,14	40,33
7016	30686,07	39,82	44,44
8014	38400,64	49,84	55,61
MARFIL NORMAL	43512,62	56,47	
BLANCO BR	83004,10	107,72	91,89
BLANCO NORMAL	90112,89	116,95	
BLANCO W	271556,68	352,42	393,28
BLANCO COMPACTO	431541,10	560,04	624,98

CAPACIDAD GRANCEADORA	600	kg/h
TURNOS	8	h
TURNOS/SEMANA	14	turnos
TURNOS/MES	56	turnos
CAPACIDAD GRANCEADORA/MES	268800	kg/mes

CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

COLOR	kg/año	kg/semana	m3/año	m3/semana
PIZARRA MOTEADO	1975,768	42,951	2,56	0,056
7048	2221,276	48,289	2,88	0,063
8017	2524,347	54,877	3,28	0,071
7022	3180,477	69,141	4,13	0,090
NEGRO	3375,950	73,390	4,38	0,095
BRONCE	4280,792	93,061	5,56	0,121
BLANCO ALICANTINA	5945,961	129,260	7,72	0,168
VERDE OLIVA	7981,192	173,504	10,36	0,225
7011	12888,911	280,194	16,73	0,364
MADERA	17239,208	374,765	22,37	0,486
GRIS	21087,060	458,414	27,37	0,595
MARFIL ALICANTINA	24645,610	535,774	31,98	0,695
BASE MARRON	27847,281	605,376	36,14	0,786
7016	30686,069	667,088	39,82	0,866
8014	38400,636	834,796	49,84	1,083
MARFIL NORMAL	43512,625	945,927	56,47	1,228
BLANCO BR	83004,098	1804,437	107,72	2,342
BLANCO NORMAL	90112,885	1958,976	116,95	2,542
BLANCO W	271556,678	5903,406	352,42	7,661
BLANCO COMPACTO	431541,104	9381,328	560,04	12,175

10.6. ANEXO VI

EXCEL PROGRAMACIÓN LINEAL

FORMULAS

COLOR	RESINA PVC (kg)	CaCO3 A (kg)	CaCO3 B (kg)	Complejo (kg)	Complejo con modificador de impacto (kg)	TiO2 (kg)	Pigmento (kg)	Otros (kg)	TOTAL (kg)
BLANCO COMPACTO	200	120	-	-	14,67	13,65	-	2,5195	350,8395
BLANCO W	200	-	140	11	-	10,66	-	3,604	365,264
BLANCO NORMAL	200	-	100	10,67	-	21,376	-	0,33718	332,38318
BLANCO BR	200	-	80	10,7	-	18,67	-	0,9903	310,3603
MARFIL NORMAL	200	-	100	10,67	-	10,977	3,42	0,25	325,317
8014	200	120	-	-	14,67	-	6,835	0,2	341,705
7016	200	120	-	-	14,67	-	6,835	0,2	341,705
BASE MARRON	200	125	-	-	14,67	-	-	2,239	341,909
MARFIL ALICANTINA	200	-	80	10,667	-	4,67	12	0,963	308,3
GRIS	200	-	100	10,67	-	9,726	-	0,3503	320,7463
MADERA	200	-	80	10,667	-	2,88	3,067	-0,034	296,58
7011	200	120	-	-	14,67	-	6,835	0,2	341,705
VERDE OLIVA	200	-	80	10,667	-	-	3,067	-0,034	293,7
BLANCO ALICANTINA	200	-	80	10,667	-	10,667	12	0,666	314
BRONCE	200	80	-	-	14,67	-	6,0177	0,2	300,8877
NEGRO	200	120	-	-	14,67	-	6,835	0,2	341,705
7022	200	120	-	-	14,67	-	6,835	0,2	341,705
8017	200	120	-	-	14,67	-	6,835	0,2	341,705
7048	200	120	-	-	14,67	-	6,835	0,2	341,705
PIZARRA MOTEADO	200	120	-	-	14,67	-	6,835	0,2	341,705

DIMENSIONADO Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE IMPULSIÓN PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAS PRIMAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PVC

FORMULA	RESINA PVC (kg)	CaCO3 A (kg)	CaCO3 B (kg)	Complejo (kg)	Complejo con modificador de impacto (kg)	TiO2 (kg)	COSTE FORMULA (€)	COSTE M.P. (€/kg)	COSTE ENERGÍA (€/h)	COSTE (€/kg)
1	200	120	0	0	14,67	13,65	274,9714	#¡VALOR!	40,442	#¡VALOR!
2	200	120	0	0	14,67	0	237,4339	0,69485053	40,442	0,8043
3	200	0	140	11	0	10,66	257,365	0,70459996	40,442	0,7727
4	200	0	100	10,67	0	21,376	283,7245	0,85360667	40,442	0,9210
5	200	0	80	10,7	0	18,67	275,1475	0,88654219	40,442	0,9539
6	200	0	100	10,67	0	10,977	255,12725	0,78424199	40,442	0,8516
7	200	125	0	0	14,67	0	237,8339	0,69602113	40,442	0,7634
8	200	0	80	10,667	0	4,67	236,57655	0,69234149	40,442	0,7597
9	200	0	100	10,67	0	9,726	251,687	0,73612277	40,442	0,8035
10	200	0	80	10,667	0	2,88	231,65405	0,75139166	40,442	0,8188
11	200	80	0	0	14,67	0	234,2339	0,77847616	40,442	0,8459
12	200	0	80	10,667	0	0	223,73405	0,76177749	40,442	0,8292
13	200	0	80	10,667	0	10,667	253,0683	0,80595	40,442	0,8734

DATOS

EQUIPO	P (kW)	Observaciones
GRANCEADORA ARGOS 93	70	Incluye lanzas y enfriador
TURBO. DIOSNA	55	
TURBO. PLASMEC	85	
TURBO. CACCIA		
L2 BC CONEX 50	31	
L2 BC CONEX 50	31	
L3 BC CONEX NG 54	31	
L4 CINCINNATI CMT 58	38	
L5 CINCINNATI TITAN 45	30	
L6 CINCINNATI TITAN 45	30	
L7 CINCINNATI KONOS 50	45	
L8 BC ALPHA 80	15	
L9 AMUT	18	
BOMBA IMPULSIÓN	8	
COMPRESOR	26	CON TODAS SECCIONES Y CABINA PINTURA, 38 kWh
EQUIPO FRÍO	57	
L1 PERFILADO	34	
L2 PERFILADO	34	
L3 PERFILADO	34	
L4 PERFILADO	34	
PLEGADORA CAJÓN 2P	14	
LÍNEA CAJÓN PF 4P	3,5	PERFILANDO 45 PERFILES / h

COMPONENTE	PRECIO	UNIDAD
RESINA	0,98	€/kg
CaCO3 A	0,08	€/kg
CaCO3 B	0,06	€/kg
Complejo	2,15	€/kg
Complejo con modificador	2,17	€/kg
TiO2	2,75	€/kg

PROD. EXTRUSORAS		CONSUMO	
EXTRUSORA	kg/h	EXT	kWh
1	120	M1	31
2	120	M2	31
3	140	M3	31
4	150	M4	38
5	100	M5	30
6	100	M6	30
7	120	M7	45
8	80	M8	15
9	70	M9	18

COSTE MP	0,9	€/kg
COSTE MO	15	€/h
COSTE MO'	9	€/h
COSTE E	0,146	€/kWh

PROGRAMACIÓN LINEAL

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13		Límite	Holgura	
Valor final	26,000000	6,000000	16,000000	6,000000	6,000000	3,000000	28,000000	79,000000	2,000000	2,000000	1,000000	1,000000	1,000000				
Coste	323,193347	274,833332	282,239493	306,124909	296,05269	277,039957	261,0133306	234,21551	257,719652	242,839704	254,520905	243,53604	274,2476	46596,866			
Restricciones																	
RESINA		200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	35400	<	42850 7450	
CaCO3 A		120	120					125				80		7420	<	21115 13695	
CaCO3 B				140	100	80	100		80	100	80		80	10460	<	23628 13168	
Complejo				11	10,67	10,7	10,67		10,667	10,67	10,667		10,667	10,667	1242,931	<	2807,5 1564,569
Complejo con modificador		14,67	14,67					14,67				14,67		894,87	<	4810,1 3915,23	
TiO2		13,65		10,66	21,376	18,67	10,977		4,67	9,726	2,88		10,667	1203,476	<	17864 16660,524	
Demanda 1	350,8395													9121,827	>	8990,44 -131,387	
Demanda 2		341,705												2050,23	>	1984,45 -65,78	
Demanda 3			365,264											5844,224	>	5657,43 -186,794	
Demanda 4				332,38318										1994,29908	>	1877,35 -116,94908	
Demanda 5					310,3603									1862,1618	>	1729,25 -132,9118	
Demanda 6						325,317								975,951	>	906,513 -69,438	
Demanda 7							341,909							9573,452	>	580,15 -8993,302	
Demanda 8								308,3						24355,7	>	513,45 -23842,25	
Demanda 9									320,7463					641,4926	>	439,31 -202,1826	
Demanda 10										296,58				593,16	>	359,15 -234,01	
Demanda 11											300,8877			300,8877	>	89,18 -211,7077	
Demanda 12												293,7		293,7	>	166,28 -127,42	
Demanda 13													314	314	>	123,87 -190,13	
Capacidad 1	350,8395	341,705	365,264	332,38318	310,363	325,317	341,909	308,3	320,7463	296,58	300,8877	293,7	314	57921,1014	>	57600 -321,10138	
Capacidad 2	350,8395	341,705	365,264	332,38318	310,363	325,317	341,909	308,3	320,7463	296,58	300,8877	293,7	314	57921,1014	<	72000	

10.7. ANEXO VII

EXCEL PERDIDAS DE CARGA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE NEUMÁTICO DE PRESIÓN POSITIVA EN FASE DILUIDA RESINA PVC

PROBLEMA	RESINA PVC	fase 1		
DATOS:	ε	9,8	m/s ²	gravedad
	mp	0,08055556	kg/s	flujo másico
	x	0,000025	m	Tamaño partícula
	ρp	580	kg/m ³	Densidad material
	Lv	2,5	m	Longitud vertical
	Lh	16,7	m	Longitud horizontal
	n	5	uds	Codos 90°
	u	0,00001845	Pa*s	
	pf	1,187	kg/m ³	Densidad del flujo
	D	0,0603	m	Diámetro tubería
	A	0,00286	m ²	Sección tubería

Cálculo de la velocidad del gas:
Cálculo de la velocidad de sedimentación. Transporte horizontal.

$$\frac{m_p}{\rho_f u_{salt} A} = \left[\frac{1}{10^{(1440x+1,96)}} \right] \left(\frac{u_{salt}}{\sqrt{gD}} \right)^{(1100x+2,5)}$$

$$\frac{23,764}{u_{salt}} = [0,01096] \left(\frac{u_{salt}}{0,7687} \right)^{(2,500275)}$$

$$u_{salt} = \sqrt[8,500275]{\frac{23,764 \times 0,7687^{2,500275}}{0,01096}}$$

1er termino	23,7640399
1440x+1,96	1,96
2o termino	0,01009253
1100x+2,5	2,5275
3er termino	0,76872622
Raiz	3,5275

1er/2o*3er 1211,178712

usalt 7,48254105 m/s

uf 11,2238116 m/s

Qf 0,03205272 m³/s

Cálculo de la caída de presión:

Tramos horizontales.

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \epsilon \rho_f u_{fi}^2 + \frac{1}{2} (1 - \epsilon) \rho_p u_{pi}^2 + F_{fw} L + F_{pw} L + (1 - \epsilon) L \rho_p g \sin \theta + \epsilon L \rho_f g \sin \theta = 0$$

Terminos 5, 6 = 0

$$\Delta P_{Horiz} = \frac{1}{2} \epsilon \rho_f u_{fi}^2 + \frac{1}{2} (1 - \epsilon) \rho_p u_{pi}^2 + F_{fw} L + F_{pw} L = 0$$

Cálculo de Ffw L - Termino (3)

Cálculo N° Reynolds

$$Re_D = \frac{D_p u \rho}{\mu}$$

f	=	16/Red	para	Red	<=	2x10 ³
f	=	0,079Red ^{-0,25}	para	2x10 ³	<	Red
f	=	0,046Red ^{-1/5}	para	Red	>	2*10 ⁴

Red 43542,3664 > 20000

f 0,0054322

Cálculo de Fpw L - Termino (4)

Cálculo N° Reynolds

$$Re_p = \frac{\rho_f (u_{fi} - u_{pi}) x}{\mu}$$

Rep	<	1	C _D = $\frac{24}{Re_p}$
1	<	500	500 C _D = 18,5 Re _p ^{-0,6}
500	<	Rep	2*10 ⁴ C _D = 0,44

Rep 1,2386101 < 1

Cd 16,2708768

Cálculo Termino (1)

$$\frac{1}{2} \epsilon \rho_f u_{fi}^2$$

(1) 75,1132537 Pa

Cálculo Termino (2)

$$\frac{1}{2} (1 - \epsilon) \rho_p u_{pi}^2$$

(2) 148,175093 Pa

Cálculo Δp horizontal total:

$$\Delta P_{Horiz} = \frac{1}{2} \epsilon \rho_f u_{fi}^2 + \frac{1}{2} (1 - \epsilon) \rho_p u_{pi}^2 + F_{fw} L + F_{pw} L = 0$$

Δp_{hor} 27236,9178 Pa

Velocidad intersticial de las partículas

$$u_{pi} = u_f (1 - 0,0638 x^{0,3} p_p^{0,5})$$

u_{pi} 10,505923 m/s

ε 0,99537077

Porosidad

$$m_p = A u_{pi} (1 - \epsilon) \rho_p$$

$$\epsilon = 1 - \frac{m_p}{A u_{pi} \rho_p}$$

Velocidad intersticial del fluido

$$u_{fi} = \frac{Q_f}{A \epsilon} = \frac{u_f}{\epsilon}$$

u_{fi} 11,2760108 m/s

Perdida de carga

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{2f \rho u^2}{D}$$

Ffw L 449,920762 Pa

$$f_p = \frac{3 \rho_f D}{8 \rho_p x} C_D \left(\frac{u_{fi} - u_{pi}}{u_{pi}} \right)^2$$

f_p 0,16182825

$$F_{pw} L = \frac{2 f_p (1 - \epsilon) \rho_p u_{pi}^2 L}{D}$$

Fpw L 26563,7087 Pa

Tramos verticales.

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \varepsilon \rho_f u_{fi}^2 + \frac{1}{2} (1 - \varepsilon) \rho_p u_{pi}^2 + F_{fw}L + F_{pw}L + (1 - \varepsilon)L\rho_p g \sin \theta + \varepsilon L\rho_f g \sin \theta = 0$$

(1) (2) (3) (4) (5) (6)

Los términos 1 y 2 son mucho más dominantes en el transporte horizontal que en el vertical, por eso se desprecian.

$$\Delta P_{Vert} = F_{fw}L + F_{pw}L + (1 - \varepsilon)L\rho_p g \sin \theta + \varepsilon L\rho_f g \sin \theta = 0$$

Cálculo de Ffw L - Termino (3)

Ffw L 67,3534074 Pa

Cálculo de Fpw L - Termino (4)

$$G = \frac{m_p}{A} \quad F_{pw}L = 0,057 G L \sqrt{\frac{g}{D}}$$

Fpw L 51,2436714 Pa

Cálculo Termino (5)

Para realizar este cálculo es necesario estimar la porosidad en la línea transp. vertical

$$(1 - \varepsilon)L\rho_p g$$

Se necesita evaluar la u_p para la línea vertical

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

$$u_{pi} = \frac{u_f}{\varepsilon} - u_t$$

del tramo vertical.

$$m_p = A u_{pi} (1 - \varepsilon) \rho_p$$

Relacionando estas dos expresiones resulta:

$$m_p = A \left(\frac{u_f}{\varepsilon} - u_t \right) (1 - \varepsilon) \rho_p$$

Si se conoce u_t es posible determinar la porosidad, ε para esferas

$$u_t = \sqrt{\frac{4(\rho_p - \rho_f)g x}{3 C_D \rho_f}}$$

Rep	<	1	$C_D = \frac{24}{Re_p}$
1	<	Rep	<
500	<	Rep	<
			$500 \quad C_D = 18,5 Re_p^{-0,6}$
			$2 \cdot 10^5 \quad C_D = 0,44$

$$Re_p = \frac{\rho_f u_t x}{\mu}$$

u_t	Rep	CD	u_t
0,6	0,96504065	24,8694187	0,080031945
0,08003195	0,12872347	186,44619	0,029229369
0,02922937	0,04701255	510,502004	0,017664342
0,01766434	0,02841135	844,732923	0,013732085

$$0,04863434 \quad b \quad -11,286178 \quad a \quad 0,013732085 \quad c \quad 11,22381158 \quad + \quad 820,888113$$

$$\varepsilon \quad 0,995680316$$

$$(5) \quad 61,38270279 \quad Pa$$

Cálculo Termino (6)

$$\varepsilon L\rho_f g$$

(6) 28,9558771 Pa

Cálculo ΔP vertical total:

$$\Delta P_{Vert} = F_{fw}L + F_{pw}L + (1 - \varepsilon)L\rho_p g \sin \theta + \varepsilon L\rho_f g \sin \theta = 0$$

Δp_{vert} 208,935659 Pa

Codos

Cálculo ΔP codo:

$$\Delta P_{Codos} = n 7,5 \frac{\Delta P_{vert}}{L}$$

Δp_{codos} 3134,03488 Pa

TOTAL

$$\Delta P = \Delta P_{Horiz} + \Delta P_{Vert} + \Delta P_{Codos}$$

Δp 30579,8883 Pa

Δp 0,305798888 bar

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE NEUMÁTICO DE PRESIÓN POSITIVA EN FASE DILUIDA CaCO3

PROBLEMA	CaCO3	fase 1		
DATOS:	g	9,8	m/s ²	gravedad
	mp	0,05361111	kg/s	flujo másico
	x	0,00003	m	Tamaño partícula
	pp	1001	kg/m ³	Densidad material
	Lv	2,5	m	Longitud vertical
	Lh	12,7	m	Longitud horizontal
	n	5	uds	Codos 90°
	μ	0,00001845	Pa*s	
	pf	1,187	kg/m ³	Densidad del flujo
	D	0,0424	m	Diámetro tubería
	A	0,00141	m ²	Sección tubería

Cálculo de la velocidad del gas:

Cálculo de la velocidad de sedimentación. Transporte horizontal.

$$\frac{m_p}{\rho_f u_{salt} A} = \left[\frac{1}{10(1440x+1,96)} \right] \left(\frac{u_{salt}}{\sqrt{gD}} \right)^{(1100x+2,5)}$$

$$\frac{23,764}{u_{salt}} = [0,01096] \left(\frac{u_{salt}}{0,7687} \right)^{(2,500275)}$$

$$u_{salt} = \sqrt[2,500275]{\frac{23,764 \times 0,7687^{2,500275}}{0,01096}}$$

1er termino	31,9876617
1440x+1,96	2,0032
2o termino	0,00992659
1100x+2,5	2,533
3er termino	0,64460841
Raiz	3,533

$$1er/2o^*3er = 1059,56884$$

$$u_{salt} = 7,18206635 \text{ m/s}$$

$$u_f = 10,7730995 \text{ m/s}$$

$$Q_f = 0,01521116 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo de la caída de presión:

Tramos horizontales.

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \varepsilon \rho_f u_{fi}^2 + \frac{1}{2} (1 - \varepsilon) \rho_p u_{pi}^2 + F_{fw} L + F_{pw} L + (1 - \varepsilon) L \rho_p g \sin \theta + \varepsilon L \rho_f g \sin \theta = 0$$

(1) (2) (3) (4) (5) (6)

Terminos 5, 6 = 0

$$\Delta P_{Horiz} = \frac{1}{2} \varepsilon \rho_f u_{fi}^2 + \frac{1}{2} (1 - \varepsilon) \rho_p u_{pi}^2 + F_{fw} L + F_{pw} L = 0$$

Velocidad intersticial de las partículas

$$u_{pi} = u_f (1 - 0,0638 x^{0,3} p_p^{0,5})$$

$$u_{pi} = 9,81697433 \text{ m/s}$$

$$\varepsilon = 0,99613614$$

Porosidad

$$m_p = A u_{pi} (1 - \varepsilon) p_p$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{m_p}{A u_{pi} p_p}$$

Velocidad intersticial del fluido

$$u_{fi} = \frac{Q_f}{A \varepsilon} = \frac{u_f}{\varepsilon}$$

$$u_{fi} = 10,8148868 \text{ m/s}$$

Cálculo de F_{fw} L - Termino [3]

Cálculo N^o Reynolds

$$Re_D = \frac{D_p u \rho}{\mu}$$

f	=	16/Red	para	Red	<=	2x10 ³	
f	=	0,079Red ^{-0,25}	para	2x10 ³	<	Red	<= 2*10 ⁴
f	=	0,046Red ^{-1/5}	para	Red	>	2*10 ⁴	

$$Red = 29387,3806 > 20000$$

$$f = 0,00587659$$

Perdida de carga

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{2f \rho u^2}{D}$$

$$F_{fw} L = 484,981955 \text{ Pa}$$

Cálculo de F_{pw} L - Termino [4]

Cálculo N^o Reynolds

$$Re_p = \frac{\rho_f (u_{fi} - u_{pi}) x}{\mu}$$

Rep	<	1	C _D = 24/Rep	
1	<	Rep	<	500
500	<	Rep	<	2*10 ⁵

$$f_p = \frac{3 \rho_f D}{8 \rho_p x} C_D \left(\frac{u_{fi} - u_{pi}}{u_{pi}} \right)^2$$

$$F_{pw} L = \frac{2 f_p (1 - \varepsilon) \rho_p u_{pi}^2 L}{D}$$

$$Rep = 1,9260521 < 500$$

$$f_p = 0,08107612$$

$$F_{pw} L = 18103,8814 \text{ Pa}$$

$$C_d = 12,484493$$

Cálculo Termino [1]

$$\frac{1}{2} \varepsilon \rho_f u_{fi}^2$$

$$(1) \quad 69,1485968 \text{ Pa}$$

Cálculo Termino [2]

$$\frac{1}{2} (1 - \varepsilon) \rho_p u_{pi}^2$$

$$(2) \quad 186,372089 \text{ Pa}$$

Cálculo Δ_{ph} horizontal total:

$$\Delta P_{Horiz} = \frac{1}{2} \varepsilon \rho_f u_{fi}^2 + \frac{1}{2} (1 - \varepsilon) \rho_p u_{pi}^2 + F_{fw} L + F_{pw} L = 0$$

$$\Delta_{ph} = 18844,384 \text{ Pa}$$

Tramos verticales.

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \varepsilon \rho_f u_{fi}^2 + \frac{1}{2} (1 - \varepsilon) \rho_p u_{pi}^2 + F_{fw} L + F_{pw} L + (1 - \varepsilon) L \rho_p g \sin \theta + \varepsilon L \rho_f g \sin \theta = 0$$

(1) (2) (3) (4) (5) (6)

Los términos 1 y 2 son mucho más dominantes en el transporte horizontal que en el vertical, por eso se desprecian.

$$\Delta P_{Vert} = F_{fw} L + F_{pw} L + (1 - \varepsilon) L \rho_p g \sin \theta + \varepsilon L \rho_f g \sin \theta = 0$$

Cálculo Termino [5]

$$(1 - \varepsilon) L \rho_p g$$

Para realizar este cálculo es necesario estimar la porosidad en la línea transp. vertical. Se necesita evaluar la u_p para la línea vertical.

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

$$u_{pi} = \frac{u_f}{\varepsilon} - u_t \quad \text{del tramo vertical.} \quad m_p = A u_{pi} (1 - \varepsilon) \rho_p$$

Relacionando estas dos expresiones resulta:

$$m_p = A \left(\frac{u_f}{\varepsilon} - u_t \right) (1 - \varepsilon) \rho_p$$

Si se conoce u_t es posible determinar la porosidad, u_t para esferas

$$u_t = \sqrt{\frac{4(\rho_p - \rho_f)g x}{3 C_D \rho_f}}$$

Rep
1
500

<
<
<

1
Rep
Rep

$$C_D = \frac{24}{Re_p}$$

500

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

$$Re_p = \frac{\rho_f u_t x}{\mu}$$

u_t	Rep	CO	u_t
0,6	1,15804878	16,9408664	0,13960766
0,13960766	0,26945414	89,0689603	0,0608855
0,0608855	0,11751396	204,231048	0,04020834
0,04020834	0,07760537	309,256943	0,03267513

$$0,03793142 \cdot b - 10,8437061 \cdot a + 0,03267513 \cdot c + 10,7730995 = 330,867717$$

$$- 0,99648082 = 0,99648082$$

$$\varepsilon = 0,99648082$$

$$[5] = 86,3062303 \text{ Pa}$$

Cálculo Termino [6]

$$\varepsilon L \rho_f g$$

$$[6] = 28,9791568 \text{ Pa}$$

Cálculo ΔP vertical total:

$$\Delta P_{Vert} = F_{fw} L + F_{pw} L + (1 - \varepsilon) L \rho_p g \sin \theta + \varepsilon L \rho_f g \sin \theta = 0$$

$$\Delta p_{vert} = 293,012284 \text{ Pa}$$

Codos

Cálculo ΔP codo:

$$\Delta P_{Codos} = n \cdot 7,5 \frac{\Delta P_{Vert}}{L}$$

$$\Delta p_{codos} = 4395,18426 \text{ Pa}$$

TOTAL

$$\Delta P = \Delta P_{Horiz} + \Delta P_{Vert} + \Delta P_{Codos}$$

$$\Delta p = 23532,5806 \text{ Pa}$$

$$\Delta p = 0,23532581 \text{ bar}$$

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE NEUMÁTICO DE PRESIÓN POSITIVA EN FASE DILUIDA GRANZA PVC

PROBLEMA	GRANZA	fase 4		
DATOS:	g	9,8	m/s ²	gravedad
	mp	0,134077778	kg/s	flujo másico
	x	0,00409	m	Tamaño partícula
	pp	770,55	kg/m ³	Densidad material
	Lv	38	m	Longitud vertical
	Lh	4,5	m	Longitud horizontal
	n	5	uds	Codos 90°
	μ	0,00001845	Pa*s	
	pf	1,187	kg/m ³	Densidad del flujo
	D	0,0424	m	Diámetro tubería
	A	0,00141	m ²	Sección tubería

Cálculo de la velocidad del gas:

Cálculo de la velocidad de sedimentación. Transporte horizontal.

$$\frac{m_p}{\rho_f u_{salt} A} = \left[\frac{1}{10^{(1440x+1,96)}} \right] \left(\frac{u_{salt}}{\sqrt{gD}} \right)^{(1100x+2,5)}$$

$$\frac{23,764}{u_{salt}} = [0,01096] \left(\frac{u_{salt}}{0,7687} \right)^{(2,500275)}$$

$$u_{salt} = \sqrt[3,500275]{\frac{23,764 \times 0,7687^{2,500275}}{0,01096}}$$

1er termino	79,99898738
1440x+1,96	7,8496
2o termino	1,41384E-08
1100x+2,5	6,999
3er termino	0,644608408
Raiz	7,999

1er/2o*3er = 261786325,2

usalt = 11,2817096 m/s

uf = 16,9225644 m/s

Qf = 0,02389394 m³/s

Cálculo de la caída de presión:

Tramos horizontales.

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \varepsilon \rho_f u_{fi}^2 + \frac{1}{2} (1 - \varepsilon) \rho_p u_{pi}^2 + F_{fw} L + F_{pw} L + (1 - \varepsilon) L \rho_p g \sin \theta + \varepsilon L \rho_f g \sin \theta = 0$$

Terminos 5, 6 = 0

$$\Delta P_{Horiz} = \frac{1}{2} \varepsilon \rho_f u_{fi}^2 + \frac{1}{2} (1 - \varepsilon) \rho_p u_{pi}^2 + F_{fw} L + F_{pw} L = 0$$

Cálculo de Ffw L - Termino [3]

Cálculo N^o Reynolds

$$Re_D = \frac{D_p u \rho}{\mu}$$

f	=	16/Red	para	Red	<=	2x10 ³
f	=	0,079Red ^{-0,25}	para	2x10 ³	<	Red
f	=	0,046Red ^{-1/5}	para	Red	>	2*10 ⁴

Red = 46162,18749 > 20000

f = 0,005369088

Perdida de carga

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{2f \rho u^2}{D}$$

Ffw L = 387,4005905 Pa

Cálculo de Fpw L - Termino [4]

Cálculo N^o Reynolds

$$Re_p = \frac{\rho_f (u_{fi} - u_{pi}) x}{\mu}$$

Rep	<	1	C _D = $\frac{24}{Re_p}$
1	<	Rep	< 500
500	<	Rep	< 2*10 ⁵

$$f_p = \frac{3 \rho_f D}{8 \rho_p x} C_D \left(\frac{u_{fi} - u_{pi}}{u_{pi}} \right)^2$$

$$F_{pw} L = \frac{2 f_p (1 - \varepsilon) \rho_p u_{pi}^2 L}{D}$$

Rep = 1564,58888 < 2*10⁵

Cd = 0,44

fp = 0,00074725

Fpw L = 168,173233 Pa

Cálculo Termino [1]

$$\frac{1}{2} \varepsilon \rho_f u_{fi}^2$$

[1] = 171,859327 Pa

Cálculo Termino [2]

$$\frac{1}{2} (1 - \varepsilon) \rho_p u_{pi}^2$$

[2] = 530,129234 Pa

Cálculo Δp horizontal total:

$$\Delta P_{Horiz} = \frac{1}{2} \varepsilon \rho_f u_{fi}^2 + \frac{1}{2} (1 - \varepsilon) \rho_p u_{pi}^2 + F_{fw} L + F_{pw} L = 0$$

Δp_{hor} = 1257,56238 Pa

Tramos verticales.

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \varepsilon \rho_f u_{fi}^2 + \frac{1}{2} (1 - \varepsilon) \rho_p u_{pi}^2 + F_{fw} L + F_{pw} L + (1 - \varepsilon) L \rho_p g \sin \theta + \varepsilon L \rho_f g \sin \theta = 0$$

(1) (2) (3) (4) (5) (6)

Los términos 1 y 2 son mucho más dominantes en el transporte horizontal que en el vertical, por eso se desprecian.

$$\Delta P_{Vert} = F_{fw} L + F_{pw} L + (1 - \varepsilon) L \rho_p g \sin \theta + \varepsilon L \rho_f g \sin \theta = 0$$

Cálculo de Ffw L - Termino (3)

Ffw L 3271,38276 Pa

Cálculo de Fpw L - Termino (4)

$$G = \frac{m_p}{A} \quad F_{pw} L = 0,057 G L \sqrt{\frac{g}{D}}$$

Fpw L 3126,9704 Pa

Cálculo Termino (5)

Para realizar este cálculo es necesario estimar la porosidad en la línea transp. vertical
Se necesita evaluar la up para la línea vertical
Si asumimos que las partículas se comportan individualmente, la velocidad relativa puede asumirse igual a la velocidad terminal, es decir:

$$(1 - \varepsilon) L \rho_p g$$

$$u_{pi} = \frac{u_f}{\varepsilon} - u_t$$

del tramo vertical.

$$m_p = A u_{pi} (1 - \varepsilon) \rho_p$$

Relacionando estas dos expresiones resulta:

$$m_p = A \left(\frac{u_f}{\varepsilon} - u_t \right) (1 - \varepsilon) \rho_p$$

Si se conoce ut es posible determinar la porosidad, ut para esferas

$$u_t = \sqrt{\frac{4(\rho_p - \rho_f)g x}{3 C_D \rho_f}}$$

Rep	<	1
1	<	Rep
500	<	Rep

$$C_D = \frac{24}{Re_p}$$

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

$$Re_p = \frac{\rho_f u_t x}{\mu}$$

ut	Rep	CD	ut
0,6	157,88065	0,88751231	6,247368979
6,247368979	1643,8978	0,44	8,872745214
8,872745214	2334,72464	0,44	8,872745214
8,872745214	2334,72464	0,44	8,872745214

$$0,12323509 \quad b \quad a \quad c \quad + \quad 1,93598071$$

$$-25,9185447 \quad 8,87274521 \quad 16,9225644 \quad - \quad 0,98516083$$

ε 0,98516083

(5) 4258,14033 Pa

Cálculo Termino (6)

$$\varepsilon L \rho_f g$$

(6) 435,479313 Pa

Cálculo ΔP vertical total:

$$\Delta P_{Vert} = F_{fw} L + F_{pw} L + (1 - \varepsilon) L \rho_p g \sin \theta + \varepsilon L \rho_f g \sin \theta = 0$$

Δpvert 11091,9728 Pa

Codos

Cálculo ΔP codo:

$$\Delta P_{Codos} = n 7,5 \frac{\Delta P_{Vert}}{L}$$

Δpcodos 10946,0258 Pa

TOTAL

$$\Delta P = \Delta P_{Horiz} + \Delta P_{Vert} + \Delta P_{Codos}$$

Δp 23295,561 Pa
Ap 0,23295561 bar

10.8. ANEXO VIII

EXCEL TORNILLO SIN FIN

DIMENSIONADO Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE IMPULSIÓN PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAS PRIMAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PVC

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE MECÁNICO POR TORNILLO SIN-FIN CACCIA

PROBLEMA	CACCIA	fase 2			
DATOS:	v	0,03333333	m/s	velocidad de arrastre	Se iguala la velocidad de arrastre a la velocidad de desplazamiento del transportador
	mp	0,13407778	kg/s	flujo másico	
	pp	748,4	kg/m ³	Densidad material	
	Lv	4,6	m	Longitud vertical	
	Lh	8	m	Longitud horizontal	
	D	0,085	m	Diámetro exterior sin-fin	
	A	0,00567	m ²	Sección tubería	
	λ	0,32		Coefficiente de relleno	
	°	35	°	Inclinación del canalón	
	i	0,22		Coefficiente de disminución de flujo	
	Q	0,64494923	m ³ /h	flujo volumétrico	
	g	9,8	m/s ²	gravedad	
	c0	4		Coefficiente de resistencia del material transportado	

Tipo de carga	Coefficiente de relleno, λ
Pesada y abrasiva	0,125
Pesada y poco abrasiva	0,25
Ligera y poco abrasiva	0,32
Ligera y no abrasiva	0,4

Inclinación del canalón	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°
i	1	0,9	0,8	0,74	0,65	0,42	0,3	0,22

Material	Coefficiente de resistencia del material, c ₀
Harina, serrín, productos granulosos	1,2
Turba, sosa, polvo de carbón	1,6
Antracita, carbón, sal de roca	2,5
Yeso, arcilla seca, tierra fina, cemento, cal, arena	4

Dimensionado sin-fin

Velocidad de desplazamiento del transportador

$$v = \frac{p \cdot n}{60} \quad \text{Como el diámetro del tornillo tiene que ser igual al paso}$$

$p = 0,085$
 $n = 23,5294118 \text{ rpm}$

v2 = 0,16666667 m/s
 D2 = 0,14 m Diámetro exterior sin-fin

Potencia para el desplazamiento horizontal del material

$$P_H = c_0 \frac{Q L_H g}{3600} \quad P_H = 42,3913448 \text{ W}$$

POTENCIA TOTAL DE ACCIONAMIENTO

$$P = P_H + P_N + P_i \quad P = 48,5411006 \text{ W}$$

Área de relleno del canalón

$$S = \lambda \frac{\pi D^2}{4} \quad \lambda = 0,32$$

$S = 0,00181584 \text{ m}^2$

$n2 = 71,4285714 \text{ rpm}$
 $S2 = 0,00492602 \text{ m}^2$

Potencia para el accionamiento del tornillo en vacío

$$P_N = \frac{D L_H}{20} \quad P_N = 0,056 \text{ W}$$

Capacidad del transportador

$$Q = 3600 S v \rho i \quad i = 0,22$$

$Q = 35,8769419 \text{ kg/h} < 482,68 \text{ kg/h}$

dado que la capacidad es menor a la que se necesita en la instalación se aumentará la velocidad y/o el diámetro para llegar al valor necesitado de capacidad

$Q2 = 486,635336 \text{ kg/h} > 482,68 \text{ kg/h}$

Potencia para el caso de un tornillo inclinado

$$P_i = \frac{Q L_V g}{3600} \quad P_i = 6,09375582 \text{ W}$$

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE MECÁNICO POR TORNILLO SIN-FIN PLASMEC

PROBLEMA	PLASMEC	fase 2			
DATOS:	v	0,05625	m/s	velocidad de arrastre	Se iguala la velocidad de arrastre a la velocidad de desplazamiento del transportador
	mp	0,13407778	kg/s	flujo másico	
	pp	748,4	kg/m ³	Densidad material	
	Lv	4,6	m	Longitud vertical	
	Lh	13,5	m	Longitud horizontal	
	D	0,08	m	Diámetro exterior sin-fin	
	A	0,00503	m ²	Sección tubería	
	λ	0,32		Coefficiente de relleno	
	°	20	°	Inclinación del canalón	
	i	0,65		Coefficiente de disminución de flujo	
	Q	0,64494923	m ³ /h	flujo volumétrico	
	g	9,8	m/s ²	gravedad	
	c0	4		Coefficiente de resistencia del material transportado	

Tipo de carga	Coefficiente de relleno, λ
Pesada y abrasiva	0,125
Pesada y poco abrasiva	0,25
Ligera y poco abrasiva	0,32
Ligera y no abrasiva	0,4

Inclinación del canalón	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°
i	1	0,9	0,8	0,74	0,65	0,42	0,3	0,22

Material	Coefficiente de resistencia del material, c ₀
Harina, serrín, productos granulosos	1.2
Turba, sosa, polvo de carbón	1.6
Antracita, carbón, sal de roca	2.5
Yeso, arcilla seca, tierra fina, cemento, cal, arena	4

Dimensionado sin-fin

Velocidad de desplazamiento del transportador

$$v = \frac{p \cdot n}{60}$$

Como el diámetro del tornillo tiene que ser igual al paso

p	0,08
n	42,1875 rpm

v2	0,11666667	m/s
D2	0,1	m

Diámetro exterior sin-fin

Potencia para el desplazamiento horizontal del material

$$P_H = c_0 \frac{Q L_H g}{3600}$$

Ph	75,4837765	W
----	------------	---

Área de relleno del canalón

$$S = \lambda \frac{\pi D^2}{4}$$

λ	0,32
S	0,0016085

m²

Potencia para el accionamiento del tornillo en vacío

$$P_N = \frac{D L_H}{20}$$

Pn	0,0675
----	--------

W

Capacidad del transportador

$$Q = 3600 S v \rho i$$

i	0,65
Q	158,44991

kg/h

dato que la capacidad es menor a la que se necesita en la instalación se aumentará la velocidad y/o el diámetro para llegar al valor necesitado de capacidad

Q2	513,495079
----	------------

kg/h

Potencia para el caso de un tornillo inclinado

$$P_i = \frac{Q L_v g}{3600}$$

Pi	6,43009948
----	------------

W

POTENCIA TOTAL DE ACCIONAMIENTO

$$P = P_H + P_N + P_i$$

P	81,981376
---	-----------

W

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE MECÁNICO POR TORNILLO SIN-FIN GRANCEADORA

PROBLEMA	GRANCEADORA	fase 2		
<u>DATOS:</u>	v	0,09716667	m/s	velocidad de arrastre
	mp	0,13407778	kg/s	flujo másico
	pp	748,4	kg/m ³	Densidad material
	Lv	3	m	Longitud vertical
	Lh	5,83	m	Longitud horizontal
	D	0,07	m	Diámetro exterior sin-fin
	A	0,00385	m ²	Sección tubería
	λ	0,32		Coefficiente de relleno
	°	30	°	Inclinación del canalón
	i	0,3		Coefficiente de disminución de flujo
	Q	0,64494923	m ³ /h	flujo volumétrico
	g	9,8	m/s ²	gravedad
	c0	4		Coefficiente de resistencia del material transportado

Se iguala la velocidad de arrastre a la velocidad de desplazamiento del transportador

Tipo de carga	Coefficiente de relleno, λ
Pesada y abrasiva	0,125
Pesada y poco abrasiva	0,25
Ligera y poco abrasiva	0,32
Ligera y no abrasiva	0,4

Inclinación del canalón	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°
i	1	0,9	0,8	0,74	0,65	0,42	0,3	0,22

Material	Coefficiente de resistencia del material, c ₀
Harina, serrín, productos granulosos	1.2
Turba, sosa, polvo de carbón	1.6
Antracita, carbón, sal de roca	2.5
Yeso, arcilla seca, tierra fina, cemento, cal, arena	4

Dimensionado sin-fin

Velocidad de desplazamiento del transportador

$$v = \frac{p \cdot n}{60}$$

Como el diámetro del tornillo tiene que ser igual al paso

p	0,07
n	83,2857143 rpm

Área de relleno del canalón

$$S = \lambda \frac{\pi D^2}{4}$$

λ	0,32
S	0,0012315 m ²

Capacidad del transportador

$$Q = 3600 S v \rho i$$

i	0,3
Q	96,718773 kg/h

482,68 kg/h

dato que la capacidad es menor a la que se necesita en la instalación se aumentará la velocidad y/o el diámetro para llegar al valor necesitado de capacidad

Q2	487,538184 kg/h
----	-----------------

482,68 kg/h

Potencia para el desplazamiento horizontal del material

$$P_H = c_0 \frac{Q L_H g}{3600}$$

P _H	30,9500074 W
----------------	--------------

Potencia para el accionamiento del tornillo en vacío

$$P_N = \frac{D L_H}{20}$$

P _N	0,03498 W
----------------	-----------

Potencia para el caso de un tornillo inclinado

$$P_i = \frac{Q L_v g}{3600}$$

P _i	3,98156184 W
----------------	--------------

POTENCIA TOTAL DE ACCIONAMIENTO

$$P = P_H + P_N + P_i$$

P	34,9665492 W
---	--------------

10.9. ANEXO IX

LISTADO COMPONENTES INSTALACIÓN

Pos.	Cant.	Descripción	Valor (€)
10.	1 ud	<p>SILO ALMACENAMIENTO RESINA PVC en Acero Inoxidable 304 de 120 m³ de capacidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diámetro: 3,5 m • Altura cilíndrica: 12,5 m • Altura total: 16 m • Faldón hasta el suelo • Aro perimetral inferior de 60x20 mm de acero al carbono • Anillo para posicionamiento con 4 placas para cimentación. • 4 patas de HEB 180x3000 mm preparadas para células de pesaje • Cono 60° con brida de descarga DN250 • Escalera tipo gato con quitamiedos construida en acero inoxidable 304 • Techo superior cónico, con bocas para: Niveles, inspección, carga, etc. • Barandilla perimetral superior de 1,2 m en acero inoxidable 304, con rodapiés • Espesor Techo: 3 mm • Espesor Cono: 4 mm • Espesor 1ª Virola: 4 mm • Espesor 2, 3, 4ª Virola: 3 mm • Espesor 5, 6, 7, 8, 9 y 10ª Virola: 2,5 mm 	91910
10.	1 ud	<p>TUBERIA DE CARGA DE SILO de Resina PVC.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Longitud tubería: 21,5 m • Diámetro tubería: 100 mm • Tubo recto de acero inoxidable 304 • Curva de 90° de radio amplio R = 10D de acero inoxidable 304 • Acoplamientos tipo Eurac • Manguera flexible de transporte neumático con acoplamientos rápidos tipo Guillemín, con tapa y detector inductivo. 	-
20.	1 ud	<p>FILTRO de mangas extraíbles.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Secuenciador de limpieza automática por aire comprimido • Fabricado en acero inoxidable 304 • Mangas de tejido antiestático • Material a tratar: Resina PVC • Superficie filtrante: 16 m² • Diámetro exterior: 1 m • Altura total: 1,5 m • Presión de trabajo: 6 bar • Presión máxima admisible: -positiva: 0,075 bar -negativa: -0,05 bar 	5000

30.	1 ud	VÁLVULA DE SEGURIDAD por sobrepresión en acero inoxidable 304. <ul style="list-style-type: none"> • Diámetro exterior: 273 mm • Tara presión: 0,05 bar • Tara depresión: 0,005 bar 	350
40.	1 ud	VÁLVULA CIERRE, de tajadera, con boca circular. <ul style="list-style-type: none"> • Fabricada con cuerpo y rodamiento en acero al carbono y tratados con pintura RAL 7001 • Medida de boca: 300 mm • Mando manual 	2430
50.	1 ud	VÁLVULA ROTATIVA para dosificación Resina PVC. <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo en fundición de acero con recubrimiento interno de Níquel • Rotor soldado y montado sobre cojinetes de bolas en los extremos, construido en acero inoxidable 304 • Tapas laterales de cierre con soportes • Accionamiento mediante moto-reductor con transmisión mediante poleas y correas. Motor de 0,55 kW • Toma neumática para conexión de la descarga de la rotativa en la línea de transporte neumático, construida en acero inoxidable 304 	5580
60.	3 uds	INDICADORES DE NIVEL ROTATIVOS de paleta. <ul style="list-style-type: none"> • Eje y paleta en acero inoxidable 304 • Señales de nivel máximo, intermedio y mínimo • Micromotor e interruptor 	1200
70.	1 ud	VALVULA DE MARIPOSA para el barrido de la línea de transporte neumático. <ul style="list-style-type: none"> • Partes en contacto con el producto en acero inoxidable 304 • Mando electroneumático incorporado 	186
80.	1 ud	FILTRO DE INICIO DE LÍNEA, construido en acero inoxidable 304, con rejilla de luz de malla de 3 mm.	1000

90.	1 ud	<p>BOMBA DE PRESIÓN, para generar las condiciones de caudal y presión óptimas para realizar el transporte neumático de la Resina de PVC desde los silos de almacenamiento hasta las tolvas de premezclado.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fabricante: Pedro Gil • Modelo: PG30.10 F1 • Tipo: Root trilobular • Fluido vehicular: aire • Motor IP55: 3 kW • Presión diferencial: 400 mbar • Caudal impulsado: 2,3 m3/min • Velocidad de soplado: 2900 rpm • Filtro-silenciador de aspiración • Transmisión por correas y poleas con taper-lock • Protección de transmisión • Soportes antivibratorios • Manguito elástico de conexión • Válvula de seguridad • Válvula de retención • Cabina insonorizante • Ventilación interna • Nivel sonoro: 64 Db 	4761,92
100.	1 ud	<p>LÍNEA DE TUBERÍA DE TRANSPORTE NEUMÁTICO PARA RESINA PVC.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Longitud tubería: 16,7 m • Diámetro tubería: 60,3 mm • Tubo recto de acero inoxidable 304 • 4 curvas de 90° de radio amplio R = 10D de acero inoxidable 304 • Acoplamientos tipo Eurac • Manguera flexible de transporte neumático con acoplamientos rápidos tipo Guillemín, con tapa y detector inductivo • Suportación de la tubería: soporte verticales y horizontales en acero al carbono pintado, soportes auxiliares en acero galvanizado y abarcones en acero zincado 	180

110.	2 uds	<p>SILO ALMACENAMIENTO CaCO₃ en Acero Inoxidable 304 de 60 m³ de capacidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diámetro: 3,4 m • Altura cilíndrica: 5,5 m • Altura total: 9,2 m • Faldón hasta el suelo • Aro perimetral inferior de 60x20 mm de acero al carbono • Anillo para posicionamiento con 4 placas para cimentación. • 4 patas de HEB 180x3000 mm preparadas para células de pesaje • Cono 60° con brida de descarga DN250 • Escalera tipo gato con quitamiedos y descansillo intermedio, construida en acero inoxidable 304 • Techo superior cónico, con bocas para: Niveles, inspección, carga, etc. • Barandilla perimetral superior de 1,2 m en acero inoxidable 304, con rodapiés • Espesor Techo: 3 mm • Espesor Cono: 4 mm • Espesor 1ª Virola: 4 mm • Espesor 2, 3, 4ª Virola: 3 mm 	153920
110.	2 uds	<p>TUBERIA DE CARGA DE SILO de CaCO₃.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Longitud tubería: 10 m • Diámetro tubería: 100 mm • Tubo recto de acero inoxidable 304 • Curva de 90° de radio amplio R = 10D de acero inoxidable 304 • Acoplamientos tipo Eurac • Manguera flexible de transporte neumático con acoplamientos rápidos tipo Guillemín, con tapa y detector inductivo. 	-
120.	2 uds	<p>FILTRO de mangas extraíbles.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Secuenciador de limpieza automática por aire comprimido • Fabricado en acero inoxidable 304 • Mangas de tejido antiestático • Material a tratar: CaCO₃ • Superficie filtrante: 16 m² • Diámetro exterior: 1 m • Altura total: 1,5 m • Presión de trabajo: 6 bar • Presión máxima admisible: -positiva: 0,075 bar -negativa: -0,05 bar 	10000

130.	2 uds	VÁLVULA DE SEGURIDAD por sobrepresión en acero inoxidable 304. <ul style="list-style-type: none"> • Diámetro exterior: 273 mm • Tara presión: 0,05 bar • Tara depresión: 0,005 bar 	700
140.	2 uds	FONDO VIBRANTE para materiales granulares o pulverulentos. <ul style="list-style-type: none"> • Material de construcción: Acero al carbono y junta de SINTER, polímero antiabrasivo. • Diámetro del fondo vibrante: 1,5 m • Número de suspensiones: 8 • Diámetro boca de descarga: 323 mm (sin brida) • Deflector de 45° • 1 Motovibrador: 0,62 kW. 230/400V. 50 Hz. 	11600
150.	2 uds	VÁLVULA CIERRE, de tajadera, con boca circular. <ul style="list-style-type: none"> • Fabricada con cuerpo y rodamiento en acero al carbono y tratados con pintura RAL 7001 • Medida de boca: 300 mm • Mando manual 	4860
160.	2 uds	VÁLVULA ROTATIVA para dosificación CaCO ₃ . <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo en fundición de acero con recubrimiento interno de Níquel • Rotor soldado y montado sobre cojinetes de bolas en los extremos, construido en acero inoxidable 304 • Tapas laterales de cierre con soportes • Accionamiento mediante moto-reductor con transmisión mediante poleas y correas. Motor de 0,55 kW • Toma neumática para conexión de la descarga de la rotativa en la línea de transporte neumático, construida en acero inoxidable 304 	11160
170.	6 uds	INDICADORES DE NIVEL ROTATIVOS de paleta. <ul style="list-style-type: none"> • Eje y paleta en acero inoxidable 304 • Señales de nivel máximo, intermedio y mínimo • Micromotor e interruptor 	2400
180.	2 uds	VALVULA DE MARIPOSA para el barrido de la línea de transporte neumático. <ul style="list-style-type: none"> • Partes en contacto con el producto en acero inoxidable 304 • Mando electroneumático incorporado 	372
190.	2 uds	FILTRO DE INICIO DE LÍNEA, construido en acero inoxidable 304, con rejilla de luz de malla de 3 mm	1000

200.	1 ud	<p>BOMBA DE PRESIÓN, para generar las condiciones de caudal y presión óptimas para realizar el transporte neumático de la Resina de PVC desde los silos de almacenamiento hasta las tolvas de premezclado.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fabricante: Pedro Gil • Modelo: PG30.05 F1 • Tipo: Root trilobular • Fluido vehicular: aire • Motor IP55: 2,2 kW • Presión diferencial: 300 mbar • Caudal impulsado: 1,06 m³/min • Velocidad de soplado: 2400 rpm • Filtro-silenciador de aspiración • Transmisión por correas y poleas con taper-lock • Protección de transmisión • Soportes antivibratorios • Manguito elástico de conexión • Válvula de seguridad • Válvula de retención • Cabina insonorizante • Ventilación interna • Nivel sonoro: 64 dB 	4684,05
210.	1 ud	<p>LÍNEA DE TUBERÍA DE TRANSPORTE NEUMÁTICO PARA CaCO₃-B.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Longitud tubería: 12,7 m • Diámetro tubería: 42,4 mm • Tubo recto de acero inoxidable 304 • 4 curvas de 90° de radio amplio R = 10D de acero inoxidable 304 • Acoplamientos tipo Eurac • Manguera flexible de transporte neumático con acoplamientos rápidos tipo Guillemín, con tapa y detector inductivo • Suportación de la tubería: soporte verticales y horizontales en acero al carbono pintado, soportes auxiliares en acero galvanizado y abarcones en acero zincado 	90

220.	1 ud	<p>LÍNEA DE TUBERÍA DE TRANSPORTE NEUMÁTICO PARA CaCO₃-A.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Longitud tubería: 9,7 m • Diámetro tubería: 42,4 mm • Tubo recto de acero inoxidable 304 • 4 curvas de 90° de radio amplio R = 10D de acero inoxidable 304 • Acoplamientos tipo Eurac • Manguera flexible de transporte neumático con acoplamientos rápidos tipo Guillemín, con tapa y detector inductivo • Suportación de la tubería: soporte verticales y horizontales en acero al carbono pintado, soportes auxiliares en acero galvanizado y abarcones en acero zincado 	70
230.	4 uds	<p>TOLVA DE RECEPCIÓN T-250 en acero inoxidable 304 con:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Techo Klopper para soportar la depresión • Ø 812 / Conicidad 60° • Brida lateral para insertar el filtro poligonal horizontal • Capacidad útil 250 l. • Cuatro cartelas de soporte • Manguito de entrada del material Ø 76 • Brida inferior para colocar el fondo vibrante Ø 600 • Control de nivel rotativo tipo IRP 	92848
230.	4 uds	<p>FILTRO POLIGONAL HORIZONTAL INSERTABLE, con bolsas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Secuenciador de limpieza automática por aire comprimido • Fabricado en acero inoxidable 304 • Mangas de tejido antiestático • Material a tratar: Resina PVC / CaCO₃ • Superficie filtrante: 9 m² • Medida filtro: 1,296x0,765 m • Altura filtro: 0,75 m • Presión de trabajo: 0,6 bar • Presión máxima admisible: -positiva: 0,05 bar -negativa: -0,6 bar • Resistencia estructural: Pred = 1 bar • Capacidad calderín: 5 l • Posición salida aire: Tipo E 	-

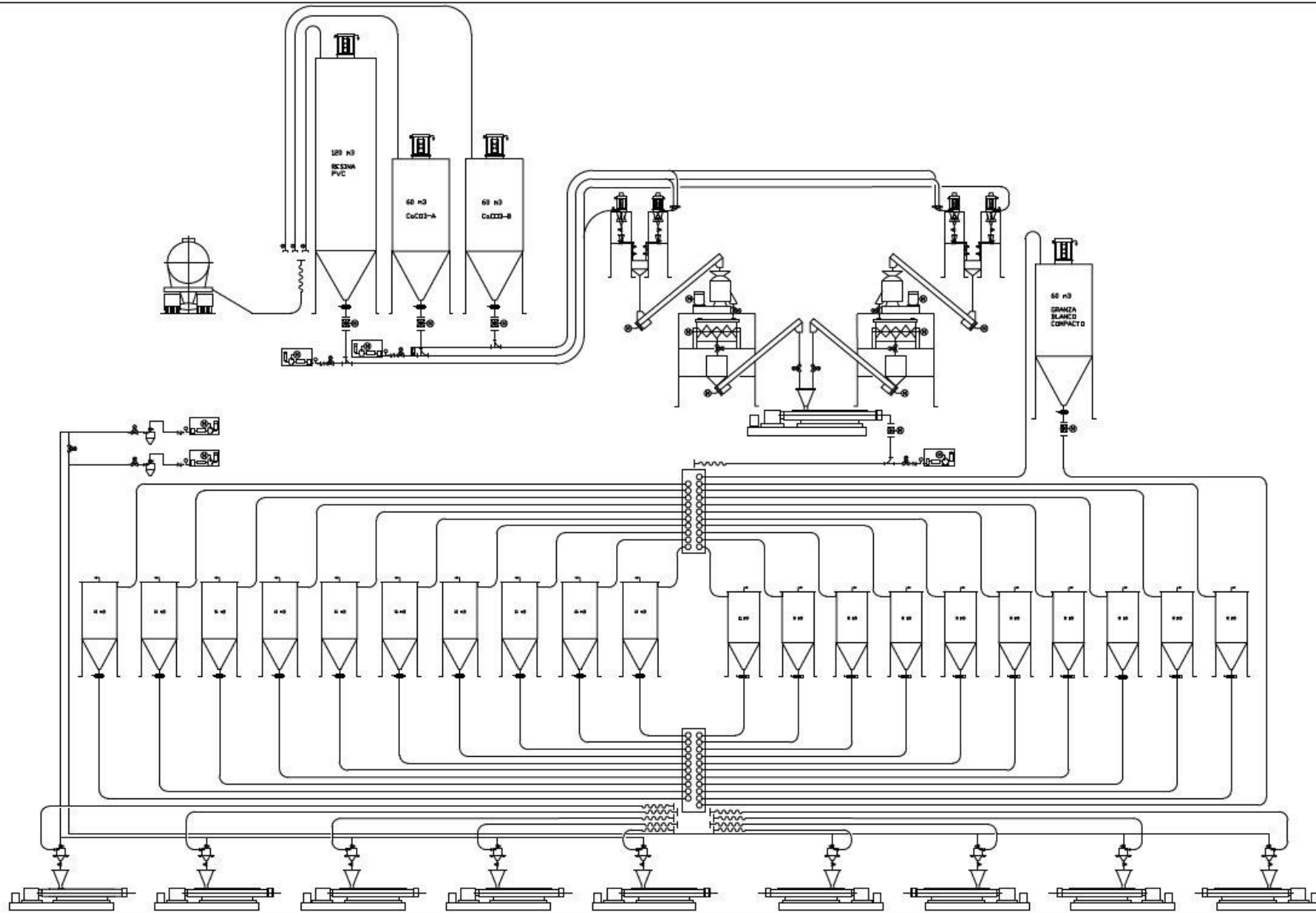
230.	4 uds	<p>EXTRACTORES DE FONDO VIBRANTE D.600 para materiales en polvo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Material a extraer: Resina PVC / CaCO₃ • Material de construcción: Acero al carbono • Junta de SINTER, polímero antiabrasivo • Diámetro fondo vibrante: 0,6 m • Número de suspensiones: 4 • Boca de descarga: Ø 273 mm, con brida redonda • Deflector: 45° • 1 Motovibrador: 0,13 kW. 230/400 V. 50 Hz. 	-
230.	4 uds	<p>VÁLVULA DE MARIPOSA D.250 mm</p> <ul style="list-style-type: none"> • Material de construcción: Aluminio con disco de cierre en poliuretano SINT® • Diámetro interior: 250 mm • Actuador neumático • Electroválvula de 5 vías, efecto simple, 1 bobina • Microcontacto final de carrera 	-
230.	4 uds	MANGUERA FLEXIBLE Ø 250	-
230.	4 uds	<p>EXTRACTOR-DOSIFICADOR ROMPEBÓVEDAS TIPO ZFP-800</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tolva de almacenamiento, capacidad 400 l, con tapa en dos mitades • Rejilla protección • Cubo central con álabes giratorios • Motorreductor (380 V) • 2 Controles de Nivel rotativo tipo IRP • 1 Distribuidor tipo 80 P long. 1 metro, provisto de: <ul style="list-style-type: none"> - Conducto dosificador tipo 80 - Espiral dosificadora tipo 80 P - Boca de descarga preparada para conexión tipo PV - Motorreductor (380 V) 	-
230.	4 uds	<p>DISPOSITIVO DE PESAJE, formado por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3 Células de carga mod. M300: <ul style="list-style-type: none"> - Accesorios de acoplamiento a Silentblocks • 1 Caja suma • 1 Transmisor tipo DAT 400 	-
300.	4 uds	ESTRUCTURA DE SOPORTE, para el conjunto del dispositivo de alimentación	800
310.	1 ud	ARMARIO ELÉCTRICO	2000
320.	1 ud	AUTÓMATA PROGRAMABLE CON PANTALLA	245
330.	1 ud	<p>TRANSPORTADOR DE TORNILLO SIN-FIN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Longitud: 8 m • Diámetro: 0,14 m • Desnivel: 4,6 m • Velocidad de transporte: 10 m/min 	6327
340.	1 ud	MOTORREDUCTOR Pujol Muntalà, referencia RAX030M0E0 de 61 W de potencia y una velocidad de giro de 93,3 rpm.	-

350.	1 ud	<p>TRANSPORTADOR DE TORNILLO SIN-FIN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Longitud: 13,5 m • Diámetro: 0,1 m • Desnivel: 4,6 m • Velocidad de transporte: 7 m/min 	8677
360.	1 ud	MOTORREDUCTOR Pujol Muntalà, referencia RAX030M0Y0 de 92 W de potencia y una velocidad de giro de 70 rpm.	-
370.	2 uds	<p>TRANSPORTADOR DE TORNILLO SIN-FIN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Longitud: 5,83 m • Diámetro: 0,12 m • Desnivel: 3 m • Velocidad de transporte: 10 m/min 	11044
380.	2 uds	MOTORREDUCTOR Pujol Muntalà, referencia RAX030M0E0 de 61 W de potencia y una velocidad de giro de 93,3 rpm.	-
390.	1 ud	<p>BOMBA DE PRESIÓN, para generar las condiciones de caudal y presión óptimas para realizar el transporte neumático de la Resina de PVC desde los silos de almacenamiento hasta las tolvas de premezclado.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fabricante: Pedro Gil • Modelo: PG30.05 F1 • Tipo: Root trilobular • Fluido vehicular: aire • Motor IP55: 3 kW • Presión diferencial: 300 mbar • Caudal impulsado: 1,71 m³/min • Velocidad de soplado: 3300 rpm • Filtro-silenciador de aspiración • Transmisión por correas y poleas con taper-lock • Protección de transmisión • Soportes antivibratorios • Manguito elástico de conexión • Válvula de seguridad • Válvula de retención • Cabina insonorizante • Ventilación interna • Nivel sonoro: 64 dB 	4718.44
400.	1 ud	<p>LÍNEA DE TUBERÍA DE TRANSPORTE NEUMÁTICO PARA GRANZA PVC</p> <ul style="list-style-type: none"> • 20 Racors hembra Ø 42,4 con tapón con cadena • 40 Codos Inox Ø 42,4 90° Radio 500 L-200 • 228m tubería Inox Ø 42,4 • 96 Racors presión Ø 42,4 • 40 Soportes tubería a la pared del primer silo • 40 Soportes sobre los techos de los depósitos 	1800

410.	10 uds	<p>SILO ALMACENAMIENTO GRANZA PVC en Acero al carbono pintado de 8 m³ de capacidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones: 1,5x1,5x4,4 m • Conicidad 45° • 4 pies de soporte al suelo • 2 mirillas de inspección • Tapa de plancha en acero atornillado con tubo de ingreso del material y malla de desaireación • Válvula de cierre tajadera manual de 150x150 mm • Fabricados en 3 partes desmontables para facilitar el montaje 	60000
420.	10 uds	<p>SILO ALMACENAMIENTO GRANZA PVC en Acero al carbono pintado de 11 m³ de capacidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones: 1,8x1,8x4,4 m • Conicidad 45° • 4 pies de soporte al suelo • 2 mirillas de inspección • Tapa de plancha en acero atornillado con tubo de ingreso del material y malla de desaireación • Válvula de cierre tajadera manual de 150x150 mm • Fabricados en 3 partes desmontables para facilitar el montaje 	70000
COSTE TOTAL INSTALACIÓN			567964.97

10.10. ANEXO X

PLANO INSTALACIÓN



Plano: Instalación

Autor: Noel Ferriz Navarro

Fecha: 03-08-2017

Promotor: PERSIANAS PERSAX S.A.

X

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI