



Universitat Jaume I

**Escola Superior de Tecnologia i Ciències
Experimentals**

Grau en Enginyeria Química

Planta de preparación de polvo de prensas para
la fabricación de platos de porcelana

Trabajo Fin de Grado

Autor/a: Jose Manuel González Dávila

Tutor/a: Jose Luis Amorós Albaro

Castellón de la Plana, Noviembre de 2017

Índice General

Documento 0: Resumen

Documento 1: Memoria

Documento 2: Anexos

Anexo 1: Cálculos

Anexo 2: Presupuesto

Anexo 3: Gráficos

Anexo 4: Catálogos

Documento 3: Planos

Documento 4: Pliego de Condiciones

Documento 5: Presupuesto

Documento 0: Resumen

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Resumen

El objetivo de este proyecto es el diseño de una planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana.

En busca de un aumento de la producción, la empresa encargada de la petición del presente proyecto ha considerado decuplicar su producción actual de polvo de prensas. Para ello, ha apoyado el diseño de la planta con polvo de prensas que ellos mismos producen.

A partir del producto y con el fin de desarrollar la planta para la obtención de un producto acabado con características similares, el presente proyecto empieza con la caracterización del mismo. Desde la caracterización físico-química para conocer las materias primas para su fabricación, pasando por la caracterización de la suspensión diseñada para la obtención del material hasta los ensayos de compactación para su posterior prensado isostático, se realizará un estudio para obtener las diferentes características que se obtendrán en el producto acabado.

El diseño de la planta de preparación de polvo de prensas contará con todas las etapas previas al secado por atomización, desde la llegada del material a la planta hasta el almacenamiento del producto acabado, pasando obviamente por la preparación de la suspensión.

Cada etapa ha sido diseñada teniendo en cuenta posibles aumentos futuros de producción o posibles errores que puedan afectar al producto acabado. Teniendo en cuenta este detalle, se definirán las condiciones de trabajo de cada uno de los equipos elegidos.

Por último, se simulará la distribución de los equipos necesarios para la preparación del polvo, incluyendo ciertas directrices de fabricación de la planta.

Documento 1: Memoria

Índice

1.	Objeto.....	1
2.	Introducción	2
2.1.	Proceso de fabricación de vajillas de porcelana	2
2.1.1.	Recepción y Almacenamiento de Materias Primas	3
2.1.2.	Tratamiento de Materias Primas.....	3
2.1.3.	Conformado.....	3
2.1.4.	Secado	7
2.1.5.	Cocción.....	7
2.1.6.	Esmaltado	10
2.1.7.	Decoración.....	10
2.1.8.	Clasificación.....	11
2.2.	Proceso de Preparación de Polvo de Prensas.....	12
2.2.1.	Recepción y almacenamiento de las materias primas	12
2.2.2.	Producción de la suspensión.....	14
2.2.3.	Secado por atomización.....	15
2.3.	Caracterización químico-mineralógica del material	17
2.4.	Caracterización de la suspensión	20
2.4.1.	Estudio de la distribución granulométrica.....	20
2.4.2.	Estudio reológico.....	22
2.5.	Caracterización del polvo de prensas.....	24
2.5.1.	Contenido en humedad.....	24
2.5.2.	Estudio de compacidad.....	25
3.	Antecedentes	28

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de plato de
porcelana

4.	Normas y Referencias	29
4.1.	Disposiciones legales y normas aplicadas	29
4.1.1.	Legislación básica	29
4.1.2.	Legislación sobre Instalaciones de protección contra incendios	30
4.1.3.	Legislación de Prevención de Riesgos Laborales	30
4.1.4.	Legislación sobre maquinaria.....	30
4.2.	Referencias.....	31
4.3.	Programas de Cálculo	33
5.	Abreviaturas y acrónimos.....	34
6.	Caracterización de la suspensión y del polvo de prensas.....	35
6.1.	Ensayos realizados para la caracterización química y mineralógica del material	35
6.2.	Ensayos realizados para la caracterización de la suspensión.....	37
6.2.1.	Distribución Granulométrica	37
6.2.2.	Estudio Reológico	38
6.3.	Ensayos realizados para la caracterización del polvo de prensas	40
6.3.1.	Ensayo de compactación	40
6.4.	Conclusiones	41
7.	Estudio técnico de los equipos	42
7.1.	Demanda de polvo de prensas	42
7.2.	Atomizador	42
7.2.1.	Sistema de pulverización.....	43
7.2.2.	Ventilador	47
7.2.3.	Instalación de alimentación del combustible.....	47
7.2.4.	Emisiones gaseosas del atomizador.....	48
7.3.	Preparación de la suspensión	49

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de plato de
porcelana

7.3.1.	Turbodiluidores	49
7.3.2.	Desferrizador	51
7.4.	Granero	53
7.4.1.	Equipo de manipulación de materias primas.....	55
7.5.	Balsas de almacenamiento	56
7.5.1.	Suspensión.....	56
7.5.2.	Defloculante	59
7.6.	Vibrotamices	60
7.6.1.	Vibrotamices de suspensión	60
7.6.2.	Vibrotamices de polvo de prensas	63
7.7.	Bombas	63
7.7.1.	Equipo de impulsión de suspensión al atomizador	63
7.7.2.	Equipo de impulsión de suspensión a los tamices.....	65
7.7.3.	Equipo de impulsión del defloculante a los tanques de desleído	66
7.8.	Silos de almacenamiento	68
7.8.1.	Silos de materias primas	68
7.8.2.	Silos de mezcla.....	70
7.8.3.	Silos de Polvo atomizado	70
7.9.	Conducciones.....	71
7.9.1.	Cintas transportadoras	71
7.9.2.	Tuberías	74
8.	Posible optimización de la planta.....	75
8.1.	Balsa de agua residual.....	75
8.1.1.	Ahorro de material en los tanques de desleído.....	75
8.2.	Cogeneración	76

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de plato de
porcelana

8.3.	Abatidor calentador de suspensión	77
9.	Dimensionado de la planta	78
9.1.	Distribución de la planta	78
9.2.	Obra civil	78
9.2.1.	Techado de los graneros	78
9.2.2.	Construcción de la nave	78
10.	Estudio económico	79
10.1.	PEM y PEC	79
10.2.	Presupuesto de explotación	79
10.2.1.	Directos	79
10.2.2.	Amortizaciones	80
10.2.3.	Gastos Indirectos	81
10.2.4.	Gastos Totales	81
10.3.	Beneficio	82
10.3.1.	Beneficio Bruto	83
10.3.2.	Beneficio Neto	84
10.3.3.	Flujo de Caja	85
10.3.4.	Valor Actual Neto	86
10.3.5.	Tasa Interna de Rentabilidad	87
10.3.6.	Periodo de Retorno	87

Índice de Figuras

Figura 2.1: Proceso de fabricación de vajillas de porcelana.	2
Figura 2.2: Fases de operación del prensado isostático.	5
Figura 2.3: Métodos de conformado por extrusión.	5
Figura 2.4: Proceso de colado.	6
Figura 2.5: Secadero.	7
Figura 2.6: Ciclo de cocción en un horno túnel.	9
Figura 2.7: Esmaltado por inmersión.	10
Figura 2.8: Producto acabado.	11
Figura 2.9: Proceso de fabricación de polvo de prensas.	12
Figura 2.10: Turbodiluidor.	14
Figura 2.11: Torre de secado con sus componentes.	15
Figura 2.12: Esquema FRX.	18
Figura 2.13: Bases de la difracción de Rayos X.	18
Figura 2.14: Esquema general de un difractómetro.	19
Figura 2.15: Equipo de DRX.	19
Figura 2.16: Esquema general de difracción láser.	21
Figura 2.17: Equipo de difracción láser para la medida de distribuciones granulométricas.	21
Figura 2.18: Viscosímetro Gallenkamp.	22
Figura 2.19: Curvas de viscosidad de los distintos tipos de comportamiento reológico.	23
Figura 2.20: Termobalanza.	25
Figura 2.21: Esquema del sistema de sujeción de la probeta para la medida de la densidad aparente mediante inmersión en mercurio.	27
Figura 6.1: Difracción de Rayos X.	36

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de plato de porcelana

Figura 6.2: Distribución granulométrica.	38
Figura 6.3: Ensayo de viscosidad. Contenido en sólidos (kg sólido/kg totales) frente a Viscosidad (Pa·s).....	39
Figura 6.4: Representación aproximada de una curva de viscosidad para una suspensión de 55% de contenido en sólido.	39
Figura 6.5: Diagrama de compacidad. Presión (MPa) frente a Densidad aparente (kg/m ³) a diferentes humedades.	40
Figura 7.1: Capacidad evaporativa de los atomizadores en función de la producción y el contenido en sólidos de la suspensión.....	42
Figura 7.2: Sistema de nebulización por lanza.....	44
Figura 7.3: Sistema de nebulización por corona.	44
Figura 7.4: Diseños esquemáticos de las secciones y plantas de dos atomizadores.	45
Figura 7.5: Representación de los diferentes componentes de una tobera.....	46
Figura 7.6: Quemador en vena de aire.	47
Figura 7.7: Sistema de funcionamiento del ciclón.	49
Figura 7.8: Sistema de depuración de gases de ATM.....	49
Figura 7.9: DLP 300.....	52
Figura 7.10: Esquema distribución granero.	55
Figura 7.11: Esquema de balsas de suspensión.....	57
Figura 7.12: Balsa de almacenamiento de suspensión.	58
Figura 7.13: Balsa de almacenamiento de defloculante.....	59
Figura 7.14: Vibrotamiz SV2C.	60
Figura 7.15: Vibrotamiz SPB 121.....	61
Figura 7.16: Bomba de émbolos para la impulsión de suspensión.	64
Figura 7.17: Bomba de membranas de la serie original Wilden.	65
Figura 7.18: Bomba Peristáltica SPX	67

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de plato de
porcelana

Figura 7.19: Cinta transportadora.	73
Figura 7.20: Cinta transportadora inclinada.....	74
Figura 8.1: Esquema de una turbina de gas para cogeneración.	76
Figura 8.2: Separador en húmedo tipo Venturi.....	77

Índice de Tablas

Tabla 2.1: Técnicas de conformado.	4
Tabla 2.2: Características de polvos de prensa.	17
Tabla 2.3: Influencia del comportamiento de la suspensión.....	20
Tabla 2.4: Velocidades de cizalla típicas de diferentes procesos de conformado cerámico.	23
Tabla 2.5: Técnicas de medida de la densidad aparente.	26
Tabla 6.1: Composición en óxidos.....	35
Tabla 6.2: Rechazo y percentiles de la muestra	37
Tabla 6.3: Distribución Granulométrica.	37
Tabla 6.4: Proporciones utilizadas en la fabricación de polvo de prensas.....	41
Tabla 7.1: Datos de producción para la elección del atomizador.	43
Tabla 7.2: Características Ventilador de ATM 90.	47
Tabla 7.3: Características aire introducido en la corona.	48
Tabla 7.4: Características gas natural.....	48
Tabla 7.5: Características técnicas de TDT 016.....	50
Tabla 7.6: Materia prima por TDT.....	50
Tabla 7.7: Materia prima por TDT.....	50
Tabla 7.8: Resumen producción TDT.....	51
Tabla 7.9: Características técnicas del DLP 300.....	52

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de plato de
porcelana

Tabla 7.10: Materia prima necesaria para la producción en un mes.....	53
Tabla 7.11: Volumen de cada materia prima al mes.....	54
Tabla 7.12: Dimensiones de las montañas de materia prima.....	54
Tabla 7.13: Datos de cálculo del volumen de suspensión (m ³) necesario al día...	56
Tabla 7.14: Características técnicas del agitador ASP225 de Sacmi.....	58
Tabla 7.15: Características agitador modelo ASP 204.....	59
Tabla 7.16: Características Vibrotamiz SV2C para suspensión.....	61
Tabla 7.17: Características Vibrotamiz SPB 121.....	62
Tabla 7.18: Características Vibrotamiz SV2C para polvo de prensa.....	63
Tabla 7.19: Características técnicas de las bombas para suspensión.....	63
Tabla 7.20: Requisitos técnicos de la bomba.....	64
Tabla 7.21: Requisitos técnicos de impulsión de suspensión.....	65
Tabla 7.22: Características técnicas de la bomba.....	66
Tabla 7.23: Requisitos técnicos de impulsión de defloculante.....	66
Tabla 7.24: Características técnicas de la bomba.....	67
Tabla 7.25: Materia prima necesaria por día.....	68
Tabla 7.26: Volumen de materia prima necesaria por día.....	69
Tabla 7.27: Silos de almacenamiento de materias primas.....	69
Tabla 7.28: Materia prima depositada en los silos de mezcla.....	70
Tabla 7.29: Dimensiones Silos Mezcla.....	70
Tabla 7.30: Dimensiones silos de polvo de prensas.....	71
Tabla 7.31: Caudal volumétrico de materia prima a transportar.....	72
Tabla 7.32: Características cinta transportadora TNC 400.....	73
Tabla 7.33: Dimensiones TP600.....	74
Tabla 7.34: Longitud de tuberías.....	74

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de plato de
porcelana

Tabla 8.1: Ahorro de material en el TDT con la introducción de agua residual...	75
Tabla 10.1: Presupuesto de ejecución de material (PEM) y presupuesto de ejecución por contrata (PEC).....	79
Tabla 10.2: Consumo eléctrico	79
Tabla 10.3: Coste de materia prima anual.....	80
Tabla 10.4: Gastos Directos.	80
Tabla 10.5: Amortizaciones.	80
Tabla 10.6: Gastos en Personal anual.	81
Tabla 10.7: Gastos totales.	81
Tabla 10.8: Beneficio Bruto.....	83
Tabla 10.9: Beneficio Neto.	84
Tabla 10.10: Flujo de Caja.....	85
Tabla 10.11: VAN.....	86
Tabla 10.12: Periodo de Retorno.	87

1. Objeto

Debido al constante aumento de la demanda de platos de porcelana por parte del sector hostelero, la industria dedicada a la fabricación de este producto pretende incrementar sus niveles de producción para cubrir dicha demanda, lo que conlleva a un aumento directo en la producción de polvo de prensas.

En el presente trabajo, se pretende aportar una solución al problema de la falta de infraestructura que dé respuesta a la demanda del sector hostelero, diseñando para ello una planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana por prensado isostático.

2. Introducción

Para la completa comprensión de este documento, se realizará una breve descripción de las diferentes etapas de fabricación de los distintos tipos de vajillas de porcelana, detallando el proceso de fabricación de platos de porcelana. A continuación, se definirá el proceso de fabricación de polvo de prensas y se dará a conocer los diferentes tipos de ensayos requeridos para la caracterización del material.

2.1. Proceso de fabricación de vajillas de porcelana

El proceso de fabricación de vajillas de porcelana se desarrolla, tal y como se puede observar en la Figura 2.1, en una serie de diez etapas.

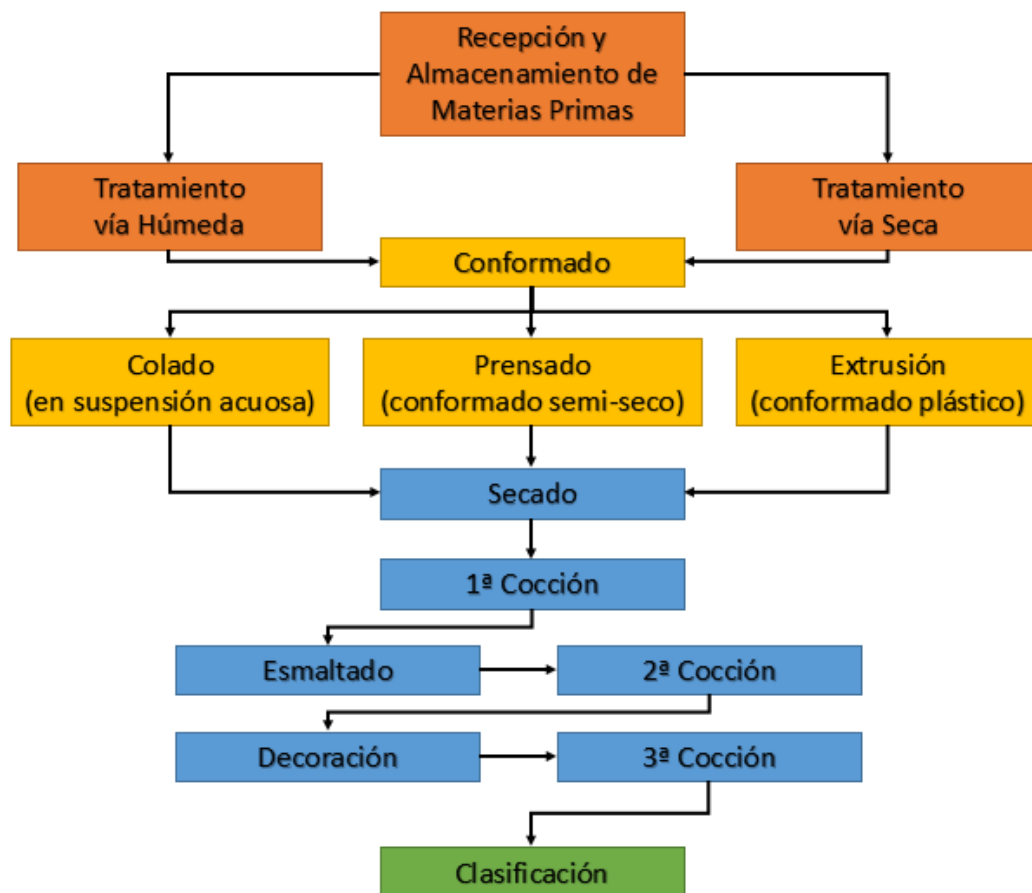


Figura 2.1: Proceso de fabricación de vajillas de porcelana.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

2.1.1. *Recepción y Almacenamiento de Materias Primas*

El proceso comienza con la recepción de las materias primas a utilizar para la fabricación de los distintos tipos de vajilla y su almacenamiento correspondiente en graneros o silos.

En general, para la porcelana se optará por una materia prima con muy bajo contenido en óxidos colorantes (Fe_2O_3 y TiO_2), dado que la calidad de la porcelana depende, entre otras cosas, de su blancura. Por otro lado, para los distintos tipos de conformado será necesaria un cierto grado de plasticidad, aportado de los minerales arcillosos.

2.1.2. *Tratamiento de Materias Primas*

Una vez seleccionada la materia prima, así como los aditivos necesarios para la composición final, la primera etapa del proceso de fabricación consiste en la obtención de una mezcla homogénea y la preparación de la composición para la siguiente etapa. Actualmente se utilizan dos tratamientos:

- Tratamiento por vía seca, en el que las materias primas se mezclan y trituran por medios mecánicos sin el uso de agua.
- Tratamiento por vía húmeda, en el que la materia prima se mezcla con agua, ya sea por desleído o molturación en molinos rotativos o de bolas. Dependiendo del tipo de conformado, la suspensión resultante necesita entonces pasar por un proceso térmico con el fin de eliminar el agua.

2.1.3. *Conformado*

La siguiente etapa fundamental en el proceso de fabricación es el conformado, éste tiene dos objetivos, por un lado, dar forma a las piezas y estabilizar sus dimensiones, y por otro lado, dotarlas de una microestructura adecuada que permita la obtención de productos con las características de calidad exigidas.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Existen diferentes técnicas de conformado, clasificándose en función de la cantidad de agua que requiera el moldeado (Tabla 2.1).

Tabla 2.1: Técnicas de conformado.

<i>Estado</i>	<i>% de agua</i>	<i>Técnica de Conformado</i>
Semi seco	2 a 10	Prensado
Plástico	15 a 20	Extrusión
Suspensión	30 a 50	Colado

- Prensado

El prensado es una operación de conformado basado en la compactación de un lecho de material granular (polvo de prensas) contenido en un molde rígido o flexible, mediante la aplicación de presión. Existen diferentes tipos de prensado en función de cómo se aplique esta presión, tales como el uniaxial o el isostático.

En el caso de los platos de porcelana, el tipo de prensado utilizado para el conformado es el prensado isostático, que consiste en la aplicación de presión en dirección normal a la totalidad de la superficie que se conforma. Esta técnica consiste en la compactación de un polvo situado en el interior de un molde flexible, sobre el que actúa un fluido presurizado, de forma que se asegura la homogénea distribución de la presión sobre la superficie de la pieza. Se tratará de una técnica de compactación válida para el conformado de piezas con geometrías complejas o en piezas en las que una de las dimensiones es mucho mayor que las demás.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

En la Figura 2.2 se muestran las fases de la operación del prensado isostático.

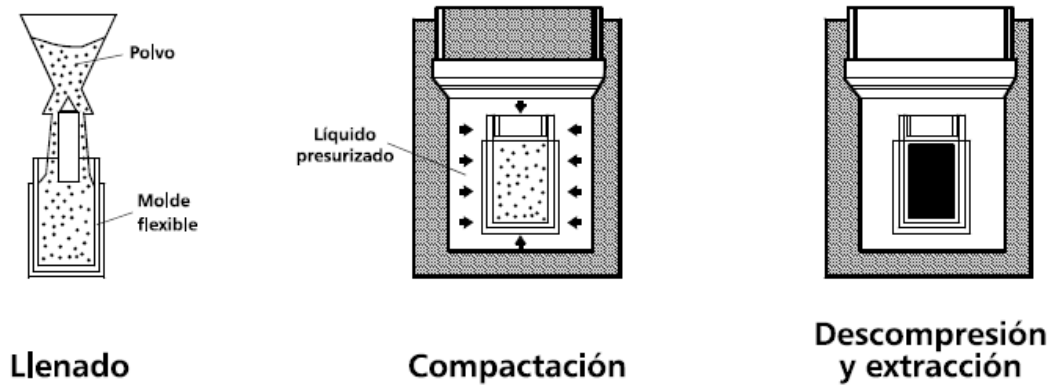


Figura 2.2: Fases de operación del prensado isostático.

- Calibrado

Esta técnica de conformado se emplea en la fabricación de productos cerámicos de sección constante. Previamente al calibrado se efectúa una extrusión, la cual consiste en forzar el paso mediante la aplicación de una presión a la pasta, con consistencia plástica, a través de una matriz.

Se obtiene un producto lineal con una sección transversal controlada, que luego se corta a la longitud marcada por el producto a obtener. Es un método de conformado continuo muy efectivo y eficiente, que usa un equipamiento simple. En la Figura 2.3 se pueden observar los diferentes métodos de conformado por extrusión.

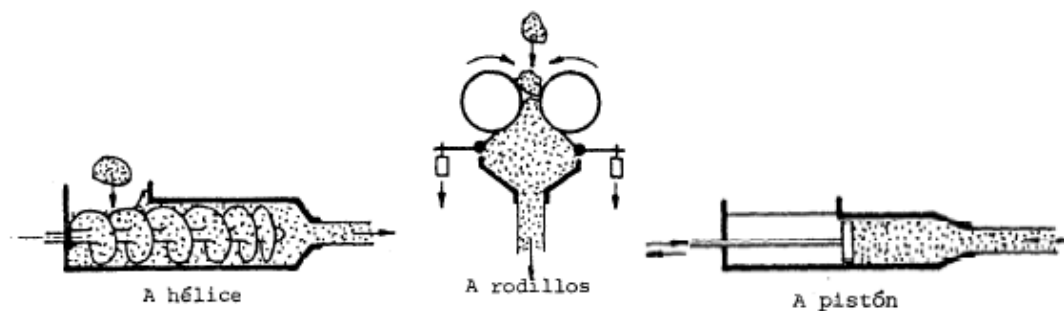


Figura 2.3: Métodos de conformado por extrusión.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Después de la extrusión, la pieza que se obtiene es cortada perpendicularmente al eje y pasada por un torneado donde se obtiene la forma del producto deseado.

En el caso de vajillas de porcelana, es el método utilizado para obtener, por ejemplo, tazas, vasos o cuencos.

- Colado

En la técnica de colado una suspensión de partículas cerámicas en un líquido, usualmente agua, es vertida o bombeada en el interior de un molde poroso, generalmente de yeso. El molde contiene capilares finos que succionan el líquido de la suspensión en contacto con el molde, causando que se forme una capa consolidada y compacta de material cerámico, en interfase molde-suspensión. La suspensión se deja en el molde hasta que la capa alcanza el espesor deseado, en ese momento, la suspensión es retirada del molde, tal y como se puede ver en Figura 2.4.

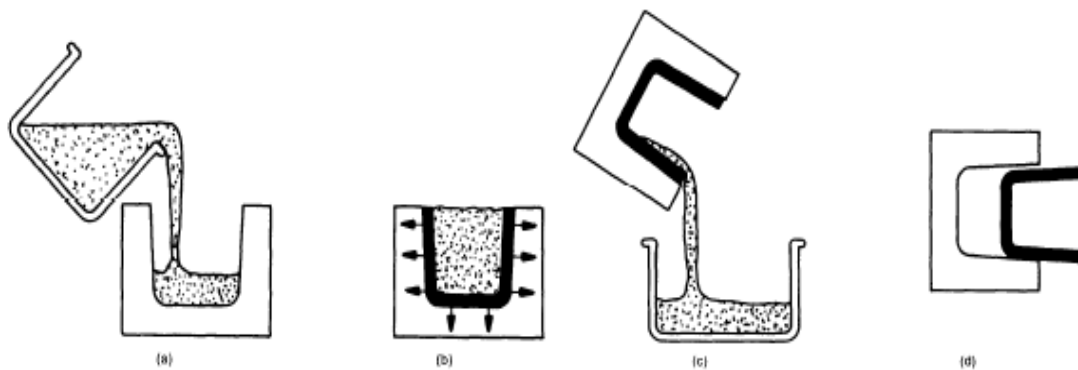


Figura 2.4: Proceso de colado.

Tal y como se observa en la Figura 2.4, las fases del colado son:

- Llenado del molde con la suspensión
- El molde succiona el líquido de la suspensión próxima a su pared consolidada.
- Se retira el exceso de suspensión dejando una pieza.
- La pieza se retira después de un secado parcial.

Este método es utilizado en la industria para la obtención de piezas de forma compleja, como pueden ser por ejemplo las asas de las tazas.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

2.1.4. Secado

Como se ha ido comentando en apartados anteriores, todos los procesos de conformado necesitan incorporar agua para aprovechar la plasticidad intrínseca de la arcilla. Este agua, independientemente de si se aplica un tratamiento superficial a la pieza en crudo debe ser eliminada antes de la cocción.

La acción de eliminar la humedad se hace posible en los secaderos (Figura 2.5), los cuales pueden secar con aire caliente a temperaturas de hasta 120°C durante un cierto periodo de tiempo.



Figura 2.5: Secadero.

La uniformidad del secado es esencial para prevenir rotura o deformaciones.

2.1.5. Cocción

La razón de ser de la cerámica, así como su importancia económica, se basa en el hecho de que la cocción de las pastas previamente moldeadas provoca una modificación fundamental en sus propiedades, dando lugar a un material duro de consistencia pétrea y de excelentes propiedades, tales como su dureza, resistencia mecánica, y resistencia al ataque químico.

La cocción de los productos cerámicos constituye, en consecuencia, la etapa más importante del proceso de fabricación. En esta fase se pone de manifiesto si las operaciones o etapas de fabricación anteriores se han desarrollado convenientemente y si el producto cocido ha adquirido las propiedades y características deseadas, fijadas por las normas.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

En la industria cerámica, se entiende por cocción el proceso físico - químico de calentamiento, de acuerdo con un plan preestablecido, de las piezas crudas moldeadas, seguido de un enfriamiento según un plan igualmente bien definido.

Mediante el aporte de calor se producen transformaciones físico-químicas que modifican la estructura química y cristalina de las materias primas de forma irreversible, adquiriendo el conjunto consistencia pétreo y obteniéndose finalmente los productos cerámicos.

Además de las transformaciones permanentes que experimentan las materias primas durante la cocción, las piezas sufren igualmente un cierto número de modificaciones reversibles, entre las que cabe destacar la dilatación que experimentan como consecuencia del calentamiento. También es importante tener en cuenta, que las piezas cocidas, cuando aún guardan cierta temperatura, actúan como acumuladores de calor durante cierto tiempo.

Durante este proceso, la formación de fase líquida conduce a la unión entre las partículas de los componentes y a la disminución de la porosidad y de dimensiones de la pieza. Si las variaciones de volumen no se producen de modo regular durante el proceso de cocción, las piezas presentarán falta de uniformidad y se originarán tensiones. Además, es necesario controlar la velocidad de cocción ya que una contracción rápida puede originar tensiones y provocar en la pieza su rotura o deformación.

En la cocción de los productos, es importante considerar el intervalo de cocción, es decir, el intervalo de temperatura entre el inicio de la vitrificación (formación de fase vítrea) y el inicio de la deformación. Este intervalo depende de las características de la pasta y debe ser lo más amplio posible, debiendo estar la temperatura óptima de cocción dentro de dicho intervalo, no demasiado cerca del inicio de la vitrificación para que el material no sea demasiado poroso, y no demasiado cerca del inicio de la deformación para que la pieza no quede deformada.

Con un intervalo de cocción demasiado corto, una pequeña diferencia de temperatura en el horno puede dar lugar a un producto crudo o demasiado cocido.

Otro factor importante es el tiempo de permanencia de la pieza a máxima temperatura, que depende de las dimensiones del producto, y que debe ser lo

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

suficientemente largo para permitir que las partes centrales del producto alcancen la temperatura deseada.

Otras condiciones para una buena cocción son:

1. Uniformidad de la temperatura en cada sección del horno, evitando el contacto directo de la llama con el producto cerámico.
2. Control de la curva de cocción durante el calentamiento e incluso enfriamiento, ya que pueden presentarse tensiones que produzcan roturas (Figura 2.6).
3. Atmósfera del horno controlada.

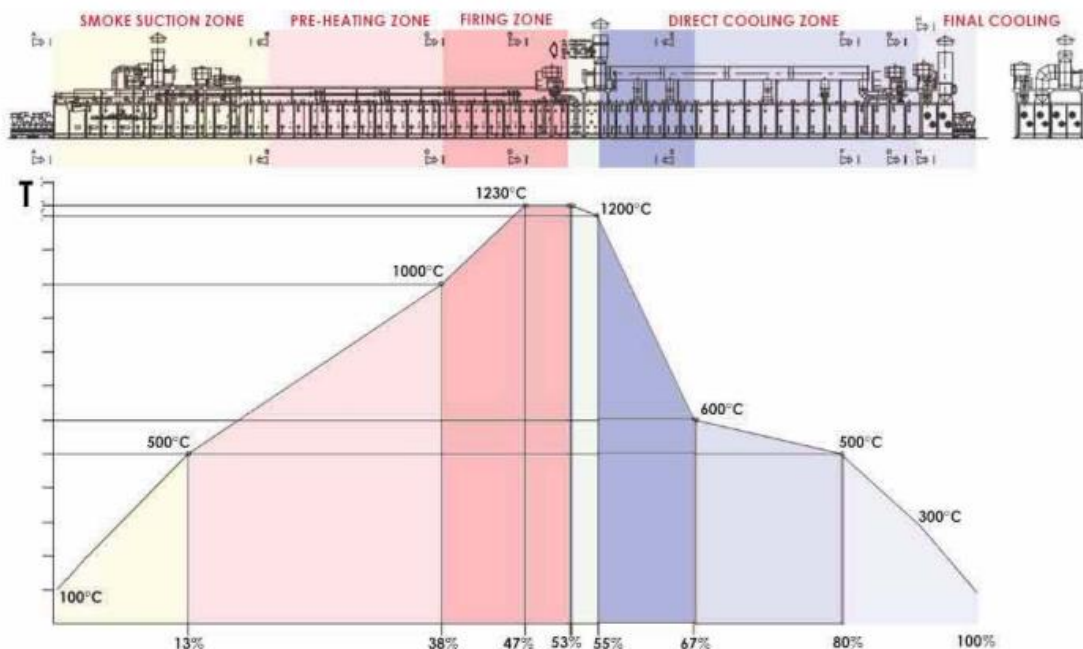


Figura 2.6: Ciclo de cocción en un horno túnel.

La cocción puede considerarse la fase más interesante de todo el proceso de fabricación, porque un gran número de defectos del producto se manifiestan después de su ejecución, aunque su origen esté en una etapa anterior del proceso de fabricación.

Tal y como se observó en la Figura 2.1: Proceso de fabricación de vajillas de porcelana, el proceso consta de 3 cocciones, con tratamientos térmicos diferentes. Así, la 1ª cocción, cuya función es obtener consistencia sufriendo una porosidad elevada en la pieza para su esmaltado, se realizará con una temperatura máxima de 950°C, la 2ª cocción, la cocción propiamente dicha, se realizará a una temperatura máxima de 1200°C y la 3ª

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

cocción se realizará finalmente a una temperatura menor con la función de finalizar la decoración.

2.1.6. Esmaltado

Debido a las normas de salud e higiene, todo material cuyo uso es destinado a la alimentación debe estar exenta de poros superficiales, entre otras características. En la porcelana, eso se consigue gracias a la etapa de esmaltado.

El esmaltado consiste en la aplicación de una capa de vidriado con un espesor comprendido entre 75 a 500 μm , que cubre la superficie de la pieza. Este tratamiento se realiza para conferir al producto cocido una serie de propiedades técnicas y estéticas, tales como: impermeabilidad, facilidad de limpieza, brillo, color, textura superficial y resistencia química y mecánica. La naturaleza de la capa resultante es esencialmente vítrea, aunque incluya en muchas ocasiones elementos cristalinos en su estructura.

Debido a lo comentado anteriormente, el esmaltado en la industria de la vajilla de porcelana se efectúa por inmersión. Es decir, la pieza cerámica es introducida en una balsa de esmalte con una ventosa que la sujeta, tal y como se muestra en la Figura 2.7. De esta forma, la pieza queda recubierta de esmalte en su totalidad.



Figura 2.7: Esmaltado por inmersión.

Posteriormente al esmaltado se realizará una nueva cocción como se ha comentado anteriormente.

2.1.7. Decoración

Dependiendo del tipo de modelo comercial, es necesario realizar una decoración en la pieza. Esta decoración suele efectuarse a mano o por serigrafía, dependiendo de la

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

complejidad de la misma. Para fijarla, se realizaría posteriormente una nueva cocción a menor temperatura, como se ha indicado previamente.

2.1.8. Clasificación

Con la etapa de clasificación finaliza el proceso de fabricación de vajillas de porcelana.

La clasificación por tamaño se realiza mediante sistemas automáticos y los defectos superficiales por inspección visual. El resultado es un producto controlado y clasificado en cuanto a su acabado y su modelo (Figura 2.8).



Figura 2.8: Producto acabado.

2.2. Proceso de Preparación de Polvo de Prensas

Anteriormente se ha comentado en el apartado 2.1.3: Conformado, que la materia prima, para la etapa de prensado, debe estar como producto granulado, con un contenido en humedad menor al 5%. Este granulado se obtiene a través del proceso de secado por atomización.

En la Figura 2.9 se mostrarán las diferentes fases en las que consta el proceso.

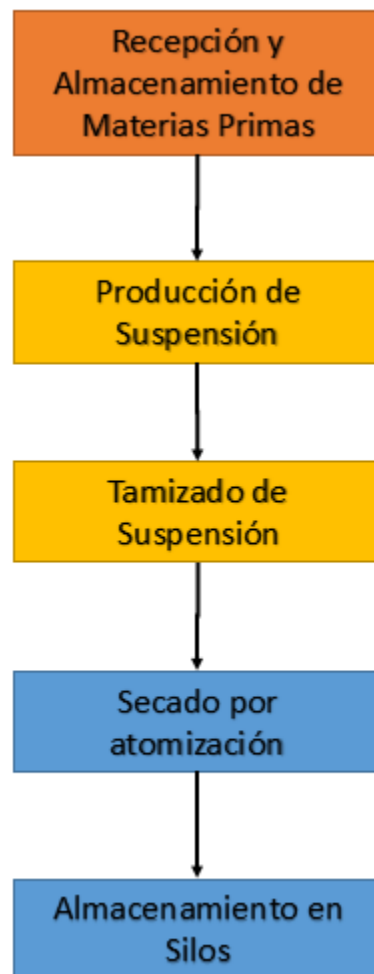


Figura 2.9: Proceso de fabricación de polvo de prensas.

2.2.1. Recepción y almacenamiento de las materias primas

Las materias primas necesarias para la fabricación del producto deseado, en este caso, un polvo atomizado de porcelana para vajillas, se seleccionarán basándose en de distintas propiedades y variables, como el coste de las mismas, su disponibilidad, las necesidades del proceso o el grado de pureza.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Cada materia prima se deposita en montones independientes techados, llamados eras de consumo, protegiéndose así de las condiciones meteorológicas. El transporte de la materia prima hasta el correspondiente silo se realizará mediante palas mecánicas, que efectuarán cortes perpendiculares al montón de cada materia prima, para así conseguir la mejor homogeneización posible

Se realizan diversos controles de cada materia prima para asegurar su calidad al almacenarla, uno en el momento de la recepción del material y otro antes de la preparación de la suspensión.

Con el fin de automatizar el proceso de preparación de la mezcla, cada materia prima se introducirá en el silo correspondiente, donde reposará un determinado tiempo antes de la preparación de la suspensión, homogeneizando la humedad de las mismas para una mejor segunda fase. Las materias primas llegan a estos silos provenientes de los graneros, a través de cintas transportadoras. Todo el sistema de transporte por cinta y descarga está automatizado, de manera que cada carga de la cinta se descarga en el silo indicado por el ordenador, que ya tiene controlada la carga y cantidad que hay en cada uno de ellos. Cuando el ordenador detecta la falta de material en algún silo, abre el cierre plano de la tolva del granero correspondiente. Tras esto, el material es descargado en la cinta que lo llevará hasta el silo correspondiente.

Si no es necesaria una gran cantidad de un tipo de materia prima, no es necesario la realización de una era, pudiendo almacenarse en sacos e introducirse al proceso manualmente.

Además de estos silos, se utilizan otros al inicio de los tanques de desleído (silos pre-mezcla) que sirven de enganche entre la cinta transportadora de materias primas y la boca de entrada del tanque. La instalación de estos silos es necesaria para no tener continuamente el grupo de dosificación conectado a la alimentación del tanque. De esta forma, se consigue hacer una primera mezcla de las materias primas, y mantener un volumen elevado de mezcla preparado para ser introducido. Así, aunque se produzca una parada de la cinta o la falta de algún material, no hay que detener el proceso.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

2.2.2. Producción de la suspensión

Antes de realizar un secado por atomización, se requiere disponer de una suspensión homogénea de la materia prima en agua. Ésta puede producirse principalmente por dos métodos, desleído y molturación vía húmeda.

En el caso de la molienda por vía húmeda, la materia prima se introduce en un molino de bolas donde se moltura y mezcla durante la operación. Dependiendo del tiempo de molienda y del tamaño del elemento de molienda se obtiene una suspensión de granulometría controlada. El principal inconveniente de esta operación es el desgaste del elemento de molienda y del revestimiento del molino, el cual acabará en la suspensión como impurezas que afectarán al producto final.

En el caso de la industria de la porcelana, el método empleado es el desleído. Este método consiste en la dispersión y mezclado de las materias primas con la granulometría adecuada en agua. Las materias primas se introducen en un tanque de agua, un turbodesleidor (Figura 2.10) las diluye y las mezcla. Así, no se añaden impurezas. El control de la granulometría se realiza a la salida del tanque.



Figura 2.10: Turbodiluidor.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Al finalizar el proceso, en la conducción que transporta la suspensión al tanque de almacenamiento se incorpora un equipo de desferrización. Su misión es separar las partículas imantables presentes en las materias primas, las cuales afectarían a la calidad del producto acabado.

La suspensión se tamiza a una luz de malla de 100 μm , para evitar el embozado de los filtros previos al atomizado, antes de ser introducida en el tanque de almacenamiento donde se mantendrá en agitación.

2.2.3. Secado por atomización

Esta etapa tiene como objetivo la eliminación parcial del agua de las gotas de suspensiones obtenidas pulverizando y la formación de aglomerados esferoidales. .

En la Figura 2.11 se muestra el esquema de un secadero por atomización, señalando sus principales componentes.

- 1- Bomba de alimentación
- 2- Filtros
- 3- Corona de pulverización
- 4- Torre de secado
- 5- Válvula de descarga del polvo
- 6- Ciclones separadores
- 7- Ventilador
- 8- Quemador
- 9- Conducto aire caliente
- 10- Distribuidor anular de aire caliente
- 11- Ventilador centrífugo
- 12- Unidad depuradora en húmedo
- 13- Chimenea

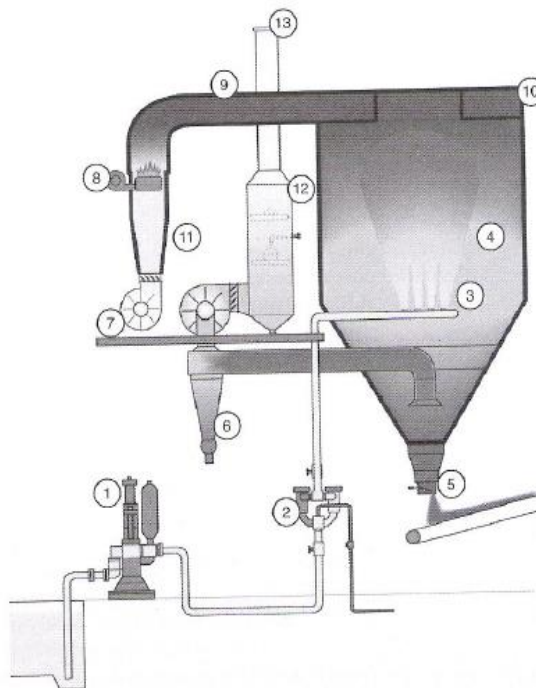


Figura 2.11: Torre de secado con sus componentes.

El aire caliente se introduce desde lo alto del equipo, donde se distribuye tangencialmente. El intercambio térmico se produce en contracorriente a la suspensión atomizada y proyectada hacia arriba desde abajo a través de las toberas situadas sobre la

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

corona concéntrica con la cámara. Durante la caída del polvo hacia la parte cónica inferior de la torre de secado se produce la fase final de secado en paralelo.

La presión necesaria para bombear la suspensión hasta el pulverizador se aporta mediante una bomba de impulsión de pistones, la cual impone a la suspensión una velocidad de salida por el pulverizador, tal de vencer la viscosidad del fluido, para separarlo en diminutas gotas y dirigirlo hacia arriba.

La pulverización en forma cónica sale en espiral de acuerdo con el movimiento rotativo impulsado por los elementos interiores, las toberas, los caracoles o espirales de diferente forma y medida.

De manera simplificada, el proceso se puede describir de la siguiente forma:

La suspensión se bombea a presión constante por la bomba (1), a través de los filtros (2), al anillo distribuidor (3) situado dentro de la torre de secado (4). El chorro de suspensión finalmente nebulizado, se invierte en la torre mediante un remolino de aire caliente generado por el quemador en vena de aire (7) con gas natural.

El aire se transporta hacia la parte superior de la torre por el conducto de acero aislado térmicamente (9), donde se pone en rotación mediante el distribuidor anular (10). El polvo seco se descarga por la válvula de detención (5) en una cinta transportadora. El residuo de polvo fino que queda en suspensión en el aire aspirado por el ventilador principal (12) se separa mediante ciclones (6) y en parte por unidad de depuración en húmedo de acción centrífuga (11). El aire expulsado se transporta a continuación a la chimenea (13) donde sale a la atmósfera.

Finalmente el polvo atomizado extraído por la válvula de descarga (5) se conduce por cinta transportadora al silo, donde se homogeneizará hasta su transporte hacia el siguiente proceso, en éste caso la prensa isostática.

A la salida del polvo de prensas por la válvula de descarga, se realizará un control de la granulometría.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Los gránulos de atomizado deben poseer una densidad, forma, distribución granulométrica y humedad que permitan la carga homogénea en el molde y la formación de una microestructura uniforme que confiera al producto intermedio y acabado las características técnicas y durante el proceso de fabricación.

Para describir las principales características de los polvos para prensado debemos distinguir entre las propiedades que aportan las partículas, agregados y aglomerados de las que aportan los gránulos. En la Tabla 2.2 se muestran las principales características de los polvos para prensado.

Tabla 2.2: Características de polvos de prensa.

Características de los gránulos	Humedad
	Distribución de tamaños
	Dureza
	Densidad
	Fluidez
Características de partículas agregados y aglomerados	Naturaleza
	Distribución de tamaños
	Forma
	Distribución

2.3. Caracterización químico-mineralógica del material

Para el estudio de la composición se realizan dos ensayos, una espectrometría de fluorescencia de rayos X (FRX) para conocer el análisis químico del material y una difracción de rayos X (DRX) para conocer las fases cristalinas presentes en el polvo atomizado.

- Fluorescencia de Rayos X

La espectrometría de fluorescencia de rayos X utiliza la emisión secundaria o fluorescente de radiación X generada al excitar una muestra con una fuente de radiación X. La radiación X incidente o primaria expulsa electrones de capas interiores del átomo.

Los electrones de capas más externas ocupan los lugares vacantes, y el exceso energético resultante de esta transición se disipa en forma de fotones, radiación X

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

fluorescente o secundaria, con una longitud de onda característica que depende del gradiente energético entre los orbitales electrónicos implicados, y una intensidad directamente relacionada con la concentración del elemento en la muestra.

A continuación, en la Figura 2.12, se mostrará un esquema del método de espectrometría de fluorescencia de rayos X:

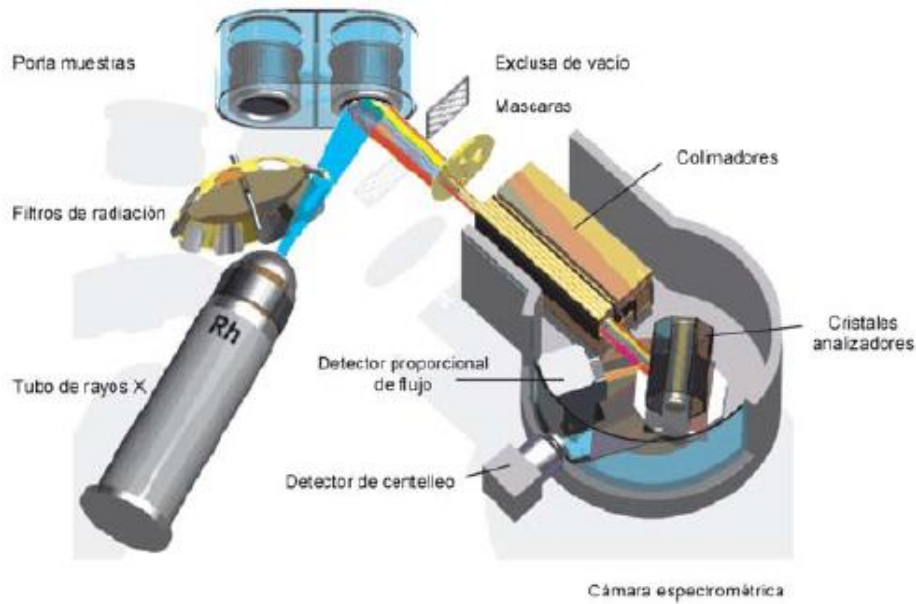


Figura 2.12: Esquema FRX.

- Difracción de Rayos X

La difracción de rayos X se basa en la dispersión coherente del haz de rayos X por parte de la materia y en la interferencia constructiva de las ondas que están en fase y que se dispersan en determinadas direcciones del espacio. Tal y como se muestra en la Figura 2.13 :

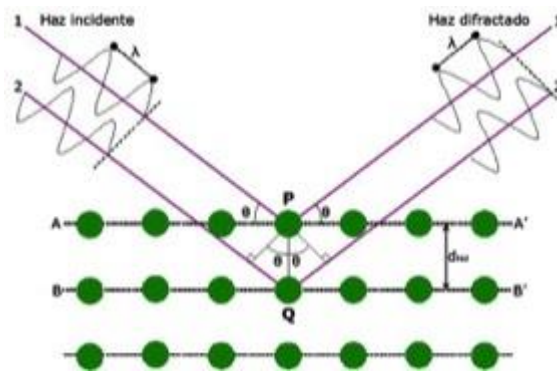


Figura 2.13: Bases de la difracción de Rayos X.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

La estructura cristalina difracta cuando se cumple la ley de Bragg:

$$n\lambda = 2d \operatorname{sen} \theta$$

Su fundamento radica que un cristal es una distribución regular de sus átomos, iones o moléculas constituyentes en el espacio, siendo la distancia entre ellos del mismo orden de magnitud que la longitud de onda de los rayos X incidentes. Así, las direcciones de los rayos difractados dependen del tamaño y de la forma de la red cristalina ensayada.

A continuación, en la Figura 2.14 y Figura 2.15, se mostrará un esquema del método de difracción de rayos y del equipo para el ensayo respectivamente:

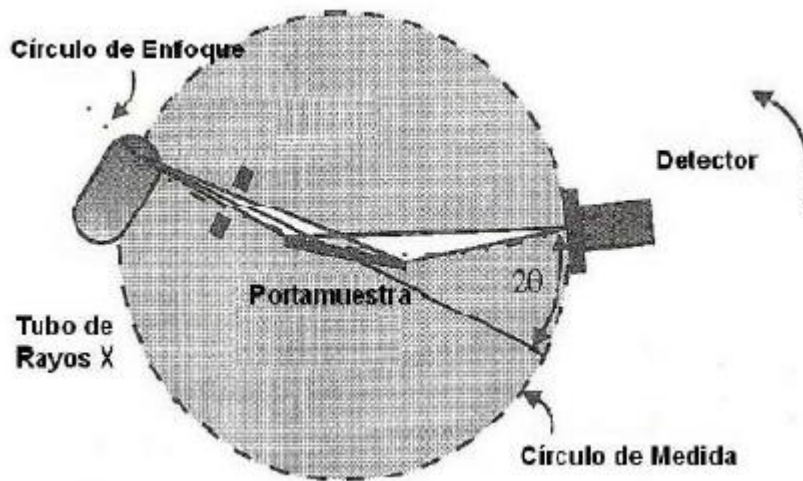


Figura 2.14: Esquema general de un difractor.

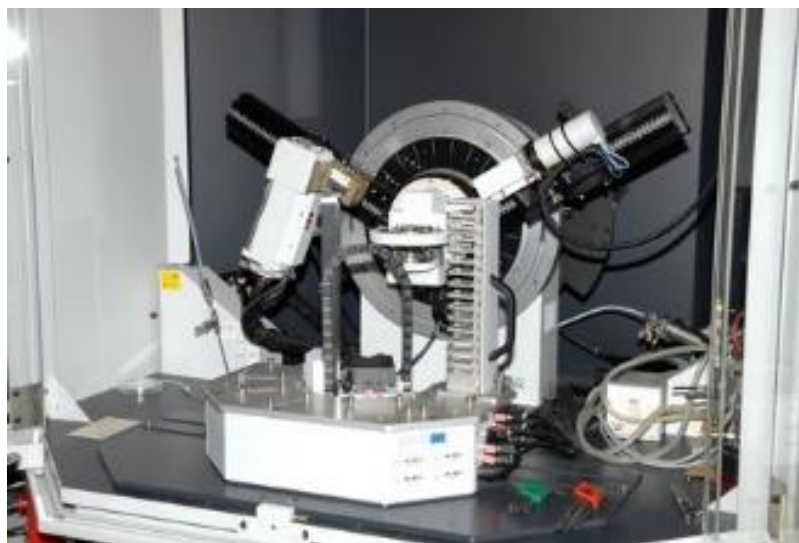


Figura 2.15: Equipo de DRX.

2.4. Caracterización de la suspensión

Sea cual sea el procedimiento de preparación, se requiere de la suspensión, con alto contenido en sólidos, una estabilidad frente a la sedimentación y una viscosidad adecuada.

Ambas propiedades, estabilidad y viscosidad adecuada, influyen marcadamente en las distintas etapas del proceso de fabricación, como se muestra de forma resumida en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3: Influencia del comportamiento de la suspensión.

Etapas	Influencia
Desleído	Rendimiento Velocidad de descarga Facilidad de tamizado
Almacenamiento	Estabilidad
Atomizado	Rendimiento Propiedades del polvo atomizado

2.4.1. Estudio de la distribución granulométrica

La distribución granulométrica de un material es su distribución por tamaños. Se trata de la descripción estadística de la distribución de los tamaños de los elementos particulados, o granulados, que componen una muestra.

El tamaño de partícula, o el tamaño de los gránulos, no siempre resulta fácil de definir, especialmente en los sistemas de partículas.

La medida de la distribución granulométrica se denomina “análisis granulométrico”. Las principales técnicas de medida de las distribuciones que se emplean son el tamizado y la difracción láser.

En el caso del tamizado es el método más sencillo para medir la distribución de tamaños de una muestra y consiste en la separación mecánica de las diferentes fracciones granulométricas cuando se pasan a través de una serie de tamices.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

La difracción láser consiste en la medición de las distribuciones de tamaño de partícula mediante la variación angular de la intensidad de la luz dispersada cuando un rayo láser pasa a través de una muestra de partículas dispersas, como se puede observar en la *Figura 2.16*.

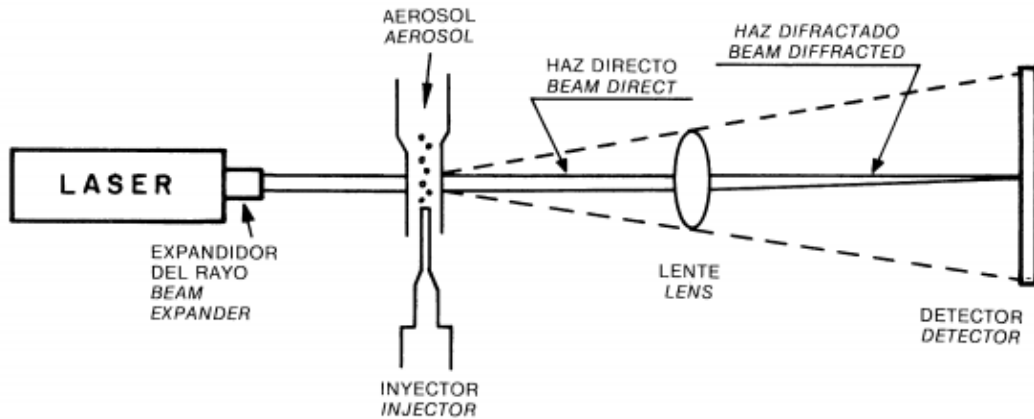


Figura 2.16: Esquema general de difracción láser.

A continuación, se analizan los datos de la intensidad de dispersión angular para calcular el tamaño de las partículas responsables de crear el patrón de dispersión, utilizando la teoría MIE de la dispersión de la luz, con la que se registra el tamaño de partícula como un diámetro de esfera equivalente al volumen.

A continuación, la *Figura 2.17* muestra el equipo con el que se realiza el ensayo.



Figura 2.17: Equipo de difracción láser para la medida de distribuciones granulométricas.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

2.4.2. Estudio reológico

La reología es la ciencia que se ocupa del estudio de las características de flujo y de la deformación de los materiales bajo la aplicación de un esfuerzo. La propiedad más importante es la viscosidad, η .

La viscosidad de una suspensión está determinada, esencialmente, por la proximidad de las partículas entre sí, por el grado de atracción o repulsión entre ellas y por el esfuerzo aplicado

La viscosidad de la suspensión cerámica vendrá en concreto depende de la velocidad de cizalla o tensión de cizalla, la temperatura y la caracterización de la composición, es decir, material, tamaño de partícula, cantidad de sólido en el medio, aditivos químicos, etc.

Para el estudio reológico se utilizará un viscosímetro Gallenkamp, midiendo en él la viscosidad y la tixotropía de la suspensión.



Figura 2.18: Viscosímetro Gallenkamp.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Se tiene en cuenta que una suspensión cerámica es un fluido no newtoniano, específicamente llamado pseudoplástico. En este tipo de fluidos, la viscosidad disminuye con la velocidad de cizalla, como se puede observar en la Figura 2.19.

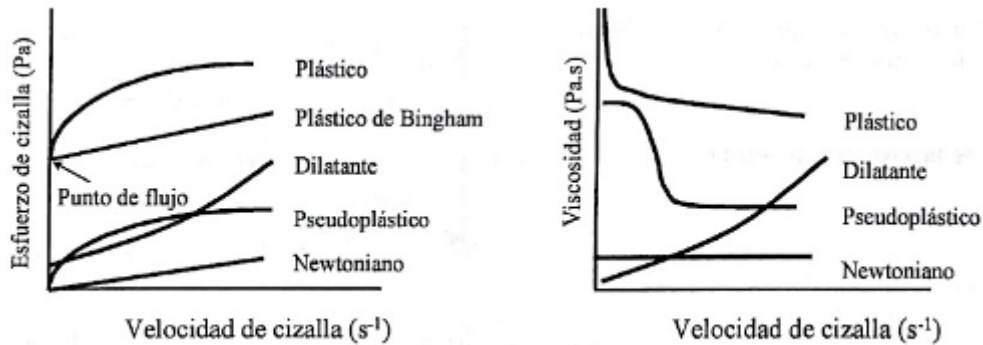


Figura 2.19: Curvas de viscosidad de los distintos tipos de comportamiento reológico.

Se define como velocidad de cizalla:

$$D(s^{-1}) = \text{Velocidad de cizalla} = (v_{\max} - v_{\min})/l \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Siendo: v_{\max} : velocidad máxima (m/s)

v_{\min} : velocidad mínima (m/s)

l : longitud del conducto donde se miden las velocidades (m)

En la Tabla 2.4 se muestran algunas velocidades de cizalla típicas de diferentes procesos de conformado cerámico.

Tabla 2.4: Velocidades de cizalla típicas de diferentes procesos de conformado cerámico.

<i>Proceso</i>	<i>Velocidad de cizalla típica (s⁻¹)</i>
Atomizado, impresión, cepillado	$10^3 - 10^4$
Modelo por inyección	$10^2 - 10^4$
Extrusión	$10^2 - 10^4$
Mezclado, agitación y bombeo	$10^1 - 10^3$
Colaje en cinta, Inmersión	$10^1 - 10^2$
Moldeo por inyección a baja presión	$10^1 - 10^2$
Colaje (filtración)	$< 10^1$

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Se define además, como esfuerzo de cizalla:

$$\tau = \frac{F_t}{A} \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Siendo: τ : esfuerzo de cizalla (Pa)

F_t : Fuerza (kg·m/s²)

A: Area (m²)

2.5. Caracterización del polvo de prensas

2.5.1. Contenido en humedad

El agua es el lubricante y plastificante empleado en la compactación de un material cerámico con un alto contenido en minerales arcillosos. Influye en la compacidad en verde y en cocido, de forma que a mayor humedad el atomizado obtiene una mayor densidad aparente, en el rango de humedades de trabajo y manteniendo la presión y granulometría constantes.

La humedad de una muestra de atomizado mide el porcentaje de agua respecto a la muestra seca (humedad en base seca)

$$X_S = \frac{W_H - W_S}{W_S} * 100$$

o el porcentaje de agua sobre la muestra húmeda (humedad en base húmeda).

$$X_H = \frac{W_H - W_S}{W_H} * 100$$

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

La humedad puede medirse directamente en línea mediante radiación infrarroja o a escala de laboratorio, por secado hasta peso constante en estufa. Puede determinarse también la humedad con una termobalanza. Este equipo, mostrado en la Figura 2.20, realiza simultáneamente el secado de la muestra y la medida del peso.



Figura 2.20: Termobalanza.

2.5.2. Estudio de compacidad

La compacidad es una de las propiedades más importantes de la pieza conformada, ya que determina tanto las propiedades de la pieza cruda como su comportamiento en las diferentes etapas del proceso de fabricación, e influye de manera decisiva en las características de la pieza cocida.

Ya que existe una relación directa entre porosidad, compacidad y densidad aparente en seco, el estudio de la compacidad se basa principalmente en la medida de esta última.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Las principales técnicas de medida de la densidad aparente son mostradas en la Tabla 2.5

Tabla 2.5: Técnicas de medida de la densidad aparente.

<i>Grupo</i>	<i>Método</i>	<i>Parámetro que determina</i>
Medida directa de la densidad aparente	Ultrasonidos	Velocidad de propagación de las ondas de ultrasonidos a través del sólido
	Absorción de rayos X	Absorción que sufren los RX cuando atraviesan un sólido
	Absorción de rayos γ	Disminución de la intensidad de radiación γ al atravesar un material cerámico
	Penetrometría	Fuerza necesaria para introducir una longitud constante de un puntero en un sólido
Determinación del volumen de poros	Porosimetría de mercurio	Distribución de tamaños y de volumen de poros abiertos
	Capacidad de absorción de líquidos orgánicos	Volumen de poros abiertos
Medidas basadas en la determinación de la masa y del volumen	Medidas dimensionales	Dimensiones del sólido
	Telemetría láser	Determinación del volumen de la probeta
	Medida por presión de aire Inmersión de la probeta en un líquido	Medida del incremento de presión del aire producido por el desplazamiento de volumen de la probeta Medida del empuje hidrostático

En la industria cerámica, la densidad aparente en crudo se determina usualmente por el método de inmersión en líquidos que no mojen, mercurio, el cual se fundamenta en el principio de Arquímedes y consisten en pesar la pieza y determinar su volumen a partir de la medida del empuje hidrostático.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

De acuerdo con el principio de Arquímedes, la muestra sumergida en mercurio, desplaza un volumen igual a su volumen aparente y experimenta un empuje igual al peso del mercurio desplazado, por lo que la densidad aparente puede determinarse de acuerdo con la Ecuación 2.3.

En la que:

ω_S : Peso de la muestra, g

ω_L : Peso de la muestra sumergida, g

ρ_{Hg} : Densidad del mercurio, 13690 kg/m³

$$\rho_a = \frac{\omega_S}{\omega_L} * \rho_{Hg}$$

Ecuación 2.3

En la Figura 2.21 se podrá observar el esquema del sistema de sujeción de la probeta para la medición de la densidad aparente por inmersión en líquido.

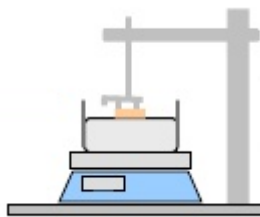


Figura 2.21: Esquema del sistema de sujeción de la probeta para la medida de la densidad aparente mediante inmersión en mercurio.

Las principales variables que afectan a la compacidad y a la microestructura de la pieza de prensada son la distribución granulométrica de las partículas y de los gránulos, su dureza y humedad y la presión de prensado.

3. Antecedentes

En la actualidad, en el estado español sólo hay una empresa especializada en la producción de vajillas de porcelana para hostelería. Esta empresa, la cual produce todo tipo de producto de vajilla de porcelana, posee un atomizador que produce aproximadamente 1000 kg/h de polvo de prensas.

Esta empresa, propuso el estudio técnico para la construcción de una planta de preparación de polvo de prensas con el objetivo de aumentar hasta diez veces más la producción de polvo de prensas.

Para ello, se visitaron sus instalaciones para una mejor comprensión del proceso, obteniendo de la misma el material acabado, con el fin de que el producto diseñado sea obtenido con las mismas características.

A partir del polvo de prensas obtenido, se realizaron los ensayos pertinentes para la caracterización del material a estudiar, además de realizar las pruebas necesarias para el diseño del equipo necesario para la producción de polvo atomizado. Así, el estudio de la planta técnica se podría utilizar para todo tipo de materias primas modificando pequeños detalles.

4. Normas y Referencias

4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

4.1.1. Legislación básica

1. Legislación Nacional – Ley 25/2009

<http://www.boe.es/boe/dias/2009/12/23/pdfs/BOE-A-2009-20725.pdf>

- Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y la Seguridad Industrial

<https://www.boe.es/boe/dias/1996/02/06/pdfs/A03929-03941.pdf>

- Real Decreto 411/1997, de 21 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y la Seguridad Industrial.

<http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1997-9026>

- Real Decreto 338/2010, de 19 de marzo, por el que se modifica el Reglamento de la Infraestructura para la calidad y la seguridad industrial, aprobado por el Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

<http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2010-5547>

- Modelo de Declaración Responsable en materia de Seguridad Industrial

<http://www.minetad.gob.es/industria/es-es/paginas/modelodeclaracionresponsableseguridadindustrial.aspx>

- Real Decreto 559/2010, de 7 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento del Registro Integrado Industrial.

http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2010-8189

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

4.1.2. *Legislación sobre Instalaciones de protección contra incendios*

- Guía Técnica de Aplicación: Reglamento de Seguridad contra Incendios en los establecimientos industriales (real decreto 2267/2004, de 3 de diciembre)

<http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2004-21216>

4.1.3. *Legislación de Prevención de Riesgos Laborales*

- Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1995-24292>

- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de equipos de trabajo.

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1995-24292>

4.1.4. *Legislación sobre maquinaria*

- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.

<http://www.boe.es/boe/dias/2008/10/11/pdfs/A40995-41030.pdf>

4.2. Referencias

Los libros utilizados para la redacción de este proyecto han sido:

- GALINDO-RENAU, R. Prensas, moldes y prensado en la fabricación de baldosas cerámicas (Vol. I). *Castellón de la Plana: Macer SL*, 2008, p. 1-381.
- BOTELLA, Rodrigo Moreno. *Reología de suspensiones cerámicas*. Editorial CSIC-CSIC Press, 2005.
- SACMI, Asociación Española de Técnicos Cerámicos. Tecnología cerámica aplicada. *Castellón de la Plana: Faenza Editrice Iberica*, 2004.

Los artículos y publicaciones utilizados para la redacción de este proyecto han sido:

- ANDREOLA, F.; POZZI, P.; ROMAGNOLI, M. Reología de suspensiones de esmaltes cerámicos para monococción: estudio de la influencia de los aditivos utilizados. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 1999, vol. 38, no 3, p. 209-213.
- MONDRAGÓN, R., et al. El proceso de secado por atomización: formación de gránulos y cinética de secado de gotas. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 2013, vol. 52, no 4, p. 159-168.
- GUTIÉRREZ, C. A.; SÁNCHEZ-HERENCIA, A. JAVIER; MORENO, R. ¿Plástico o pseudoplástico? Métodos de determinación y análisis del punto de fluidez de suspensiones cerámicas. *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr*, 2000, vol. 39, no 1, p. 105-17.
- BOCANEGRA-BERNAL, M. H. Hot isostatic pressing (HIP) technology and its applications to metals and ceramics. *Journal of Materials Science*, 2004, vol. 39, no 21, p. 6399-6420.
- MONZO, M.; MARTÍNEZ, A.; ENRIQUE, J. Estudio de las propiedades reológicas de pastas cerámicas para atomización. *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr*, 1979, vol. 18, no 4, p. 239-241.
- DE, DESFLOCULACIÓN DE SUSPENSIONES. ESTUDIO COMPARATIVO DE LA DESFLOCULACIÓN DE SUSPENSIONES DE CAOLÍN CON DISTINTOS DESFLOCULANTES A BASE DE SODIO.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

- ALBARO, JL Amorós, et al. Características de polvos cerámicos para prensado. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 1987, vol. 26, p. 31-37.
- INSTITUT DE PROMOCIÓ CERÀMICA, El proceso de fabricación y las clasificaciones técnicas
- PERACINO, C. El prensado en seco de la vajilla como nuevo concepto tecnológico y su realización práctica: Perspectivas y límites de esta nueva tecnología. *Wibe S.A.*

Los apuntes de titulación utilizados para la realización de este proyecto han sido:

- EQ1013-Termodinámica Aplicada
- EQ1015- Fundamentos de Ingeniería Química
- EQ1019- Mecánica de Fluidos
- EQ1020- Operaciones Básicas de Transmisión de Calor
- EQ1031- Proyectos de Ingeniería
- EQ1033- Operaciones Básicas de Tratamiento de Sólidos
- EQ1038- Materias Primas para la Industria Cerámica
- EQ1040-Tecnología Hídrica y Energética en la Industria Química
- EQ1042- Procesado de los Materiales Cerámicos

Algunas de las páginas web utilizadas han sido:

<http://porvasal.es/empresa/>

<http://www.menajeyregalo.com/las-vajillas-crecen-de-la-mano-del-turismo/>

<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-15009235>

<http://slideplayer.es/slide/9168105/>

<https://sstti.ua.es/es/instrumentacion-cientifica/unidad-de-rayos-x/espectroscopia-de-fluorescencia-de-rayos-x.html>

<http://www.monografias.com/trabajos87/analisis-granulometrico/analisis-granulometrico.shtml>

<http://www.malvern.com/es/products/product-range/mastersizer-range/mastersizer-3000/>

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

<http://www.iesmat.com/iesmat/upload/file/Malvern/Productos-MAL/DIF-Fundamentos%20tam.%20de%20particula.pdf>

<http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/viewFile/823/8>

78

4.3. Programas de Cálculo

Los programas utilizados para la realización del proyecto han sido:

- Microsoft Excel
- Microsoft Word
- AutoCAD

5. Abreviaturas y acrónimos

En este apartado se recogen todas abreviaturas y acrónimos utilizados a lo largo del proyecto.

Abreviaturas:

% → Por ciento

°C → Grados Centígrados; K → grados kelvin

m → metros ; μm → micrómetros ; mm → milímetros

η → viscosidad

s → segundos; min → minutos; h → hora

g → gramos; kg → kilogramos; ton → toneladas

mm H₂O → milímetros de columna de agua; Pa → Pascales

cP → centipoises; Pa·s → Pascales por segundo

m² → metros cuadrados; m³ → metros cúbicos; l → litros

Nm³ → Normal metro cúbicos

kJ → kilojulios; kW → kilowatios; kWh → kilowatios hora

Feld. Na. → Feldespato Sódico

Acrónimos:

FRX: Fluorescencia de Rayos X

DRX: Difracción de Rayos X

BOE: Boletín oficial del estado

S.A.: Sociedad Anónima

PCI: Poder calorífico inferior

PEM: Presupuesto de ejecución de material

PEC: Presupuesto de ejecución por contrata

6. Caracterización de la suspensión y del polvo de prensas

6.1. Ensayos realizados para la caracterización química y mineralógica del material

Tal y como se ha comentado en el apartado 2.3, se ha determinado la composición química en óxidos y la naturaleza y propiedades de formas cristalinas presentes en el polvo de prensas para platos de porcelana.

Los resultados obtenidos de la realización de un FRX es el mostrado a continuación en Tabla 6.1.

Tabla 6.1: Composición en óxidos.

Óxido	% presente
SiO₂	62,1
Al₂O₃	25,8
Fe₂O₃	0,43
CaO	0,18
MgO	0,08
Na₂O	1,38
K₂O	0,6
TiO₂	0,16
MnO	< 0,01
P₂O₅	0,09
PPC	9

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Así, los resultados obtenidos de la realización de un DRX a un granulado obtenido de la suspensión anteriormente comentada, se muestran en la Figura 6.1.

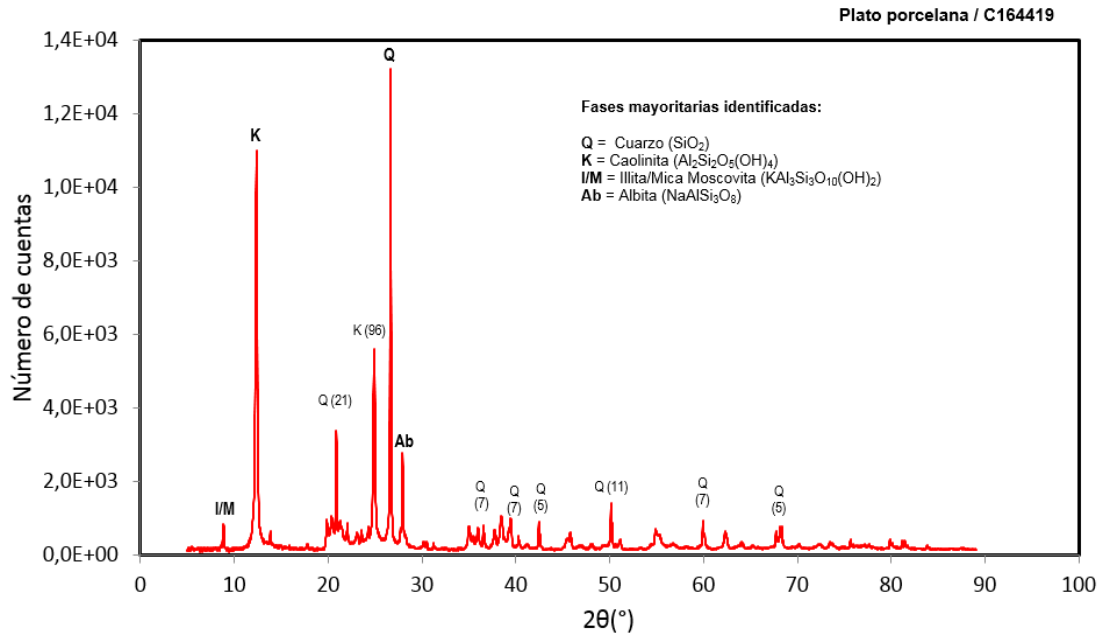


Figura 6.1: Difracción de Rayos X.

Según el análisis químico y la difracción de rayos X, se puede obtener una idea aproximada de las materias primas a utilizar en la fabricación de polvos de prensa.

Así, según la difracción de rayos X, se puede observar que las fases cristalinas presentes en la suspensión son principalmente el cuarzo (SiO_2), la caolinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) y la albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$). Encontrándose en menor medida la illita o mica moscovita ($\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$). Así pues, se puede afirmar que las materias primas utilizadas en la fabricación del polvo atomizado son caolín, cuarzo y feldespato sódico.

6.2. Ensayos realizados para la caracterización de la suspensión

6.2.1. Distribución Granulométrica

Para la determinación de la distribución de tamaño de partículas del material se realizó una distribución granulométrica por difracción láser vía húmeda. Siendo la masa de la muestra ensayada de 25 g. Obteniéndose un rechazo y unos percentiles mostrados en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2: Rechazo y percentiles de la muestra

Rechazo a 63 μm (%)	7,28
d10 (μm)	-
d50 (μm)	3,02
d90 (μm)	18,90

La distribución de tamaños obtenida se puede observar en la Tabla 6.3 y Figura 6.2

Tabla 6.3: Distribución Granulométrica.

Diámetro (μm)	Masa acumulada (%)	Masa acumulada menos rechazo (%)
63,0	100,00	92,72
50,0	99,90	92,63
40,0	99,50	92,26
30,0	97,84	90,72
25,0	95,05	88,13
20,0	91,17	84,53
15,0	85,86	79,61
10,0	77,37	71,74
8,0	72,46	67,18
6,0	65,45	60,68
5,0	61,05	56,60
4,0	56,18	52,09
3,0	49,89	46,25
2,0	40,93	37,95
1,5	35,09	32,54
1,0	27,98	25,94
0,8	23,58	21,86
0,6	17,64	16,36
0,5	14,92	13,84

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

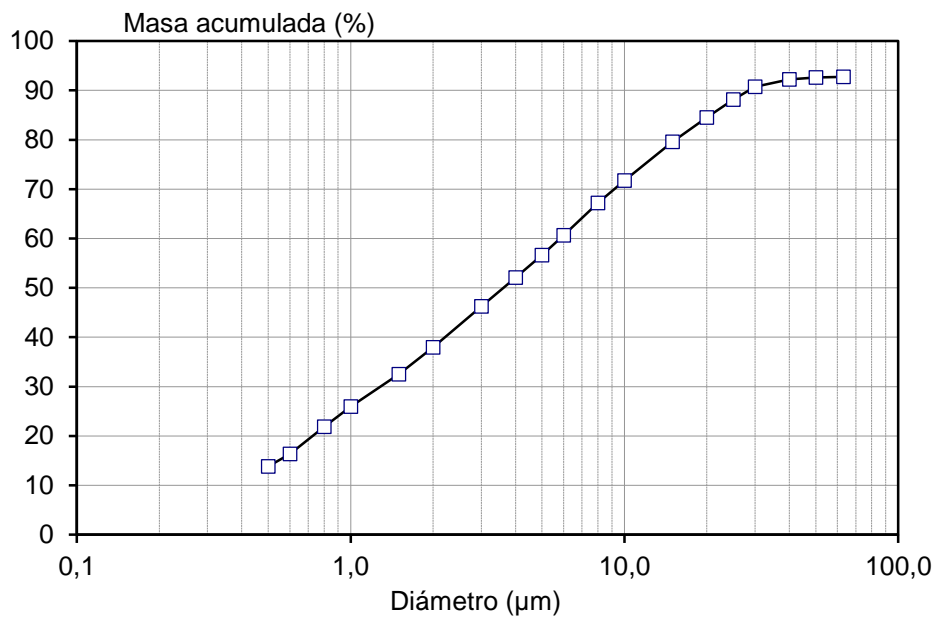


Figura 6.2: Distribución granulométrica.

6.2.2. Estudio Reológico

Con el fin de conocer el comportamiento reológico de la suspensión se realizó un ensayo de viscosidad a diferentes contenidos en sólido.

Para ello, se utilizaron suspensiones añadiendo un 0.3% en base de sólido seco de silicato sódico como defloculante a diferentes contenidos en sólido entre 50% y 60%, siguiendo las indicaciones de la empresa encargada del estudio.

Además de la viscosidad de la suspensión, se realizó el estudio de su tixotropía después de dejarla reposar durante 6 minutos.

Los resultados son mostrados en la gráfica de la Figura 6.3.

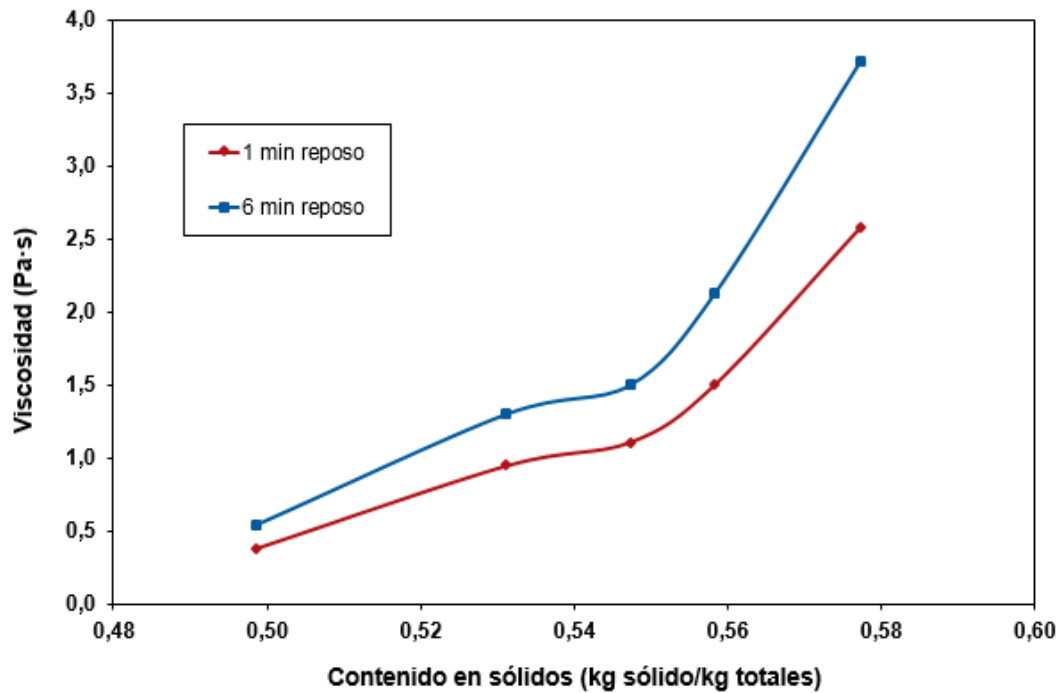


Figura 6.3: Ensayo de viscosidad. Contenido en sólidos (kg sólido/kg totales) frente a Viscosidad (Pa·s).

Para la suspensión de 55% de contenido en sólido se realiza una curva de viscosidad en un reómetro (Figura 6.4).

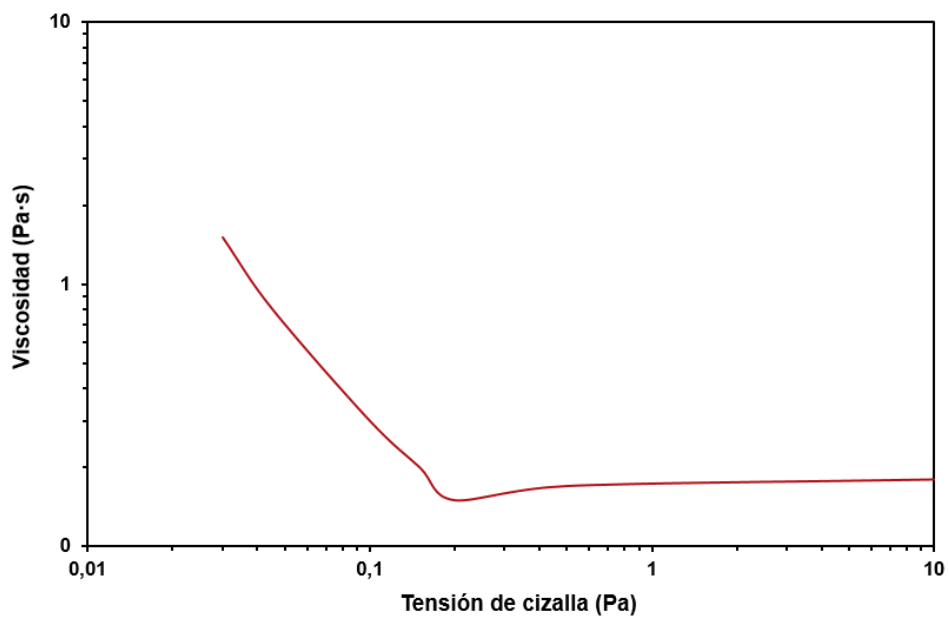


Figura 6.4: Representación aproximada de una curva de viscosidad para una suspensión de 55% de contenido en sólido.

6.3. Ensayos realizados para la caracterización del polvo de prensas

6.3.1. Ensayo de compactación

Para conocer el intervalo de humedad permisible en el que debe trabajar el atomizador, se realizó un ensayo de compacidad. Como se ha comentado en el apartado 2.5.1 del presente proyecto, la humedad está relacionada directamente con la densidad aparente.

Así, se realizó un ensayo de compactación a diferentes humedades del humectado proveniente de la suspensión, en un rango de presiones a escala de laboratorio. Así, la gráfica mostrada en la Figura 6.5 es el resultado del ensayo.

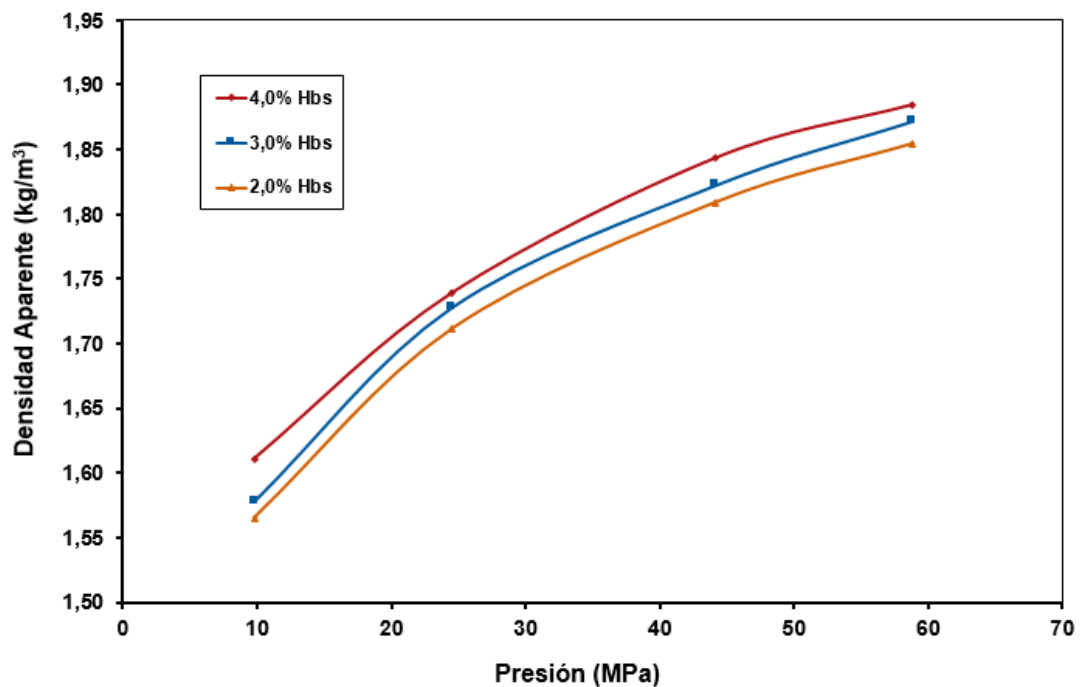


Figura 6.5: Diagrama de compactación. Presión (MPa) frente a Densidad aparente (kg/m³) a diferentes humedades.

6.4. Conclusiones

Del análisis químico y mineralógico, se obtendrán las proporciones de cada una de las materias primas utilizadas para el proceso. A partir de la composición de las materias primas comerciales y mediante los cálculos realizados en el documento 1: Anexo I, se obtiene la fórmula de carga expuesta en la Tabla 6.4:

Tabla 6.4: Proporciones utilizadas en la fabricación de polvo de prensas.

<i>Materia Prima</i>	<i>%</i>
Caolín	63,94
Cuarzo	23,06
Feldespató Sódico	13,00
Silicato Sódico	0,30

Así, las características de la suspensión a la salida del tanque de desleído deben ser:

Contenido en sólidos (%)	55
Viscosidad (cP)	1500
Densidad (kg/m³)	1489,49
Rechazo a 63 μm (%)	7

Las características del polvo de prensa a la salida del atomizador serán:

Humedad en base seca (%)	3
---------------------------------	---

7. Estudio técnico de los equipos

7.1. Demanda de polvo de prensas

El objetivo del presente proyecto es el aumento de producción de polvo de prensa de platos de porcelana. Así, el primer paso en el diseño de la planta es definir la producción de polvo atomizado que se pretende obtener.

A partir de los datos del productor de platos de porcelana se ha decidido que la producción diaria sea de 240 toneladas, equivalente a una producción de 10 toneladas/h de polvo de prensa.

7.2. Atomizador

Una vez conocida la producción que se desea, además de conocer las condiciones del polvo de prensas, se procede a la elección del atomizador. Para ello, en el catálogo de atomizadores del suministrador elegido, Sacmi S.A., se nos muestra la Figura 7.1 para ayudar en la elección del equipo.

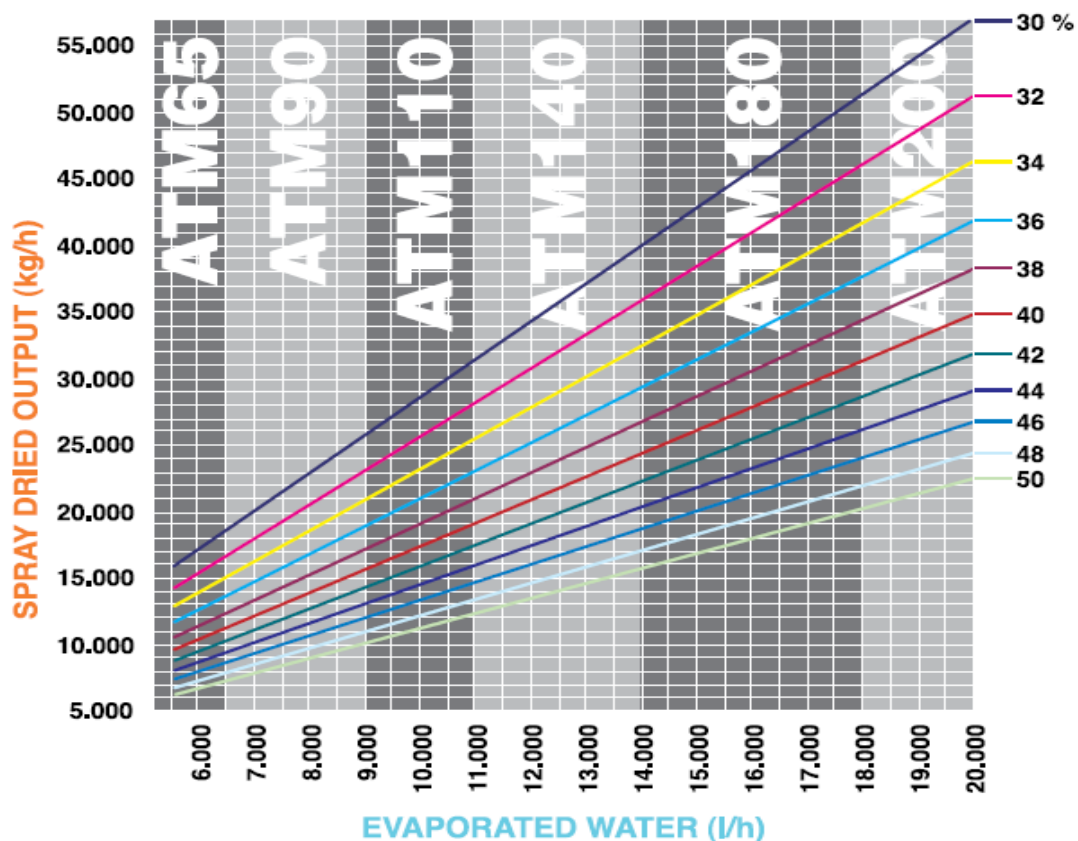


Figura 7.1: Capacidad evaporativa de los atomizadores en función de la producción y el contenido en sólidos de la suspensión.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

La gráfica anterior está construido basándose en el balance de materia de agua dentro del atomizador, el cual será explicado posteriormente en el anexo 1: Cálculos. En ésta se selecciona el tipo de instalación según la capacidad de evaporación (datos en abscisa) y en función de los programas de producción (datos en ordenada) y del porcentaje de agua contenida en la suspensión (líneas coloreadas).

Así, conociendo que el contenido en sólidos es del 55%, sabemos que el contenido en agua es del 45%. La producción a la hora es de 10.000 kg/h. El valor restante es la capacidad de evaporación, obtenida realizando los cálculos mostrados en el anexo 1: Cálculos.

Los datos necesarios para la elección del atomizador según el criterio del fabricante, son los mostrados en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1: Datos de producción para la elección del atomizador.

Producción de salida (kg/h)	10.000
Agua evaporada (l/h)	7652
Contenido en Agua (%)	45

Con los datos de la tabla anterior y la gráfica que proporciona el suministrador, se podrá decidir que atomizador es el adecuado para obtener la producción deseada a las condiciones de operación calculadas. Siendo el atomizador ATM 90 de Sacmi el idóneo para la obtención de la producción deseada.

7.2.1. Sistema de pulverización

Los atomizadores tienen dos formas diferentes de pulverizar la suspensión:

- **Mediante Lanzas**

Las boquillas están montadas en una serie de lanzas colocadas radialmente. Su diferencia, respecto a otras instalaciones, es que las lanzas no están vinculadas a la puerta de cierre pueden girar sobre su eje y sobresalir más o menos dentro de la torre.

De esta forma se puede regular la orientación de las boquillas según el tipo de suspensión a atomizar. Se pueden extraer las lanzas sin interrumpir la actividad del atomizador, lo que es indispensable en producciones continuas.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

En la Figura 7.2 se muestra el sistema de pulverización por lanza, en el exterior del atomizador y un detalle de la lanza.

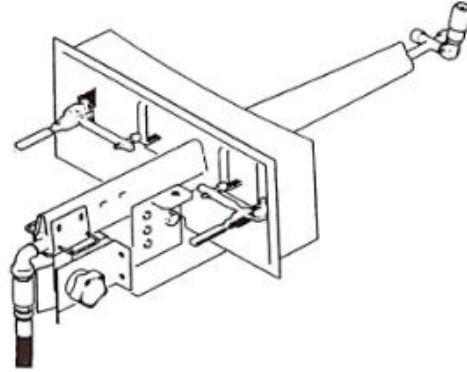


Figura 7.2: Sistema de nebulización por lanza.

- **Mediante Corona**

Las boquillas pulverizadoras están montadas en un anillo de acero inoxidable.

Permite una extracción rápida de la corona para el mantenimiento, maniobra muy útil cuando hay cambios de producción semanales o diarios.

En la Figura 7.3 se muestra el sistema de pulverización por corona, en el exterior e interior del atomizador.



Figura 7.3: Sistema de nebulización por corona.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

La Figura 7.4 presenta el esquema de dos atomizadores dotados respectivamente para la nebulización de la suspensión de toberas puestas en la corona (a) o en lanzas individuales (b).

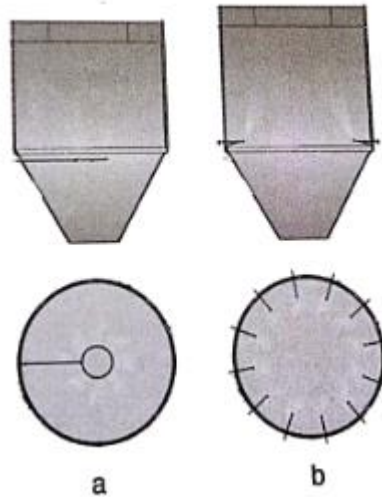


Figura 7.4: Diseños esquemáticos de las secciones y plantas de dos atomizadores.

De entre ambos sistemas de pulverización se elegirá el sistema de lanzas por dos motivos:

- 1) La composición de la suspensión no se modifica
- 2) Si se taponan una lanza se puede extraer y realizar el mantenimiento pertinente sin parar el proceso, solo sería necesario modificar algunas variables con el fin de no modificar la composición.

La nebulización se realizará mediante toberas, estas son del tipo llamado “caracol”, donde un dispositivo en espiral imparte al fluido, bajo la acción de la presión aguas arriba, el movimiento rotatorio necesario para la dispersión del chorro con el impacto del aire externo.

Se instalarán un total de 15 lanzas, con posibilidad de aumentar hasta 24 si se necesitase un aumento de producción.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

En la Figura 7.5 se presentan los diferentes elementos que constituyen una tobera además de los tipos de altura y los diámetros de las pastillas perforadas.

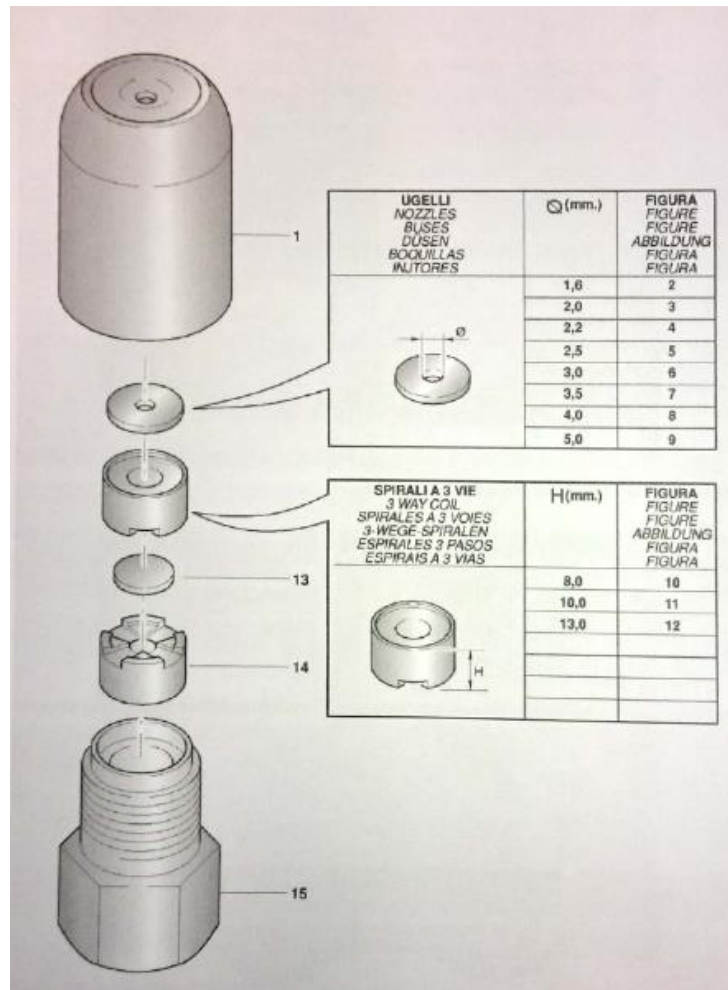


Figura 7.5: Representación de los diferentes componentes de una tobera.

Las plaquetas con perforación pueden ser de tungsteno o diamantadas perforadas con luz de paso calibradas, estas tendrán un diámetro de 3.5 mm.

En la parte interior de las toberas se colocan las “espirales”, utilizadas para imprimir un movimiento rotatorio al flujo de la suspensión y, por lo tanto, a abrir y cerrar los abanicos de suspensión nebulizada.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

7.2.2. Ventilador

El electroventilador principal será el encargado de introducir el aire en la corona del atomizador. Las características de este vienen dadas por el proveedor del atomizador y mostradas en la Tabla 7.2.

Tabla 7.2: Características Ventilador de ATM 90.

Caudal (m³/h)	87000 (100 °C; 1 bar)
Potencia (kW)	132
Presión (mm H₂O)	400

Además de este se empleará un ventilador de presurización, el cual está coordinado con el ventilador principal regulará el caudal del aire manteniendo dentro de la torre un valor limitado y constante de depresión. Ambos aparatos estarán equipados con compuerta motorizada.

7.2.3. Instalación de alimentación del combustible

La instalación de alimentación del combustible puede variar en función del tipo de combustible empleado: gaseoso o líquido. En el presente proyecto, el tipo de combustible es gaseoso, en concreto gas natural comercial.

El tipo de quemador instalado será un quemador en vena de aire, mostrado en la Figura 7.6, los cuales son adecuados para el tipo de combustible utilizado.



Figura 7.6: Quemador en vena de aire.

Conociendo el caudal de aire necesario para el secado parcial de la suspensión, y la temperatura a la que entrará dicho aire en la corona del atomizador se determinará

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

mediante un balance de energía la cantidad de gas necesario para calentar dicho aire. Las características del aire introducido en la corona serán las mostradas en la Tabla 7.3.

Tabla 7.3: Características aire introducido en la corona.

Temperatura ambiente (°C)	25
Temperatura entrada (°C)	450
Calor específico (kJ/kg)	1,01
Caudal aire (Nm³/h)	67369

Con estas características y el poder calorífico del gas natural, mediante, un balance de energía, se determina el caudal de combustible necesario, en la Tabla 7.4 se muestran las características del gas natural.

Tabla 7.4: Características gas natural.

Poder Calorífico Inferior (kJ/Nm³)	38848
Potencia (kW)	8032
Caudal de combustible necesario (Nm³/h)	744

Se estima que el rendimiento del quemador será de un 65%, por lo que el caudal de combustible real es de 1145 Nm³/h.

7.2.4. Emisiones gaseosas del atomizador

Para reducir las concentraciones de polvo en los gases efluentes a los valores requeridos, la depuración se suele realizar en dos etapas. Para la primera depuración se utilizan habitualmente ciclones, que si están correctamente dimensionados pueden alcanzar rendimientos elevados sobre las fracciones granulométricas superiores a 10-5 µm. La descarga de polvo recogido en los ciclones se añade normalmente sobre el polvo atomizado.

Los ciclones podrían ser el único sistema de depuración si la concentración de partículas en los gases efluentes de la cámara de secado del atomizador fuera inferior a 400 o 500 mg/Nm³ y el porcentaje de partículas inferiores a un diámetro equivalente de 10-20 µm fuera pequeño, sin embargo, por las características constructivas del

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

atomizador o por el propio funcionamiento del mismo estas circunstancias no se dan, superándose ampliamente estos valores. Para llegar a las exigencias medioambientales establecidas se instalarán en continuo dos lavadores en vía seca (ciclón) (Figura 7.7) y un lavador vía húmeda (abatidor) (Figura 7.8).

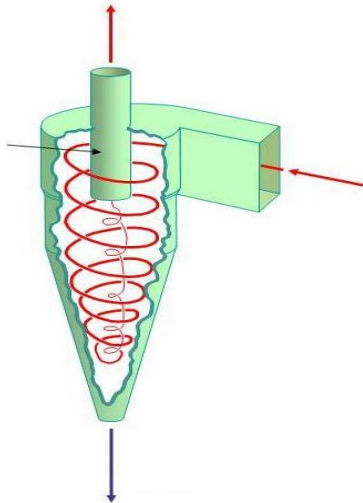


Figura 7.7: Sistema de funcionamiento del ciclón.



Figura 7.8: Sistema de depuración de gases de ATM.

7.3. Preparación de la suspensión

Para la preparación de la suspensión para la obtención del polvo de prensas se realizará, como se ha comentado anteriormente, mediante desleído. Para esta etapa se utilizarán turbodiluidores. Posteriormente, con el fin de eliminar impurezas cromóforas la suspensión pasará por desferrizadores.

7.3.1. Turbodiluidores

Los turbodiluidores para dispersar materias primas cerámicas están constituidos por un depósito cilíndrico de chapa de acero electrosoldada, con rotor, dispersor fijo y coraza en el interior del cilindro de acero antidesgaste.

El grupo de transmisión del movimiento está constituido por un motor eléctrico y un reductor de ejes paralelos, adecuado para soportar cargas axiales y radiales. En el reductor se fija, mediante una unión rígida, el eje en el cual se monta el rotor móvil. La máquina prevé, como opcional para el arranque y la regulación de la velocidad, un tablero eléctrico a inverter.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Para la selección del turbodiluidor se dispuso de una amplia variedad de modelos proporcionados por SACMI S.A., de los cuales se eligió el modelo TDT 016, cuyas características técnicas se muestran en la Tabla 7.5.

Tabla 7.5: Características técnicas de TDT 016.

<i>Características</i>	<i>TDT 016</i>
Potencia Motor (kW)	110
Velocidad (r.p.m.)	110
Diámetro Turbina (mm)	1300
Capacidad Útil (m³)	16
Peso a plena carga (kg)	372000

Este modelo ha sido elegido debido a que es el que tiene mayor capacidad útil, por lo que se requerirán menos equipos para la preparación de la suspensión necesaria.

La materia prima a introducir en el desleídor, sabiendo el contenido en sólido y la cantidad de materia prima se muestra en la Tabla 7.6.

Tabla 7.6: Materia prima por TDT.

Materia Prima Sólido Seco (kg)	13107
Defloculante (kg)	39,3
Agua (m³)	10,72

Teniendo en cuenta la humedad residual de la materia prima, la cantidad de materia prima introducida en cada TDT será la indicada en la Tabla 7.7.

Tabla 7.7: Materia prima por TDT.

Materia Prima Sólido (kg)	Cuarzo	3164
	Caolín	8773
	Feldespato Sódico	1783
	TOTAL	13721
Defloculante Diluido (kg)		98
Agua (kg)		10012

Se realizó un ensayo para determinar la duración de la preparación de la suspensión estimándose en 2 horas para la preparación de la suspensión por desleído. Se requieren 3

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

horas más para el llenado, la descarga y la limpieza del desleidor. En total, la producción de 16 m³ de suspensión necesitará de un total de 5 horas, por lo que el TDT podrá realizar durante 24 horas un total de 4,8 tandas u operaciones, produciéndose en total 76,8 m³ de suspensión.

A partir de este dato y conociendo las necesidades del atomizador en términos productivos de suspensión, se realizaron los cálculos pertinentes para conocer el número de TDT necesarios para poder satisfacer la producción deseada diaria.

Así, siendo las necesidades de suspensión del atomizador de 284 m³/día serán necesarios un total de 4 TDT.

En la Tabla 7.8 se muestra un resumen.

Tabla 7.8: Resumen producción TDT.

Capacidad Útil TDT (m³)	16
Volumen de suspensión (m³/día)	284,43
Tiempo de trabajo TDT(horas)	2
Tiempo Descarga y llenado(h)	3
Operaciones/día	4,8
Numero TDT teórico	3,70
Número TDT	4
Volumen de suspensión (m³/día)	307,2

Para evitar posibles reducciones en la producción por motivos de mantenimiento en cualquiera de los TDT se instalará uno extra. Apoyando con ello, un futuro aumento de la producción.

7.3.2. Desferrizador

Para obtener unos platos de porcelana de calidad es necesario eliminar el hierro introducido en el proceso. El hierro es causante de cambios de tono de color en la pieza cocida.

Para evitar estos defectos, la suspensión pasa por un proceso de desferrización aprovechando las características magnéticas del mineral. El equipo a usar es un

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

desferrizador. El equipo será suministrado por SACM y el modelo a instalar es el DLP 300 mostrado en la Figura 7.9.



Figura 7.9: DLP 300.

El DLP 300 es un filtro desferrizador eléctrico para líquidos, con funcionamiento gravitatorio. Puede usarse para controlar aguas de reciclado, suspensiones y esmaltes. La elevadísima superficie de contacto ofrecida por las rejillas y el principio de funcionamiento garantizan un contacto pleno con el líquido a tratar y una fácil limpieza, una vez desconectado.

Las características técnicas del equipo se detallan en la Tabla 7.9

Tabla 7.9: Características técnicas del DLP 300.

Potencia eléctrica (kW)	0,6
Caudal máximo (l/h)	16000
Presión máxima de funcionamiento (MPa)	0,6
Peso (kg)	290

Se instalarán 2 desferrizadores en paralelo debido a que el volumen que sale de los turbodesleidores es de 16 m³. Así el equipo no trabajará a pleno rendimiento y se podrá realizar mantenimiento si se diese el caso sin parar la producción.

7.4. Granero

La materia prima que llega a la empresa mediante camiones se depositan en estratos horizontales sobre una superficie dedicada a su almacenamiento, cuyo principal objetivo es conseguir una buena homogeneización para conseguir una uniformidad adecuada en las propiedades.

La extracción se realizará mediante palas mecánicas que toman la materia prima perpendicularmente a como han sido formados los estratos, para conseguir un alimento lo más homogéneo posible. El tamaño de cada era se diseña según las necesidades de la materia prima en el proceso de fabricación. No se puede calcular unas dimensiones exactas para las eras, pero si estimar unos valores aproximados.

Sabiendo que hay 3 tipos de materia prima, por consiguiente, habrá 3 montones de material. Estos serán lo suficientemente grandes para disponer de la materia prima necesaria para la producción durante un mes de polvo de prensas.

La selección de un mes de almacenamiento de materia prima ha sido decidida porque si hay escasez o retrasos en los envíos, se tendría tiempo suficiente en solucionar el problema tomando decisiones pertinentes.

Con los valores de la Tabla 6.4, se calculará la cantidad de materia prima necesaria para la obtención del producto final durante un mes. Teniendo en cuenta la humedad media de la materia prima, la cual se supondrá del 5%, se necesitarán las cantidades anotadas en la Tabla 7.10.

Tabla 7.10: Materia prima necesaria para la producción en un mes.

<i>Materia prima</i>	<i>Toneladas/mes</i>
Cuarzo	1129
Caolín	3129
Feldespató Sódico	636
Silicato Sódico	35

De los valores de la Tabla 7.10 y de los de la densidad aparente, que puede suponerse la mitad de la real, de cada uno de los materiales, se obtendrá el volumen ocupado por cada materia prima, tal y como se indica en la Tabla 7.11.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Tabla 7.11: Volumen de cada materia prima al mes.

<i>Materia Prima</i>	<i>Densidad Aparente(kg/m³)</i>	<i>Producción (ton/mes)</i>	<i>Volumen (m³/mes)</i>
Cuarzo	1325	1128,56	852
Caolín	1200	3128,71	2607
Feldespató Sódico	1325	635,93	480

Con estos datos, suponiendo que los montones serán de forma semi-esférica se obtienen las dimensiones para almacenar materia prima durante 1 mes, mostrado en la Tabla 7.12.

Tabla 7.12: Dimensiones de las montañas de materia prima.

<i>Materia Prima</i>	<i>Volumen (m³)</i>	<i>Radio(m)</i>	<i>Diámetro (m)</i>
Cuarzo	850	7,41	14,82
Caolín	2607	10,76	21,51
Feldespató Sódico	480	6,12	12,24

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Por último, el granero será de una superficie rectangular, dando un espacio de 5 metros a las paredes de separación de materia prima. El largo del granero será igual a la suma de diámetros más el espacio, siendo el ancho de la misma, el diámetro de montaña más grande más 10 metros. Las montañas serán ubicadas al fondo de la sala, dando el espacio como maniobra para el depósito de los camiones y la extracción de las palas. A continuación, en la Figura 7.10 se mostrará un ejemplo de ubicación de la materia prima.

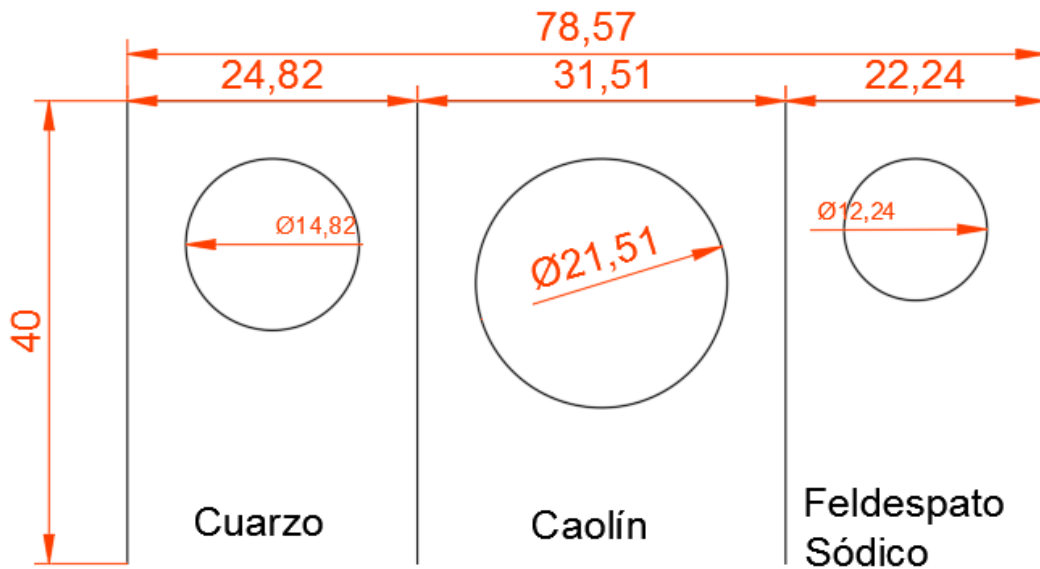


Figura 7.10: Esquema distribución granero.

La superficie del granero será de 3143 m² aproximadamente.

7.4.1. Equipo de manipulación de materias primas

El equipo de manipulación de materias primas dentro de la planta consistirá en unas palas cargadoras. Las palas elegidas son el modelo L-120 de la marca VOLVO, con una capacidad de 3100.

7.5. Balsas de almacenamiento

7.5.1. Suspensión

Las balsas de agitación de suspensión se construyen normalmente debajo los atomizadores que las van a utilizar, minimizando así la distancia entre ambos.

Las balsas se suelen diseñar más grandes de lo estrictamente necesario, para poder abastecer al atomizador durante un cierto tiempo en caso de tener que parar la producción de suspensión o su suministro.

Para dimensionar las balsas se requiere el caudal de suspensión que hay que alimentar al atomizador y el tiempo durante el cual alimenta ininterrumpidamente al atomizador, en el anexo 1: Cálculos se explicará más detalladamente.

En la Tabla 7.13 se detallan los resultados:

Tabla 7.13: Datos de cálculo del volumen de suspensión (m³) necesario al día.

tiempo de trabajo (h)	24
Caudal de suspensión (m³/h)	11,85
Volumen suspensión almacenada (m³)	284,43

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

El atomizador dispondrá de 2 balsas de suspensión interconectadas entre sí con conexión directa al sistema de entrada al atomizador y otras 2 para el almacenamiento previo al tamizado. Tal y como se muestra en la Figura 7.11.

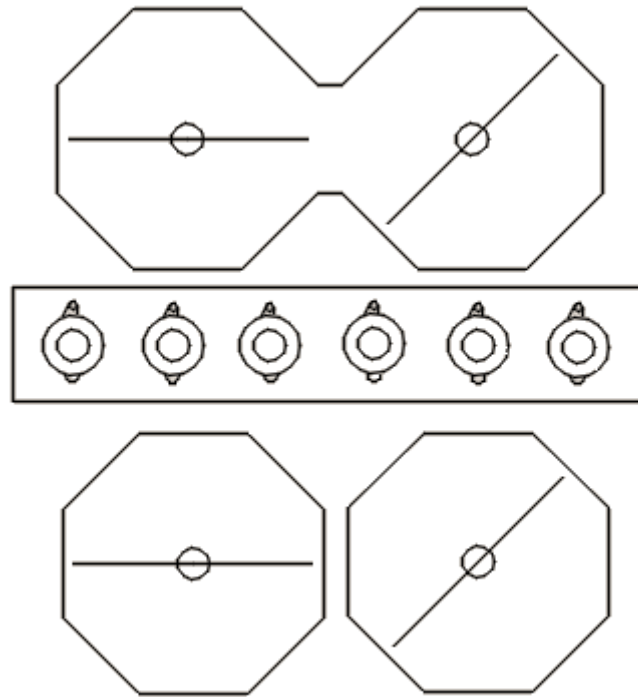


Figura 7.11: Esquema de balsas de suspensión.

En total, el atomizador dispondrá de 4 balsas de suspensión. La forma de vaciado de las balsas será intermitente, es decir, para evitar la sedimentación ésta se irá mezclando entre las distintas balsas de forma alternativa. De esta forma se evita también cualquier discontinuidad en el caudal de alimentación al atomizador por pequeñas paradas en la producción de suspensión. Por lo tanto, el volumen necesario de cada balsa será de 70,61 m³.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Cabe mencionar que la suspensión estará siempre agitándose, para ello se elegirán 4 agitadores modelo ASP225 de SACMI, instalándose uno en cada balsa de suspensión, cuyas características son las mostradas en la Tabla 7.14.

Tabla 7.14: Características técnicas del agitador ASP225 de Sacmi.

Potencia motor(kW)	11
Nº revoluciones hélice por minuto (rpm)	9
Diámetro hélice (mm)	4130 a 4930
Peso (kg)	460

Las balsas serán en forma octogonal, con el fin de evitar al máximo las zonas muertas no alcanzadas por la agitación, con las medidas mostradas en la Figura 7.12.

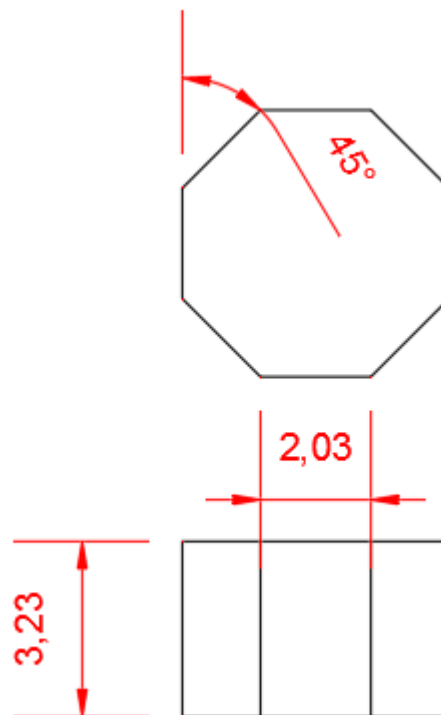


Figura 7.12: Balsa de almacenamiento de suspensión.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

7.5.2. Defloculante

El defloculante vendrá suministrado en forma líquida por el proveedor. Debido a ello, el tanque de almacenamiento del defloculante deberá superar la capacidad de la cantidad requerida diariamente, ya que el proveedor no podrá suministrar el producto todos los días, y así, evitar posibles contratiempos. En consecuencia, el tanque diseñado para el almacenamiento deberá ser capaz de suministrar el defloculante al desleído durante al menos una semana laboral, 5 días. Con ello y conociendo que la cantidad de defloculante diluido utilizado semanalmente en el desleidor, que es de $6,7 \text{ m}^3$, el volumen del tanque será de aproximadamente 7 m^3 .

El agitador utilizado en el tanque de almacenamiento de defloculante será un agitador de modelo ASP 204, cuyas características son las mostradas en la Tabla 7.15.

Tabla 7.15: Características agitador modelo ASP 204.

Potencia motor (kW)	3
Nº revoluciones hélice por minuto (rpm)	16
Diámetro hélice (mm)	1280-2000
Capacidad media tanque (m^3)	5-11

La balsa será en forma octogonal, con el fin de evitar al máximo las zonas muertas no alcanzadas por la agitación, con las medidas mostradas en la Figura 7.13.

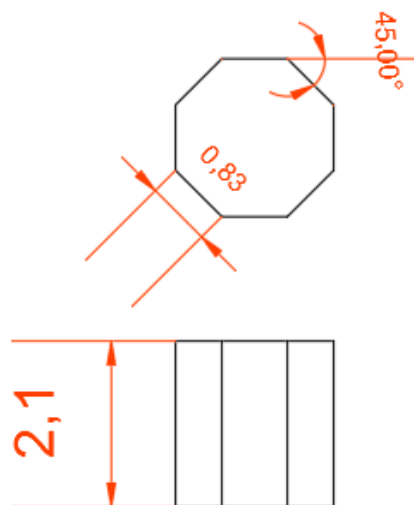


Figura 7.13: Balsa de almacenamiento de defloculante.

7.6. Vibrotamices

Los vibrotamices se utilizan para evitar que pasen porciones más gruesas de las deseadas de suspensión o polvo atomizado. Se colocarán a la salida de las balsas de almacenamiento de la suspensión previa a la de balsa de alimentación del atomizador y a la salida del atomizador.

7.6.1. Vibrotamices de suspensión

La introducción de vibrotamices en este punto es para evitar que partículas demasiado grandes de materia prima entren en el atomizador que además de obturar las boquillas de las lanzas, son perjudiciales para el prensado.

Para decidir el tipo de vibrotamiz más adecuado que debe instalarse a la salida de los tanques de desleído, se ha tenido en cuenta el caudal de suspensión que debe tamizarse. En este caso, los tanques de desleído tienen un volumen útil de 16 m³. La descarga de estos, se realiza aproximadamente en 1 hora y media, así el caudal para tamizar es 10,67 m³/h.

Con este dato, el vibrotamiz elegido para la salida de los tanques es el SV2C de Sacmi (Figura 7.14).



Figura 7.14: Vibrotamiz SV2C.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Cuyas características son las mostradas en la Tabla 7.16.

Tabla 7.16: Características Vibrotamiz SV2C para suspensión.

Producción (kg/h)	90000
Velocidad vibrador (rpm)	2900
Potencia motor (kW)	0,495
Superficie útil de tamizado (m²)	0,39
Número de redes de tamizado	1
Peso máquina 1 plano (kg)	30
Diámetro útil del tamiz (mm)	460x850

La apertura del tamiz para el atomizado será de 250 µm de luz de malla. Para seleccionar el tipo de vibrotamiz que debe instalarse a la entrada de las balsas previas al atomizador, se tiene en cuenta el caudal de suspensión a procesar. El caudal de suspensión a tamizar aproximado es de 19.200 Kg/h. Aunque SACMI dispone de tamices de hasta 90.000 Kg/hora, hay que prever que estos se obstruyen con facilidad y si solo hubiera uno se pararía el proceso. Por ello se ha escogido el vibrotamiz SPB 121 de SACMI (Figura 7.15).



Figura 7.15: Vibrotamiz SPB 121.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Cuyas características son las mostradas en la Tabla 7.17.

Tabla 7.17: Características Vibrotamiz SPB 121.

Producción (kg/h)	7000
Velocidad vibrador (rpm)	1430
Potencia motor (kW)	0,73
Superficie útil de tamizado (m²)	1,10
Número de redes de tamizado	1 - 2
Peso máquina 2 plano (kg)	240
Diámetro útil del tamiz (mm)	1160

La producción máxima es de 7000 kg/h de forma que se necesitarán 4 tamices como mínimo. Para conseguir que el proceso no se pare, se instalarán 6 tamices, de esta forma con un sistema de tuberías y válvulas se puede ir dirigiendo el caudal de un tamiz a otro con el fin de limpiarlo o repararlo en caso de ser necesario.

Los vibrotamices constarán de 2 redes de tamizado, la superior será de 200 μm y la inferior será de 100 μm .

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

7.6.2. Vibrotamices de polvo de prensas

A la salida del atomizador se requerirá un vibrotamiz para evitar la presencia aglomerados de polvo de prensas demasiado grandes en los silos de almacenaje.

El vibrotamiz elegido para la salida del atomizador será el SV2C (Figura 7.14), cuyas características para el tamizado de polvo de prensas serán las mostradas en la Tabla 7.18.

Tabla 7.18: Características Vibrotamiz SV2C para polvo de prensa.

Producción (kg/h)	30000
Velocidad vibrador (rpm)	2900
Potencia motor (kW)	0,495
Superficie útil de tamizado (m²)	0,39
Número de redes de tamizado	1
Peso máquina 1 plano (kg)	30
Diámetro útil del tamiz (mm)	1160

7.7. Bombas

7.7.1. Equipo de impulsión de suspensión al atomizador

Para impulsar la suspensión desde las balsas de almacenamiento al atomizador será necesario el uso de bombas. El mismo proveedor del atomizador suministra estas bombas, ofreciendo la posibilidad de elegir entre los modelos mostrados en la Tabla 7.19.

Tabla 7.19: Características técnicas de las bombas para suspensión.

Modelo	PPB 110	PPB 304	PPB 306	PPB 313
Caudal Máximo (l/h)	10.000	3.500	8.000	13.000
Presión Máxima (bar)	10	30	30	30
Rango de presiones (bar)	2 a 10	5 a 30	5 a 30	5 a 30
Potencia Instalada (kW)	11	7,5	15	22

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Las bombas (Figura 7.16) son accionadas por medio de émbolos oleodinámicos alimentados por una centralita hidráulica. La presión de ejercicio es ajustable a cualquier valor dentro de los límites mínimo y máximo, por medio de simples regulaciones de la válvula de máxima presión el circuito hidráulico de mando. Incorpora un acumulador de aire situado en la línea de impulsión de la suspensión para proporcionar una presión constante.



Figura 7.16: Bomba de émbolos para la impulsión de suspensión.

Realizado el balance de energía mecánica, mostrado en el anexo I: Cálculos, la bomba que cumple los requisitos de la instalación es la PPB 306. En la Tabla 7.20 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 7.20: Requisitos técnicos de la bomba.

Caudal (l/h)	6378
Carga del sistema (m)	81,4
Presión Bomba Impulsión (bar)	12,8
Potencia Suministrada (kW)	4,2

Se instalarán un total de 4 bombas, de las cuales estarán en funcionamiento 2 de ellas en paralelo.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

7.7.2. Equipo de impulsión de suspensión a los tamices

Se necesitarán bombas para impulsar la suspensión hasta los tamices desde la balsa posterior a los turbodesleidores. Realizado el balance de energía mecánico conveniente para la conducción, mostrado en el documento 2: Anexo I, se obtuvieron los requisitos técnicos para la bomba mostrados en la Tabla 7.21.

Tabla 7.21: Requisitos técnicos de impulsión de suspensión.

Caudal (l/h)	13091
Carga del sistema (m)	6,87
Presión Bomba Impulsión (bar)	1,48
Potencia Suministrada (kW)	0,73

Para el sistema se ha elegido una bomba metálica con abrazadera de la serie original de Wilden (Figura 7.17). Ésta es una bomba neumática de membranas, las cuales son similares a las de pistón o émbolo. Difieren de éstas en que la parte móvil está constituida por una membrana flexible accionada mecánica o neumáticamente. Requiere unos costes de mantenimiento bajo y son adecuados para fluidos de viscosidad elevada y líquidos con sólidos en suspensión.



Figura 7.17: Bomba de membranas de la serie original Wilden.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

En la Tabla 7.22 se muestran los datos hidráulicos dados por el fabricante.

Tabla 7.22: Características técnicas de la bomba.

Caudal Máximo (l/h)	70.440
Aspiración Máxima (m)	9,5 cebado, 7,6 en seco
Cilindrada máxima (l)	4,73
Presión máxima (bar)	8,6
Paso de sólidos máximo (mm)	35

Se requerirán de un total de 2 bombas, 1 para cada balsa de suspensión.

7.7.3. Equipo de impulsión del defloculante a los tanques de desleído

Se necesitará una bomba para impulsar la suspensión de defloculante hasta los TDT desde la balsa del defloculante en 5 minutos, que es el tiempo que se supone de llenado. Realizado el balance de energía mecánico conveniente para la conducción, se obtuvieron los requisitos técnicos para la bomba mostrados en la Tabla 7.23.

Tabla 7.23: Requisitos técnicos de impulsión de defloculante.

Caudal (l/h)	75,14
Carga del sistema (m)	9,03
Presión Bomba Impulsión (bar)	1,88
Potencia Suministrada (kW)	17,37

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Para el sistema se ha elegido una bomba peristáltica SPX10 (Figura 7.18). Las bombas peristálticas son un tipo de bomba hidráulica de desplazamiento positivo usado para bombear una variedad de fluidos. El fluido es contenido dentro de un tubo flexible empotrado dentro de una cubierta circular de la bomba. Un rotor con un número de rodillos unidos a la circunferencia externa comprimen el tubo flexible. Mientras que el rotor da vuelta, la parte del tubo bajo compresión se cierra forzando, de esta manera, al fluido a ser bombeado para moverse a través del tubo.



Figura 7.18: Bomba Peristáltica SPX

En la Tabla 7.24 se muestran los datos hidráulicos dados por el fabricante.

Tabla 7.24: Características técnicas de la bomba.

Caudal Máximo (l/h)	145
Capacidad (l/rev)	0,022
Presión de descarga máxima (bar)	7,5
Diámetro interno del sistema de bombeo (mm)	10

7.8. Silos de almacenamiento

Para el almacenaje, tanto de materias primas como de polvo atomizado, se utilizan silos de gran capacidad en los que el material permanece un tiempo indeterminado antes de ser utilizado. Además de estos silos, se utilizan otros a la entrada de cada turbodiluidor (silos pre mezcla) que sirven de enganche entre la cinta transportadora de materias primas y la boca de entrada del TDT.

Todos los silos vienen provistos de un cierre plano en la parte inferior, que se acciona de forma automática mediante un ordenador, que controla el suministro a la cinta transportadora de la masa adecuada de cada material para completar la fórmula de carga. La cantidad que se deposita en la cinta, es pesada anteriormente en una báscula colocada bajo los silos. Cuando se confirma que se ha depositado la cantidad necesaria de cada material, la mezcla se carga a la cinta transportadora y se lleva al silo de pre mezcla.

El ordenador manda una señal al cierre plano para que se abra, y cuando a la báscula llega a la cantidad necesaria, avisa al ordenador con otra señal, y éste vuelve a cerrar la compuerta del silo. Se requieren tres básculas, dos en la etapa de materias primas, y una en la de polvo atomizado. El sistema de pesada es parecido al de la báscula donde se pesan los camiones a la entrada y salida de la planta. Esta es la forma de trabajar en general de todos los silos, excepto los de pre mezcla y de carga de camiones, ya que no tienen báscula en su parte inferior y sólo sirven de almacén momentáneo.

7.8.1. Silos de materias primas

Las materias primas llegan a estos silos provenientes de los graneros, a través de cintas transportadoras. El sistema de transporte por cinta y la descarga del material están automatizados, de manera que cada carga de la cinta se descarga en el silo preestablecido.

Se requiere para estimar las capacidades de los silos, en kg/día, la proporción de cada una de las materias primas en la mezcla. Los resultados se muestran en la Tabla 7.25.

Tabla 7.25: Materia prima necesaria por día.

	<i>MP (ton/mes)</i>	<i>MP (kg/día)</i>
Cuarzo	1129	56428
Caolín	3129	156435
Feldespato Sódico	636	31797

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

A partir de la densidad aparente, que puede suponerse la mitad que la real, de cada una de las materias primas se obtendrán los m³ necesarios para el almacenaje de 1 día de producción, mostrado en Tabla 7.26. Se tiene en cuenta la humedad de las materias primas en el cálculo de la densidad.

Tabla 7.26: Volumen de materia prima necesaria por día.

	<i>MP (kg/día)</i>	<i>Densidad Aparente (kg/m³)</i>	<i>MP (m³/día)</i>
Cuarzo	56428	1224,02	46,10
Caolín	156435	1121,50	139,49
Feldespató Sódico	31797	1224,02	25,98

Con estos resultados se puede determinar la capacidad de los silos para el almacenamiento pre-mezcla de la materia prima. En la Tabla 7.27 se mostrarán el número de silos y las características de los mismos proporcionadas por el suministrador.

Tabla 7.27: Silos de almacenamiento de materias primas.

	<i>Materia Prima (m³/día)</i>	<i>Capacidad Silo (m³)</i>	<i>Dimensiones</i>		<i>Nº de silos</i>
			Diámetro (mm)	Altura (mm)	
Cuarzo	46,10	45	3000	9000	2
Caolín	139,49	45	3000	9000	4
Feldespató Sódico	25,98	45	3000	9000	1

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

7.8.2. Silos de mezcla

Estos silos sirven para contener la mezcla, en proporciones adecuadas de las materias primas antes de introducirlas al tanque de desleído. Este grupo de silos tiene unas dimensiones determinadas ya que son los que van a alimentar a los tanques. En la Tabla 7.28 se detallan los resultados.

Tabla 7.28: Materia prima depositada en los silos de mezcla.

Materia Prima	Masa (kg/16m³)	Densidad (kg/m³)	Volumen (m³/16 m³)
Cuarzo	3164,76	1124,02	2,59
Caolín	8773,66	1121,50	7,82
Feldespató Sódico	1783,31	1224,02	1,46
Total	13721,72		11,87

Así, según el catalogo del proveedor, se necesitará un silo, con las dimensiones mostradas en la Tabla 7.29, para cada uno de los TDT.

Tabla 7.29: Dimensiones Silos Mezcla.

Capacidad del Silo (m³)	Dimensiones		Nº de silos
	Diámetro (mm)	Altura (mm)	
14	2400	5050	5

7.8.3. Silos de Polvo atomizado

El polvo de prensas se almacena en silos de reposo, estos silos están agrupados en una estructura metálica, y a su vez esta estructura está cubierta por una lona impermeable para crear un microclima con el objetivo de que la humedad del polvo no se modifique debido a posibles variaciones en las condiciones climatológicas de la planta. Para calcular su capacidad se supondrá que los silos se vaciarán dos veces por semana.

Suponiendo que la densidad aparente del lecho de atomizado es de 1400 kg/m³ se obtiene un caudal de 7 m³/h. Estimándose un tiempo de residencia de 2,5 días, se obtiene

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

una capacidad total de 420,42 m³. Con un factor de empaquetamiento de 1,1 el volumen necesario para el almacenamiento del polvo de prensas será de 462,46 m³.

Para almacenar el polvo se crearán 2 grupos de 5 silos cada uno. Estos estarán rodeados por una lona con el objetivo de crear un microclima en la zona de almacenaje del polvo atomizado para mantener constante su humedad y que ésta no varía como consecuencia de cambios externos de temperatura. El proceso de carga de estos silos se lleva a cabo mediante cintas transportadoras. Así, según el catalogo del proveedor, se necesitarán diez silos, con las dimensiones mostradas en la Tabla 7.30.

Tabla 7.30: Dimensiones silos de polvo de prensas.

<i>Capacidad del Silo (m³)</i>	<i>Dimensiones</i>		<i>Nº de silos</i>
	Diámetro (mm)	Altura (mm)	
51	3000	9800	10

7.9. Conducciones

7.9.1. Cintas transportadoras

La mayoría de acciones realizadas en la planta son manejadas de forma automatizada. Las cintas transportadoras correspondientes a la etapa de materias primas son las encargadas de llevar el material desde el granero hasta los silos de materia prima, desde los silos de materia prima hasta los silos de mezcla.

Después de la etapa de atomización existe un transportador que lleva el material, elevándolo, hasta el silo de almacenamiento de polvo atomizado. El sistema de transporte atomizado consiste en una cinta que desde la boca inferior de salida del atomizador recoge el polvo atomizado, lo lleva hasta otro elevador y lo distribuye a los silos de atomizado.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Para dimensionar las cintas se tomará el caudal volumétrico de llenado de los silos de almacenaje, mostrado en la Tabla 7.31. En el caso del llenado de los silos de mezcla de los TDT, se tendrá en cuenta el tiempo de llenado de cada silo, el cual ha sido decidido en 1 hora.

Tabla 7.31: Caudal volumétrico de materia prima a transportar.

Cintas de graneros a silos		
	$m^3/día$	m^3/h
Cuarzo	57,63	3,60
Caolín	174,36	10,90
Feld. Na	32,47	2,03
Total		16,53
Cintas de silos almacenaje a silos mezcla		
	m^3/TDT	m^3/h
Cuarzo	2,59	3,45
Caolín	7,82	10,43
Feld. Na	1,46	1,94
Total		15,82
Cintas de atomizado a silos		
	m^3/h	
Atomizado	7,14	

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Debido a que ninguna de las materias primas supera la cantidad máxima soportada se elegirá la cinta más sencilla, que es el modelo TNC 400 del catálogo de SACMI. Las características y dimensiones de la misma se muestran en la Figura 7.19 y en la Tabla 7.32.

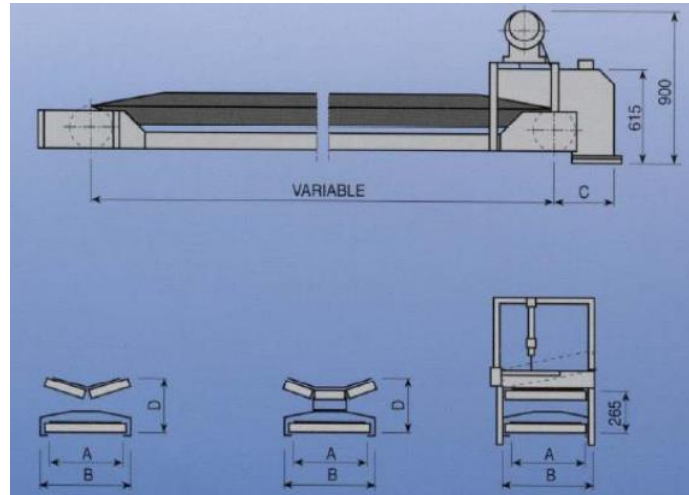


Figura 7.19: Cinta transportadora.

Tabla 7.32: Características cinta transportadora TNC 400.

Dimensiones (mm)	Capacidad máxima (m ³)	20
	A	400
	B	480
	C	400
	D	335

En el caso del transporte a los silos de mezcla, será necesario instalar una cinta extractora pesadora.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Para elevar el polvo de prensas desde la salida del atomizador hasta los silos de almacenaje, se utilizará una cinta elevadora plana, en lugar de un elevador de cangilones, debido a su simplicidad mecánica y facilidad de uso. Se instalará una unidad transportadora elegida del catálogo de SACMI modelo TP 600 cuyas características se detallan a continuación en la Figura 7.20 y en la Tabla 7.33

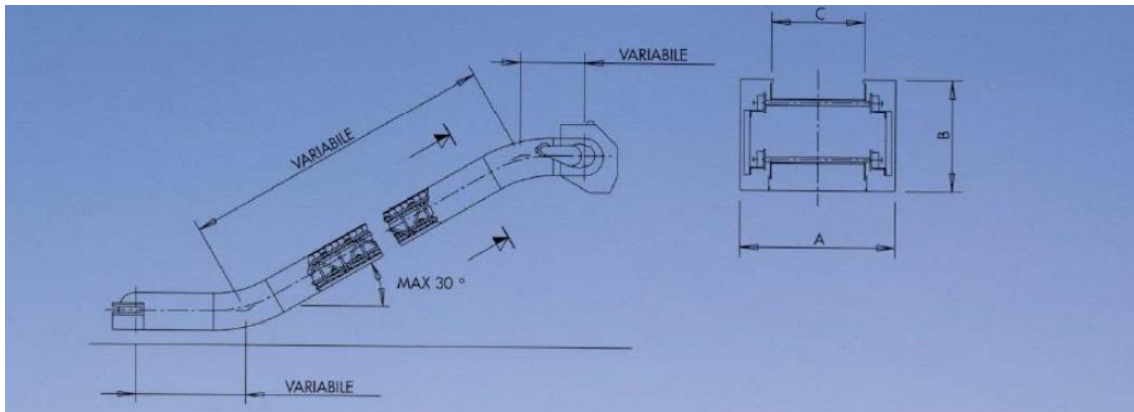


Figura 7.20: Cinta transportadora inclinada.

Tabla 7.33: Dimensiones TP600.

Dimensiones (mm)	A	875
	B	650
	C	600

7.9.2. Tuberías

Las tuberías utilizadas en las distintas conducciones de la suspensión serán de acero inoxidable distribuidas por Tubacero S.A., en la Tabla 7.34 se detallarán los metros para cada tipo diámetro de tubería.

Tabla 7.34: Longitud de tuberías.

Diámetro Nominal (pulgadas)	Diámetro Nominal (m)	Longitud (m)
10	0,254	50
4	0,101	31
8	0,203	80

8. Posible optimización de la planta

8.1. Balsa de agua residual

Con el fin de reutilizar el rechazo que se irá recogiendo de los tamices dispuestos en cada una de sus localizaciones, se construirá una balsa donde junto a agua industrial, utilizada en la limpieza de los rieles de recogida de material, será devuelta a los tanques de desleído.

Esta agua será introducida en los tanques de desleído cuando el operario lo vea oportuno, controlando antes la densidad para así reajustar el caudal de agua y de materia prima a introducir.

8.1.1. Ahorro de material en los tanques de desleído

Se ha estimado que la entrada de agua residual en el turbodesleidor sea de 5 m³. Así, suponiendo que el rechazo obtenido y diluido en agua sea de la misma composición de la suspensión, con los cálculos detallados en el anexo 1: Cálculos, el ahorro en material será el mostrado en la Tabla 8.1.

Tabla 8.1: Ahorro de material en el TDT con la introducción de agua residual.

	<i>Material inicial (kg/16m³)</i>	<i>Material con residuo (kg/16m³)</i>	<i>Ahorro (kg/16m³)</i>
Cuarzo	3164,76	3068,69	96,07
Caolín	8773,66	8507,34	266,32
Feldespató Sódico	1783,31	1729,18	54,13
Defloculante	98,01	95,04	2,98
Agua Residual	-	5000	-
Agua Industrial	10012,11	5431,60	4580,51

Para la realización de estos cálculos se ha supuesto una densidad de 1050 kg/m³, con su consecuente contenido en sólidos de 7,95%.

8.2. Cogeneración

Teniendo la industria cerámica la necesidad de utilizar energía eléctrica y térmica a media temperatura como es el caso del atomizado, el sistema de cogeneración permite una optimización del potencial térmico con el consiguiente ahorro energético.

Las dos ventajas más importantes que obtiene la introducción de un sistema de cogeneración son:

- Ahorro energético
- Independencia de suministro de energía al exterior

El ahorro obtenido será puramente económico, ya que la cogeneración permite satisfacer las necesidades energéticas a un coste menor con respecto a un sistema convencional. El ahorro depende de la diferencia que exista entre el precio de la energía eléctrica directamente adquirida de la red y el precio del combustible.

El sistema de cogeneración a instalar se basa en la aplicación de turbinas de gas con el consiguiente aprovechamiento de los gases calientes que salen de la turbina como aire de secado de la suspensión, permitiendo una optimización de la utilización del potencial térmico con el consiguiente ahorro energético.

En la Figura 8.1, se muestra un esquema de una turbina de gas para cogeneración.

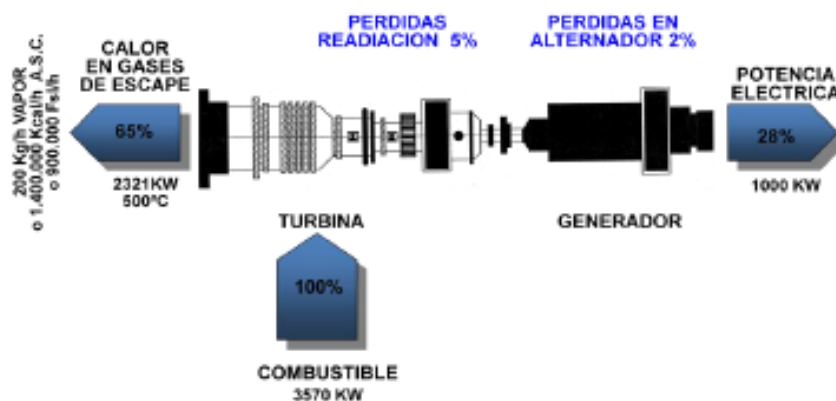


Figura 8.1: Esquema de una turbina de gas para cogeneración.

8.3. Abatidor calentador de suspensión

La introducción de un abatidor calentador de suspensión tiene la doble función de decantar el polvo en suspensión en el aire a la salida del atomizador y calentar la suspensión. Está compuesto por un separador en húmedo tipo Venturi (Figura 8.2) alimentado por suspensión, la cual en contacto con el aire captura las partículas de polvo en suspensión.



Figura 8.2: Separador en húmedo tipo Venturi.

Gracias al elevado rendimiento de decantación es posible eliminar los ciclones y obtener una cantidad de polvo en salida inferior a 30 mg/Nm^3 . El aumento de la temperatura de la suspensión que se descarga del abatidor calentador en la balsa de alimentación del atomizador a $55\text{-}65 \text{ }^\circ\text{C}$ permite reducir el consumo térmico específico del atomizador.

9. Dimensionado de la planta

9.1. Distribución de la planta

La distribución de la planta se puede observar en el Documento 3: Planos.

9.2. Obra civil

En cuanto a la obra civil de la planta, después de consultar diferentes empresas dedicadas a la construcción de grandes naves, se han considerado como principales, los siguientes puntos:

9.2.1. *Techado de los graneros*

Los graneros están compuestos de una pared de hormigón que separa las materias primas unas de otras haciendo a la vez de muro de contención y de un techado que suele ser normalmente de uralita, la función de este techado es preservar las condiciones de humedad de los montones de material antes de su introducción al proceso de producción. Éstos tendrán unas dimensiones de: 78.57x40x20 m.

9.2.2. *Construcción de la nave*

La nave se construirá a base de una estructura de bloques de hormigón, con una solera de hormigón fratasado y pulido y una cubierta de chapa compuesta por placas de uralita normal y translúcida para permitir el paso de luz, donde se instarán ventiladores de recirculación del aire. La nave se divide en dos zonas principales, la zona de preparación de la suspensión y la zona de atomización. Es necesario que la zona de atomización tenga una mayor altura debido a las dimensiones del atomizador instalado, por tanto la nave tendrá 20 m de altura en la zona de preparación de suspensión y 30 metros de altura en la de atomización. Habrá varias puertas de entrada a la nave, una destinada al personal, otra a la entrada y salida de camiones, y una más grande que se utilizará para la entrada de grandes equipos. La puerta de acceso a la empresa tendrá una longitud mínima de 9 metros, ya que es lo que consta en la normativa vigente.

10. Estudio económico

10.1. PEM y PEC

El cálculo del presupuesto de ejecución material y del presupuesto de ejecución por contrata se encuentran detallados en el documento 5: Presupuesto. Por ello, a continuación sólo se mencionará el coste económico que supone cada uno en la Tabla 10.1.

Tabla 10.1: Presupuesto de ejecución de material (PEM) y presupuesto de ejecución por contrata (PEC).

PEM (€)	9.185.843
PEC (€)	18.895.279

El presupuesto de inversión corresponde al PEC, el cual asciende a 18.895.279 €.

10.2. Presupuesto de explotación

El presupuesto de explotación, también llamado gastos totales, detalla los gastos previstos en un año.

10.2.1. Directos

Cuando se habla de gastos directos se hace referencia a los gastos que dependen de la producción, en el caso de este proyecto, de la producción del polvo de prensas. En él se incorpora el consumo eléctrico de los equipos que forman parte de la planta y de las materias primas necesarias para obtener el producto final.

En la Tabla 10.2 se presenta el consumo eléctrico diario y anual previsto de cada uno de las secciones. Se ha estimado en el coste anual que el coste de la energía eléctrica en las industrias es de 0,086 €/kWh y el año laboral como 250 días. En el anexo II: Presupuesto se detallará en más profundidad.

Tabla 10.2: Consumo eléctrico

	<i>Consumo diario(kWh/día)</i>	<i>Consumo Anual (kWh/año)</i>	<i>Coste (€)</i>
Sección 1	8.256	2.064.000	177.504
Sección 2	5.806	1.451.592	124.837
Sección 3	646	161.520	13.891
Sección 4	4.477	1.119.270	96.257
Sección 5	2.448	612.000	52.632
TOTAL	21.633	5.408.382	465.120

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

En la Tabla 10.3 se muestra el coste de la materia prima anualmente.

Tabla 10.3: Coste de materia prima anual.

	<i>Ton/mes</i>	<i>Ton/año</i>	<i>€/ton</i>	<i>Coste (€)</i>
Cuarzo	1128,56	13542,74	240	3.250.256,99
Caolín	3128,71	37544,52	226,1	8.488.815,80
Feldespató Sódico	635,93	7631,19	300	2.289.356,97
Defloculante	34,95	419,48	340	142.601,94
Agua	3558,91	42706,87	1,391	59.414,65
Combustible	549699,54	6596394,50	0,502	3.309.562,19
TOTAL				17.540.008,54

Finalmente en la Tabla 10.4 se muestra el coste total anual en gastos directos.

Tabla 10.4: Gastos Directos.

Consumo Eléctrico (€)	465.120,85
Consumo de materia prima (€)	17.540.008,54
TOTAL (€)	18.005.129,39

10.2.2. Amortizaciones

En la Tabla 10.5 se muestra un resumen de la amortización de las partidas que componen la planta. Se ha decidido que todo aquel equipo que supere los 100.000 € de coste, será amortizado a 10 años, mientras que el que el resto, se amortizará a 5 años. En el anexo 2: Presupuesto se detallará en más profundidad.

Tabla 10.5: Amortizaciones.

	<i>Tiempo</i>	<i>5 años</i>	<i>10 años</i>
Amortización (€)	Sección 1	32.620,00	14.000,00
	Sección 2	29.720,00	15.000,00
	Sección 3	20.360,00	-
	Sección 4	113.000,00	105.000,00
	Sección 5	9.480,00	-
	Total	205.180,00	134.000,00
	Partida 2	665.700,00	649.560,00
	Partida 3	88.909,60	70.160,80
	TOTAL	959.789,60	853.720,80

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

10.2.3. Gastos Indirectos

Los gastos indirectos hacen referencia a aquellos que no dependen de la cantidad de producto producida, como pueden ser los salarios. Los gastos de amortización hallados en el apartado anterior también se incluyen en los gastos indirectos.

Así, los gastos estimados en personal se reflejan en la Tabla 10.6.

Tabla 10.6: Gastos en Personal anual.

	<i>Personal</i>	<i>Salario + SS (€)</i>	<i>Total (€)</i>
Jefe de Planta	1	36.000,00	36.000,00
Operario granero	2	21.600,00	43.200,00
Operario de los TDT	3	21.600,00	64.800,00
Operario Atomizador	3	21.600,00	64.800,00
Mantenimiento	2	21.600,00	43.200,00
TOTAL			252.000,00

En lo referente a costes de mantenimiento de la planta en general, se estima que con una cantidad de 300.000 €/año será suficiente para cubrir estos gastos. Estos gastos engloban:

- Limpieza de laboratorio y planta
- Electricidad, fontanería y mecánica
- Recogida de basuras

10.2.4. Gastos Totales

Con esto, los gastos totales anuales son los mostrados en la Tabla 10.7.

Tabla 10.7: Gastos totales.

Gastos Directos (€)	Consumo Eléctrico	465.120,85
	Consumo Materia Prima	17.540.008,54
Gastos Indirectos (€)	Amortización	959.789,60
	Gasto en Personal	252.000,00
	Mantenimiento de la planta	300.000,00
	Tota (€)	19.515.629

10.3. Beneficio

Para la obtención de los beneficios, en primer lugar debe hallarse el coste de venta y de producción del polvo de prensas. El cálculo del coste de producción, se realiza teniendo en cuenta el presupuesto de explotación y la producción anual de producto.

$$\frac{\text{Gastos Totales (€/año)}}{\text{Producción (kg/año)}} = \text{Precio Producto (€/kg)} \quad \text{Ecuación 10.1}$$

Así, con unos gastos totales de 19.515.629 €/año y una producción de polvo de prensas de 60.000.000 kg/año, se estima un precio del polvo de prensas de 0,325 €/kg.

Con este valor se ha estimado un precio de venta de 0,45 €/kg.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de
porcelana

10.3.1. Beneficio Bruto

Para el cálculo del beneficio bruto se tiene en cuenta la variación del IPC (Índice de Precios al Consumo) anual que se considera que es de un 2,5%. El beneficio bruto se halla restando los ingresos menos los gastos totales. Se calculan los beneficio hasta 15 años, teniendo en cuenta los ingresos y gastos totales previsto, tal y como se muestra en la Tabla 10.8.

Tabla 10.8: Beneficio Bruto.

Año	Inversión (€)	Gastos Totales(€)	Ingresos (€)	Beneficio Bruto (€)
1	- 18.895.279,05	19.515.628,99	27.000.000,00	7.484.371,01
2		20.003.519,72	27.675.000,00	7.671.480,28
3		20.503.607,71	28.366.875,00	7.863.267,29
4		21.016.197,90	29.076.046,88	8.059.848,97
5		21.541.602,85	29.802.948,05	8.261.345,20
6		21.960.135,81	30.548.021,75	8.587.885,94
7		22.509.139,21	31.311.722,29	8.802.583,09
8		23.071.867,69	32.094.515,35	9.022.647,66
9		23.648.664,38	32.896.878,23	9.248.213,85
10		24.239.880,99	33.719.300,19	9.479.419,20
11		23.753.043,21	34.562.282,69	10.809.239,48
12		24.346.869,29	35.426.339,76	11.079.470,47
13		24.955.541,02	36.311.998,25	11.356.457,23
14		25.579.429,55	37.219.798,21	11.640.368,66
15		26.218.915,29	38.150.293,17	11.931.377,88

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de
porcelana

10.3.2. *Beneficio Neto*

El beneficio neto se obtiene restando al beneficio bruto anual obtenido anteriormente un 30% por impuesto de sociedades. Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 10.9.

Tabla 10.9: *Beneficio Neto.*

Año	Beneficio Bruto (€)	Beneficio Neto (€)
1	7.484.371,01	5.239.059,71
2	7.671.480,28	5.370.036,20
3	7.863.267,29	5.504.287,10
4	8.059.848,97	5.641.894,28
5	8.261.345,20	5.782.941,64
6	8.587.885,94	6.011.520,16
7	8.802.583,09	6.161.808,16
8	9.022.647,66	6.315.853,36
9	9.248.213,85	6.473.749,70
10	9.479.419,20	6.635.593,44
11	10.809.239,48	7.566.467,64
12	11.079.470,47	7.755.629,33
13	11.356.457,23	7.949.520,06
14	11.640.368,66	8.148.258,06
15	11.931.377,88	8.351.964,52

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de
porcelana

10.3.3. Flujo de Caja

El flujo de caja hace referencia a los flujos económicos de entrada y salida en un periodo dado en una empresa. Se halla sumando al beneficio neto el coste de las amortizaciones.

En la Tabla 10.10 se muestran los valores del flujo de caja para un horizonte de 15 años.

Tabla 10.10: Flujo de Caja.

Año	Beneficio Neto (€)	Amortizaciones (€)	Flujo de Caja (€)
1	5.239.059,71	959.789,60	6.198.849,31
2	5.370.036,20	959.789,60	6.329.825,80
3	5.504.287,10	959.789,60	6.464.076,70
4	5.641.894,28	959.789,60	6.601.683,88
5	5.782.941,64	959.789,60	6.742.731,24
6	6.011.520,16	853.720,80	6.865.240,96
7	6.161.808,16	853.720,80	7.015.528,96
8	6.315.853,36	853.720,80	7.169.574,16
9	6.473.749,70	853.720,80	7.327.470,50
10	6.635.593,44	853.720,80	7.489.314,24
11	7.566.467,64		7.566.467,64
12	7.755.629,33		7.755.629,33
13	7.949.520,06		7.949.520,06
14	8.148.258,06		8.148.258,06
15	8.351.964,52		8.351.964,52

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

10.3.4. Valor Actual Neto

El valor actual neto (VAN) es un indicador de la rentabilidad de un proyecto.

Pueden darse tres casos:

- $VAN < 0$: indica que un proyecto no es rentable en un determinado periodo de tiempo.
- $VAN = 0$: el proyecto no genera ni pérdidas ni ganancias.
- $VAN > 0$: el proyecto es rentable, las ganancias superan a los costes.

Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^{n=15} \frac{FCa_n}{(1 + i_r)^n} \quad \text{Ecuación 10.2}$$

Siendo: I_0 : Inversión inicial
 n : periodo de tiempo (años)
 FCa_n : Flujo de Caja de un determinado año
 i_r : tipo de interés nominal (se considera un valor de 1,30%)

En la Tabla 10.11 se exponen los valores obtenidos para un periodo de 15 años.

Tabla 10.11: VAN.

Año	Flujo de Caja (€)	VAN (€)
1	6.198.849,31	-12.784.426,03
2	6.329.825,80	-6.633.035,82
3	6.464.076,70	-440.353,82
4	6.601.683,88	5.794.377,79
5	6.742.731,24	12.071.920,07
6	6.865.240,96	18.372.787,49
7	7.015.528,96	24.720.185,59
8	7.169.574,16	31.114.874,73
9	7.327.470,50	37.557.619,31
10	7.489.314,24	44.049.187,86
11	7.566.467,64	50.514.530,31
12	7.755.629,33	57.047.432,53
13	7.949.520,06	63.648.600,48
14	8.148.258,06	70.318.747,52
15	8.351.964,52	77.058.594,43

Analizando los resultados podemos decir que la planta es rentable en un periodo de 15 años.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

10.3.5. Tasa Interna de Rentabilidad

La Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) ofrece la tasa de rentabilidad de un proyecto con un determinado valor de inversión.

Se halla con la siguiente ecuación:

$$0 = -I_0 + \sum_{n=1}^{n=15} \frac{FCa_n}{(1 + TIR)^n} \quad \text{Ecuación 10.3}$$

Siendo: I_0 : Inversión inicial
 n : periodo de tiempo (años)
 FCa_n : Flujo de Caja de un determinado año

De esta manera se obtiene un valor de TIR del 26%, superando al interés nominal (4%), por lo que se refuerza la idea de que el proyecto es viable económicamente.

10.3.6. Periodo de Retorno

El periodo de retorno (PR) es un parámetro que indica aproximadamente el tiempo que se tarda en recuperar la inversión inicial de un proyecto. Se halla mediante la siguiente ecuación:

$$PR = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Beneficio neto anual promedio}} \quad \text{Ecuación 10.4}$$

Teniendo en cuenta los parámetros necesarios para hallar el PR, se obtienen unos valores mostrados en la Tabla 10.12.

Tabla 10.12: Periodo de Retorno.

Inversión Inicial (€)	18.895.279,05
Beneficio Neto Promedio (€)	6.593.905,56
Periodo de Retorno (años)	2,865

El periodo de retorno será de 2 años y 316 días.

Documento 2: Anexos

Índice General

Anexo 1: Cálculos

Anexo 2: Presupuesto

Anexo 3: Gráficos

Anexo 4: Catálogos

Anexo I: Cálculos

Índice

1.	Metodología de cálculo	1
2.	Caracterización del producto y subproductos	2
2.1.	Naturaleza química y mineralógica del material	2
2.2.	Estudio Reológico	4
2.3.	Ensayo de Compactación	6
3.	Diseño de equipos	9
3.1.	Balance de materia al atomizador	9
3.2.	Balance de energía al atomizador	11
3.2.1.	Cálculo de las entradas	12
3.2.2.	Cálculo de las salidas	13
3.2.3.	Cálculo del caudal másico de aire introducido	15
3.3.	Cálculo del caudal de combustible	15
3.4.	Cálculos para el diseño de los TDT	17
3.4.1.	Cálculo de número de TDT	18
3.5.	Cálculo de la superficie de los graneros	18
3.6.	Cálculo de capacidad de las balsas de almacenamiento	21
3.6.1.	Balsas de almacenamiento de suspensión	21
3.6.2.	Balsa de almacenamiento de defloculante	21
3.7.	Balance de energía mecánico para bombas	22
3.7.1.	Impulsión de suspensión de balsa a atomizador	24
3.7.2.	Impulsión de suspensión de balsa a los tamices	28
3.7.3.	Impulsión de defloculante a los tanques de desleído	31

1. Metodología de cálculo

Para la obtención de los datos necesarios para el estudio técnico del diseño de una planta de preparación de polvo de prensas se han seguido la siguiente metodología.

- Obtención de los parámetros característicos del producto y subproductos.
- Cálculo del balance de materia al atomizador para una producción de 10 toneladas de polvo de prensas por hora.
- Cálculo de los balances de energía al atomizador para la obtención del rendimiento energético de la operación de secado.
- Selección de la mejor opción.
- Se ha estimado que un mes son 20 días.

Y finalmente:

- Diseño de la instalación.
- Presupuesto de ejecución de la solución seleccionada.

En los siguientes apartados se mostrará cómo se han realizado los cálculos para llegar a los valores necesarios para la estimación de las soluciones propuestas.

2. Caracterización del producto y subproductos

En este apartado se desarrollarán los cálculos mostrados en el apartado 6 del documento 1: memoria.

2.1. Naturaleza química y mineralógica del material

A partir de la Tabla 2.1 y de la Figura 2.1 ya mostradas en el documento 1: Memoria, se desarrollaron los cálculos para la obtención de la materia prima siguiendo la siguiente metodología.

Tabla 2.1: Composición en óxidos.

Óxidos	% en peso
SiO ₂	62,1
Al ₂ O ₃	25,8
Fe ₂ O ₃	0,43
CaO	0,18
MgO	0,08
Na ₂ O	1,38
K ₂ O	0,6
TiO ₂	0,16
MnO	< 0.01
P ₂ O ₅	0,09
PPC	9

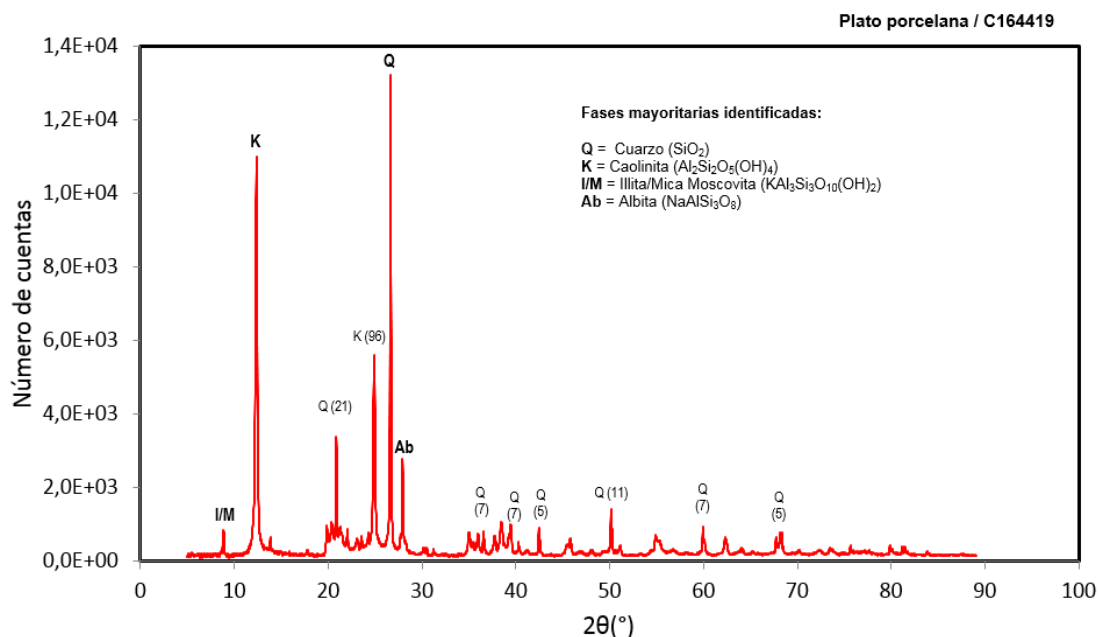


Figura 2.1: Difracción de Rayos X.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

A partir de la Figura 2.1, se observa que las fases mayoritarias presentes en el producto son el cuarzo, la caolinita, la illita y la albita. Así, se definieron como materias primas el cuarzo, caolín y el feldespato sódico.

Las composiciones de materias primas comerciales de estos 3 tipos son las mostradas en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2: Composición de materias primas comerciales.

	Caolín	Cuarzo	Feldespato Sódico
% SiO ₂	48	99,2	69,3
% Al ₂ O ₃	36,9	0,48	18,5
% Fe ₂ O ₃	0,7	0,05	0,05
% CaO	0,1	0,03	0,63
% MgO	0,2	0,01	0,03
% Na ₂ O	0,1	0	10,7
% K ₂ O	1,7	0,05	0,16
% TiO ₂	0,2	0,02	0,19
% MnO	0	0	0
% P ₂ O ₅	0	0	0,22
% PPC	12,5	0,26	0,27

Con estos datos, en primer lugar se ha obtenido, en este orden, la proporción de feldespato sódico, caolín y cuarzo, mediante las siguientes ecuaciones:

$$x_{Feld Na} = \frac{x_{Na_2O \text{ atomizado}}}{x_{Na_2O \text{ Feld Na}}} \quad \text{Ecuación 2.1}$$

$$x_{Caolin} = \frac{x_{Al_2O_3 \text{ atomizado}} - x_{Feld Na} \cdot x_{Al_2O_3 \text{ Feld Na}}}{x_{Al_2O_3 \text{ caolín}}} \quad \text{Ecuación 2.2}$$

$$x_{Cuarzo} = \frac{x_{SiO_2 \text{ atomizado}} - x_{Feld Na} \cdot x_{SiO_2 \text{ Feld Na}} - x_{Caolín} \cdot x_{SiO_2 \text{ Caolín}}}{x_{SiO_2 \text{ Cuarzo}}} \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Siendo: $X_{\text{Feld Na}}$, X_{Cuarzo} , $X_{\text{Caolín}}$: Fracción másica de Feldespato Sódico, Cuarzo y caolín en el polvo de prensas, respectivamente

$X_{\text{Na}_2\text{O}}$, $X_{\text{Al}_2\text{O}_3}$, X_{SiO_2} : Fracción másica de óxido de sodio, alúmina y sílice en los compuestos.

Al resolver las Ecuación 2.1, Ecuación 2.2 y Ecuación 2.3, se obtienen, las fracciones másicas de cada compuesto que se detallan en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3: Proporciones de materias primas para la preparación de polvo de prensas.

<i>Materia Prima</i>	<i>Fracción Másica</i>
<i>Cuarzo</i>	0,231
<i>Caolín</i>	0,639
<i>Feldespato Sódico</i>	0,130

2.2. Estudio Reológico

Los resultados mostrados en el punto 6.2.2. del documento 1: Memoria fueron obtenidos después de realizar el ensayo descrito en el punto 2.4.2. del mismo documento, cuyos datos se muestran en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4: Ensayo de viscosidad.

<i>Suspensión</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Masa de polvo con defloculante (g)</i>	200	200	200	200	200
<i>%Humedad</i>	0,0059	0,0059	0,0059	0,0059	0,0059
<i>masa suspensión + vaso (g)</i>	304,79	363,26	350,63	363,31	348,42
<i>masa sólido + vaso (g)</i>	269,28	310,98	287,3	298,17	299,16
<i>Contenido en sólidos (%)</i>	55,82	57,73	49,85	53,12	54,73
<i>masa vaso (g)</i>	224,41	239,59	224,35	224,37	239,61
<i>viscosidad gallenkamp (cP)</i>	1500	2575	385	950	1110
<i>tixotropía 6 minutos (cP)</i>	2125	3725	537,5	1300	1500
<i>viscosidad gallenkamp (Pa·s)</i>	1,5	2,575	0,385	0,95	1,11
<i>tixotropía (6 minutos) (Pa·s)</i>	2,125	3,725	0,5375	1,3	1,5

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Con los datos mostrados en la tabla anterior se realizó la gráfica mostrada en la que relaciona el contenido en sólidos con la viscosidad.

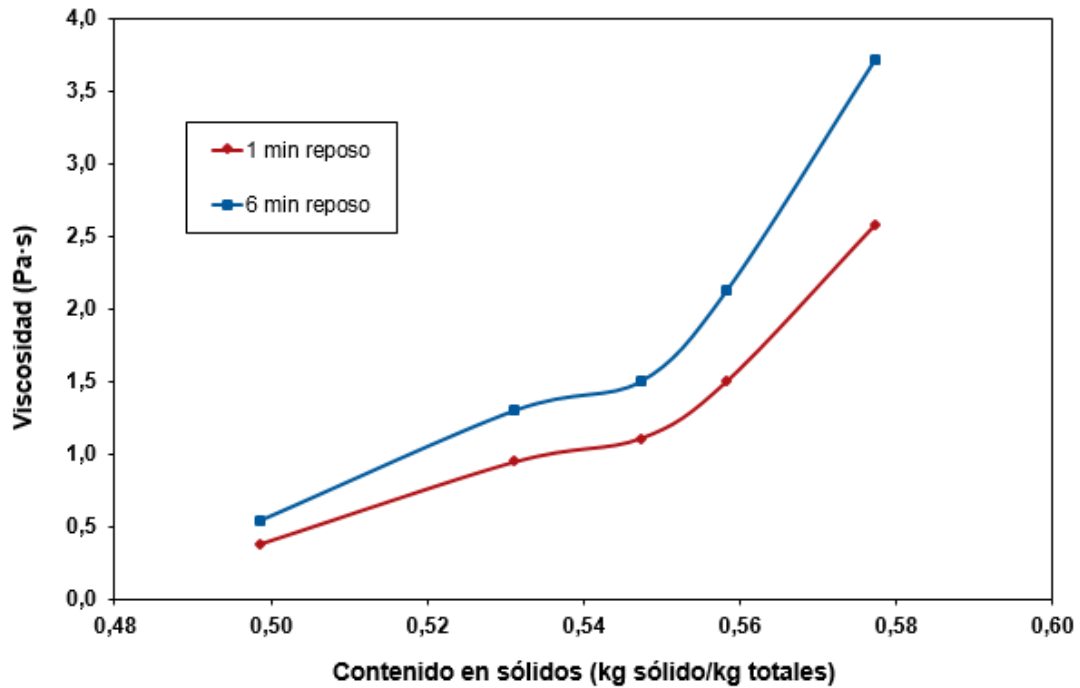


Figura 2.2: Viscosidad (Pa·s) frente a Contenido en sólido (kg sólido/kg totales)

Se comprueba que con pequeñas variaciones del contenido en sólido aumenta mucho la viscosidad, en el intervalo de trabajo alrededor del 55% en sólidos.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Con el contenido en sólido, a partir de la densidad de las materias primas con su composición mostrada en la Tabla 2.3 y la ecuación que relaciona la densidad de una suspensión con los materiales que la componen, se puede obtener la densidad de la suspensión.

$$\rho_{suspension} = \frac{1}{\frac{x_s}{\rho_{sol}} + \frac{1-x_s}{\rho_{H_2O}}} \quad \text{Ecuación 2.4}$$

Siendo: $\rho_{suspension}$: densidad de la suspensión (kg/m³)

x_s : fracción másica del sólido (kg sólido/kg totales)

ρ_{sol} : densidad del sólido (kg/m³)

ρ_{H_2O} : densidad del agua (kg/m³)

$$\frac{x_s}{\rho_{sol}} = x_s \cdot \left(\frac{x_{caolin}}{\rho_{caolin}} + \frac{x_{Feld Na}}{\rho_{Feld Na}} + \frac{x_{cuarzo}}{\rho_{cuarzo}} \right) \quad \text{Ecuación 2.5}$$

Siendo: ρ_{sol} : densidad del sólido (kg/m³)

x_s : fracción másica (kg sólido/kg totales)

x_{caolin} , $x_{Feld Na}$, x_{cuarzo} : fracción másica de caolín, feldespato sódico y cuarzo (kg sólido/kg totales)

ρ_{caolin} , $\rho_{Feld Na}$, ρ_{cuarzo} : densidad de caolín, feldespato sódico y cuarzo (kg/m³)

2.3. Ensayo de Compactación

Los resultados mostrados en el punto 6.3.1. del documento 1: Memoria fueron obtenidos después de realizar el ensayo descrito en el punto 2.5.1. del mismo documento, cuyos datos se muestran en la Tabla 2.5.

Siendo la humedad real (%) y la densidad aparente obtenidas a partir de la Ecuación 2.6 y Ecuación 2.7.

$$\% \text{ Humedad} = \left(\frac{m_{humeda} - m_{seca}}{m_{seca}} \right) \cdot 100 \quad \text{Ecuación 2.6}$$

$$\rho_{apar} = \frac{m_{seca}}{\text{empuje}} * \rho_{Hg} \quad \text{Ecuación 2.7}$$

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Tabla 2.5: Ensayo de compacidad.

Muestra	Presión (MPa)	masa _{humeda} (g)	masa _{seca} (g)	%Humedad	Empuje (g)	Densidad (kg/m ³)	Densidad media (kg/m ³)	Error
1	9,807	14,97	14,57	2,75	124,9	1579,486	1578,133	± 1,9212
		15,73	15,3	2,81	131,2	1578,979		
		15,94	15,48	2,97	133,0	1575,934		
	24,517	14,50	14,06	3,13	110,1	1729,086	1728,058	± 1,0288
		15,88	15,43	2,92	120,9	1728,058		
		15,06	14,63	2,94	114,7	1727,029		
	44,13	15,09	14,66	2,93	108,8	1824,415	1822,505	± 1,6860
		15,73	15,28	2,95	113,6	1821,225		
		15,86	15,42	2,85	114,6	1821,874		
	58,84	15,75	15,31	2,87	110,7	1872,605	1872,214	± 0,5684
		15,68	15,26	2,75	110,4	1871,562		
		15,51	15,06	2,99	108,9	1872,474		
2	100	14,79	14,52	1,86	125,6	1565,293	1565,444	± 1,6342
		15,74	15,44	1,94	133,4	1567,148		
		15,49	15,2	1,91	131,6	1563,891		
	250	15,62	15,33	1,89	121,1	1714,023	1711,253	± 2,5634
		14,09	13,81	2,03	109,3	1710,772		
		15,62	15,31	2,02	121,3	1708,965		
	450	15,81	15,52	1,87	116,2	1808,441	1808,902	± 3,4263
		15,48	15,19	1,91	113,9	1805,730		
		15,41	15,1	2,05	112,8	1812,535		
	600	13,89	13,63	1,91	99,7	1851,055	1854,418	± 4,2179
		14,39	14,11	1,98	103,1	1853,049		
		15,53	15,2	2,17	110,7	1859,151		

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

3	100	15,17	14,6	3,90	122,5	1613,747	1611,244	± 3,2188
		15,36	14,79	3,85	124,2	1612,372		
		15,89	15,34	3,59	129,2	1607,613		
	250	15,08	14,53	3,79	113	1741,028	1739,142	± 1,8579
		15,97	15,4	3,70	119,9	1739,083		
		15,98	15,41	3,70	120,1	1737,314		
	450	14,86	14,33	3,70	105,3	1842,623	1843,262	± 1,0338
		15,69	15,12	3,77	111,1	1842,707		
		15,43	14,93	3,35	109,6	1844,454		
	600	15,42	14,87	3,70	106,8	1885,204	1884,549	± 2,4362
		15,03	14,51	3,58	104,4	1881,852		
		14,78	14,24	3,79	102,2	1886,591		

3. Diseño de equipos

En este apartado se desarrollarán los cálculos mostrados en el apartado 7 del documento 1: memoria.

3.1. Balance de materia al atomizador

Para el cálculo de los balances de materia al atomizador, partimos de la información obtenida en los ensayos, es decir, tal y como se comenta en el apartado 6.4 del documento 1: memoria, los cuales son mostrados en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1: Características de la suspensión y polvo de prensas.

<i>Contenido en sólidos (%)</i>	55
<i>Viscosidad (Pa·s)</i>	1,5
<i>Densidad (kg/m³)</i>	1489,49
<i>Rechazo a 63 μm (%)</i>	7
<i>Humedad en base seca (%)</i>	3

En la Figura 3.1 se muestra un esquema de las entradas y salidas de materia en el atomizador.

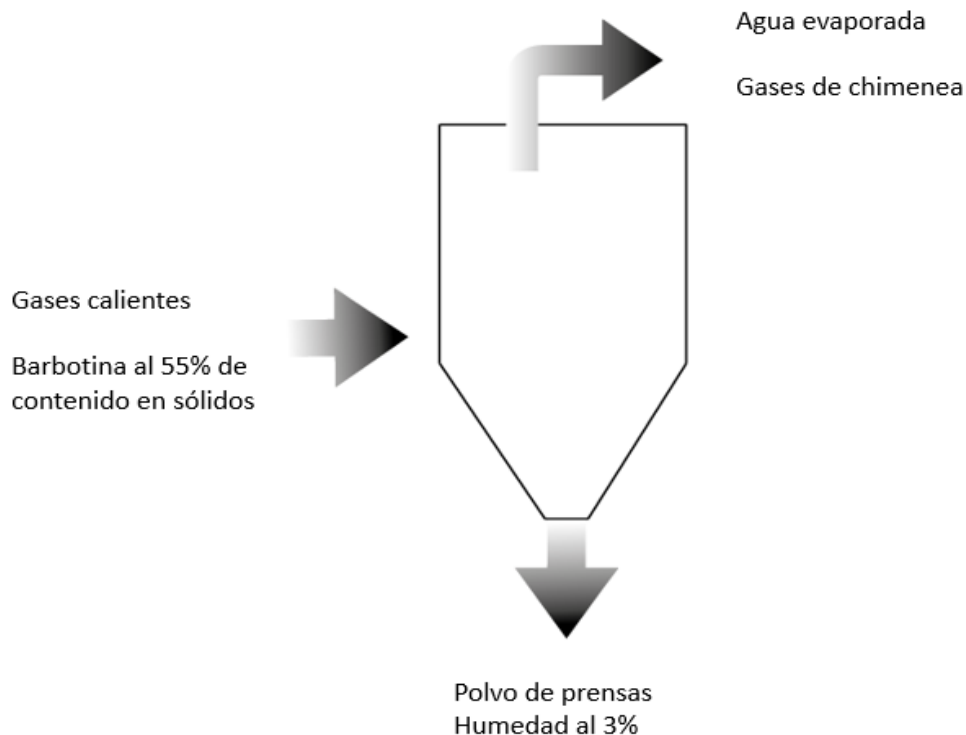


Figura 3.1: Esquema del balance de materia al atomizador.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Realizando diversos balances de materia, uno global, uno de sólidos y otro de agua se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$m_{suspension} = m_{polvo} + m_{H_2O \text{ evaporada}} \quad \text{Ecuación 3.1}$$

$$m_{suspension} \cdot x_s \text{ suspensión} = m_{polvo} \cdot x_s \text{ polvo} \quad \text{Ecuación 3.2}$$

$$m_{suspension} \cdot H_{suspension} = m_{polvo} \cdot H_{suspension} + m_{H_2O \text{ evaporada}} \quad \text{Ecuación 3.3}$$

Con estas ecuaciones, para un caudal másico de 10 toneladas/hora de polvo de prensas se obtienen los siguientes datos, mostrados en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2: Resultados Balance de materia.

<i>Condiciones Producción</i>	
<i>Producción (ton/día)</i>	240
<i>Producción (ton/hora)</i>	10
<i>Producción (ton/año)</i>	60000
<i>Condiciones Atomizado</i>	
<i>% Humedad</i>	3
<i>masa atomizado seco (ton ms/h)</i>	9,709
<i>masa agua atomizado (ton/h)</i>	0,291
<i>Condiciones Suspensión</i>	
<i>Contenido en sólidos (%)</i>	55,00
<i>Densidad agua (kg/m³)</i>	1000
<i>Masa Suspensión (ton/h)</i>	17,652
<i>Masa agua (ton/h)</i>	7,943
<i>Condiciones Atomizador</i>	
<i>Agua Evaporada (ton/h)</i>	7,652
<i>Volumen Agua evaporada(l/h)</i>	7652,25

3.2. Balance de energía al atomizador

Para determinar el flujo de energía asociado a los gases calientes se realiza un balance de energía al mismo, en la Figura 3.2 se muestra un esquema de los componentes utilizados en el balance de energía.

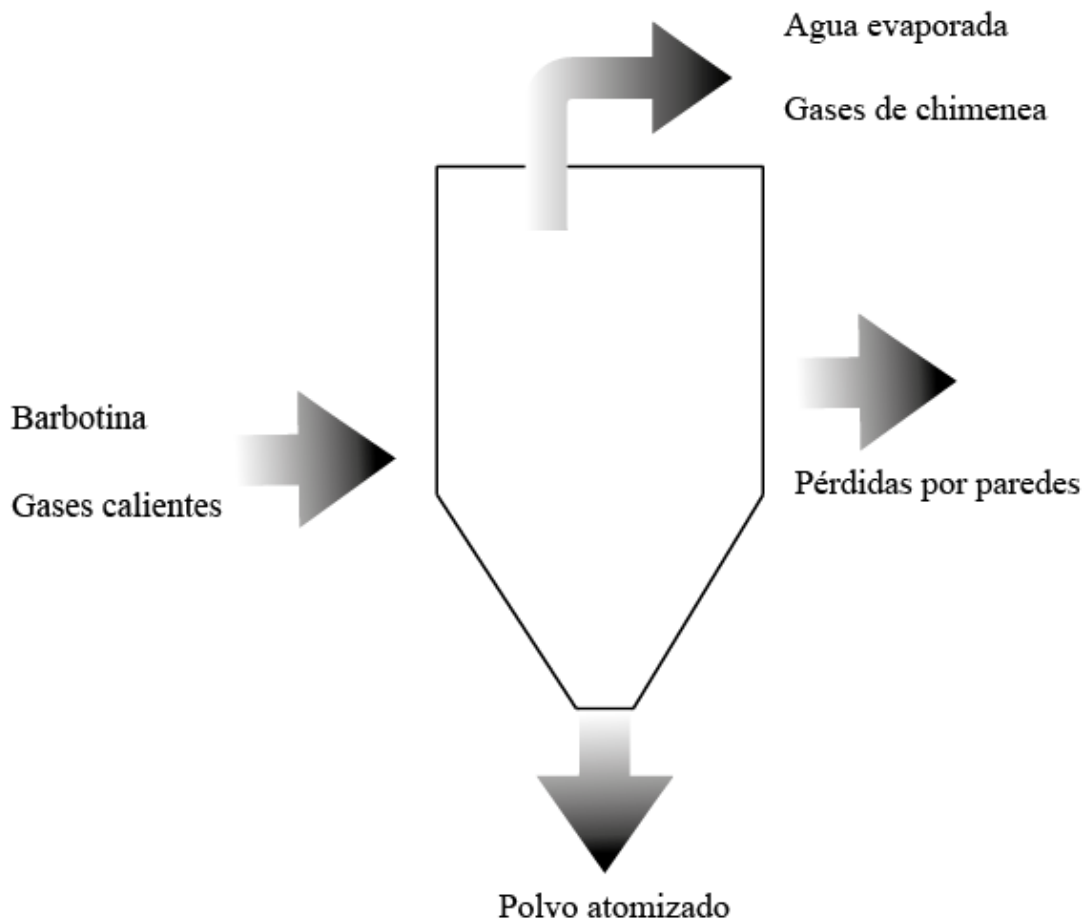


Figura 3.2: Esquema de balance de energía al atomizador.

A la vista del esquema mostrado, podemos concluir que las entradas energéticas al atomizador se deben a los gases calientes y a la suspensión introducida.

En cuanto a las salidas, se considerarán pérdidas la energía asociada a los gases de que saldrán por la chimenea, a la pérdida energética por conducción y radiación a través de las paredes del atomizador, a la energía asociada al polvo seco y a otro tipo de pérdidas, ya que se desea conocer qué proporción de energía debe ser aportada para evaporar el agua.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Para realizar los balances, se calcularán por separado las entradas y las salidas, por lo que se irá mostrando cada término del balance de manera secuencial. En la Tabla 3.3 se muestran los valores termodinámicos empleados para la realización del balance. Los caudales a utilizar han sido los mostrados anteriormente en la Tabla 3.2.

Tabla 3.3: Condiciones termodinámicas.

<i>Condiciones termodinámicas del agua</i>	
<i>Calor latente agua (kJ/kg)</i>	2257
<i>Calor específico (líq) (kJ/kg)</i>	4,186
<i>Calor latente (vap) (kJ/kg)</i>	2,257
<i>Calor específico (vap) (kJ/kg)</i>	2,09
<i>Condiciones Producto</i>	
<i>Temperatura entrada de suspensión (°C)</i>	25
<i>Temperatura salida atomizado (°C)</i>	40
<i>Calor específico de los sólidos (kJ/kg)</i>	0,752
<i>Condiciones del aire seco</i>	
<i>temperatura ambiente (°C)</i>	25
<i>temperatura entrada (°C)</i>	450
<i>temperatura salida (°C)</i>	108,6
<i>calor específico (kJ/kg)</i>	1,01

3.2.1. Cálculo de las entradas

El flujo de energía asociada a la suspensión a la entrada al atomizador puede calcularse mediante la siguiente ecuación, en la que el primer término es la contribución de los sólidos y el segundo es la contribución del agua.

$$\Delta H_{susp} = (m_{susp} \cdot C_{p_s} \cdot x_s) \cdot (T_b - T_0) + (m_{susp} \cdot C_{p_w} \cdot (1 - x_s)) \cdot (T_b - T_0) \quad \text{Ecuación 3.4}$$

Donde: ΔH_{susp} : Caudal de energía asociada a la suspensión, W

m_b : caudal másico de la suspensión, kg/s

C_{p_s} : Capacidad calorífica de los sólidos, J/kg·K

C_s : Fracción másica de sólido (Kg sólido/kg totales)

T_b : Temperatura de la suspensión, K

T_0 : Temperatura de referencia, K

C_{p_w} : Capacidad calorífica del agua, J/kg·K

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Sabidos todos los datos, se obtiene:

$$\Delta H_{\text{susp}} = 281,6 \text{ KW}$$

El flujo de energía asociado a los gases calientes que se introducen en el atomizador, puede calcularse mediante la ecuación:

$$\Delta H_a = m_a \cdot C p_a \cdot (T_a - T_0) \quad \text{Ecuación 3.5}$$

Siendo: ΔH_a : flujo de energía asociada al aire, W

m_a : caudal másico del aire, kg/s

$C p_a$: Capacidad calorífica del aire, J/kg·K

T_a : Temperatura del aire, K

T_0 : Temperatura de referencia, K

3.2.2. Cálculo de las salidas

La energía aprovechada en la operación de secado, es decir, la energía necesaria para la evaporación del agua de la suspensión, se calculará mediante la ecuación siguiente:

$$\Delta H_{\text{sec}} = m_w \cdot C p_w \cdot (T_{\text{evap}} - T_0)_w + L_v \cdot m_v + m_v \cdot C p_v \cdot (T_s - T_{\text{evap}})_v \quad \text{Ecuación 3.6}$$

Siendo: ΔH_{sec} : energía asociada al secado, W

$m_{w/v}$: caudal másico del agua/vapor, kg/s

$C p_{w/v}$: Capacidad calorífica del agua/vapor, J/kg·K

T_s : Temperatura de salida, K

T_0 : Temperatura de entrada, K

El primer término es el perteneciente en el flujo de energía necesaria para calentar el agua de la suspensión hasta la temperatura de ebullición, el segundo término al caudal de energía necesaria para el cambio de estado y por último el tercer término corresponde al flujo energía utilizada en calentar el vapor de agua que ya ha evaporado.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Con los datos de la Tabla 3.3 y Tabla 3.2 se resolverá el balance de energía anterior, obteniéndose:

$$\Delta H_{\text{evap}} = 5528,5 \text{ kW}$$

Por otro lado, el flujo de energía asociada al polvo de prensas va definida por la siguiente ecuación, en la que el primer término es la energía en el sólido y el segundo en el agua.

$$\Delta H_{\text{at}} = m_s \cdot C p_s \cdot (T_{\text{at}} - T_0) + m_w \cdot C p_w \cdot (T_{\text{at}} - T_0) \quad \text{Ecuación 3.7}$$

Siendo: ΔH_{at} : energía asociada al polvo atomizado, W

m_s : caudal másico del sólido, kg/s

$C p_s$: Capacidad calorífica de los sólidos, J/kg·K

T_{at} : Temperatura del polvo atomizado, K

T_0 : Temperatura de referencia, K

$C p_w$: Capacidad calorífica del agua, J/kg·K

m_w : caudal másico del agua, kg/s

Con los datos de la Tabla 3.3 y Tabla 3.2 se resolverá el balance de energía anterior, obteniéndose:

$$\Delta H_{\text{at}} = 340,8 \text{ kW}$$

Por último, según datos bibliográficos, el atomizador tiene un rendimiento del 65%, así que las pérdidas, en las cuales se incluye el calor perdido con los gases de la chimenea y el calor que pierde el atomizador por las paredes, se obtendrán siguiendo la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta H_{\text{perd}} + \Delta H_{\text{at}} - \Delta H_{\text{barb}}}{\Delta H_{\text{sec}}} = \frac{0,35}{0,65} \quad \text{Ecuación 3.8}$$

Resolviendo la ecuación con los resultados obtenidos anteriormente se obtiene:

$$\Delta H_{\text{per}} = 2917,7 \text{ kW}$$

Resuelto el balance de energía al atomizador, se obtendrá el flujo de energía que introduce con los gases calientes. En la Tabla 3.4 se muestran los resultados energéticos obtenidos.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Tabla 3.4: Resultados Balance de energía.

Energía suspensión (kW)	281,6
Energía aire (kW)	8505,4
Energía evaporación (kW)	5528,5
Energía atomizado (kW)	340,8
Energía pérdidas (kW)	2917,7

3.2.3. Cálculo del caudal másico de aire introducido

Para la obtención del caudal másico de aire serán necesarios los datos mostrados en la Tabla 3.4 y Tabla 3.3, con el fin de resolver la Ecuación 3.9. Despejando el término del caudal de aire, se obtiene:

$$\frac{\Delta H_a}{Cp_a \cdot (T_a - T_0)} = m_a \quad \text{Ecuación 3.9}$$

Resolviendo:

$$m_a = 67369 \text{ kg/h}$$

3.3. Cálculo del caudal de combustible

Para el cálculo del caudal de combustible necesario, debe determinarse el caudal de energía que debe aportar al aire, para calentarse hasta la temperatura de entrada al atomizador. Para ello se plantea la siguiente ecuación:

$$\Delta H_a = m_a \cdot Cp_a \cdot (T_{ent} - T_{amb}) \quad \text{Ecuación 3.10}$$

Siendo: ΔH_a : flujo de energía asociada al aire, W

m_a : caudal másico del aire, kg/s

Cp_a : Capacidad calorífica del aire, J/kg·K

T_{ent} : Temperatura del aire a la entrada del atomizador, K

T_{amb} : Temperatura ambiente, K

Sustituyendo los datos de la Tabla 3.3, se obtiene un flujo de energía que debe aportar el combustible 8032,8 KW.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

A partir de ese dato, se puede obtener el caudal de combustible con la siguiente ecuación:

$$E_{comb} = Q_{comb} \cdot PCI_{comb} \quad \text{Ecuación 3.11}$$

Siendo: E_{comb} = Flujo de energía aportada por el combustible, KW

Q_{comb} = Caudal volumétrico de combustible, Nm³/s

PCI_{comb} = Poder Calorífico Inferior del combustible, KJ/Nm³

Para el cálculo del PCI se ha utilizado la siguiente ecuación:

$$PCI_{comb} = \sum PCI_{comp} \cdot x_{comp} \quad \text{Ecuación 3.12}$$

Siendo: PCI_{comb} : Poder Calorífico Inferior del combustible, KJ/Nm³

PCI_{comp} : Poder Calorífico Inferior del componente, KJ/Nm³

x_{comp} : fracción volumétrica del componente

Como combustible, se ha elegido un gas natural comercial, siendo su proporción y el PCI de cada uno de sus componentes los mostrados en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5: Composición y PCI de un gas natural comercial.

Composición	Fracción Volumétrica (%)	PCI (MJ/Nm ³)
Metano	90	35,8
Etano	7,5	63,7
Propano	1,5	91,2
Butano	0,4	118,6
otros		0
Nitrógeno	0,6	0
CO ₂		0

Con la Ecuación 3.12, se obtiene un PCI de 38848 KJ/Nm³.

Despejando la Ecuación 3.11, se obtiene un caudal de combustible necesario para calentar el aire a la temperatura que deseamos de 744 Nm³/h.

Teniendo en cuenta que la combustión es un proceso con un rendimiento estimado del 65%, se obtiene que el caudal de gas natural será de 1145 Nm³/h.

3.4. Cálculos para el diseño de los TDT

Según las características técnicas del TDT elegido, el volumen útil de cada uno será de 16 m³. Llenándose el TDT completamente, con la proporción de materia prima en la suspensión se obtendrá la cantidad de cada materia prima para su preparación.

Del valor de la densidad de la suspensión, ρ , de los datos de la Tabla 3.1 y de la capacidad del TDT se obtendrá la masa de materia prima mediante la Ecuación 3.13.

$$m(kg) = V(m^3) \cdot \rho (kg/m^3) \quad \text{Ecuación 3.13}$$

Obteniendo así una masa de 23.832 kg.

Posteriormente se realizan los cálculos de las proporciones, teniendo en cuenta la humedad de la materia prima y los valores de la Tabla 2.3. Para ello, se realizarán los siguientes cálculos.

$$M_{mp} = x_{mp} \cdot m_{susp} \cdot x_s \cdot (1 + H_{mp}) \quad \text{Ecuación 3.14}$$

Siendo: M_{mp} : Masa de materia prima a introducir, kg

x_{mp} : Fracción másica de cada material, kg de cada materia prima/kg sólido

m_{susp} : Masa de la suspensión en el tanque, kg

x_s : fracción másica de sólido, kg sólido/kg total

H_{mp} : Humedad de la materia prima, kg agua/kg de materia prima

El defloculante a introducir en seco será el 0.03% del sumatorio de la masa de materia prima en seco.

$$M_{desf} = 0.3 \cdot \sum (x_{mp} \cdot m_{susp} \cdot x_s) \quad \text{Ecuación 3.15}$$

Obtenido este valor, para el cálculo del defloculante diluido a introducir en el tanque de desleído, se necesitará del contenido en sólidos del mismo, el cual es de un 40%.

Así pues, la ecuación a utilizar será:

$$M_{desfl \text{ diluido}} = \frac{M_{desf}}{x_s \text{ desfl}} \quad \text{Ecuación 3.16}$$

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

La masa de agua a introducir en el tanque de desleído, será:

$$M_w = M_{susp} \cdot (1 - x_s) \quad \text{Ecuación 3.17}$$

Se realiza un ajuste ya que el defloculante es materia añadida, y teniendo en cuenta la humedad de la materia prima se obtendrá la materia prima a introducir en el tanque de desleído. La cual se muestra en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6: Materia prima a introducir en el TDT.

Materia Prima	Cantidad (kg)
Cuarzo	3164,76
Caolín	8773,66
Feldespato Sódico	1783,31
Defloculante	98,01
Agua	10012,11

3.4.1. Cálculo de número de TDT

Para obtener el número de TDT necesario, en primer lugar se obtendrán la cantidad de producciones al día por cada uno de ellos. Con los tiempos de descarga, limpieza y carga y el tiempo de trabajo. Así, se obtienen al día 4,8 producciones por cada TDT. Con este valor se obtendrá el número teórico de TDT necesarios para ser capaces de obtener la suspensión para el suministro de las balsas de suspensión.

$$n^{\circ} \text{ de TDT} = \frac{V_{susp} (m^3/día)}{V_{prod} (m^3/producción) \cdot 4,8 \frac{producción}{TDT \cdot día}} \quad \text{Ecuación 3.18}$$

Redondeando al número mayor, se obtienen 4 TDT para poder mantener la producción.

3.5. Cálculo de la superficie de los graneros

Tomando el mes como 20 días, se decidió que el granero debería poder almacenar materia prima para no parar la producción durante 2 meses.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Así, el primer cálculo que se realiza es para conocer la materia prima necesaria para 1 mes de producción mediante las ecuaciones 3.19 y 3.20.

$$V_{susp} \left(\frac{m^3}{h} \right) \cdot \rho \left(\frac{kg}{m^3} \right) = M_{susp} \left(\frac{kg}{h} \right) \quad \text{Ecuación 3.19}$$

$$M_{susp} \left(\frac{tn}{mes} \right) = M_{susp} \left(\frac{kg}{h} \right) \cdot 0,001 \left(\frac{tn}{kg} \right) \cdot 480 \left(\frac{h}{mes} \right) \quad \text{Ecuación 3.20}$$

Se obtiene una masa de suspensión de 8473,08 toneladas al mes. Con el contenido en sólido de la suspensión, la humedad residual de las mismas y la proporción, mostradas en las Tabla 3.1 y Tabla 2.3, conoceremos las toneladas de cada una de las materias primas utilizadas.

$$M_{mp} = M_{susp} \cdot x_s \cdot x_{mp} \cdot (1 + H_{mp}) \quad \text{Ecuación 3.21}$$

- Siendo:
- M_{mp} : Masa de materia prima (kg/mes)
 - M_{susp} : Masa de suspensión (kg/mes)
 - x_s : Contenido en sólidos de la suspensión (kg sólido/kg totales)
 - x_{mp} : Fracción másica de materia prima en seco (kg materia prima/kg sólido seco)
 - H_{mp} : Humedad de materia prima (kg agua/kg sólido)

Obteniéndose las cantidades mostradas en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7: Materia prima necesaria para 1 mes de producción.

Cuarzo (ton/mes)	1128,56
Caolín (ton/mes)	3128,71
Feldespato Sódico (ton/mes)	635,93

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Con la densidad aparente de cada una se obtiene el volumen y posteriormente suponiendo que la montaña es semi-esférica se obtendrá el diámetro de la misma.

$$V_{mp} = M_{mp} \cdot \rho_{mp} \quad \text{Ecuación 3.22}$$

$$V_{\frac{1}{2}\text{esfera}} = \frac{\frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3}{2} \quad \text{Ecuación 3.23}$$

$$D_{mont} = 2 \cdot \sqrt[3]{V_{mp} \cdot \frac{6}{4 \cdot \pi}} \quad \text{Ecuación 3.24}$$

En la Tabla 3.8 se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 3.8: Dimensiones montaña de materia prima.

<i>Materia Prima</i>	<i>Densidad (kg/m³)</i>	<i>Producción (ton/mes)</i>	<i>Volumen (m³)</i>	<i>Diámetro de la esfera (m)</i>
<i>Cuarzo</i>	1325	1128,56	852	14,82
<i>Caolín</i>	1200	3128,71	2607	21,51
<i>Feldespató Sódico</i>	1325	635,93	480	12,24

3.6. Cálculo de capacidad de las balsas de almacenamiento

3.6.1. Balsas de almacenamiento de suspensión

Las balsas de almacenamiento de la suspensión deben ser capaces de poder proveer al atomizador de material durante 1 día. Así, conociendo la cantidad de suspensión necesaria para la producción durante 1 jornada es posible conocer la capacidad requerida.

Para ello:

$$Q_{susp} = m_{susp} \cdot \rho_{susp} \quad \text{Ecuación 3.25}$$

$$V_{susp} = Q_{susp} \cdot t \quad \text{Ecuación 3.26}$$

Siendo: Q_{susp} : Caudal volumétrico de suspensión (m^3/h)

m_{susp} : Caudal másico de suspensión (kg/h)

ρ_{susp} : Densidad de suspensión (kg/m^3)

V_{susp} : Volumen de suspensión (m^3)

t: Tiempo de trabajo, 24 horas

Obteniéndose los resultados mostrados en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9: Datos de cálculo del volumen de suspensión (m^3) necesario al día.

Tiempo de trabajo (h)	24
Caudal de Suspensión (m^3/h)	11,85
Volumen de suspensión almacenada (m^3)	284,43

3.6.2. Balsa de almacenamiento de defloculante

La balsa de almacenamiento del defloculante debe ser capaz de poder proveer a los tanques de desleído durante al menos 1 semana. Así, conociendo la cantidad de defloculante diluido necesario es posible conocer la capacidad del tanque.

Para el diseño del tanque, el defloculante será llevado a una densidad de 1304 kg/m^3 para así tener un contenido en sólidos del 40% en la disolución.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Sabiendo la masa de defloculante para la producción durante 1 mes, mostrado en la Tabla 3.7, se puede obtener el volumen necesario para 1 semana, teniendo en cuenta que 1 mes son 4 semanas. Así, en la Tabla 3.10 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 3.10: Volumen de defloculante para 1 semana de producción.

Defloculante Diluido Mes (ton)	34,95
Densidad Disolución (kg/m ³)	1304,35
Defloculante Diluido Mes (m ³)	26,80
Defloculante Diluido Semana (5 días) (m ³)	6,70

Así, se establece que el volumen de la balsa de almacenamiento de defloculante debe ser de 7 m³.

3.7. Balance de energía mecánico para bombas

El balance de energía mecánico para obtener la potencia necesaria para el bombeo de líquidos incompresibles es el siguiente:

$$h = \frac{\tilde{W}}{g} = (z_2 - z_1) + \frac{1}{g} \left(\frac{v_2^2}{2\alpha_2} - \frac{v_1^2}{2\alpha_1} + \frac{p_2 - p_1}{\rho} + \Delta F \right) \quad \text{Ecuación 3.27}$$

- Siendo:
- h: carga del sistema (m)
 - \tilde{W} : Trabajo de la bomba (J/kg)
 - g: Gravedad = 9,8 m/s²
 - z: Altura (m)
 - v: velocidad del líquido en la conducción (m/s)
 - α : Coeficiente de corrección de la circulación
 - p: Presión (Pa)
 - ρ : Densidad de la suspensión (kg/m³)
 - ΔF : Pérdida de energía mecánica (J/kg)

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

El cálculo de las pérdidas de carga (ΔF) de cada segmento es la suma de las pérdidas en cada tramo recto y de cada accidente en la conducción. Así, el cálculo es:

$$\Delta F = \Delta F_{\text{tramo recto}} + \Delta F_{\text{accidentes}} \quad \text{Ecuación 3.28}$$

El cálculo de la pérdida de carga en el tramo recto se realizará con la ecuación de Fanning:

$$\Delta F_r = 2f \cdot v^2 \cdot \frac{L}{D} \quad \text{Ecuación 3.29}$$

- Siendo:
- f: coeficiente de fricción, en régimen laminar: $f=16/Re$
en régimen turbulento: $f=\phi(Re,\epsilon/D)$
 - v: velocidad en la conducción (m/s)
 - L: Longitud tramo recto (m)
 - D: Diámetro de la conducción (m)

El coeficiente de fricción depende del número de Reynolds, el cual se obtiene mediante la ecuación 3.30:

$$Re = \frac{\rho \cdot D \cdot v}{\mu} \quad \text{Ecuación 3.30}$$

- Siendo:
- ρ : densidad del fluido (kg/m^3)
 - v: velocidad en la conducción (m/s)
 - D: Diámetro de la conducción (m)
 - μ : Viscosidad dinámica ($\text{Pa}\cdot\text{s}$)

En accidentes, el método para la obtención de la pérdida de carga se realizará mediante el procedimiento de las “cargas de velocidad” aplicando la ecuación:

$$\Delta F_{\text{accidentes}} = \sum K \cdot \frac{v^2}{2} \quad \text{Ecuación 3.31}$$

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Obtenida la carga del sistema, el cálculo de la potencia ejercida por la bomba es:

Siendo: W: Potencia del sistema (W)

$$W = m \cdot g \cdot h$$

Ecuación 3.32

m: caudal másico (kg/s)

g: gravedad (m/s²)

h: carga del sistema (m)

3.7.1. Impulsión de suspensión de balsa a atomizador

Teniendo el sistema mostrado en la Figura 3.3:

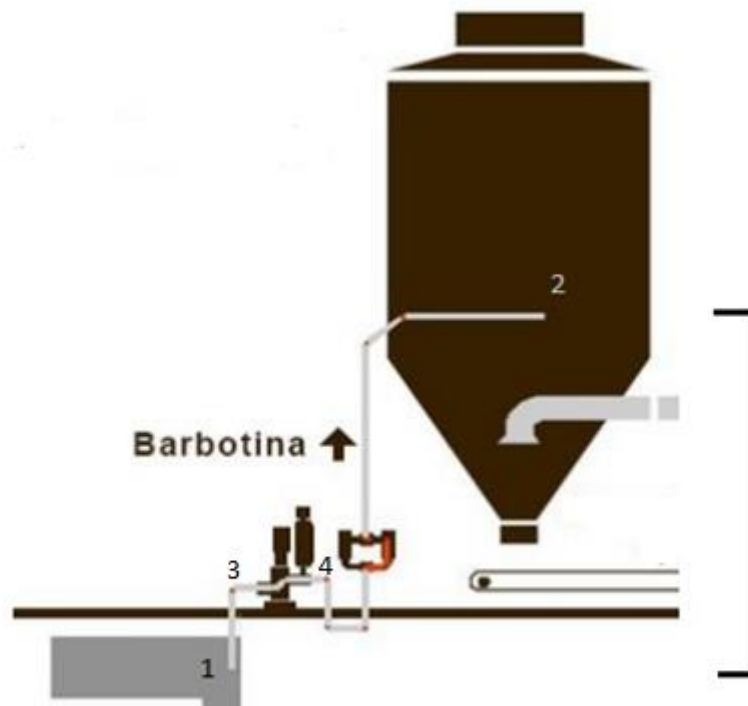


Figura 3.3: Esquema del balance de energía mecánico

El balance de energía mecánico se realizará en dos partes, en primer lugar se realizará el balance para la zona de aspiración, la cual es la que va desde la balsa de suspensión (1) hasta la bomba (3). En segundo lugar, se realizará el balance de la zona de impulsión, que consta desde la salida de la bomba (4) hasta el atomizador (2).

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Para obtener la carga de aspiración, la cual es el valor de la energía que posee el fluido al llegar a la boca de succión de la bomba, se realiza la siguiente ecuación:

$$h_a = (z_1 - z_3) + \frac{1}{g} \left(\frac{v_1^2}{2\alpha_1} + \frac{p_1}{\rho} - \Delta F_{1-3} \right) \quad \text{Ecuación 3.33}$$

Del mismo modo, para obtener la carga de impulsión, que es la energía que hay que suministrar al fluido para que circule desde la salida de la bomba hasta el final del sistema, se realiza la siguiente ecuación:

$$h_i = (z_2 - z_4) + \frac{1}{g} \left(\frac{v_2^2}{2\alpha_2} + \frac{p_2}{\rho} + \Delta F_{4-2} \right) \quad \text{Ecuación 3.34}$$

Siendo la carga total del sistema:

$$h_s = h_i - h_a \quad \text{Ecuación 3.35}$$

En la Tabla 3.11, se presentan las características de la suspensión para cada una de las conducciones:

Tabla 3.11: Características conducción.

Caudal suspensión (kg/s)	5,278			
Caudal suspensión (m ³ /s)	3,54·10 ⁻³			
	punto 1	punto 2	punto 3	punto 4
Tensión de cizalla (Pa)	0,1	>1	>1	>1
Viscosidad (Pa·s)	1	0,2	0,2	0,2
Densidad suspensión(kg/m ³)	1489,49	1489,49	1489,49	1489,49
Gravedad (m/s ²)	9,81	9,81	9,81	9,81
	Conducción 1	Conducción 2	Conducción 3	Conducción 4
Diámetro (m)	0,25	0,1	0,05	0,004
Reynolds	8,96	67,2	22,4	560
rugosidad intermedia (f)	1,786	0,238	0,714	0,029
α	0,5	0,5	0,5	0,5

Siendo la conducción 1, la que va desde la balsa hasta las lanzas, la conducción 2 son las lanzas, la 3 es el interior de la tobera y la 4 es la salida de la tobera.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Para la obtención de la carga de aspiración se realizó la Ecuación 3.33 con los datos mostrados en la Tabla 3.12:

Tabla 3.12: Datos de balance para la carga de aspiración.

$z_3 (m)$	0,207	$v_3 (m/s)$	$3,61 \cdot 10^{-2}$
$z_1 (m)$	-3,35	$v_1 (m/s)$	$3,61 \cdot 10^{-2}$
Carga estática (m)	-3,557	Carga Velocidad (m)	$1,33 \cdot 10^{-4}$
$P_1 (Pa)$	145160,70		
Carga Presión (m)	9,93		

La pérdida de carga se calcula con los siguientes accidentes, mostrados en la Tabla 3.13.

Tabla 3.13: Cálculo de la pérdida de carga en el tramo de aspiración.

Accidentes	Cantidad	k	F
Entrada encañonada	1	0,78	$5,080 \cdot 10^{-4}$
Codo 90°	1	0,75	$4,885 \cdot 10^{-4}$
Tramo Recto	7,03		$1,308 \cdot 10^{-1}$
	Carga fricción		
	$\Delta F (m)$		$1,344 \cdot 10^{-2}$

La carga de tramo de aspiración, con la Ecuación 3.33, es de 6,37 m.

Del mismo modo, para la obtención de la carga de impulsión se realizó la Ecuación 3.34 con los datos mostrados en Tabla 3.14.

Tabla 3.14: Datos de balance para la carga de impulsión.

$z_2 (m)$	9,25	$v_2 (m/s)$	18,798
$z_4 (m)$	0,207	$v_4 (m/s)$	$3,609 \cdot 10^{-2}$
Carga estática (m)	9,043	Carga Velocidad (m)	36,021
$P_1 (Pa)$	101325		
Carga Presión (m)	6,934		

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de
porcelana

Siendo los accidentes mostrados en la Tabla 3.15.

Tabla 3.15: Cálculo de la pérdida de carga en el tramo de impulsión.

<i>Accidentes</i>	<i>Cantidad</i>	<i>k</i>	<i>F</i>
<i>Codo 90°</i>	2	0,75	$9,770 \cdot 10^{-4}$
<i>T standard como unión de caudal</i>	1	1	$2,605 \cdot 10^{-3}$
<i>T standard como codo</i>	1	1	$6,513 \cdot 10^{-4}$
<i>Válvula de asiento abierta</i>	2	9	$1,172 \cdot 10^{-2}$
<i>Codo 90°</i>	4	0,7	$7,295 \cdot 10^{-3}$
<i>T estándar como división de caudal</i>	8	1	$3,618 \cdot 10^{-3}$
<i>Estrechamiento</i>	1	0,7056	$3,191 \cdot 10^{-4}$
<i>Estrechamiento</i>	1	0,5625	$4,071 \cdot 10^{-3}$
<i>Estrechamiento</i>	1	0,9872	174,429
<i>Salida</i>	1	1	176,683
<i>Tramo Recto</i>	25,30		$2,511 \cdot 10^{-1}$
	7,1		$9,176 \cdot 10^{-2}$
	0,1		$1,654 \cdot 10^{-3}$
<i>Carga fricción</i>			
	ΔF (m)	35,83	

La carga del tramo de impulsión, con la Ecuación 3.34, es 87,82 m.

Obteniéndose una carga del sistema, con la Ecuación 3.35 de 81,46 m.

Obtenida la carga del sistema, el siguiente paso es el cálculo de la potencia de la bomba con la Ecuación 3.32, siendo de 4,22 W.

Con la siguiente ecuación, se puede calcular la presión de la bomba en el tramo de impulsión:

$$h_i = \frac{\left(\frac{p_4}{\rho} + \frac{v_4^2}{2\alpha_4}\right)}{g} \quad \text{Ecuación 3.36}$$

Despejando la presión en la Ecuación 3.36, se obtiene que la bomba realiza una presión de impulsión de 12,83 bares.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

A continuación, en la Tabla 3.16, se muestra un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla 3.16: Resumen bomba para atomizador.

Caudal (l/h)	6378,02
Carga del sistema (m)	81,46
Presión Bomba Impulsión (bar)	12,83
Potencia Suministrada (kW)	4,22

3.7.2. Impulsión de suspensión de balsa a los tamices

Teniendo el sistema mostrado en la Figura 3.4:

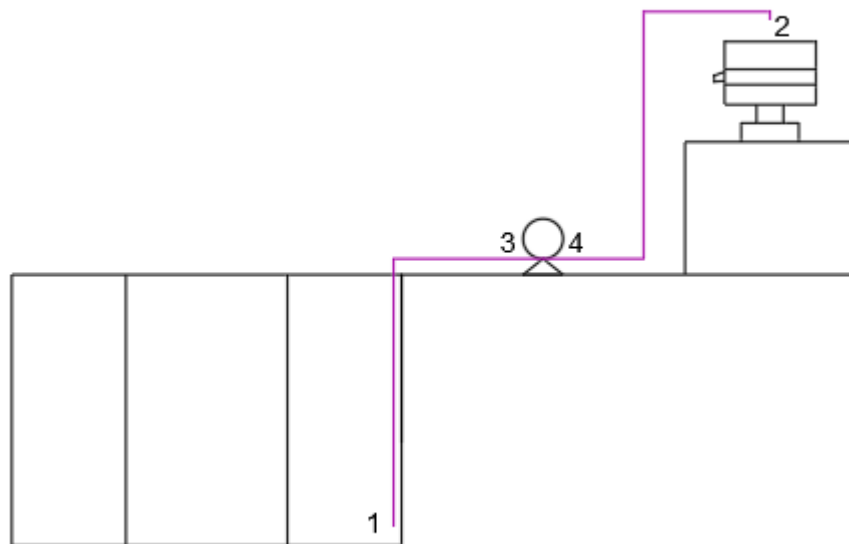


Figura 3.4: Esquema de la impulsión de la suspensión a los tamices.

El balance de energía mecánico se realizará en dos partes, en primer lugar se realizará el balance para la zona de aspiración, la cual es la que va desde la balsa de suspensión (1) hasta la bomba (3). En segundo lugar, se realizará el balance de la zona de impulsión, que consta desde la salida de la bomba (4) hasta los tamices (2).

Para obtener la carga de aspiración, la cual es el valor de la energía que posee el fluido al llegar a la boca de succión de la bomba, se realiza la Ecuación 3.33 mostrada anteriormente.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Del mismo modo, para obtener la carga de impulsión, que es la energía que hay que suministrar al fluido para que circule desde la salida de la bomba hasta el final del sistema, se realiza la Ecuación 3.34

Siendo la carga total del sistema la obtenida con la Ecuación 3.35.

En la Tabla 3.17, se presentan las características de la suspensión para cada una de las conducciones:

Tabla 3.17: Datos conducción.

<i>Caudal suspensión (kg/s)</i>	10,83	
<i>Caudal suspensión (m³/s)</i>	7,27·10 ⁻³	
	punto 1	punto 2
<i>Tensión de cizalla (Pa)</i>	0	>10
<i>Viscosidad (Pa·s)</i>	1,5	0,2
<i>Densidad suspensión (kg/m³)</i>	1489,49	1489,49
<i>Gravedad (m/s²)</i>	9,81	9,81
	Conducción 1	Conducción 2
<i>Reynolds</i>	45,97	57,47
<i>rugosidad intermedia (f)</i>	0,348	0,278
<i>α</i>	0,5	0,5

Para la obtención de la carga de aspiración se realizó la Ecuación 3.33 con los datos mostrados en la Tabla 3.18:

Tabla 3.18: Datos de balance para la carga de aspiración.

<i>z₃ (m)</i>	0,207	<i>v₃ (m/s)</i>	2,32·10 ⁻¹
<i>z₁ (m)</i>	-3,35	<i>v₁ (m/s)</i>	2,32·10 ⁻¹
<i>Carga estática (m)</i>	-3,557	<i>Carga Velocidad (m)</i>	5,46·10 ⁻³
<i>P₁ (Pa)</i>	101647,39		
<i>Carga Presión (m)</i>	6,956		

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

La pérdida de carga se calcula con los siguientes accidentes, mostrados en la Tabla 3.19.

Tabla 3.19: Cálculo de la pérdida de carga en el tramo de aspiración.

Accidentes	Cantidad	k	F
Entrada encañonada	1	0,78	$2,090 \cdot 10^{-3}$
Codo 90°	1	0,75	$2,010 \cdot 10^{-3}$
Tramo Recto	6,39		1,192
Carga fricción			
ΔF (m)		0,126	

La carga de tramo de aspiración, con la ecuación, es de 3,27 m.

Del mismo modo, para la obtención de la carga de impulsión se realizó la Ecuación 3.34 con los datos mostrados en Tabla 3.20.

Tabla 3.20: Datos de balance para la carga de impulsión.

z_2 (m)	3,1	v_2 (m/s)	0,038
z_4 (m)	0,207	v_4 (m/s)	0,215
Carga estática (m)	2,893	Carga Velocidad (m)	$1,52 \cdot 10^{-4}$
P_2 (Pa)	101325		
Carga Presión (m)	6,934		

Siendo los accidentes mostrados en la Tabla 3.21.

Tabla 3.21: Cálculo de la pérdida de carga en el tramo de impulsión.

Accidentes	Cantidad	k	F
Codo 90°	5	0,75	$1,005 \cdot 10^{-1}$
T standard como codo	1	1	$2,680 \cdot 10^{-2}$
T estándar como división de caudal	1	1	$2,680 \cdot 10^{-2}$
Salida	1	1	$7,444 \cdot 10^{-4}$
Tramo Recto	17		3,171
Carga fricción			
ΔF (m)		0,339	

La carga del tramo de impulsión es 10,17 m.

Obteniéndose una carga del sistema, con la Ecuación 3.35, de 6,88 m.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Obtenida la carga del sistema, el siguiente paso es el cálculo de la potencia de la bomba con la Ecuación 3.32, siendo de 0,73 kW.

Despejando la presión en la Ecuación 3.36, se obtiene que la bomba realiza una presión de impulsión de 1,48 bares.

A continuación, en la Tabla 3.22, se muestra un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla 3.22: Resumen bomba para vibrotamices.

<i>Caudal (l/h)</i>	10910
<i>Carga del sistema (m)</i>	6,88
<i>Presión Bomba Impulsión (bar)</i>	1,48
<i>Potencia Suministrada (kW)</i>	0,73

3.7.3. Impulsión de defloculante a los tanques de desleído

Teniendo el sistema mostrado en la Figura 3.5.

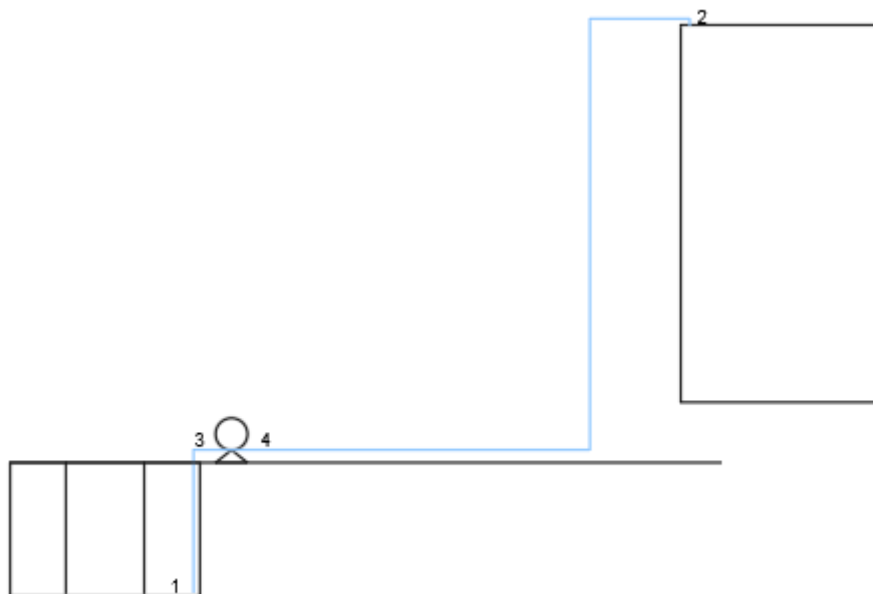


Figura 3.5: Sistema de impulsión de defloculante a los tanques de desleído.

El balance de energía mecánica se realizará en dos partes, en primer lugar se realizará el balance para la zona de aspiración, la cual es la que va desde la balsa de

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

defloculante (1) hasta la bomba (3). En segundo lugar, se realizará el balance de la zona de impulsión, que consta desde la salida de la bomba (4) hasta los TDT (2).

Para obtener la carga de aspiración se realiza la Ecuación 3.33 mostrada anteriormente.

Del mismo modo, para obtener la carga de impulsión se realiza la Ecuación 3.34

Siendo la carga total del sistema la obtenida con la Ecuación 3.35.

En la Tabla 3.23, se presentan las características de la disolución de defloculante para la conducción:

Tabla 3.23: Datos conducción de defloculante.

<i>Caudal Defloculante (kg/h)</i>	196,025	
<i>Caudal defloculante (m³/h)</i>	0,150	
<i>Caudal defloculante (m³/s)</i>	$4,174 \cdot 10^{-5}$	
		punto 1 y 2
<i>Viscosidad (Pa·s)</i>	0,001	
<i>Densidad defloculante (kg/m³)</i>	1304,35	
<i>Gravedad (m/s²)</i>	9,81	
		Conducción
<i>Reynolds</i>	693,295	
<i>rugosidad intermedia (f)</i>	0,00513	
<i>α</i>	0,5	

Para la obtención de la carga de aspiración se realizó la Ecuación 3.33 con los datos mostrados en la Tabla 3.24:

Tabla 3.24: Datos de balance para la carga de aspiración.

<i>z₃ (m)</i>	0,207		<i>v₃ (m/s)</i>	$5,315 \cdot 10^{-3}$
<i>z₁ (m)</i>	-2,05		<i>v₁ (m/s)</i>	$5,315 \cdot 10^{-3}$
<i>Carga estática (m)</i>	-2,257	<i>Carga Velocidad (m)</i>	$2,880 \cdot 10^{-6}$	
<i>P₁ (Pa)</i>	101522,28			
<i>Carga Presión (m)</i>	7,93			

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

La pérdida de carga se calcula con los siguientes accidentes, mostrados en la Tabla 3.25.

Tabla 3.25: Cálculo de la pérdida de carga en el tramo de aspiración.

Accidentes	Cantidad	k	F
Entrada encañonada	1	0,78	$1,102 \cdot 10^{-5}$
Codo 90°	1	0,75	$1,059 \cdot 10^{-5}$
Tramo Recto	2,55		$7,384 \cdot 10^{-6}$
			Carga fricción
			$\Delta F(m)$ $2,956 \cdot 10^{-6}$

La carga de tramo de aspiración, con la ecuación, es de 5,677 m.

Del mismo modo, para la obtención de la carga de impulsión se realizó la Ecuación 3.34 con los datos mostrados en la Tabla 3.26.

Tabla 3.26: Cálculo de la carga de aspiración.

$z_2 (m)$	7	$v_2 (m/s)$	$5,315 \cdot 10^{-3}$
$z_4 (m)$	0,207	$v_4 (m/s)$	$5,315 \cdot 10^{-3}$
Carga estática (m)	6,793	Carga Velocidad (m)	$2,880 \cdot 10^{-6}$
$P_2 (Pa)$	101325		
Carga Presión (m)	7,919		

Siendo los accidentes mostrados en la Tabla 3.27.

Tabla 3.27: Cálculo de la pérdida de carga en el tramo de impulsión.

Accidentes	Cantidad	k	F
Codo 90°	2	0,75	$2,119 \cdot 10^{-5}$
T standard como codo	1	1	$1,413 \cdot 10^{-5}$
Salida	1	1	$1,413 \cdot 10^{-5}$
Tramo Recto	25,75		$7,457 \cdot 10^{-5}$
			Carga fricción
			ΔF $1,264 \cdot 10^{-5}$

La carga del tramo de impulsión es 14,71 m.

Obteniéndose una carga del sistema, con la Ecuación 3.35, de 9,03 m.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Obtenida la carga del sistema, el siguiente paso es el cálculo de la potencia de la bomba con la Ecuación 3.32, siendo de 17,37 kW.

Despejando la presión en la ecuación X, se obtiene que la bomba realiza una presión de impulsión de 1,88 bares.

A continuación, en la Tabla 3.28, se muestra un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla 3.28: Resumen de bomba de defloculante.

<i>Caudal (l/h)</i>	75,14
<i>Carga del sistema (m)</i>	9,03
<i>Presión Bomba Impulsión (bar)</i>	1,88
<i>Potencia Suministrada (kW)</i>	17,37

Anexo II: Presupuesto

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de plato de
porcelana

Índice

1.	Presupuesto de explotación	1
1.1.	Consumo eléctrico	1
1.2.	Amortizaciones	4

1. Presupuesto de explotación

1.1. Consumo eléctrico

La obtención del consumo eléctrico se ha obtenido utilizando las siguientes ecuaciones:

$$\text{Consumo (kWh/día)} = n^{\circ} \text{ de equipos} \cdot P_{\text{máx}}(\text{kW}) \cdot \eta \cdot t_{\text{trabajo}}(\text{h}) \quad \text{Ecuación 1.1}$$

$$\text{Coste (€/año)} = \text{Coste}_{\text{eléctrico}}(\text{€/kWh}) \cdot \text{Consumo}(\text{kWh/año}) \quad \text{Ecuación 1.2}$$

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1.1.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Tabla 1.1: Consumo Eléctrico.

Sección 1: Recepción y almacenamiento de materias primas								
Equipo		nº de equipos	Potencia máx (kW)	Rendimiento (%)	tiempo de trabajo (h)	Consumo diario (kWh/día)	Consumo anual (kWh/año)	Coste anual (€)
Cintas	TNC 400	11	42	100,00	16	7392	1848000	158.928,00
Cinta	TP 600	3	18	100,00	16	864	216000	18.576,00
Sección 2: Producción de Barbotina								
Cinta	TNC 400	1	42	100,00	24	1008	252000	21.672,00
Cinta	TP 600	1	18	100,00	24	432	108000	9.288,00
TDT	TDT 016	4	110	100,00	9,6	4224	1056000	90.816,00
Agitador defloculante	ASP 204	1	3	100,00	24	72	18000	1.548,00
Bomba defloculante	SPX10	1	0,18	50,00	9,6	0,864	216	18,58
Vibrotamices	SV2C	4	0,495	100,00	4,8	9,504	2376	204,34
Sección 3: Tamizado de barbotina								
Desferrizador	DLP 300	2	0,6	80,00	20	19,2	4800	412,80
Agitador barbotina	ASP 225	2	11	100,00	24	528	132000	11.352,00
Bomba tanque	S.O. Wilden	2	1,8	50,00	16	28,8	7200	619,20
Vibrotamices	SPB 121	6	0,73	100,00	16	70,08	17520	1.506,72

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Sección 4: Secado por atomización								
Equipo		n° de equipos	Potencia máx(kW)	Rendimiento (%)	tiempo de trabajo (h)	Consumo diario (kWh/día)	Consumo anual (kWh/año)	Coste anual (€)
Agitador barbotina	ASP 225	2	11	100,00	24	528	132000	11.352,00
Bomba	PPB 306	4				<i>contenido en el atomizador</i>		
Atomizador	ATM 90	1	193	85,00	24	3937,2	984300	84.649,80
Vibrotamiz	SV2C	1	0,495	100,00	24	11,88	2970	255,42
Sección 5: Almacenamiento en silos								
Cinta	TNC 400	2	42	100,00	24	2016	504000	43.344,00
Cinta	TP 600	1	18	100,00	24	432	108000	9.288,00
TOTAL						21.573	5.393.382	463.830,85

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

1.2. Amortizaciones

La Tabla 1.2 muestra el desarrollo para el cálculo de amortizaciones.

Tabla 1.2: Amortizaciones

PARTIDA 1: EQUIPOS					
<i>Sección 1: Recepción y almacenamiento de materias primas</i>					
Equipo	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)	Amortización (años)	Amortización (€/año)
Pala L-120 Volvo	1	140.000,00	140.000,00	10	14.000,00
Cintas TNC 400	11	4.400,00	48.400,00	5	9.680,00
Cinta TP 600	3	14.900,00	44.700,00	5	8.940,00
<i>Sección 2: Producción de Barbotina</i>					
Cintas TNC 400	1	4.400,00	4.400,00	5	880,00
Cintas TP 600	1	14.900,00	14.900,00	5	2.980,00
TDT 016	5	30.000,00	150.000,00	10	15.000,00
Agitador defloculante AE 600	1	12.000,00	12.000,00	5	2.400,00
Bomba defloculante SPX10	1	2.300,00	2.300,00	5	460,00
Vibrotamices SV2C	5	8.000,00	40.000,00	5	8.000,00
<i>Sección 3: Tamizado de Barbotina</i>					
Desferrizador DLP 300	2	6.050,00	12.100,00	5	2.420,00
Agitador barbotina ASP 225	2	16.000,00	32.000,00	5	6.400,00
Bomba tanque Serie original Wilden	2	1.850,00	3.700,00	5	740,00
Vibrotamices SPB 121	6	9.000,00	54.000,00	5	10.800,00
<i>Sección 4: Secado por atomización</i>					
Agitador barbotina ASP 225	2	16.000,00	32.000,00	5	6.400,00
Bomba PPB 306	4	Contenido la amortización del atomizador			
Atomizador ATM 90	1	1.050.000,00	1.050.000,00	10	105.000,00

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

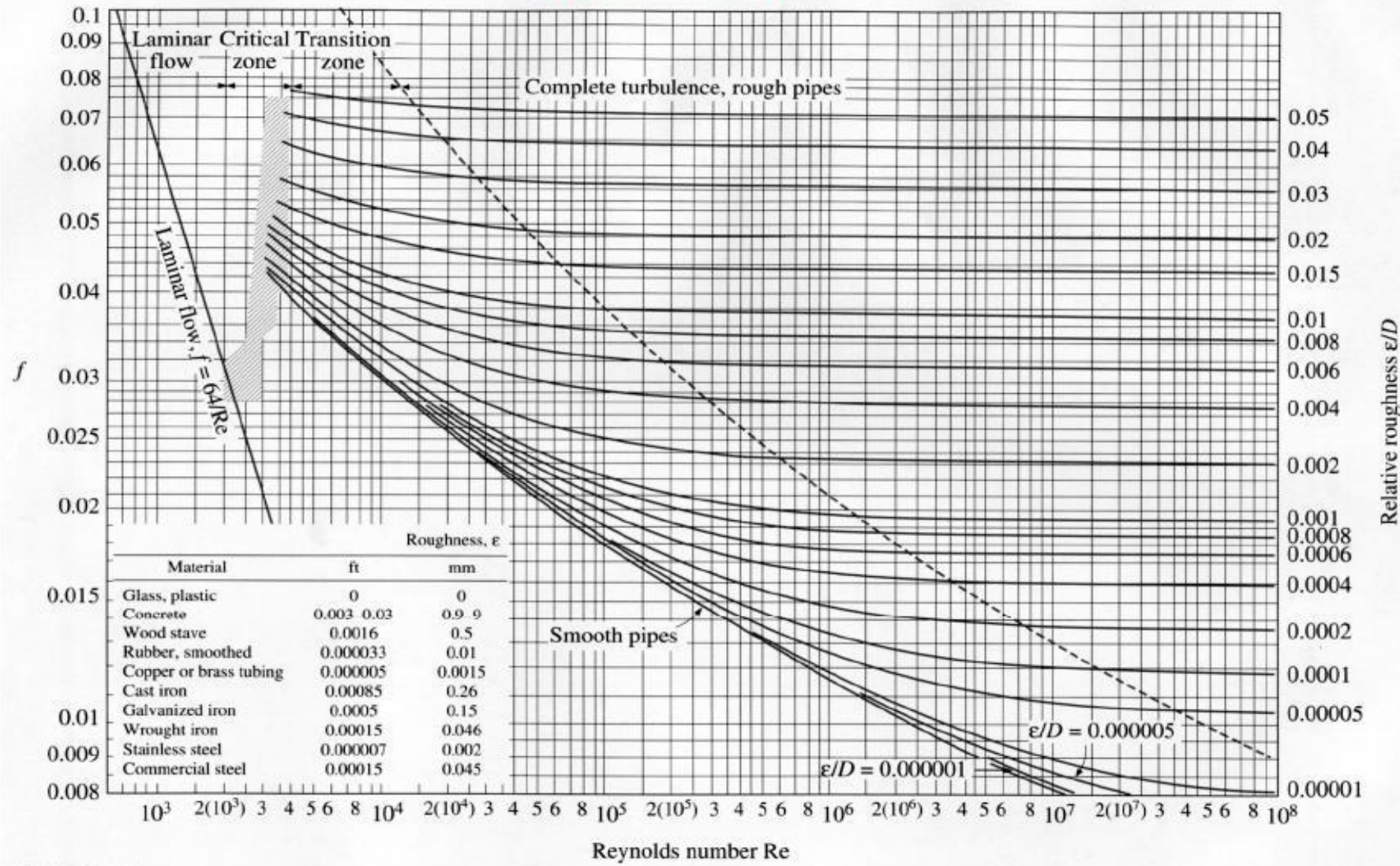
Vibrotamiz SV2C		1	8.000,00	8.000,00	5	1.600,00
<i>Sección 5: Almacenamiento en silos</i>						
Equipo		Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)	Amortización (años)	Amortización(€/año)
Cinta transportadora TNC 400		4	4.400,00	17.600,00	5	3.520,00
Cinta transportadora TP 600		2	14.900,00	29.800,00	5	5.960,00
PARTIDA 2: OBRA						
		Precio (€/m2)	Superficie (m2)	Total (€)	Amortización (años)	Amortización (€/año)
Adquisición del terreno		130	30160	3.920.800,00	10	392.080,00
Techado de los graneros		250	3142	785.500,00	10	78.550,00
Construcción planta		520	2700	1.404.000,00	10	140.400,00
Construcción nave cintas de granero		250	690	172.500,00	10	17.250,00
Construcción oficinas y laboratorio		400	532	212.800,00	10	21.280,00
Valla perimetral		60	695	41.700,00	5	8.340,00
Construcción casetas de control				20.000	5	4.000,00
Mobiliarios				19.000	5	3.800,00
PARTIDA 3: ALMACENAMIENTO						
Elemento		Cantidad	Precio Unitario (€)	Total (€)	Amortización (años)	Amortización(€/año)
Silos	14 m3	5	31.991,00	159.955,00	10	15.995,50
	45 m3	7	39.954,00	279.678,00	10	27.967,80
	51 m3	10	42.193,00	421.930,00	10	42.193,00
Tanque defloculante	-	1	10.416,00	10.416,00	5	2.083,20
Tanque de suspensión	-	4	10.416,00	41.664,00	5	8.332,80

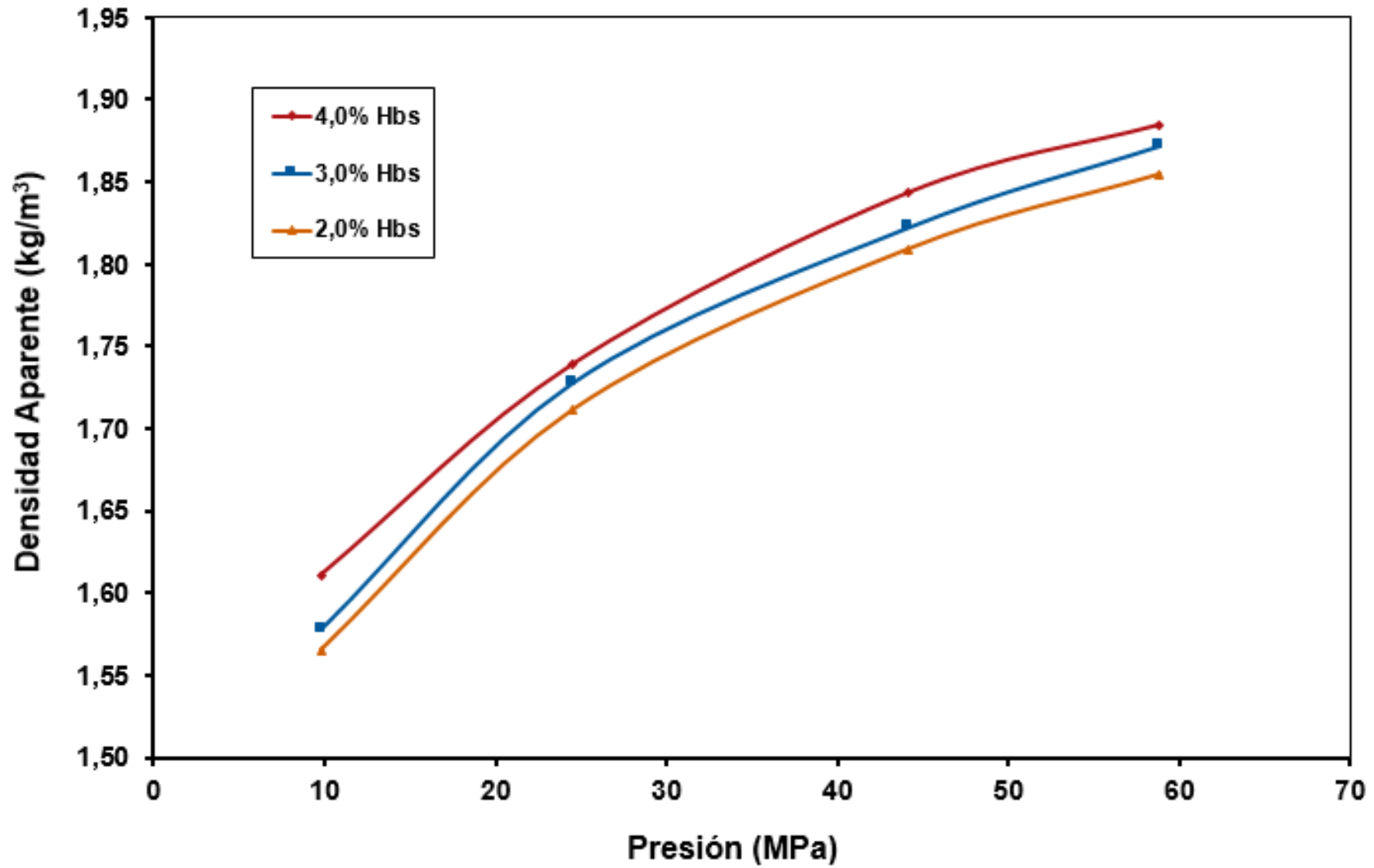
Anexo III: Gráficas

Índice

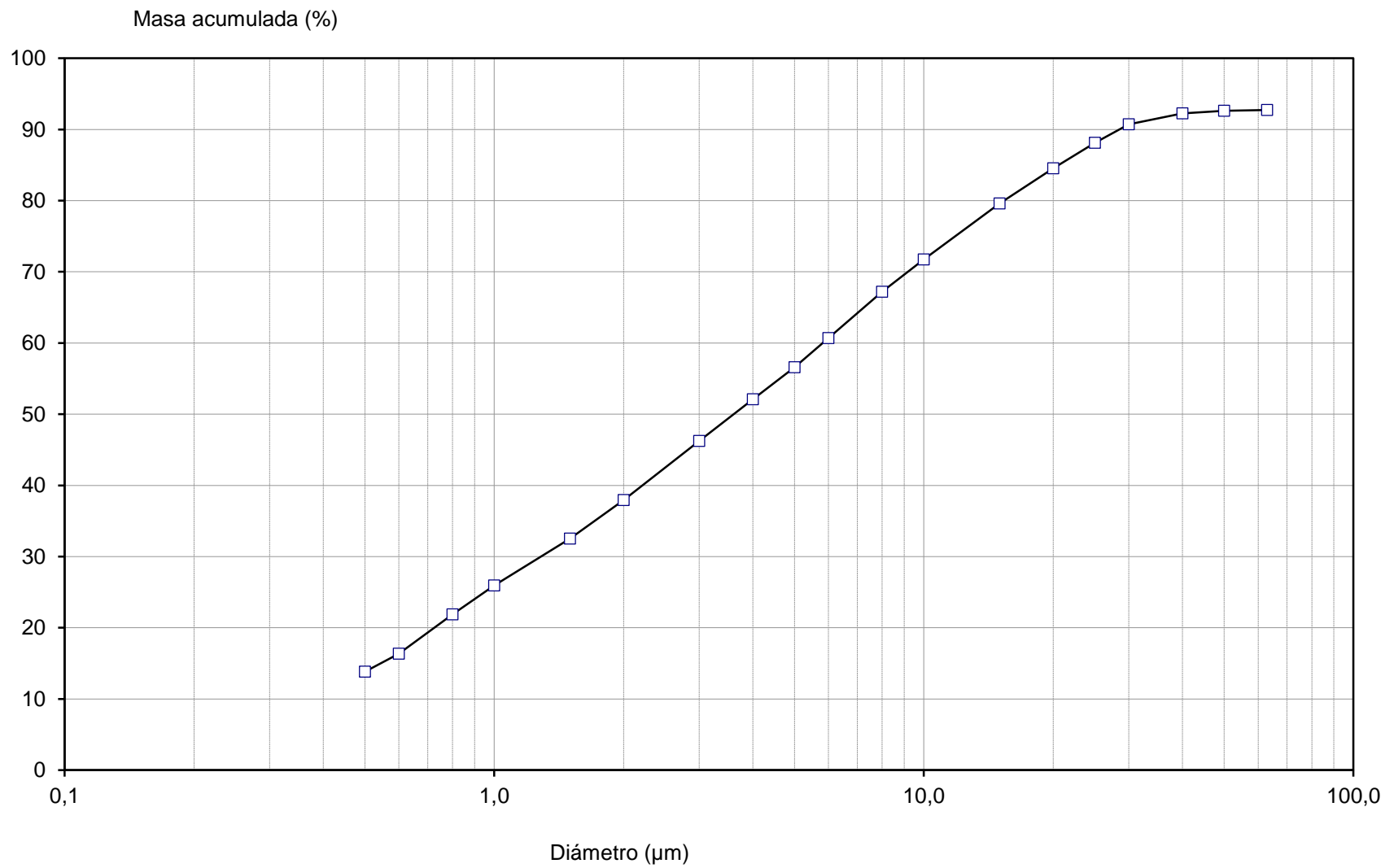
Gráfico 1: Diagrama de Moody	2
Gráfico 2: Diagrama de Compactación.....	2
Gráfico 3: Granulometría	2
Gráfico 4: Diagrama de Viscosidad en función del contenido en sólido.....	2
Gráfico 5: Diagrama de viscosidad (Pa·s) en función de la tensión de cizalla (Pa)	2
Gráfico 6: DRX.....	2

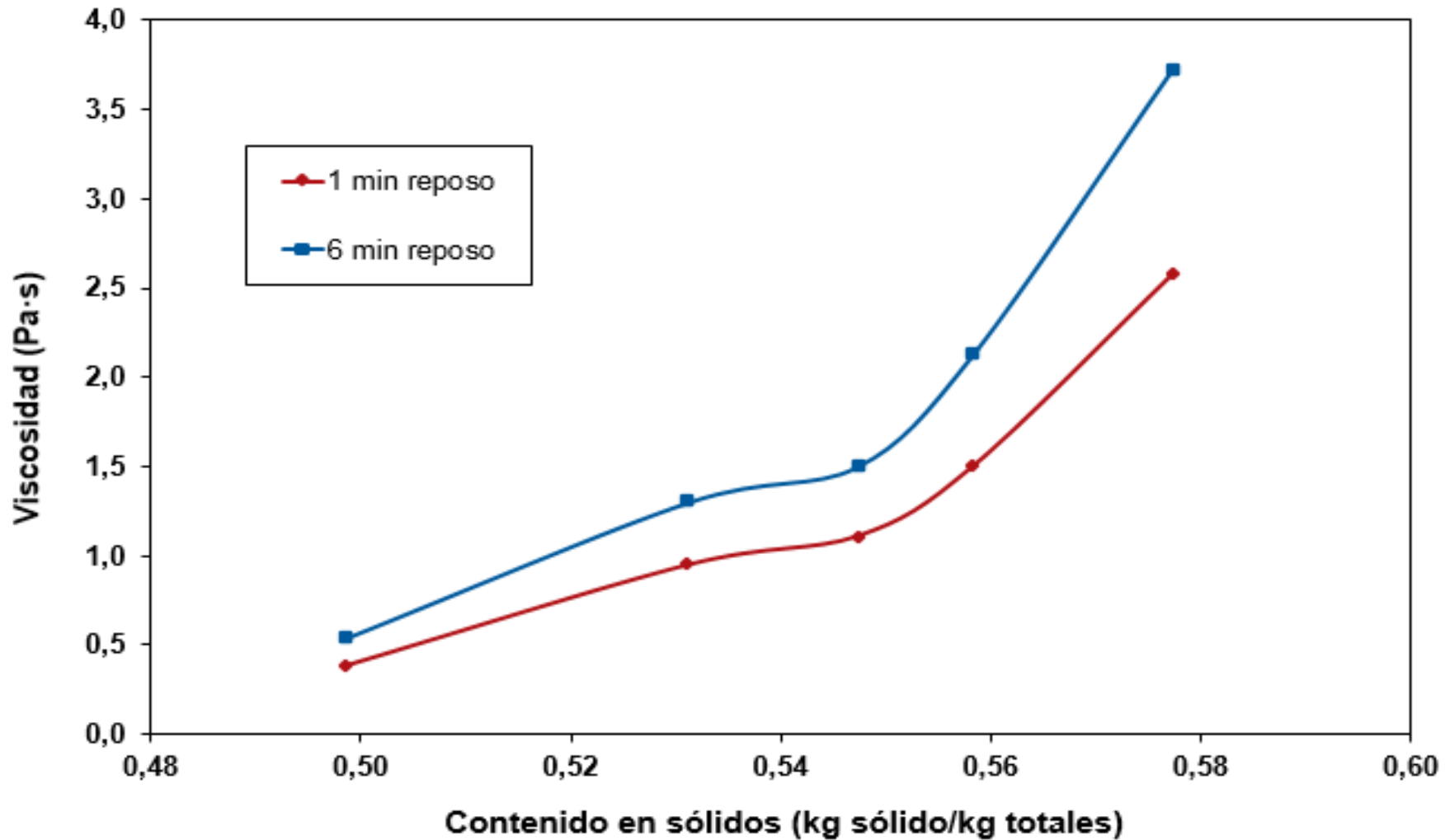
Diagrama de Moody

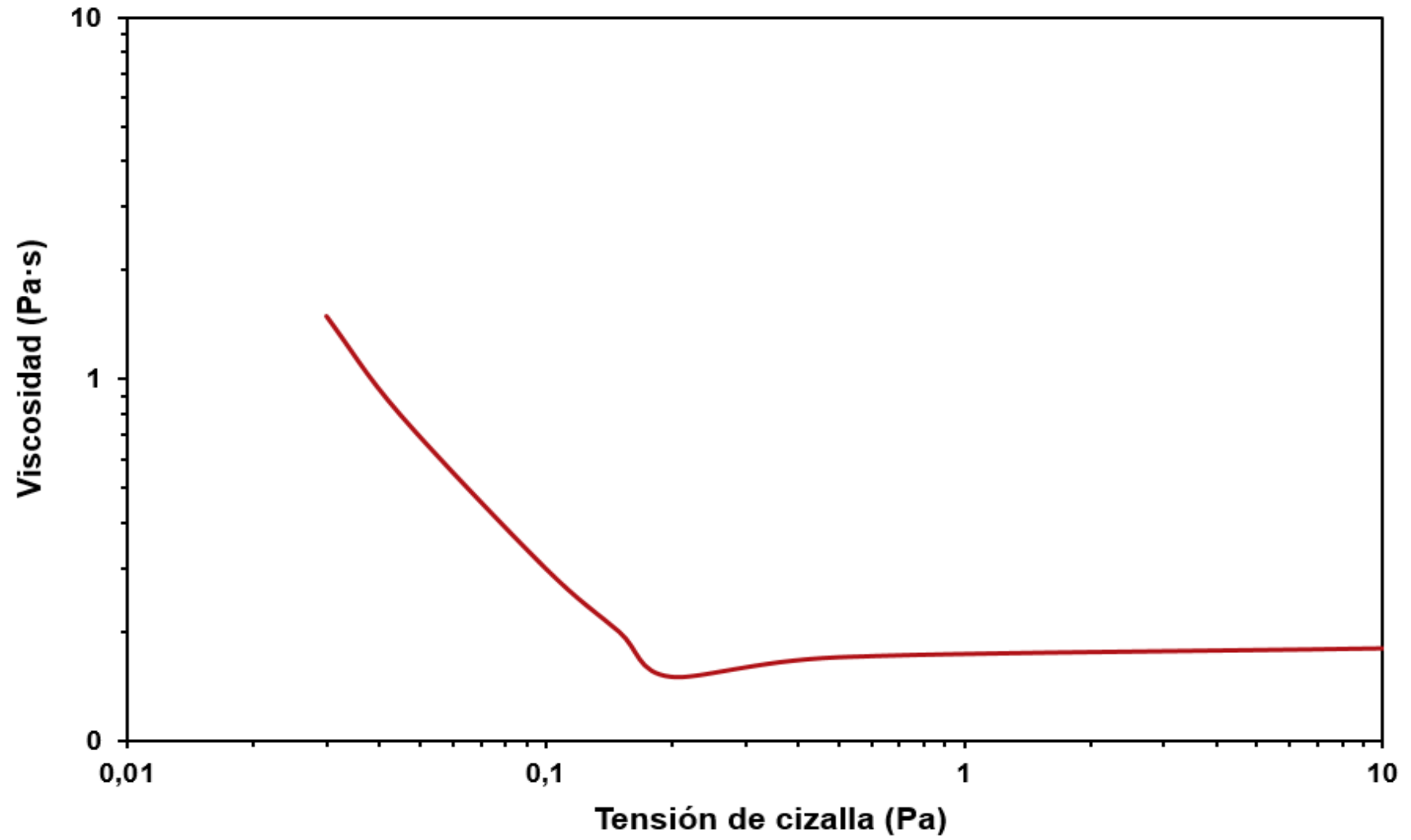


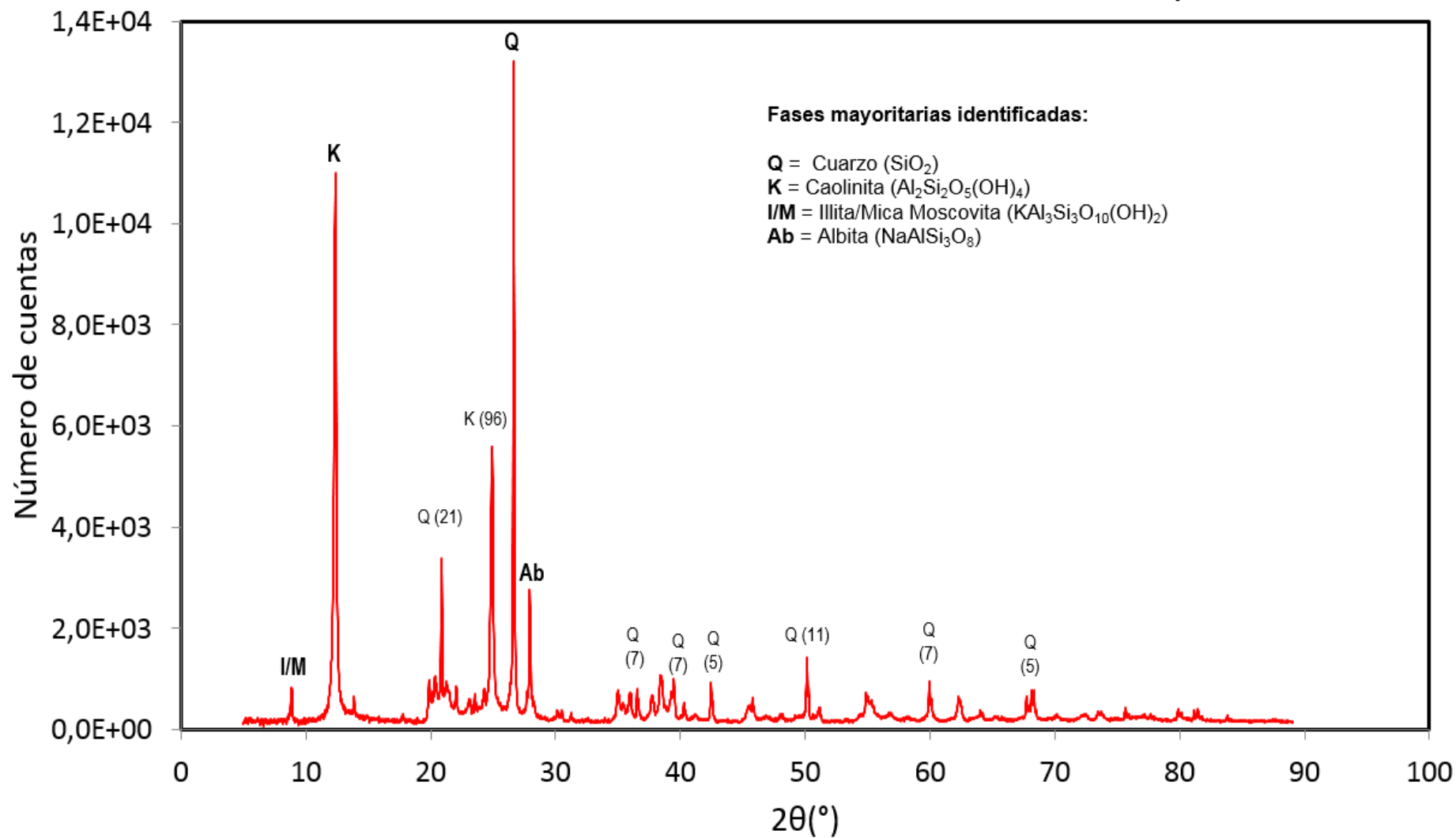


Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de plato de porcelana







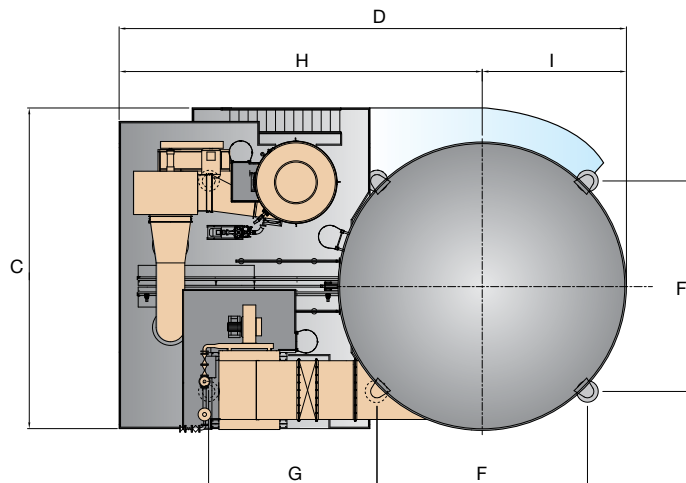
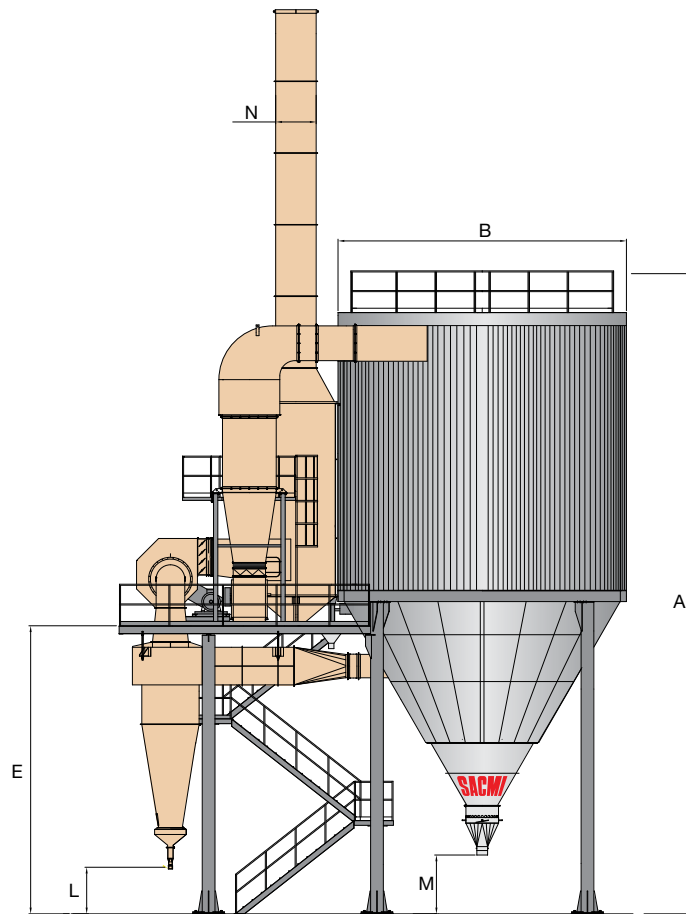


Anexo IV: Catálogos

Índice

Atomizador ATM	1
Bomba PPB	3
Bomba Serie Original Wilden	5
Bomba SPX 10	6
Turbodiluidor TDT	8
Agitador ASP	9
Vibrotamices SPB 121/ SV 2C	11
Desferrizador DLP	15
Silos	16

ATM 36 - 52 - 65 - 90



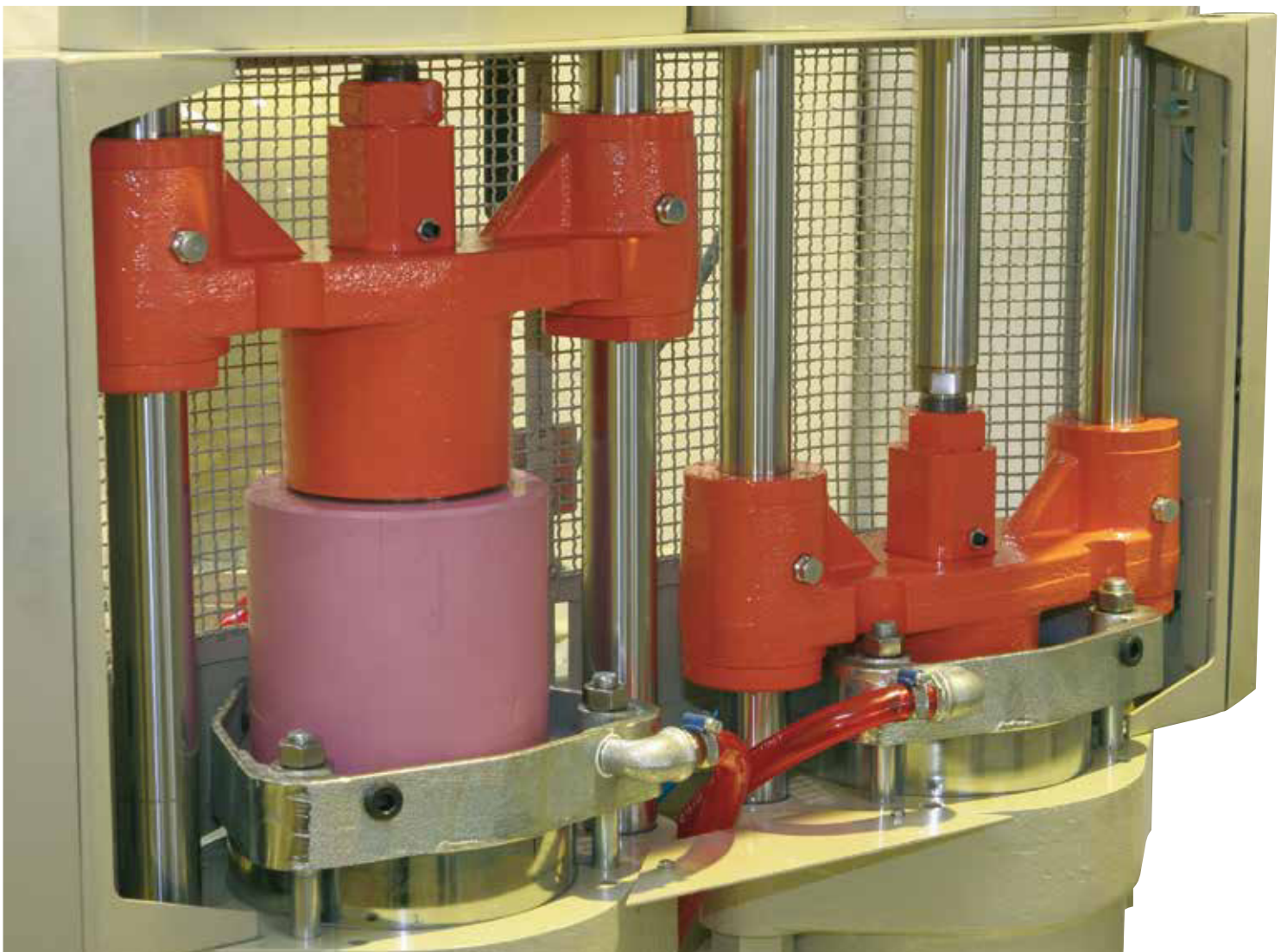
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N
ATM 36	16800 17800 with lances	7400	8400	13400	7450	5310	4600	9700	3700	1200	1650	800
ATM 52	17950 18950 with lances	8100	8950	14200	8050	5875	4700	10150	4050	1300	1650	1130
ATM 65	18600 19600 with lances	8800	9950	15150	8600	6400	5250	10750	4400	1400	1600	1130
ATM 90	19550 20550 with lances	9600	10400	16650	9250	7000	5500	11850	4800	1300	1500	1400

	ATM 36	ATM 52	ATM 65	ATM 90	
Evaporated water max. - Capacità evaporativa massima - Capacidad evaporativa maxima	3600	5200	6500	9000	l/h
Total installed power - Potenza totale installata - Potencia total instalada*	108	137	157	193	kW
Total unit weight - Peso totale dell'impianto - Peso total de la instalación	45000	54000	62000	73000	kg
HEAT GENERATOR - GENERATORE DI CALORE - GENERADOR DE CALOR					
Thermal power - Potenza termica installata - Potencia térmica instalada	3000000	4300000	5500000	7500000	kcal/h
Burner electric fan power Potenza elettroventilatore bruciatore Potencia electroventilador quemador	5,5	7,5	7,5	7,5	kW
Pressing electric fan power Potenza elettroventilatore premente Potencia ventilador presurización	3,0	5,5	7,5	7,5	kW
Tower inlet air temperature Temperatura aria entrata torre Temperatura aire entrada torre	500+600	500+600	500+600	500+600	°C
SLIP PUMP - POMPA BARBOTTINA - BOMBA BARBOTINA					
Maximum delivery rate - Portata massima - Caudal máximo	13000	2x8000	2x8000	2x13000	l/h
Maximum pressure - Pressione massima - Presion maxima	30	30	30	30	bar
Power - Potenza - Potencia	22	2x15	2x15	2x22	kW
DRYING TOWER - TORRE ATOMIZZAZIONE - TORRE ATOMIZACIÓN					
Max. number of nozzles with crown - Nr. massimo ugelli con corona - Numero máx boquillas con corona	20	28	32	32	nr.
Max. number of nozzles with lances - Nr. massimo ugelli con lance - Numero máx boquillas con lanzas	18	20	24	24	nr.
Specific thermal consumption Consumo termico specifico Consumo térmico específico	700+850	700+850	700+850	700+850	kcal/l H ₂ O
Spray-dried power temperature Temperatura polvere atomizzata Temperatura polvo atomizado	40+60	40+60	40+60	40+60	°C
Spray-dried powder moisture content Umidità polvere atomizzata Humedad polvo atomizado	4+7	4+7	4+7	4+7	%
EXHAUST AIR - ARIA ESAUSTA - AIRE CONSUMIDO					
Main electric fan - Elettroventilatore principale - Electroventilador principal					
Flow rate - Portata - Caudal	35000	50000	63000	87000	m ³ /h (100 °C; 1 bar)
Power - Potenza - Potencia	75	90	110	132	kW
Pressure - Pressione - Presión	400	400	400	400	mm H ₂ O
Separating cyclones - Cicloni separatori - Ciclones separadores	2	2	2	2	nr.
Exhaust air temperature - Temperatura aria in uscita - Temperatura aire a la salida	60+130	60+130	60+130	60+130	°C
DUST SEPARATOR - ABBATTITORE - ABATIDOR 100 et 30 mg/Nm³					
Minimum water consumption with re-circulation Consumo minimo acqua con ricircolo Consumo mínimo de agua con recirculación	1350	1930	2430	3350	l/h
Water consumption without re-circulation Consumo acqua senza ricircolo Consumo de agua sin recirculación	25000	36000	45000	62000	l/h

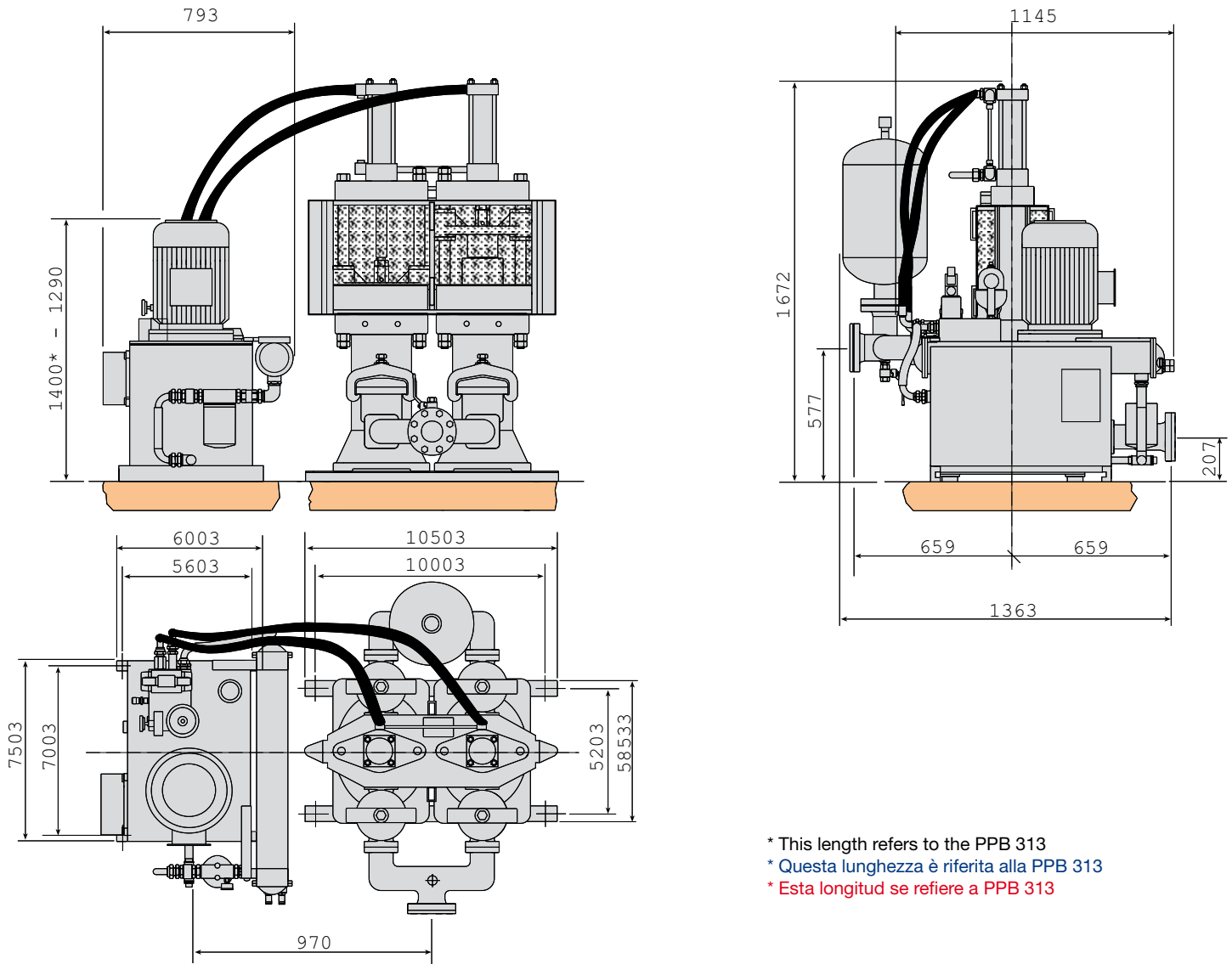
* ATM 36: With 1 slip pump - **Con 1 pompa barbottina** - **Con 1 bombas de barbotina**
ATM 52 - 65 - 90: With 2 slip pumps - **Con 2 pompe barbottina** - **Con 2 bombas de barbotina**

Plunger pumps
 Pompe a piston
 Bombas de embolos

	Max. capacity Portata massima Cadual màximo	Max. pressure Pressione massima Presiòn màxima	Operating pressure a range Campo di pressioni di esercizio Rango de presiones de ejercicio (bares)	Power requirements Potenza installata Potencia instalada	Cooling water flow rate to 20°C Potenza acqua raffreddamento Cadual agua de enfriamiento	Net weight Peso netto Peso neto	
	l/h	bar	bar	kW	l/min.	kg	
PPB	110	10.000	10	2÷10	11	10	1.300
	304	3.500	30	5÷30	7,5	10	1.300
	308	8.000	30	5÷30	15	20	1.300
	313	13.000	30	5÷30	22	20	1.350



Dimensions (mm)
 Dimensioni (mm)
 Dimensiones (mm)



* This length refers to the PPB 313
 * Questa lunghezza è riferita alla PPB 313
 * Esta longitud se refiere a PPB 313

- Pump ceramic slip, abrasive and dense liquids.
- Feed filter presses.
- Feed spray driers.

- Per pompaggio di barbotine ceramiche e di liquidi densi ed abrasivi.
- Per alimentazione delle filtro presse.
- Per alimentazione degli atomizzatori.

- Para el bombeo de barbotinas cerámicas y de líquidos espesos y abrasivos.
- Para la alimentación de las prensas filtradoras.
- Para la alimentación de los atomizadores.

METAL CLAMPED PUMPS

ORIGINAL SERIES



FEATURES

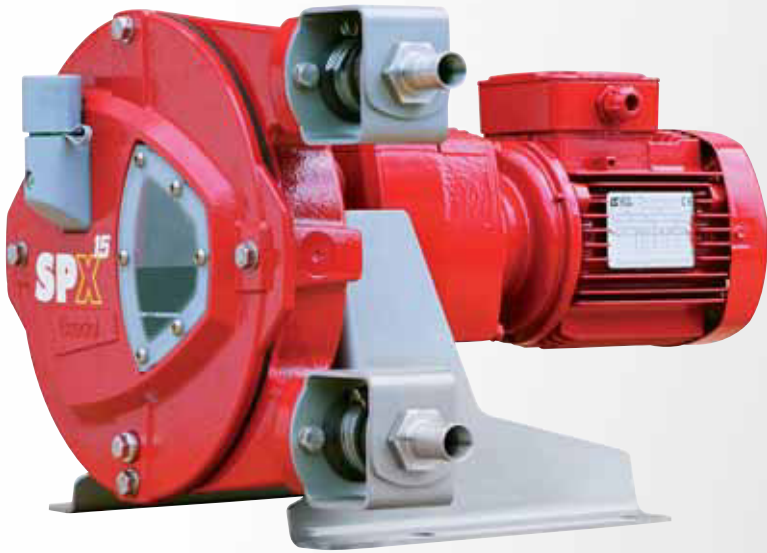
- ADS: Pro-Flo[®], Pro-Flo X[™], Turbo-Flo, Accu-Flo[™]
- Anti-freezing technology
- Large solids passage
- Portable & submersible
- Screen base options
- Multiple liquid connections available
- Lube-free options

TECH DATA

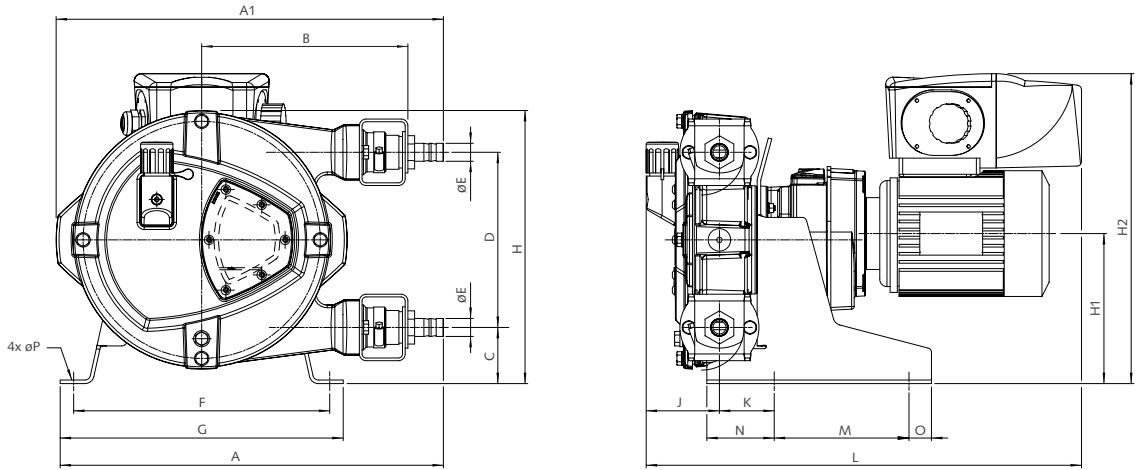
- Sizes: 6mm (1/4") through 102 mm (4")
- Materials: Aluminum, Ductile Iron, Stainless Steel, Alloy C
- Material Temperatures: Up to 176.7°C (350°F)
- Elastomers: Buna-N, Neoprene, EPDM, Viton[®], Wil-Flex[™], Saniflex[™], Polyurethane, PTFE

PERFORMANCE DATA

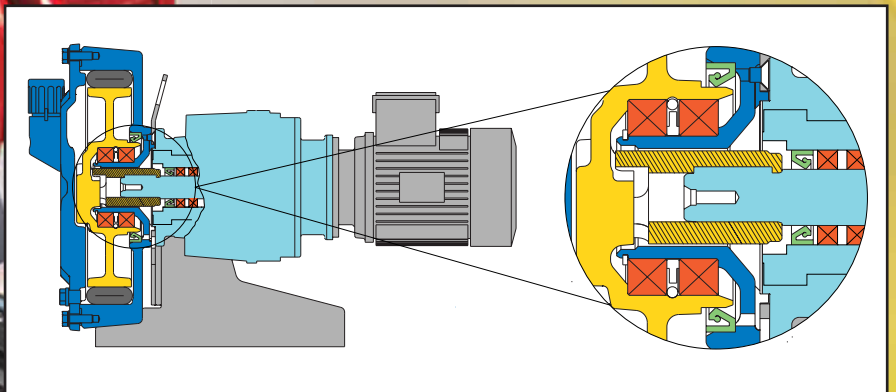
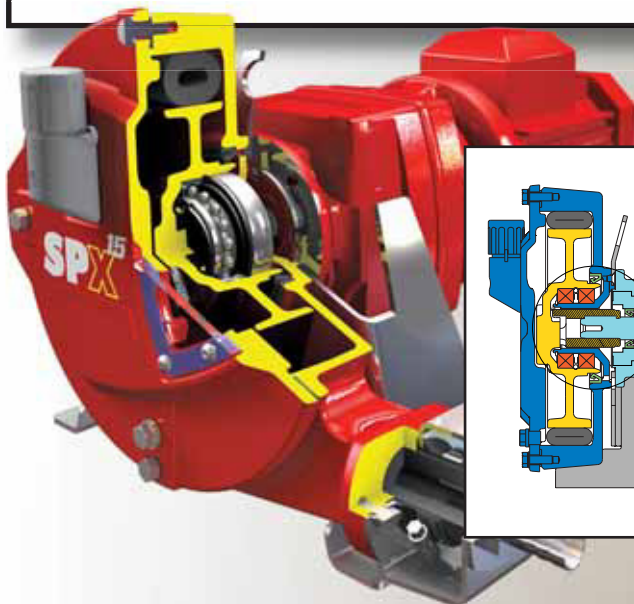
- Max. flow rate: 1211 lpm (320 gpm)
- Max. suction lift: 9.5 m (31.2') wet, 7.6 m (25.0') dry
- Max. disp. per stroke: 4.73 l (1.25 gal)
- Max. discharge pressure: 8.6 bar (125 psig)
- Max. solids passage: 35 mm (1-3/8")



SPX10 SPX15

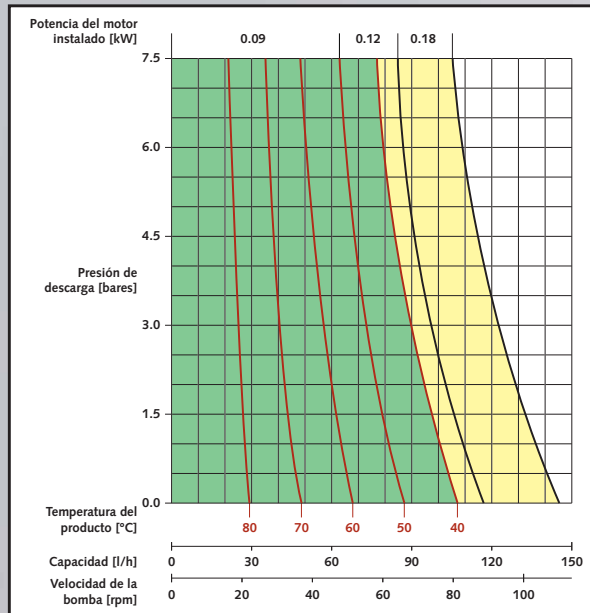


Tipo	A	A1	B	C	D	E	F	G	H	H1	H2 max	J	K	L max	L1	L2 max	M	N	O	P
SPX10	337	311	171	62	116	Ø16	235	265	225	127	319	78	51	522	46	398	150	65	25	Ø12
SPX15	427	431	230	63	195	Ø20	285	315	304	167	359	82	61	526	46	398	150	75	25	Ø12



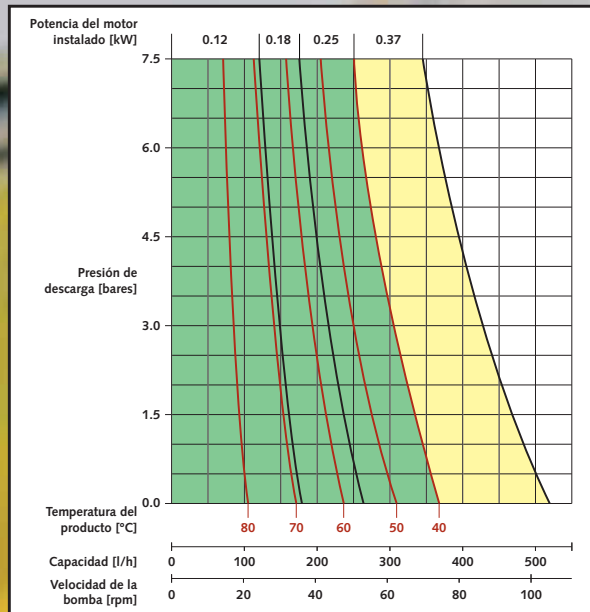
SPX10

- Caudal máximo: 145 l/h
- Capacidad: 0,022 l/rev
- Presión de descarga máxima: 750 kPa [7,5 bares]
- Diámetro interno del elemento de bombeo: Ø 10 mm
- Lubricante necesario: 0,25 litros
- Par inicial mínimo: 47 Nm



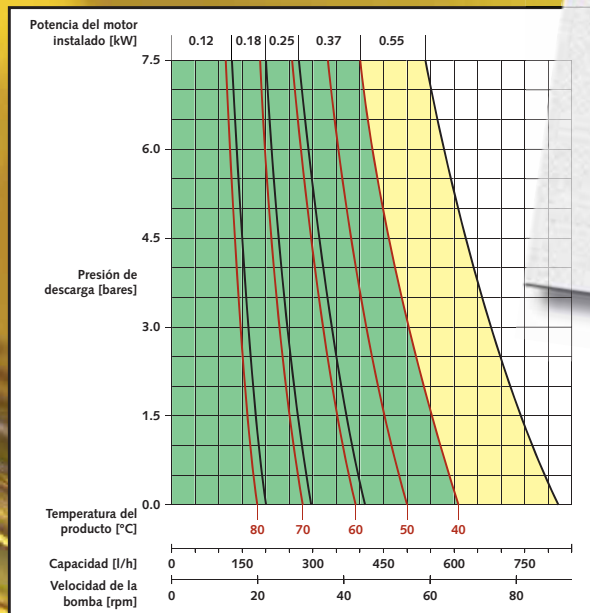
SPX15

- Caudal máximo: 520 l/h
- Capacidad: 0,083 l/rev
- Presión de descarga máxima: 750 kPa [7,5 bares]
- Diámetro interno del elemento de bombeo: Ø 15 mm
- Lubricante necesario: 0,5 litros
- Par inicial mínimo: 60 Nm



SPX15, con elemento de bombeo de 20 mm

- Caudal máximo: 820 l/h
- Capacidad: 0,152 l/rev
- Presión de descarga máxima: 750 kPa [7,5 bares]
- Diámetro interno del elemento de bombeo: Ø 20 mm
- Lubricante necesario: 0,5 litros
- Par inicial mínimo: 85 Nm



NOTA: LEER 'COMO UTILIZAR LAS CURVAS' EN LA PÁGINA 23

- Servicio continuo
- Servicio intermitente

Máximo de 2 horas de funcionamiento seguidas de una parada mínima de 1 hora



VISCOSIDAD ALTA Y BAJA

Durante la fabricación de aliños de ensalada y mayonesa de alta calidad, la forma en que la bomba SPX40 manipuló viscosidades de hasta 30.000 cP (y partículas que incluían semillas de mostaza, pequeñas alcaparras enteras, cebolla troceada, aceitunas cortadas, romero y pimientos rojos en dados) obtuvo una gran preferencia sobre el rendimiento de bombas de diafragma accionadas neumáticamente. El bombeo con bajo cizallamiento, que evita que el producto se licue o los ingredientes en partículas de los aliños sufran daños, se consideró una de las principales ventajas de la bomba peristáltica.

Bredel

TDT

Turbine-mixers Turbodissolutori Turbodiluidores

TDT turbo-mixers for the blunging of ceramic raw materials consist of a cylindrical tank made of thick electro-welded sheet steel with a rotor, fixed disperser and an internal cylinder lining made of special wear-resistant steel. The drive transmission unit consists of an electric motor and a parallel-axes reducer that is designed to withstand the axial and radial loads. The shaft to which the mobile rotor is attached is fixed on the reducer via a rigid coupling. The machine also features, as an optional, start up and speed control by way of an inverter-equipped control panel.

Los turbodiluidores TDT para disolver materias primas cerámicas están constituido por un depósito cilíndrico de chapa de acero electrosoldada, con rotor, dispersor fijo y coraza en el interior del cilindro de acero antidesgaste. El grupo de transmisión del movimiento está constituido por

I turbodissolutori TDT per la scioglitura di materie prime ceramiche sono costituiti da una vasca cilindrica in lamiera di acciaio elettrosaldato, con girante, dispersore fisso e corazza interna al cilindro in acciaio antiusura. Il gruppo di trasmissione del moto è costituito da un motore elettrico ed un riduttore ad assi paralleli idoneo per supportare i carichi assiali e radiali. Mediante un giunto rigido, sul riduttore viene fissato l'albero su cui è montata la girante mobile. La macchina prevede come optional l'avviamento e la regolazione della velocità con un quadro elettrico ad inverter.

un motor eléctrico y un reductor de ejes paralelos, adecuado para soportar cargas axiales y radiales. En el reductor se fija, mediante una unión rígida, el eje en el cual se monta el rotor móvil. La máquina prevé como opcional para el arranque y la regulación de la velocidad, un tablero eléctrico a inverter.



Technical features Caratteristiche tecniche Características técnicas		TDT 007	TDT 010	TDT 016
Width - Larghezza - Longitud	mm	2664	2990	3340
Height - Altezza - Altura	mm	5460	5770	5950
Diameter - Diametro - Diámetro	mm	2500	2800	3150
Motor power - Potenza motore - Potencia motor	kW	45	75	110
Speed - Velocità - Velocidad	r.p.m.	120	115	110
Turbine diameter - Diametro turbina - Diámetro turbina	mm	1080	1160	1300
Effective capacity - Capacità utile - Capacidad útil	m ³	7	10	16
Weight - Peso - Peso	kg	6950	9050	132000
Weight when fully loaded - Peso a pieno carico - Peso a plena carga	kg	17450	24050	37200



SACMI IMOLA S.C.
Via Selice Provinciale, 17/A
40026 Imola BO - Italy

Tel. +39 0542 607111
Fax +39 0542 642354
ceramics@sacmi.it - www.sacmi.com

ASP slip stirrers

Agitatori per barbotina ASP

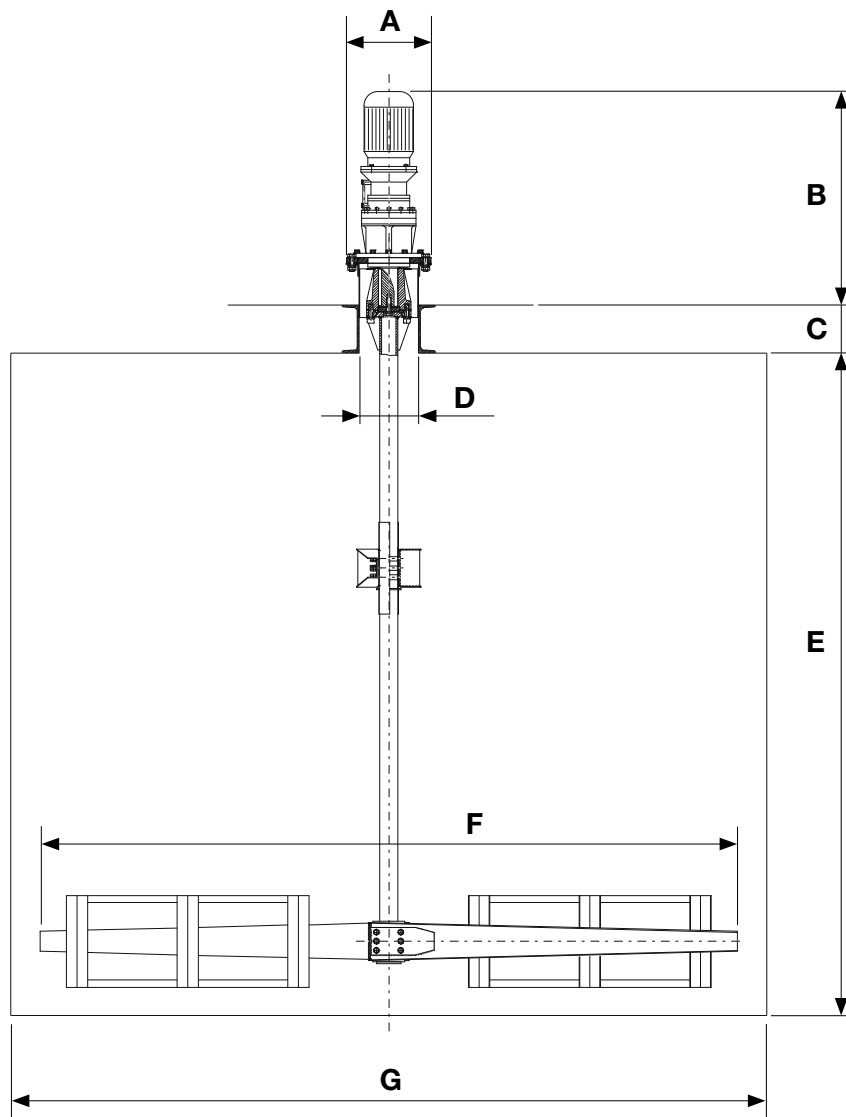
Agitadores para barbotina ASP

These are used to keep water-clay (slip) or water and ground solids in suspension. They consist of a drive unit with a sealed 3-phase electric motor, directly coupled to an epicycloidal speed reduction unit. A high tensile steel shaft carrying two pairs of Aisi 304 stainless steel blades is attached to and rotated by the drive unit.

Vengono utilizzati per mantenere in sospensione miscele d'acqua-argilla (barbotina) o acqua e solidi macinati.

Costituiti da: gruppo di moto composto da motore elettrico trifase a costruzione chiusa calettato direttamente ad un gruppo di riduzione della velocità di tipo epicicloidale. Al gruppo di moto è collegato rigidamente e trascinato in rotazione un albero in acciaio ad alta resistenza che porta due coppie di pale in acciaio inox Aisi 304.

Se utilizan para mantener en suspensión mezclas de agua-arcilla (barbotina) o de agua y sólidos triturados. Constan de: un grupo de mando compuesto por motor eléctrico trifásico de construcción cerrada ensamblado directamente en un grupo reductor de la velocidad de tipo epicicloidale. Al grupo de mando está acoplado rígidamente un árbol giratorio en acero de alta resistencia que lleva dos pares de palas de acero inox Aisi 304.



Dimensions - Dimensiones

DIMENSIONI (mm)	ASP 204	ASP 210	ASP 225	ASP 250
A	380 x 380	460 x 460	630 x 630	950 x 950
B	750	950	1150	1350
C	140	260	260	260
D	260 x 260	325 x 325	400 x 400	710 x 710
E Vasca standard *	2000	3220	3220	3220
F Palettamento in acciaio **	1280 ÷ 2000	2680 ÷ 2780	4130 ÷ 4930	6410 ÷ 6810
G Vasca standard ***	F + 100 ÷ 200	F + 300 ÷ 400	F + 300 ÷ 600	F + 300 ÷ 600

* Standard tank - Tanque estándar

** Steel blades - Palas de acero

*** Standard tank - Tanque estándar

	ASP 204	ASP 210	ASP 225	ASP 250
Potenza motore a 50 Hz (kW) *	3	7,5	11	22
Giri al minuto motore a 50 Hz **	1450	1450	1450	1450
Giri al minuto pale a 50 Hz ***	16	12	9	6
Peso gruppo motoriduttore (c.ca.) ⁽¹⁾ (kg) ****	500	280	460	800
Capacità della vasca ⁽²⁾ (m ³) *****	5 ÷ 11	16 ÷ 42	50 ÷ 75	100 ÷ 200

* Motor power at 50 Hz (kW)

Potencia motor a 50 Hz (kW)

** Motor RPM at 50 Hz

Rev. por minuto motor a 50 Hz

*** Blades RPM at 50 Hz

Rev. por minuto palas a 50 Hz

**** Geared motor unit weight (c.ca.) (kg)

Peso grupo motorreductor (aprox.) (kg)

***** Tank capacity (m3)

Capacidad del tanque (m3)

- Weights do not include shaft and stirrer blades.
- Capacity data is indicative only and may vary as a function of the material to be stirred.

- I pesi si intendono con esclusione dell'albero e del palettamento.
- I dati di capacità non sono impegnativi e possono variare in funzione del materiale da agitare.

- Los pesos se entienden con exclusión de árbol y palas.
- Los datos relativos a la capacidad no son vinculantes y son susceptibles de variación en función del material a agitar.

Vibrovagli per barbottina ceramica SPB 121



Questi setacci, per la loro vibrazione ad alta frequenza, sono le macchine ideali per la setacciatura di barbottine ceramiche. La struttura in acciaio inox della parte vibrante garantisce l'assenza di qualsiasi contaminazione del prodotto da setacciare. Caratteristiche importanti delle macchine durante il funzionamento sono la silenziosità e la pulizia. La produttività del setaccio dipende fondamentalmente dalla finezza di macinazione, dalla densità e dalla viscosità della barbottina. Riportiamo alcuni valori di produzione oraria solo a titolo orientativo nella tabella di seguito riportata.

Schwingsiebe für keramischlicker

Durch ihre Hochfrequenzschwingungen sind diese Siebe ideale Maschinen für das Sieben des Keramikschlickers. Das Gestell des schwingenden Teils aus rostfreiem Stahl verhindert eine Verschmutzung des zu siebenden Produkts. Die Maschinen zeichnen sich während des Betriebs durch ihre Geräuscharmheit und Sauberkeit aus. Die Produktivität des Siebs hängt weitgehend von der

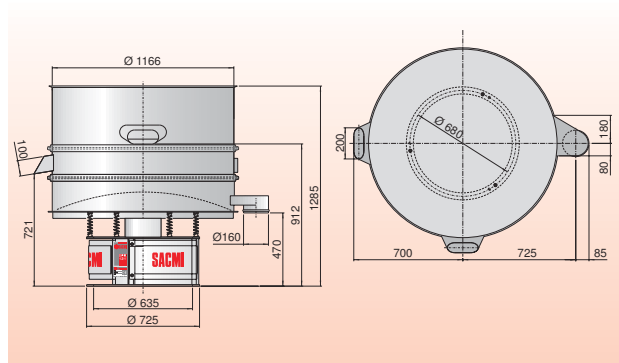
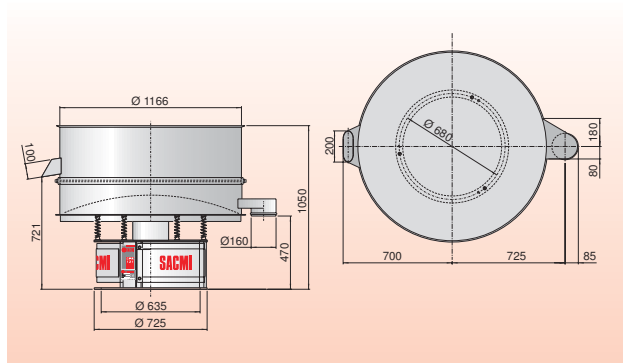
Mahlfeinheit, der Dichte und der Viskosität des Schlickers ab. Richtwerte zur Stundenproduktion sind in der nachstehenden Tabelle aufgeführt.

Vibrating screens for ceramic slip

These screens, owing to their high frequency vibration, are the ideal machines for slip sifting. The stainless steel structure of the vibrating parts guarantees that the product to be sifted will in no way be contaminated. Important machine characteristics are low-noise operation and cleanliness. Screen productivity basically depends on the fineness of milling, density and viscosity of the slip. The following table shows hourly machine production values. Such values are only to be taken as a rough guide.

Vibrotamices para barbotina ceramica

Estos tamices, por su vibración a alta frecuencia, son las máquinas ideales para el tamizado de barbotinas cerámicas. La estructura en acero inox de la parte vibrante hace que el producto a tamizar sea totalmente exento de contaminación. Características importantes de las máquinas durante el funcionamiento son la silenziosidad y la limpieza. La productividad del tamiz depende esencialmente de la finura de la molienda, de la densidad y de la viscosidad de la barbotina. Para su información, en la tabla que viene a continuación, se relacionan algunos valores de producción horaria.



Vibrosetaccio per barbottina e polvere atomizzata

SV 2C 600x900

SERIE
VIBROVAGLI



Questo tipo di setaccio viene particolarmente utilizzato nella setacciatura della barbottina ceramica e della polvere atomizzata. Viene quindi normalmente installato direttamente allo scarico dei mulini continui e dell'atomizzatore.

Si distingue per la sua costruzione semplice e robusta e per la struttura in lega di alluminio resistente alla corrosione. A titolo orientativo riportiamo alcuni valori di produzione oraria, nella tabella che segue.

Schwingsieb für Schlicker und sprühgetrocknete Massen

Dieser Siebtyp wird insbesondere beim Hauptsieben des Keramikschlickers und der sprühgetrockneten Massen eingesetzt. Normalerweise wird es direkt am Auslauf der Mühlen und des Sprühtrockners installiert.

Es ist durch eine einfache und robuste, in korrosionsbeständiger Aluminiumlegierung ausgeführte Konstruktion gekennzeichnet.

Richtwerte zur Stundenproduktion sind in der nachstehenden Tabelle aufgeführt.

Vibrating screens for slip and spray-dried powder

This type of screen is used in primary sifting of ceramic slip and spray-dried powder. It is thus normally installed at the mill or spray drier outlet.

It is distinguished by its simple, sturdy construction and its corrosion-resistant aluminium structure.

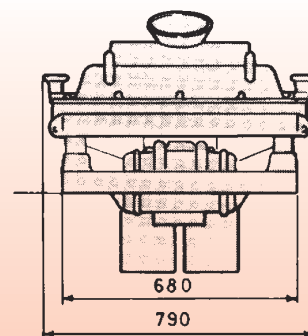
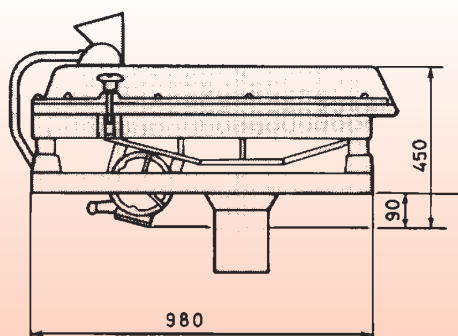
The following table gives indicative production values.

Vibrotamiz para barbotina y polvo atomizado

Este tipo de tamiz se utiliza especialmente para el tamizado primario de la barbotina cerámica y del polvo atomizado. Por eso suele instalarse directamente donde la descarga de los molinos y del atomizador.

Destaca por su fabricación simple y robusta y para la estructura en aleación de aluminio resistente al desgaste.

Para su orientación, en la tabla que viene a continuación están reflejados algunos valores de producción horaria.



CARATTERISTICHE TECNICHE TECHNISCHE MERKMALE

	BARBOTTINA CERAMICA - SLIP				
	MONOCOTTURA BIANCA WHITE SINGLE-FIRING d=1,7 kg/dm ³ v=2,5 °E (**)		MONOCOTTURA ROSSA RED SINGLE-FIRING d=1,6 kg/dm ³ v=2,5 °E (**)		SANITARI SANITARY WARE d=1,75 kg/dm ³ v=3 °E
MODELLO VIBROVAGLIO Vibrating screen model Schwingsiebmodell Modelo vibrotamiz	SPB121	SV2C	SPB121	SV2C	SPB121
RETE Net Siebboden (maglie/cm2) Red	2190	6,4	1568	6,4	1568
PRODUZIONE Production Produktion (kg/h) (*) Produccion de barbotina	5700	90000	7000	90000	7000
VELOCITÀ VIBRATORE Vibrating screen speed Vibratorgeschwindigkeit (giri/min) Velocidad vibrador	1430	2900	1430	2900	1430
POTENZA MOTORE Motor power Motorleistung (kW) Potencia motor	0,73	0,495	0,73	0,495	0,73
SUPERFICE UTILE DI SETACCIATURA Working sifting area Nutzbare siebfläche (m2) Superficie util de tamizado	1,10	0,39	1,10	0,39	1,10
NUMERO DI RETI SETACCIANTI Number of sifting meshes Anzahl an siebböden Numero redes de tamizado	1 ÷ 2	1	1 ÷ 2	1	1 ÷ 2
PESO MACCHINA 1 PIANO Machine weight 1 level Maschinengewicht bei 1stufe (kg) Peso maquina 1 plano	210	30	210	30	210
PESO MACCHINA 2 PIANI Machine weight 2 levels Maschinengewicht bei 2 stufen (kg) Peso maquina 2 planos	240	50	240	50	240
Ø UTILE DEL VAGLIO Working Ø of net Nutzbarer Ø des siebs (mm) Ø Util del tamiz	1160	460x850	1160		1160

(*)NOTA: i valori di produzione di barbotina si riferiscono a versioni di macchina ad una rete setacciante. Con vibrovagli a due reti setaccianti
(**) NOTA: molto importante la condizione reologica, la densità ed il residuo di macinazione.

(*)NOTE: slip production values only refer to machine versions with one sifting net. With vibrating screens having two sifting nets, production
(**) NOTE: the rheological condition, density, and residue of milling are very important.

(*) ANMERKUNG: Die Produktionswerte für den Schlicker beziehen sich auf Maschinenversionen mit einem Siebboden. Bei Schwingsieben mit
(**) ANMERKUNG: Sehr wichtig sind rheologische Bedingungen, Dichte und Mahlrückstand.

(*) NOTA: los valores de producción de barbotina corresponden a versiones de la máquina con una red de tamizado. En los vibrotamices con
(**)NOTA: sumamente importante la condición reológica, la densidad y el residuo de molienda.

TECHNICAL FEATURES

CARACTERISTICAS TECNICAS

SERIE
VIBROVAGLI

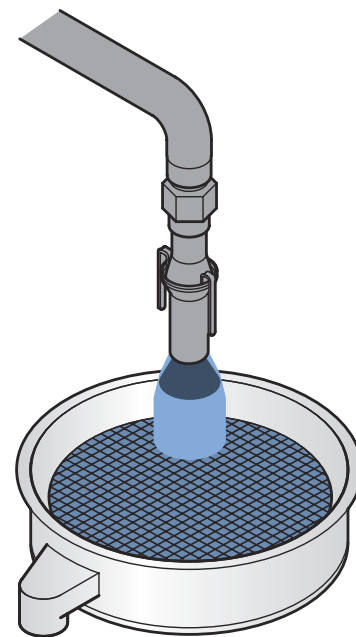
POLVERE ATOMIZZATA SPRAY - DRIED POWDER			SMALTO CERAMICO GLAZE		
umidità humidity 4%	umidità humidity 6%		d=1,8 kg/dm ³ v=5,5 °E		
PL120	SV2C	SPL120	VV1	SPS600	SPS900
25,3	1,16	25,3	400	2540	2540
17.000	30000	15000	3500	150(**)	300(**)
1430	2900	1430	2900	2900	2900
1,1	0,495	1,1	0,130	0,42	0,736
1,1	0,39	1,1	0,14	0,255	0,600
1	1	1	1	1	1
350	30	350	35	72	185
1160		1160		570	860

amente, si ottengono produzioni maggiorate del 30%.

ses by about 30%.

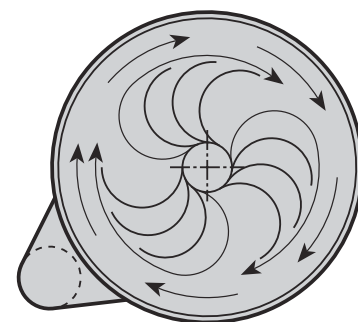
Siebböden ergibt sich im Schnitt eine um 30% gesteigerte Produktion.

es de tamizado, mediamente, se logran producciones incrementadas en un 30%.



A

Schema alimentazione materiale per vibrovagli tipo SPB 121/SPS600/900.
Material input plan for vibrating screens type SPB 121/SPS600/900.
Materialbeschickungsplan für Schwingsiebe des Typs SPB 121/SPS600/900.
Esquema alimentación material para vibratamices tipo SPB 121/SPS600/900.



B

Esempio di corretto comportamento del prodotto sul setaccio.

Example of correct product behaviour in the screen.

Beispiel für das richtige Verhalten des Produkts im Sieb.

Ejemplo de comportamiento correcto del producto sobre el tamiz.

DESFERRIZADORES - Líquidos

DLP 142-205-245-300-350-400



Filtro electromagnético con funcionamiento a PRESIÓN para esmaltes, barbotinas y agua.

El principio de funcionamiento garantiza un contacto estrecho entre el líquido y las rejillas magnéticas de amplia superficie, asegurando una elevada eficiencia de desferrización.

Características constructivas

- Conexiones roscadas hembra.
- Electrobobina alimentada en corriente continua.
- Rejillas reforzadas en acero inoxidable MAGNÉTICO.
- Tablero eléctrico de mando con protección IP54.



Características técnicas	142	205	245	300	350	400
Potencia eléctrica (Watt)	220	300	400	600	800	1000
Caudal máx. (dm ³ /h)	2500	6000	12000	16000	24000	34000
Presión máx. de funcionamiento (bar)	10	8	8	6	5	5
Peso (kg)	74	100	180	305	460	650

Uso

- Desferrización de aguas, barbotinas y esmaltes cerámicos.

Ventajas

- Óptima eficiencia de depuración ferromagnética en caso de impurezas particularmente finas.
- Facilidad de limpieza gracias a la extracción del campo magnético.

Caratteristiche tecniche/Technical characteristics

DIMENSIONI Dimensions		CAPACITA'/Capacity		DIMENSIONI Dimensions		CAPACITA'/Capacity	
		con CONO 60° with cone 60°	con FONDO PIANO with flat bottom			con CONO 60° with cone 60°	con FONDO PIANO with flat bottom
Ø	H.	m³	m³	Ø	H.	cubic feet	cubic feet
mm	mm			foot	foot		
2000	3900	6,6	7,8	6' 7"	12' 10"	235,8	278,6
2000	4900	10	11,2	6' 7"	16' 1"	357,2	400
2000	6000	13,3	14,5	6' 7"	19' 8"	475	517,9
2000	7000	16,4	17,6	6' 7"	23' 0"	585,8	628,6
2000	7500	18	19,2	6' 7"	24' 7"	643	685,8
2000	9000	22,7	23,9	6' 7"	29' 6"	810,8	853,6
2000	10000	25	26,2	6' 7"	32' 10"	892,9	935,8
2000	10500	26,5	27,7	7' 10"	34' 5"	946,6	989,5
2400	4600	12	14,2	7' 10"	15' 3"	428,6	507,2
2400	5050	14	16,2	7' 10"	16' 9"	500	578,6
2400	6000	19	21,2	7' 10"	19' 4"	678,7	757,3
2400	7500	25	27,2	7' 10"	24' 7"	892,9	971,5
2400	9000	32	34,2	7' 10"	29' 8"	1142,9	1221,5
2400	9100	33	35,2	7' 10"	29' 10"	1178,8	1257,4
2400	10700	39	41,2	7' 10"	35' 1"	1392,9	1471,5
2400	12300	46	48,2	7' 10"	40' 4"	1642,9	1721,5
2400	13100	50	52,2	7' 10"	43' 0"	1785,8	1864,3
3000	9000	45	52	9' 10"	29' 6"	1607,2	1857,2
3000	9800	51	58	9' 10"	32' 2"	1821,7	2071,8
3000	11200	60	67	9' 10"	36' 9"	2142,9	2392,9
3000	12500	70	77	9' 10"	41' 0"	2500	2750
3000	13300	75	82	9' 10"	43' 8"	2678,6	2928,6
3000	13700	78	85	9' 10"	44' 11"	2785,8	3035,8
3000	14600	83,5	90,5	9' 10"	47' 11"	2982,2	3232,2
3000	16800	100	107	9' 10"	55' 1"	3571,5	3821,5
3500	8000	50	-	11' 6"	26' 3"	1785,8	-
3500	10500	75	-	11' 6"	34' 5"	2678,6	-
3500	12500	100	-	11' 6"	41' 0"	3571,5	-
3500	15500	125	-	11' 6"	50' 10"	4464,3	-
3500	19500	150	-	11' 6"	64' 0"	5357,2	-
3500	20000	170	-	11' 6"	65' 7"	6071,5	-
4000	9500	75	-	13' 1"	31' 2"	2678,6	-
4000	11000	100	-	13' 1"	36' 1"	3571,5	-
4000	13000	125	-	13' 1"	42' 8"	4464,3	-
4000	15000	150	-	13' 1"	49' 3"	5357,2	-
4000	17500	170	-	13' 1"	57' 5"	6071,5	-
4000	19500	200	-	13' 1"	64' 0"	7142,9	-

Oltre alle dimensioni sopra riportate, a richiesta realizziamo contenitori di forma e dimensioni diverse da quelle indicate, con capacità anche superiori a 200 m³. - In addition to the above-mentioned dimensions, we are able to manufacture silos of other shapes and sizes upon request, with capacities in excess of 200 m³.

Atex  **Ex** 

Ogni macchina o componente **TECHNOSILOS** viene progettata e costruita nel pieno rispetto delle Direttive vigenti in termini di sicurezza, affidabilità ed igienicità.

*Each machine or component made by **TECHNOSILOS** is designed and built in full compliance with the Regulations in force as regards safety, reliability and hygiene.*

Acciaio inox
Stainless steel

Acciaio inox* - Stainless steel*

EN 10027-1	AISI / ASTM
X5CrNi18-10	304
X2CrNi19-11	304L
X5CrNiMo17-12	316
X2CrNiMo17-13	316L
X20Cr13	420

≠ **IT** • **TECHNOSILOS** progetta e costruisce impianti completi di stoccaggio, trasporto, dosaggio di prodotti in polvere, in granuli e liquidi. Sistemi di supervisione ed automazione impianti.

≠ **EN** • **TECHNOSILOS** design and build complete storage, handling and batching systems for powdery, liquid and granulated products, as well as plant supervision and automation systems.

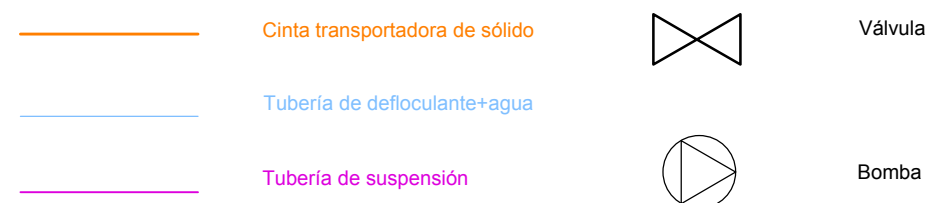
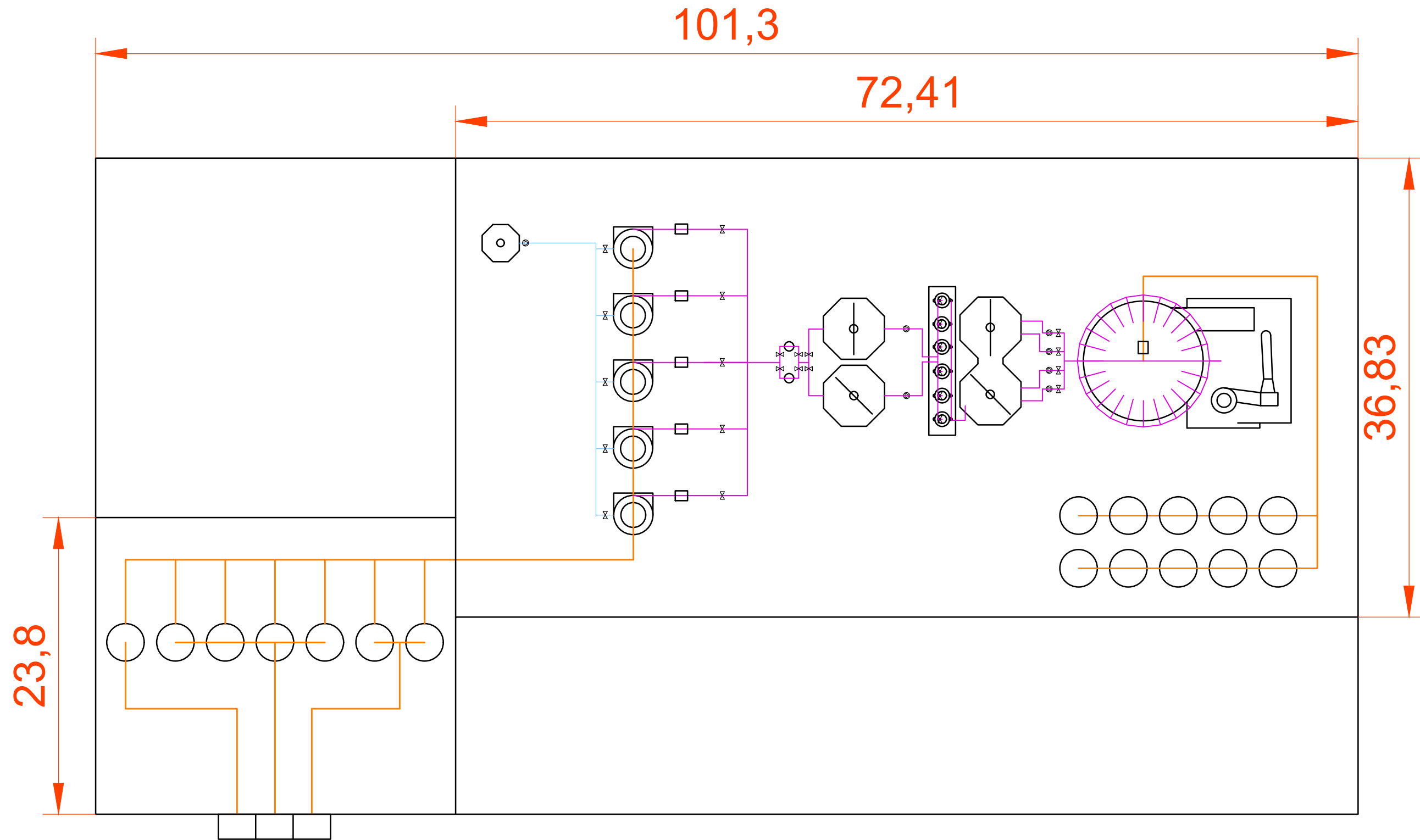
Documento 3: Planos

Índice

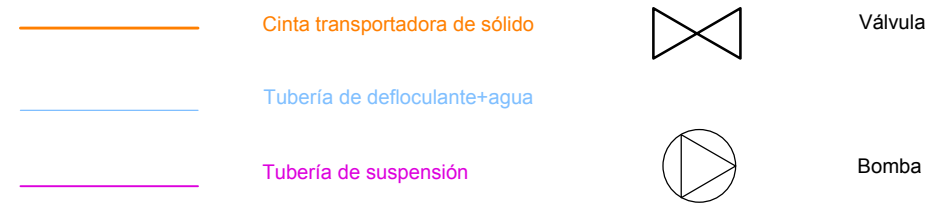
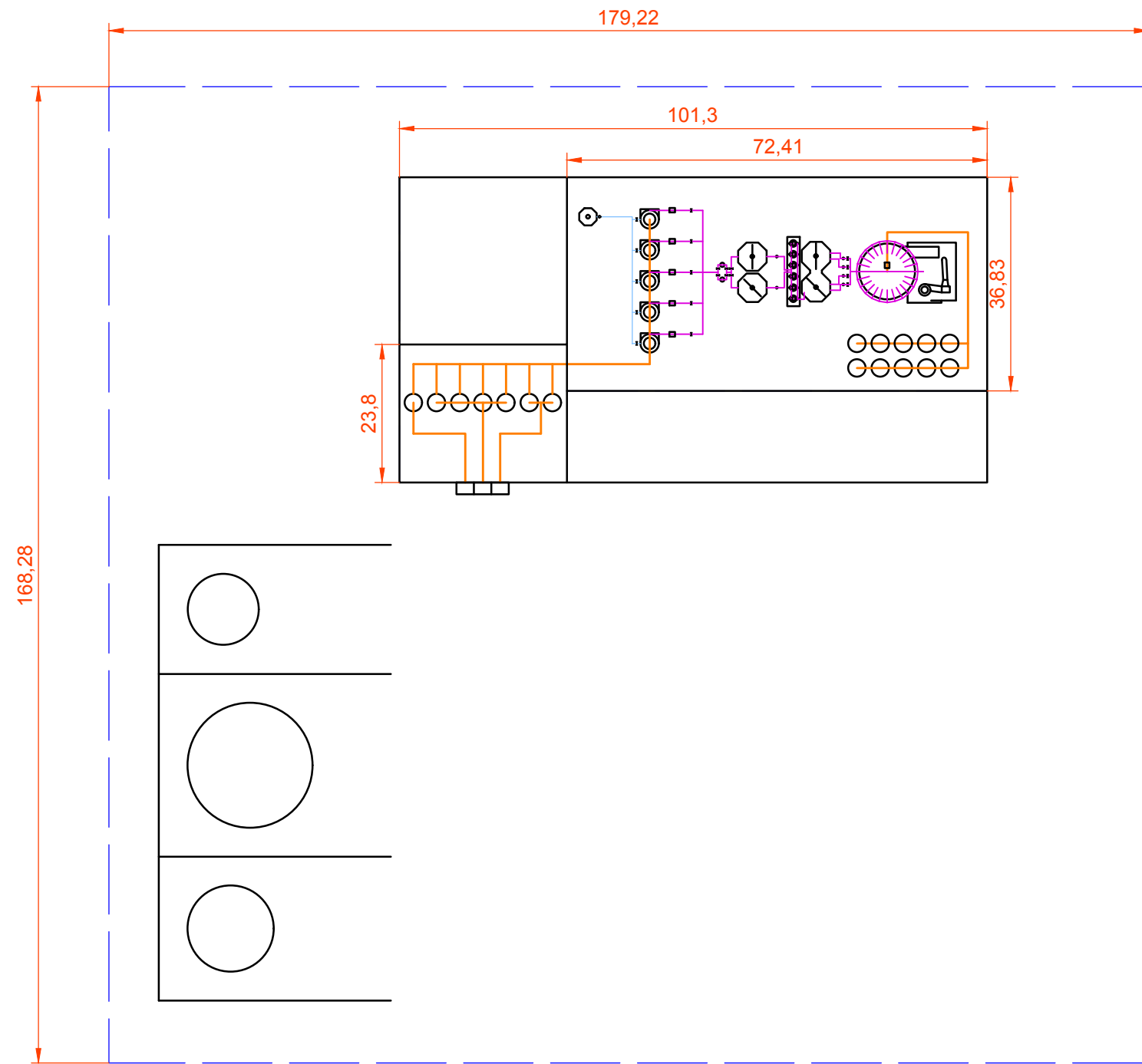
Plano 1: Planta de preparación de polvo de prensas (Nave)

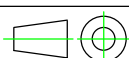
Plano 2: Planta de preparación de polvo de prensas

Plano 3: Planta de preparación de polvo de prensas (Nave de atomizado)



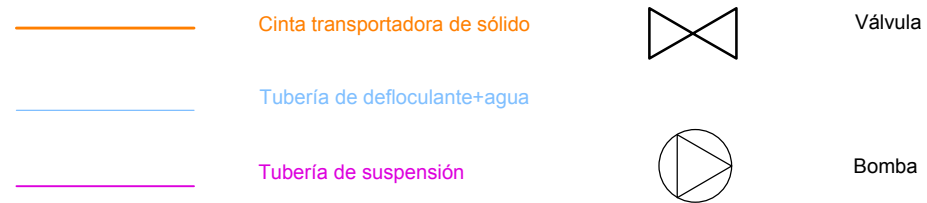
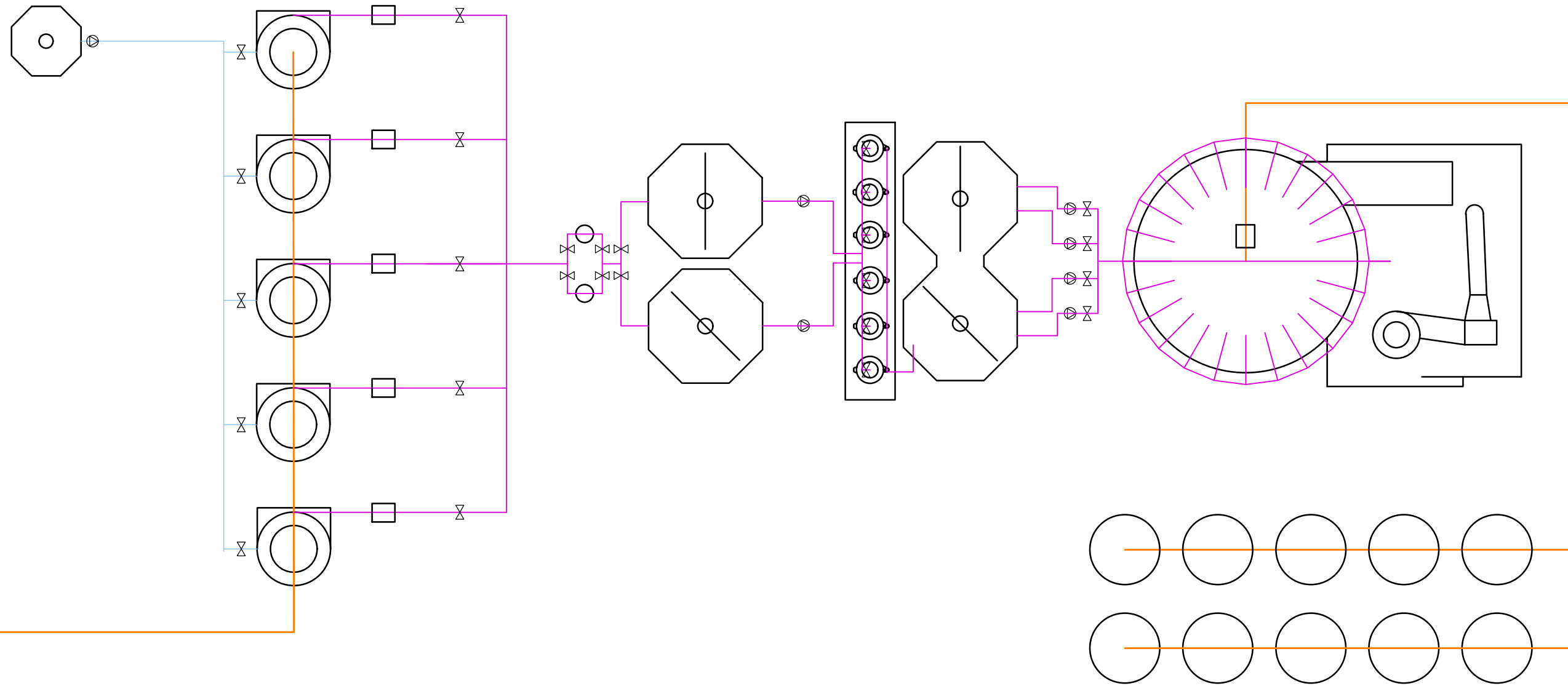
I. Química	Escala 1:300	Titulo Planta de fabricación de polvo de prensas	
	Uni. dimensional m		
TFG		Jose Manuel González Dávila	Num. plano 1



I. Química	Escala 1:100	Titulo Planta de fabricación de polvo de prensas	
	Uni. dimensional cm		
TFG		Jose Manuel González Dávila	Num. plano 2

72,41

36,83



I. Química	Escala	Título	
	1:500	Planta de fabricación de polvo de prensas	
TFG	Uni. dimensional	Jose Manuel González Dávila	Num. plano
	cm		

Documento 4:

Pliego de Condiciones

Índice

1.	Condiciones Generales	1
1.1.	Introducción	1
1.1.1.	Objeto	1
1.1.2.	Documentación.....	1
1.2.	Condiciones Legales	1
1.2.1.	Contrato de Obra	1
1.2.2.	Documentación del contrato de obra.....	1
1.2.3.	Proyecto arquitectónico	2
1.2.4.	Reglamentación urbanística	2
1.2.5.	Formalización del Contrato de Obra	3
1.2.6.	Jurisdicción Competente	3
1.2.7.	Responsabilidad del Contratista	3
1.2.8.	Seguridad e Higiene en el Trabajo	3
1.2.9.	Seguridad.....	4
1.2.10.	Accidentes	4
1.2.11.	Copias del Proyecto.....	4
1.2.12.	Causas de Rescisión	4
1.3.	Condiciones Facultativas	6
1.3.1.	Agentes de la Edificación Definiciones y Atribuciones.....	6
1.3.2.	Obligaciones de los agentes de la Construcción	8
1.3.3.	Dirección Facultativa	13
1.3.4.	Visitas Facultativas.....	14
1.4.	Condiciones Económicas	14
1.4.1.	Condiciones Generales	14

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de plato de
porcelana

1.4.2.	Criterios de Valoración	15
1.4.3.	Modos de pago	18
1.4.4.	Penalizaciones	18
1.4.5.	Liquidaciones	19
2.	Condiciones Técnicas.....	20
2.1.	Objeto.....	20
2.2.	Prescripciones sobre los materiales	20
2.2.1.	Garantía de calidad (Marcado CE)	20
2.3.	Aceros de Perfiles Laminados	22
2.3.1.	Condiciones de suministro.	22
2.3.2.	Recepción y control.....	22
2.3.3.	Conservación, almacenamiento y manipulación.	22
2.3.4.	Recomendaciones para su uso en obra.	23
2.4.	Tubos de Acero	23
2.4.1.	Condiciones de suministro.	23
2.4.2.	Recepción y Control.....	23
2.4.3.	Conservación, almacenamiento y manipulación.	23
2.5.	Accesorios de la instalación receptora.....	23

1. Condiciones Generales

1.1. Introducción

1.1.1. Objeto

El objetivo de este apartado es el de fijar los criterios de la relación entre los agentes que intervienen en las obras definidas en el presente proyecto, sirviendo de base para la relación del contrato de obra entre el Promotor y el Contratista.

1.1.2. Documentación

El presente pliego forma parte de la documentación del proyecto, que se cita y regirá en las obras para la realización del mismo.

La Dirección Facultativa podrá suministrar los planos o documentos de obra que considere necesarios a lo largo de la misma, y en el Libro de Órdenes y Asistencias, que estará en todo momento en la obra, podrá fijar cuantas órdenes o instrucciones crea oportunas con indicación de la fecha y la firma de dicha Dirección, así como la del enterado del contratista, encargado o técnico que lo represente.

1.2. Condiciones Legales

1.2.1. Contrato de Obra

El presente contrato tiene por objetivo la realización de una planta de preparación de polvo de prensas para platos de porcelana. Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. A tal fin, el Director de obra ofrece la documentación necesaria para la realización del contrato de obra.

1.2.2. Documentación del contrato de obra

Integran el contrato de obra los siguientes documentos, relacionados por orden de prelación atendiendo al valor de sus especificaciones, en el caso de posibles interpretaciones, omisiones o contradicciones:

Las condiciones fijadas en el contrato de obra.

- El presente Pliego de Condiciones.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

- La documentación gráfica y escrita del Proyecto: planos generales y de detalle, memorias, anejos, mediciones y presupuestos.

En caso de interpretación prevalecen las especificaciones literales sobre las gráficas y las cotas sobre las medidas a escala tomadas de los planos.

1.2.3. Proyecto arquitectónico

El Proyecto Arquitectónico es el conjunto de documentos que definen y determinan las exigencias técnicas, funcionales y estéticas de las obras contempladas en el artículo 2 de la Ley de Ordenación de la Edificación. En él se justificará técnicamente las soluciones propuestas de acuerdo con las especificaciones requeridas por la normativa técnica aplicable. Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos sobre tecnologías específicas o instalaciones del edificio, se mantendrá entre todos ellos la necesaria coordinación, sin que se produzca una duplicidad en la documentación ni en los honorarios a percibir por los autores de los distintos trabajos indicados.

Los documentos complementarios al Proyecto serán:

- Todos los planos o documentos de obra que, a lo largo de la misma, vaya suministrando la Dirección de obra como interpretación, complemento o precisión.

- El Libro de Órdenes y Asistencias

- El programa de Control de Calidad de Edificación y su libro de Control.

- El Estudio Básico de Seguridad y Salud en las obras.

- El Plan de Seguridad y Salud en el trabajo, elaborado por cada Contratista.

- Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.

- Licencias y otras autorizaciones administrativas.

1.2.4. Reglamentación urbanística

La obra a construir se ajustará a todas las limitaciones del proyecto aprobado por los organismos competentes, especialmente las que se refieren al volumen, alturas, emplazamiento y ocupación del solar, así como a todas las condiciones de reforma del proyecto que pueda exigir la Administración para ajustarlo a las ordenanzas, a las Normas y al Planteamiento Vigente.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

1.2.5. Formalización del Contrato de Obra

Los Contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública, a petición de cualquiera de las partes. El cuerpo de estos documentos contendrá:

- La comunicación de la adjudicación.
- La copia del recibo de depósito de la fianza (en caso de que se haya exigido).
- La cláusula en la que se exprese, de forma categórica, que el Contratista se obliga al cumplimiento estricto del contrato de obra, conforme a lo previsto en este Pliego de Condiciones, junto con la Memoria y sus Anexos, el Estado de Mediciones, Presupuestos, Planos y todos los documentos que han de servir de base para la realización de las obras definidas en el presente Proyecto.

1.2.6. Jurisdicción Competente

En el caso de no llegar a un acuerdo cuando surjan diferencias entre las partes, ambas quedan obligadas a someter la discusión de todas las cuestiones derivadas de su contrato a las Autoridades y Tribunales Administrativos con arreglo a la legislación vigente, renunciando al derecho común y al fuero de su domicilio, siendo competente la jurisdicción donde estuviese ubicada la obra.

1.2.7. Responsabilidad del Contratista

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto. En consecuencia, quedará obligado a la demolición y reconstrucción de todas las unidades de obra con deficiencias o mal ejecutadas, sin que pueda servir de excusa el hecho de que la Dirección Facultativa haya examinado y reconocido la construcción durante sus vistas de obra, ni que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

1.2.8. Seguridad e Higiene en el Trabajo

El Contratista se obliga a lo establecido en la Ley de Contratos de Trabajo y además a lo dispuesto por la de Accidentes de Trabajo, Subsidio Familiar, Seguros Sociales, a las disposiciones de "Seguridad e Higiene en el Trabajo" y demás disposiciones vigentes de carácter laboral y de seguridad.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

1.2.9. Seguridad

En casos de accidentes ocurridos a los operarios, con motivo y en el ejercicio de los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto, a estos respectos, en la legislación vigente, siendo, en todo caso, único responsable de su incumplimiento y sin que, por ningún concepto pueda quedar afectada la propiedad por responsabilidad en cualquier aspecto.

El Contratista está obligado a adoptar las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúan, para evitar, en lo posible, accidentes a los obreros o a los viandantes en todos los lugares peligrosos de la obra o instalación.

De los accidentes o perjuicios de todo género que, por no cumplir el Contratista lo legislado sobre la materia, pudieran acaecer o sobrevenir, será éste el único responsable, o sus representantes en la obra, ya que se considera que en los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar debidamente dichas disposiciones legales.

1.2.10. Accidentes

El Contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las contiguas. Será, por tanto, de su cuenta, el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiera lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras.

El Contratista cumplirá los requisitos que prescriben las disposiciones vigentes sobre la materia, debiendo exhibir, cuando ello fuere requerido, el justificante de tal cumplimiento.

1.2.11. Copias del Proyecto

El Contratista tiene derecho a sacar copias, de los planos, presupuestos y pliegos de condiciones y demás documentación del proyecto.

El Ingeniero, si el Contratista lo solicita, autorizará estas copias con su firma, una vez confrontadas.

1.2.12. Causas de Rescisión

Se considerarán causas suficientes de rescisión las que a continuación se señalan:

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de
porcelana

1) La muerte o incapacidad del Contratista.

2) La quiebra del Contratista.

En los casos anteriores, si los herederos o síndicos ofrecieran llevar a cabo las obras, bajo las mismas condiciones estipuladas en el Contrato, el Propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que en este último caso tengan aquéllos derecho a indemnización alguna. Las alteraciones del Contrato por las causas siguientes:

a) La modificación del Proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo, a juicio del Director de obra o instalación y, en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto de Ejecución Material, como consecuencia de estas modificaciones, represente, en más o menos, del 40%, como mínimo, de alguna de las unidades del Proyecto modificadas.

b) La modificación de unidades de obra, siempre que estas modificaciones representen variaciones en más o menos, del 50%, como mínimo, de las unidades del Proyecto modificadas.

3) La suspensión de obra comenzada y, en todo caso, siempre que, por causas ajenas a la Contrata, no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses, a partir de la adjudicación; en este caso, la devolución de la fianza será automática.

4) La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año.

5) El no dar comienzo la Contrata a los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones particulares del Proyecto.

6) El incumplimiento de las condiciones del contrato, cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de la obra.

7) La terminación del plazo de ejecución de la obra, sin haberse llegado a ésta.

8) El abandono de la obra sin causa justificada.

9) La mala fe en la ejecución de los trabajos.

1.3. Condiciones Facultativas

1.3.1. *Agentes de la Edificación Definiciones y Atribuciones*

- **Promotor**

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia, con recursos propios o ajenos, las obras para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Asume la iniciativa de todo el proceso de la obra, impulsando la gestión necesaria para llevar a cabo la obra inicialmente proyectada, y se hace cargo de todos los costes necesarios. Según la legislación vigente, a la figura del promotor se equiparan también las de gestor de sociedades cooperativas, comunidades de propietarios, u otras análogas que asumen la gestión económica de la obra.

Cuando las Administraciones públicas y los organismos sujetos a la legislación de contratos de las Administraciones públicas actúen como promotores, se regirán por la legislación de contratos de las Administraciones públicas y, en lo no contemplado en la misma, por las disposiciones de la LOE.

- **Proyectista**

Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Podrán redactar proyectos parciales del proyecto, o partes que lo complementen, otros técnicos, de forma coordinada con el autor de éste.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos según lo previsto en el apartado 2 del artículo 4 de la LOE, cada proyectista asumirá la titularidad de su proyecto.

- **Contratista**

Se entiende por contratista a la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el promotor, con medios humanos y materiales propios o ajenos, el compromiso de ejecutar la totalidad o parte de las obras con sujeción al proyecto y al contrato.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

- **Director de obra**

Es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas, y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto. Podrán dirigir las obras de los proyectos parciales otros técnicos, bajo la coordinación del director de Obra.

- **Director de la Ejecución de la obra**

Es el agente que, formando parte de la Dirección Facultativa, asume la función técnica de dirigir la Ejecución Material de la Obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y calidad de lo instalado. Para ello es requisito indispensable el estudio y análisis previo del proyecto de ejecución una vez redactado por el ingeniero, procediendo a solicitarle, con antelación al inicio de las obras, todas aquellas aclaraciones, subsanaciones o documentos complementarios que, dentro de su competencias y atribuciones legales, estimara necesarios para poder dirigir de manera solvente la ejecución de las mismas.

- **Entidades y laboratorios de control de calidad**

Son entidades de control de calidad de la instalación aquellas capacitadas para presentar asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable.

Son laboratorios de ensayos para el control de calidad de la instalación los capacitados para prestar asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de la obra.

- **Suministradores de productos**

Se consideran suministradores de productos los fabricantes, almacenistas, importadores o vendedores de productos de construcción para la instalación.

Se entiende por producto de construcción aquel que se fabrica para su incorporación permanente en una obra, incluyendo materiales, elementos semielaborados, componentes y obras o parte de las mismas, tanto terminadas como en proceso de ejecución.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

1.3.2. Obligaciones de los agentes de la Construcción

- **Promotor**

- Ostentar sobre la propiedad la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.

- Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al Director de Obra, al Director de la Ejecución de la Obra y al Contratista posteriores modificaciones del mismo que fueran imprescindibles para llevar a buen fin lo proyectado.

- Elegir y contratar a los distintos agentes, con la titulación y capacitación profesional necesaria, que garanticen el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para realizar en su globalidad y llevar a buen fin el objeto de lo promovido, en los plazos estipulados y en las condiciones de calidad exigibles mediante el cumplimiento de los requisitos básicos estipulados para los edificios.

- Gestionar y hacerse cargo de las preceptivas licencias y demás autorizaciones administrativas procedentes que, de conformidad con la normativa aplicable.

- Garantizar los daños materiales que la instalación pueda sufrir, para la adecuada protección de los intereses de los usuarios finales, en las condiciones legalmente establecidas, asumiendo la responsabilidad civil de forma personal e individualizada, tanto por actos propios como por actos de otros agentes por los que, con arreglo a la legislación vigente, se deba responder.

- El Promotor no podrá dar orden de inicio de las obras hasta que el Contratista haya redactado su Plan de Seguridad y, además, éste haya sido aprobado por el Coordinador en Materia de Seguridad y Salud en fase de Ejecución de la obra, dejando constancia expresa en el Acta de Aprobación realizada al efecto.

- Efectuar el denominado Aviso Previo a la autoridad laboral competente, haciendo constar los datos de la obra, redactándolo de acuerdo a lo especificado en el Anexo III del R.D.1627/97. Copia del mismo deberá exponerse en la obra de forma visible, actualizándolo si fuese necesario.

- Suscribir el acta de recepción final de las obras, una vez concluidas éstas, haciendo constar la aceptación de las obras, que podrá efectuarse con o sin reservas y que deberá

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

abarcar la totalidad de las obras o fases completas. En el caso de hacer mención expresa a reservas para la recepción, deberán mencionarse de manera detallada las deficiencias y se deberá hacer constar el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados.

- Entregar al adquirente y usuario inicial, en su caso, el manual de uso y mantenimiento del mismo y demás documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las Administraciones competentes.

- **El proyectista**

- Redactar el proyecto por encargo del Promotor, con sujeción a la normativa técnica en vigor y conteniendo la documentación necesaria para tramitar tanto la licencia de obras y demás permisos administrativos (proyecto básico) como para ser interpretada y poder ejecutar totalmente la obra, entregando al Promotor las copias autorizadas correspondientes, debidamente visadas por su colegio profesional.

- Definir el concepto global del proyecto de ejecución con el nivel de detalle gráfico y escrito suficiente y calcular los elementos fundamentales de la instalación, en especial las posibles cimentaciones y estructuras.

- Concretar en el Proyecto el emplazamiento de cuartos de máquinas, de contadores, hornacinas, espacios asignados para subida de conductos, reservas de huecos de ventilación, alojamiento de sistemas de telecomunicación y, en general, de aquellos elementos necesarios en la instalación para facilitar las determinaciones concretas y especificaciones detalladas que son cometido de los proyectos parciales, debiendo éstos adaptarse al Proyecto de Ejecución, no pudiendo contravenirlo en modo alguno. Deberá entregarse necesariamente un ejemplar del proyecto complementario al Arquitecto antes del inicio de las obras o instalaciones correspondientes.

- Acordar con el Promotor la contratación de colaboraciones parciales de otros técnicos profesionales.

- Facilitar la colaboración necesaria para que se produzca la adecuada coordinación con los proyectos parciales exigibles por la legislación o la normativa vigente y que sea necesario incluir para el desarrollo adecuado del proceso, que deberán ser redactados por técnicos competentes, bajo su responsabilidad y suscritos por persona física. Los proyectos parciales serán aquellos redactados por otros técnicos cuya competencia puede

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

ser distinta e incompatible con las competencias del Ingeniero y por tanto, de exclusiva responsabilidad de éstos.

- Elaborar aquellos proyectos parciales o estudios complementarios exigidos por la legislación vigente en los que es legalmente competente para su redacción, excepto declinación expresa del Ingeniero y previo acuerdo con el Promotor, pudiendo exigir la compensación económica en concepto de cesión de derechos de autor y de la propiedad intelectual si se tuviera que entregar a otros técnicos, igualmente competentes para realizar el trabajo, documentos o planos del proyecto por él redactado, en soporte papel o informático.

- Ostentar la propiedad intelectual de su trabajo, tanto de la documentación escrita como de los cálculos de cualquier tipo, así como de los planos contenidos en la totalidad del proyecto y cualquiera de sus documentos complementarios.

- **El contratista**

Tener la capacitación profesional o titulación que habilita para el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para actuar como constructor.

- Organizar los trabajos de construcción para cumplir con los plazos previstos, de acuerdo al correspondiente Plan de Obra, efectuando las instalaciones provisionales y disponiendo de los medios auxiliares necesarios.

- Comunicar a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que incluirá el Plan de Seguridad y Salud al que se refiere el artículo 7 del R.D. 1627/97 de 24 de octubre.

- Adoptar todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del equipamiento de seguridad exigibles, así como cumplir las órdenes efectuadas por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en la fase de Ejecución de la obra.

- Supervisar de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.

- Facilitar la labor de la Dirección Facultativa, suscribiendo el Acta de Replanteo, ejecutando las obras con sujeción al Proyecto de Ejecución que deberá haber examinado previamente, a la legislación aplicable, a las Instrucciones del Ingeniero Director de Obra y del Director de la Ejecución Material de la Obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.

- Disponer de los medios materiales y humanos que la naturaleza y entidad de la obra impongan, disponiendo del número adecuado de oficiales, suboficiales y mediante subcontratistas al efecto, procediendo a solapar aquellos oficios en la obra que sean compatibles entre sí y que permitan acometer distintos trabajos a la vez sin provocar interferencias, contribuyendo con ello a la agilización y finalización de la obra dentro de los plazos previstos.

- Ordenar y disponer en cada momento de personal suficiente a su cargo para que efectúe las actuaciones pertinentes para ejecutar las obras con solvencia, diligentemente y sin interrupción, programándolas de manera coordinada con el Ingeniero o Ingeniero técnico, Director de Ejecución Material de la Obra.

- Supervisar personalmente y de manera continuada y completa la marcha de las obras, que deberán transcurrir sin dilación y con adecuado orden y concierto, así como responder directamente de los trabajos efectuados por sus trabajadores subordinados, exigiéndoles el continuo autocontrol de los trabajos que efectúen, y ordenando la modificación de todas aquellas tareas que se presenten mal efectuadas.

- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales utilizados y elementos constructivos, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción facultativa del Director de la Ejecución de la obra, los suministros de material o prefabricados que no cuenten con las garantías, documentación mínima exigible o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación, debiendo recabar de la Dirección Facultativa la información que necesite para cumplir adecuadamente su cometido.

- Dotar de material, maquinaria y utillajes adecuados a los operarios que intervengan en la obra, para efectuar adecuadamente las instalaciones necesarias y no

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

menoscabar con la puesta en obra las características y naturaleza de los elementos constructivos que componen la instalación una vez finalizada.

- Efectuar las obras siguiendo los criterios al uso que son propios de la correcta construcción, que tiene la obligación de conocer y poner en práctica, así como de las leyes generales de los materiales o les artes, aun cuando estos criterios no estuvieran específicamente reseñados en su totalidad en la documentación de proyecto. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las tareas de los subcontratistas.

- Poner a disposición del Arquitecto Técnico o Aparejador los medios auxiliares y personal necesario para efectuar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, recabando de dicho técnico el plan a seguir en cuanto a las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias.

- Cuidar de que el personal de la obra guarde el debido respeto a la Dirección Facultativa.

- Auxiliar al Director de la Ejecución de la Obra en los actos de replanteo y firmar posteriormente y una vez finalizado éste, el acta correspondiente de inicio de obra, así como la de recepción final.

- Facilitar a los Arquitectos Directores de Obra, en el caso de que los hubiese, los datos necesarios para la elaboración de la documentación final de obra ejecutada.

- Ordenación de la Edificación y que, en función de su naturaleza, alcanzan períodos de 1 año (daños por defectos de terminación o acabado de las obras), 3 años (daños por defectos o vicios de elementos constructivos o de instalaciones que afecten a la habitabilidad) o 10 años (daños en cimentación o estructura que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad de la instalación).

• **Director de obra**

Dirigir la obra coordinándola con el Proyecto de Ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética a los agentes intervinientes en el proceso constructivo.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

- Detener la obra por causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Órdenes y Asistencias, dando cuenta inmediata al Promotor.

- Redactar las modificaciones, ajustes, rectificaciones o planos complementarios que se precisen para el adecuado desarrollo de las obras.

• **Director de la ejecución de la obra**

Acontece al Ingeniero. Según se establece en el Artículo 13 de la LOE y demás legislación vigente al efecto las atribuciones competencias y obligaciones que se señalan a continuación:

- La Dirección inmediata de la Obra.

- Verificar la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, extendiéndose dicho cometido a todos los elementos de cimentación y estructura horizontal y vertical, con comprobación de sus especificaciones concretas de dimensionado de elementos, tipos de viguetas y adecuación a ficha técnica homologada, diámetros nominales, longitudes de anclaje y adecuados solape y doblado de barras.

1.3.3. Dirección Facultativa

En correspondencia con la L.O.E., la Dirección Facultativa está compuesta por la Dirección de Obra y la Dirección de Ejecución de la Obra. A la Dirección Facultativa se integrará el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en fase de ejecución de la obra, en el caso de que se haya adjudicado dicha misión a facultativo distinto de los anteriores.

Representa técnicamente los intereses del promotor durante la ejecución de la obra, dirigiendo el proceso de construcción en función de las atribuciones profesionales de cada técnico participante.

La Dirección Facultativa redactará y entregará, junto con los documentos señalados en el apartado Documentación, las liquidaciones, las certificaciones de plazos o estados de obra, las correspondientes a la revisión provisional y definitiva, y, en general, toda la documentación propia de la obra misma.

Así mismo, la Dirección Facultativa vigilará el cumplimiento de las Normas y Reglamentos vigentes, comprobará las alineaciones y replanteos.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

1.3.4. *Visitas Facultativas*

Son las realizadas a la obra de manera conjunta o individual por cualquiera de los miembros que componen la Dirección Facultativa. La intensidad y número de visitas dependerá de los cometidos que a cada agente le son propios, pudiendo variar en función de los requerimientos específicos y de la mayor o menor exigencia presencial requerible al técnico al efecto en cada caso y según cada una de las fases de la obra.

Deberán adaptarse al proceso lógico de construcción, pudiendo los agentes ser o no coincidentes en la obra en función de la fase concreta que se esté desarrollando en cada momento y del cometido exigible a cada cual.

1.4. Condiciones Económicas

1.4.1. Condiciones Generales

- **Contrato de obra**

Se aconseja que se firme el contrato de obra, entre el Promotor y el Contratista, antes de iniciarse las obras, evitando en lo posible la realización de la obra por administración. A la Dirección Facultativa (Director de Obra y Director de Ejecución de la Obra) se le facilitará una copia del contrato de obra, para poder certificar en los términos pactados.

- **Pagos al contratista**

El contratista deberá recibir el importe de todos los trabajos ejecutados, previa medición realizada conjuntamente por este y la Dirección Facultativa siempre que dichos trabajos ejecutados se hayan realizado de acuerdo con el Proyecto y las Condiciones Generales y Particulares que rijan la ejecución de la obra.

- **Indemnizaciones por retraso en el plazo de ejecución de las obras**

Si, por causas imputables al Contratista, las obras sufrieran un retraso en su finalización con relación al plazo de ejecución previsto, el Promotor podrá imponer al Contratista, con cargo a la última certificación, las penalizaciones establecidas en el contrato, que nunca serán inferiores al perjuicio que pudiera causar el retraso de la obra.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

- **Fianzas**

Se podrá exigir al Contratista, para que responda del cumplimiento de lo contratado, una fianza del 10 por 100 del presupuesto de las obras adjudicadas.

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Director de Obra, en nombre y representación del Promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo

La fianza depositada será devuelta al Contratista en un plazo que no excederá de 8 días, una vez firmada el acta de la recepción definitiva de la obra, siempre que el Contratista haya acreditado que no existe reclamación alguna contra él por los daños y perjuicios que sean de su cuenta o por deudas de los jornales o materiales, ni por indemnizaciones derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.

1.4.2. Criterios de Valoración

- **Precio básico**

Es el precio por unidad (Ud., m, kg, etc.) de un material dispuesto a pie de obra, (incluido su transporte a obra, descarga en obra, embalajes, etc.) o el precio por hora de la maquinaria y de la mano de obra.

- **Composición de los precios unitarios**

Para que el Contratista tenga derecho a pedir la revisión de precios que se preceptúa en el punto de Reclamaciones de aumento de precios a continuación, y en el caso de que no figure entre los documentos del Proyecto la relación de los precios contratados y descompuestos en la forma que en este artículo se establece, será condición indispensable que antes de comenzar la ejecución de todas y cada una de las unidades de obra contratadas reciba por escrito la Director a los precios descompuestos de cada una de ellas, que el Contratista deberá presentarles, materiales, transportes y los porcentajes que se expresan al final de este artículo.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

A falta de convenio especial, los precios unitarios se compondrán, perceptivamente, así:

a) Materiales, expresando la cantidad que en cada unidad de obra se precise de cada uno de ellos y su precio unitario respectivo en origen.

b) Mano de obra, por categorías dentro de cada oficio, expresando el número de horas invertido por cada operario en la ejecución de cada unidad de obra y los jornales horarios correspondientes.

c) Transporte de materiales, desde el punto de origen al pie de tajo, expresando el precio del transporte por unidad de peso, de volumen o de número que la costumbre tenga establecidos en la localidad preceptiva.

d) Tanto por ciento (%) de medios auxiliares y de seguridad sobre la suma de los conceptos anteriores en las unidades de obra que los precisen.

e) Tanto por ciento (%) de Seguros y Cargas Sociales vigentes sobre el importe de la mano de obra, especificando en documento aparte la cuantía de cada concepto del Seguro y de la Carga.

f) Tanto por ciento (%) de Gastos generales, sobre la suma de los conceptos anterior.

g) Tanto por ciento (%) de Beneficio Industrial del Contratista, aplicado a la suma total de los conceptos anteriores.

La suma de todas las cantidades que importan los siete (7) conceptos expresados se entiende que es el precio unitario contratado.

El Contratista deberá asimismo presentar una lista con los precios de jornales, de los materiales de origen, del transporte, los tantos por ciento (%) que importaran cada uno de los Seguros y Cargas Sociales vigentes, y los conceptos y cuantías de las partidas que se incluyen en el concepto de Gastos Generales, todo ello referido a la fecha de la firma del contrato.

- **Reclamaciones de aumento de precios**

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

- **PEM**

Es el resultado de la suma de los precios unitarios de las diferentes unidades de obra que la componen. Se denomina Presupuesto de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los productos del número de cada unidad de obra por su precio unitario y de las partidas alzadas. Es decir, el coste de la obra sin incluir los gastos generales, el beneficio industrial y el impuesto sobre el valor añadido.

- **Precios contratados**

Se ajustarán a los proporcionados por el Contratista en la oferta.

- **Precios contradictorios**

De acuerdo con el Pliego General de Condiciones de la Edificación de la Dirección General de Arquitectura, aquellos precios que no figuren entre los contratados, se fijarán contradictoriamente entre la Dirección Facultativa y el Contratista, presentándolos este de modo descompuesto y siendo necesaria su aprobación para la posterior ejecución en obra.

- **Reclamación por aumento de precios**

Si el Contratista, antes de la firma del contrato de obra, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

- **Revisión de precios**

Habrà lugar a revisión de precios cuando así lo contemple el Contrato suscrito entre la Propiedad y el Contratista, dándose las circunstancias acordadas.

- **Acopio de materiales**

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que el Promotor ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el propietario, son de la exclusiva propiedad de éste, siendo el Contratista responsable de su guarda y conservación.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

1.4.3. *Modos de pago*

- **Valoración y abono de los trabajos**

Se realizará por certificaciones de obra y se recogerán las condiciones en el contrato de obra establecido entre las partes que intervienen (Promotor y Contratista) El valor del abono sólo se podrá ver modificado por penalizaciones causadas por incumplimientos en el plazo de entrega o por deficiencia de calidad del servicio otorgado.

Los pagos se efectuarán por la propiedad en los plazos previamente establecidos el contrato de obra, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de la obra conformadas por el Director de Ejecución de la Obra, en virtud de las cuáles se verifican aquéllos.

- **Abono de trabajos especiales no contratados**

Cuando fuese preciso efectuar otra clase de trabajos de cualquier índole especial u ordinaria, que por no estar contratados no sean de cuenta del constructor, y si no se contratasen con tercera persona, no tendrá el constructor la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos que estos ocasionen. En el caso que se haga cargo de estos gastos adicionales se le deberán ser restituidos en un plazo de 3 meses desde el momento que se produzca dicho pago.

- **Pago de arbitrios**

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen correrá a cargo del constructor, siempre que en las condiciones particulares del proyecto no se estipule lo contrario.

1.4.4. *Penalizaciones*

- **Desperfectos en la propiedad**

Si el constructor causara algún desperfecto en la propiedad, tendrá que restaurarla a su cuenta, dejándola en el estado que las encontró al dar comienzo las obras de la instalación.

- **Indemnización por el retraso en el plazo de terminación establecido**

Los establecido en el punto *Indemnizaciones por retraso en el plazo de ejecución de las obras*

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de
porcelana

- **Demora de los pagos por parte del promotor**

Se regulará en el contrato de obra las condiciones a cumplir por parte de ambos.

1.4.5. Liquidaciones

- **Liquidación económica de las obras**

Simultáneamente al libramiento de la última certificación, se procederá al otorgamiento del Acta de Liquidación Económica de las obras, que deberán firmar el Promotor y el Contratista. En este acto se dará por terminada la obra y se entregarán, en su caso, los manuales, los correspondientes boletines debidamente cumplimentados de acuerdo a la Normativa Vigente, así como los proyectos Técnicos y permisos de las instalaciones contratadas.

- **Liquidación final de la obra**

Entre el Promotor y Contratista, la liquidación de la obra deberá hacerse de acuerdo con las certificaciones conformadas por la Dirección de Obra. Si la liquidación se realizara sin el visto bueno de la Dirección de Obra, ésta sólo mediará en caso de desavenencia o desacuerdo, en el recurso ante los Tribunales.

2. Condiciones Técnicas

2.1. Objeto

El objeto del presente documento es reflejar los requisitos técnicos básicos para realizar la instalación y puesta en marcha de una planta de fabricación de polvo de prensas para platos de porcelana

2.2. Prescripciones sobre los materiales

2.2.1. *Garantía de calidad (Marcado CE)*

El término producto de construcción queda definido como cualquier producto fabricado para su incorporación, con carácter permanente, a las obras de edificación e ingeniería civil que tengan incidencia sobre los siguientes requisitos esenciales:

- Resistencia mecánica y estabilidad.
- Seguridad en caso de incendio.
- Higiene, salud y medio ambiente.
- Seguridad de utilización.
- Protección contra el ruido.
- Ahorro de energía y aislamiento térmico.

El marcado CE de un producto de construcción indica:

- Que éste cumple con unas determinadas especificaciones técnicas relacionadas con los requisitos esenciales contenidos en las Normas Armonizadas (EN) y en las Guías DITE (Guías para el Documento de Idoneidad Técnica Europeo).

- Que se ha cumplido el sistema de evaluación de la conformidad establecido por la correspondiente Decisión de la Comisión Europea.

Siendo el fabricante el responsable de su fijación y la Administración competente en materia de industria la que vele por la correcta utilización del marcado CE.

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Es obligación del Director de la Ejecución de la Obra verificar si los productos que entran en la obra están afectados por el cumplimiento del sistema del mercado CE y, en caso de ser así, si se cumplen las condiciones establecidas en el Real Decreto 1 630/ 1992 por el que se transpone a nuestro ordenamiento legal la Directiva de Productos de Construcción 89/1 06/CEE.

El mercado CE se materializa mediante el símbolo "CE" acompañado de una información complementaria. El fabricante debe cuidar de que el mercado CE figure, por orden de preferencia:

- En el producto propiamente dicho.
- En una etiqueta adherida al mismo.
- En su envase o embalaje.
- En la documentación comercial que le acompaña.

Las letras del símbolo CE se realizan según el dibujo adjunto y deben tener una dimensión vertical no inferior a 5 mm.

Además del símbolo CE deben estar situadas en una de las cuatro posibles localizaciones una serie de inscripciones complementarias, cuyo contenido específico se determina en las normas armonizadas y Guías DITE para cada familia de productos, entre las que se incluyen:

- El número de identificación del organismo notificado (cuando proceda).
- El nombre comercial o la marca distintiva del fabricante.
- La dirección del fabricante.
- El nombre comercial o la marca distintiva de la fábrica.
- Las dos últimas cifras del año en el que se ha estampado el mercado en el producto.
- El número del certificado CE de conformidad (cuando proceda).

2.3. Aceros de Perfiles Laminados

2.3.1. *Condiciones de suministro.*

Los aceros se deben transportar de una manera segura, de forma que no se produzcan deformaciones permanentes y los daños superficiales sean mínimos. Los componentes deben estar protegidos contra posibles daños en los puntos de eslingado (por donde se sujetan para izarlos).

Los componentes prefabricados que se almacenan antes del transporte o del montaje deben estar apilados por encima del terreno y sin contacto directo con éste. Debe evitarse cualquier acumulación de agua. Los componentes deben mantenerse limpios y colocados de forma que se eviten las deformaciones permanentes

2.3.2. *Recepción y control.*

- **Inspecciones:**

Para los productos planos: salvo acuerdo en contrario, el estado de suministro de los productos planos de los tipos S235, S275 y S355 de grado J R queda a elección del fabricante. Si en el pedido se solicita inspección y ensayo, se deberá indicar:

- Tipo de inspección y ensayos (específicos o no específicos).
- El tipo de documento de la inspección.

Para los productos largos: Salvo acuerdo en contrario, el estado de suministro de los productos largos de los tipos S235, S275 y S355 de grado J R queda a elección del fabricante.

- **Ensayos:**

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

2.3.3. *Conservación, almacenamiento y manipulación.*

Si los materiales han estado almacenados durante un largo periodo de tiempo, o de una manera tal que pudieran haber sufrido un deterioro importante, deberán ser comprobados antes de ser utilizados, para asegurarse de que siguen cumpliendo con la norma de producto correspondiente. Los productos de acero resistentes a la corrosión atmosférica pueden requerir un chorreo ligero antes de su empleo para proporcionarles

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

una base uniforme para la exposición a la intemperie. El material deberá almacenarse en condiciones que cumplan las instrucciones de su fabricante, cuando se disponga de éstas.

2.3.4. *Recomendaciones para su uso en obra.*

El material no deberá emplearse si se ha superado la vida útil en almacén especificada por su fabricante.

2.4. Tubos de Acero

2.4.1. *Condiciones de suministro.*

Los tubos se deben suministrar protegidos, de manera que no se alteren sus características.

2.4.2. *Recepción y Control.*

- **Inspecciones:**

Este material debe estar marcado periódicamente a lo largo de una generatriz, de forma indeleble, con:

La marca del fabricante.

Los caracteres correspondientes a la designación normalizada.

- **Ensayos:**

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

2.4.3. *Conservación, almacenamiento y manipulación.*

El almacenamiento se realizará en lugares protegidos de impactos y de la humedad. Se colocarán paralelos y en posición horizontal sobre superficies planas.

El tubo se debe cortar perpendicularmente al eje del tubo y quedar limpio de rebabas.

2.5. Accesorios de la instalación receptora

- **LLAVES:**

Deberán estar en concordancia con la norma UNE 19679. Si son de obturador cónico con las normas UNE 19680 y UNE 19681, y si son de obturador esférico con las

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

normas U N E 60780-87. Deberán ser bloqueables y precintables, para lo cual dispondrán de perforaciones en sus mandos. Serán accesibles en todo momento y quedarán fijas a la pared o a un soporte adecuado.

- **ABRAZADERAS:**

Serán metálicas con apriete por tornillo de acero galvanizado o acero negro. En el segundo caso deberán estar protegidas contra la corrosión con un recubrimiento especial o imprimación adecuada.

Documento 5: Presupuesto

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de plato de
porcelana

Índice

1. Presupuesto de ejecución de material..... 1
2. Presupuesto de ejecución por contrata parcial (PEC parcial) 3
3. Presupuesto de ejecución por contrata e inversión inicial..... 3

1. Presupuesto de ejecución de material

A continuación, se detallan las partidas presupuestarias para el presente proyecto. Éstas se dividen en tres partidas: Equipos, construcción de la planta y almacenamiento. Los precios unitarios y los presupuestos por ejecución de material se recogen en las siguientes tablas:

Tabla 1.1: Coste Partida 1.

PARTIDA 1: EQUIPOS				
Elemento	Especificación	Nº	Precio unitario (€)	Total (€)
Sección 1: Recepción y almacenamiento de materias primas				
Pala	L-120 Volvo	1	140.000,00	140.000,00
Cintas	TNC 400	11	4.400,00	48.400,00
Cintas	TP 600	3	14.900,00	44.700,00
Sección 2: Producción de Suspensión				
Cintas	TNC 400	1	4.400,00	4.400,00
Cintas	TP 600	1	14.900,00	14.900,00
TDT	TDT 016	5	30.000,00	150.000,00
Agitador defloculante	ASP 204	1	12.000,00	12.000,00
Bomba defloculante	SPX10	1	2.300,00	2.300,00
Vibrotamices	SV2C	5	8.000,00	40.000,00
Sección 3: Tamizado de Barbotina				
Desferrizador	DLP 300	2	6.050,00	12.100,00
Agitador barbotina	ASP 225	2	16.000,00	32.000,00
Bomba tanque	Serie original Wilden	2	1.850,00	3.700,00
Vibrotamices	SPB 121	6	9.000,00	54.000,00
Sección 4: Secado por atomización				
Agitador barbotina	ASP 225	2	16.000,00	32.000,00
Bomba	PPB 306	4	Contenido en el precio del atomizador	
Atomizador	ATM 90	1	1.050.000,00	1.050.000,00
Vibrotamiz	SV2C	1	8.000,00	8.000,00
Sección 5: Almacenamiento en silos				
Cinta transportadora	TNC 400	4	4.400,00	17.600,00
Cinta transportadora	TP 600	2	14.900,00	29.800,00

Planta de preparación de polvo de prensas para la fabricación de platos de porcelana

Tabla 1.2: Coste Partida 2.

Partida 2: Obra

	Precio (€/m ²)	Superficie (m ²)	Total (€)
Adquisición del terreno	130	30160	3.920.800,00
Techado de los graneros	250	3142	785.500,00
Construcción Planta	520	2700	1.404.000,00
Construcción nave cintas de granero	250	690	172.500,00
Construcción oficinas y laboratorio	400	532	212.800,00
Valla perimetral	60	695	41.700,00
Construcción casetas de control			20.000
Mobiliarios			19.000

Tabla 1.3: Coste Partida 3.

PARTIDA 3: ALMACENAMIENTO

Elemento	Especificación	Cantidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
Silos	14 m ³	5	31.991,00	159.955
	32 m ³	7	39.954,00	279.678
	51 m ³	10	42.193,00	421.930
Tanque defloculante	-	1	10.416,00	10.416
Tanque de suspensión	-	4	10.416,00	41.664

En la Tabla 1.4 se recogen los totales de cada sección, cuyo sumatorio es el PEM.

Tabla 1.4: PEM.

Partida 1	Sección 1	233.100,00 €
	Sección 2	223.600,00 €
	Sección 3	101.800,00 €
	Sección 4	1.090.000,00 €
	Sección 5	47.400,00 €
	Total	1.695.900,00 €
Partida 2		6.570.300 €
Partida 3		913.643 €
TOTAL		9.185.843 €

2. Presupuesto de ejecución por contrata parcial (PEC parcial)

Para el cálculo del presupuesto de ejecución por contrata parcial, se estiman los gastos generales asumiendo un sobrecoste del 10% sobre el PEM de manera que queden cubiertos posibles imprevistos y un beneficio industrial del 6%. El PEC parcial se estima mediante la Ecuación 2.1. Los resultados obtenidos se muestran en la T

$$PEC_{parcial} = GG + BI \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Tabla 2.1: PEC parcial

	PEM (€)	GG (€)	BI (€)	PEC parcial (€)
Partida 1	1.695.900,00	1.865.490,00	1.017.540,00	2.883.030,00
Partida 2	6.576.300,00	7.233.930,00	3.945.780,00	11.179.710,00
Partida 3	913.643,00	1.005.007,30	548.185,80	1.553.193,10
			TOTAL	15.615.933,10

3. Presupuesto de ejecución por contrata e inversión inicial

El presupuesto de ejecución por contrata incluye el impuesto de valor añadido, establecido en un 21% para este tipo de instalaciones. Para su cálculo emplearemos la siguiente ecuación:

$$PEC = 1.21 \cdot PEC_{parcial} \quad \text{Ecuación 3.1}$$

Realizando el cálculo, se concluye que el presupuesto de ejecución de contrata es de 18.895.279,05 €. Este valor coincide con el de la inversión inicial a realizar para el proyecto.