



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Estudio técnico y económico de implantación de un sello RCS aprovechando los residuos generados por la industria cerámica en una empresa dedicada a la extrusión de láminas poliméricas.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Química

AUTOR/A: Isach Cuenca, Antoni

Tutor/a: Fombuena Borrás, Vicent

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

RESUMEN

“Estudio técnico y económico de implantación de un sello RCS aprovechando los residuos generados por la industria cerámica en una empresa dedicada a la extrusión de láminas poliméricas”

El principal objetivo del proyecto se basa en el estudio técnico y económico sobre la posibilidad de implantación de un sello RCS (Recycled Claim Standard) en una empresa dedicada a la extrusión de láminas poliméricas para el sector de la construcción, aprovechando los residuos generados por la industria cerámica. El sello RCS verifica la presencia y la cantidad de una materia reciclada en un producto final. Permite una evaluación y verificación transparente, consistente, completa e independiente de las declaraciones del contenido de materiales reciclados en productos.

El actual proyecto estudia la viabilidad de dar salida anualmente a 74 toneladas de lodos en suspensión (55 t de residuo seco) procedentes de las secciones de pulido, rectificado, corte y mecanizado de baldosas en la industria azulejera, adecuándolos a un proceso productivo de extrusión de láminas de polipropileno con una capacidad de 184 toneladas al año.

SUMMARY

“Technical and economic study for the implementation of an RCS seal taking advantage of the waste generated by the ceramic industry in a company dedicated to the extrusion of polymeric sheets”

The main objective of the project is based on the technical and economic study on the possibility of implementing an RCS (Recycled Claim Standard) seal in a company dedicated to the extrusion of polymer sheets for the construction sector, taking advantage of the waste generated by the ceramic industry. The RCS seal verifies the presence and quantity of a recycled material in a final product. It enables transparent, consistent, complete and independent assessment and verification of claims of recycled material content in products.

The current project studies the feasibility of disposing annually of 74 tons of suspended sludge (55 t of dry waste) from the sections of polishing, grinding, cutting and machining of tiles in the tile industry, adapting them to a production process of sheet polypropylene extrusion with a capacity of 184 tons per year.

RESUM

“Estudi tècnic i econòmic d'implantació d'un segell RCS aprofitant els residus generats per la indústria ceràmica en una empresa dedicada a l'extrusió de làmines polimèriques”

El principal objectiu del projecte es basa en l'estudi tècnic i econòmic sobre la possibilitat d'implantació d'un segell RCS (Recycled Claim Standard) en una empresa dedicada a l'extrusió de làmines polimèriques per al sector de la construcció, aprofitant els residus generats per la indústria ceràmica. El segell RCS verifica la presència i la quantitat d'una matèria reciclada en un producte final. Permet una avaluació i verificació transparent, consistent, completa i independent de les declaracions del contingut de materials reciclats en productes.

L'actual projecte estudia la viabilitat de donar eixida anualment a 74 tones de fangs en suspensió (55 t de residu sec) procedents de les seccions de poliment, rectificat, tall i mecanització de peces en la indústria taulellera, adequant-los a un procés productiu d'extrusió de làmines de polipropilè amb una capacitat de 184 tones a l'any.

Tabla de Contenidos

Índice

RESUMEN	1
SUMMARY.....	2
RESUM.....	3
LISTADO DE FIGURAS	6
LISTADO DE TABLAS	7
I. INTRODUCCIÓN	8
I.1. ANTECEDENTES.....	9
I.2. RESIDUOS CERÁMICOS Y OPERACIONES DE GENERACIÓN.....	10
I.3. SELLOS AMBIENTALES.....	16
I.3.1. SELLO RCS, RECYCLED CLAIM STANDARD.....	16
I.4. FABRICACIÓN DE LÁMINAS POLIMÉRICAS POR EXTRUSIÓN.....	22
II. OBJETIVO	28
II.1. OBJETIVO GENERAL.....	29
II.2. OBJETIVOS PARTICULARES.....	30
III. DESARROLLO DEL PROYECTO	31
III.1. EMPRESA: UBICACIÓN Y CAPACIDAD PRODUCTIVA.....	32
III.2. ADECUACIÓN DEL RESIDUO.....	33
III.2.1. RECEPCIÓN DE LOS LODOS.....	33
III.2.2. ALMACENAMIENTO DE LOS LODOS.....	36
III.2.3. SECADO DE LOS LODOS.....	38
III.2.4. TRITURACIÓN Y MEZCLADO.....	40
III.3. MATERIAL EMPLEADO, INSTALACIÓN Y PRODUCTO ACABADO.....	41
III.4. CRITERIOS SELLO RCS.....	46
IV. ESTUDIO ECONÓMICO	48

IV.1. INVERSIÓN.....	49
IV.2. GASTOS ASOCIADOS AL RESIDUO.....	50
IV.3. GANANCIAS REFERIDAS AL RESIDUO RECUPERADO.....	54
IV.4. DETERMINACIÓN DEL VAN Y DEL TIR.....	55
V. CONCLUSIONES.....	57
V.1. CONCLUSIONES.....	58
VI. APÉNDICES.....	59
VI.1. REFERENCIAS.....	60
VI.2. PLANOS.....	61

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Línea de pulido BMR.....	11
Figura 2. Probeta cerámica antes y después del pulido.....	12
Figura 3. Cabezal tangencial de pulido con 6 brazos de BMR.....	12
Figura 4. Detalle baldosa rectificada.....	13
Figura 5. Máquina y discos de corte de azulejos MAINCER.	14
Figura 6. Detalle piezas cerámicas especiales.....	14
Figura 7. Corte y colocación piezas cerámicas en fachadas ventiladas.	15
Figura 8. Ejemplos de diferentes sellos ambientales.	16
Figura 9. Sello RCS.	20
Figura 10. Representación esquemática de una extrusora de husillo único.	23
Figura 11. Evolución de la presión en zonas extrusora y secciones tornillo.....	25
Figura 12. Plato rompedor.....	25
Figura 13. Proceso de pila de rodillos para fabricación de láminas.....	26
Figura 14. Arcillas y soportes cocidos para porcelánico, gres y porosa.	34
Figura 15. Depósito cilíndrico de acero inoxidable con sistema de agitación. ...	37
Figura 16. Representación del sistema depósito con agitación y vaciado.....	38
Figura 17. Secadero "DRY - BIG".	38
Figura 18. Esquema de funcionamiento secadero.	39
Figura 19. Molino de martillos.	40
Figura 20. Esquema de las tres configuraciones del polipropileno.....	41
Figura 21. Línea de fabricación de láminas poliméricas por extrusión.	43
Figura 22. Corte y apilado de láminas de polipropileno extruido.	45

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Capacidad productiva de la planta.....	32
Tabla 2. Caracterización lodos cerámicos recuperados.	35
Tabla 3. Características del depósito.....	37
Tabla 4. Características del secadero.	39
Tabla 5. Características del molino de martillos.	40
Tabla 6. Parámetros línea de extrusión.	43
Tabla 7. Presupuesto de la inversión de equipos.....	49
Tabla 8. Consumo de materia prima como carga recuperada.	50
Tabla 9. Consumo eléctrico de los equipos.....	52
Tabla 9. Personal de planta.	52
Tabla 11. Gastos indirectos generados por año.....	53
Tabla 12. Resumen indicadores económicos.	56

I. INTRODUCCIÓN

I. Introducción

I.1. ANTECEDENTES.

La degradación del medio ambiente se ha convertido, sin lugar a dudas, en uno de los principales problemas a los que se está enfrentando la humanidad.

De entre todas las actividades humanas, la industrial es la de mayor impacto ambiental, por lo que la explotación de recursos naturales y el continuo desarrollo tecnológico de las industrias, ha generado una serie de manifestaciones que, de forma incontrolada pueden desencadenar importantes daños ecológicos de alcance imprevisible. Es por ello, que la industria tiene ante sí, un reto de suma importancia, debiendo gestionar y controlar la contaminación y la generación de residuos, para poder garantizar así, la protección de la salud y el respeto del medio natural.

Cada vez son más las empresas que persiguen una imagen consecuente y protectora del medio ambiente para impulsar sus productos en el mercado, pero además, el cumplimiento de la extensa normativa ambiental, hace necesario que dichas empresas deban tratar de manera adecuada sus residuos, minimizando su generación y reincorporándolos en la medida de lo posible de nuevo al proceso productivo, además de depurar sus efluentes líquidos y controlar las emisiones a la atmósfera.

Ante tales circunstancias, nos encontramos en un contexto en el que se hace indispensable generar una armonización entre medio ambiente y actividad económica.

La protección del medio ambiente y el desarrollo empresarial y económico de un país están íntimamente relacionados, de tal forma que, una adecuada preservación nos reportará un mayor desarrollo.

La sinergia entre el desarrollo económico y la protección medioambiental, conduce a una intervención responsable y activa de todos los agentes económicos, tanto en los procesos de fabricación y comercialización, como en la gestión de la información.

Y es que como bien es sabido, la información juega un papel determinante en la comercialización de los productos, por lo que las empresas conocedoras de una demanda en auge de artículos más respetuosos con el medio ambiente, desarrollan productos novedosos con información ambiental añadida en forma de símbolos o marcas de carácter ambientalista.

I. Introducción

I.2. RESIDUOS CERÁMICOS Y OPERACIONES DE GENERACIÓN.

La industria cerámica española, fuertemente consolidada en nuestro país y con aproximadamente un 95 % de su producción concentrada en la Comunidad Valenciana y más en concreto en la provincia de Castellón, lleva a cabo diferentes actuaciones ambientales para minimizar su impacto.

Se trata de un complejo proceso productivo en el que diferentes materias primas de naturaleza inorgánica se acaban transformando por cocción en productos con unas características estéticas y técnicas determinadas, que cuenta en la actualidad con una serie de tratamientos para acondicionar las emisiones gaseosas, los efluentes líquidos y la generación de residuos que origina, pudiendo ser estos, en la mayoría de ocasiones reutilizados como subproductos en pequeños porcentajes al poseer composiciones similares a las materias primas de partida.

No obstante, conviene destacar que, desde hace algunos años, se ha implantado una tendencia a realizar una serie de tratamientos mecánicos al producto acabado para mejorar sus prestaciones. De tal forma que, operaciones de pulido, biselado y rectificado, dan lugar a un tipo de residuo no reutilizable en el propio sector. Se trata de operaciones en las que se lleva a cabo la fricción de unas muelas de abrasión con la superficie del producto tratado, siendo necesaria una gran cantidad de agua como agente refrigerante (entre 1 y 2 m³ por m² de producto procesado).

El agua residual generada en esta operación presenta sólidos en suspensión, procedentes tanto del producto cerámico como de los elementos abrasivos, por lo que para reciclarla se debe depurar previamente. En caso contrario, este tipo de residuo deberá ser recogido y tratado por un gestor autorizado con el consiguiente coste asociado.

Otra alternativa es secar los residuos sólidos generados, pero normalmente no se realiza debido a que no son susceptibles de ser reutilizados en el propio proceso cerámico, ya que al contener restos del material abrasivo de las muelas, su composición se ve alterada y es diferente con respecto a la presentada inicialmente, pudiendo llegar a ser más perjudicial que beneficiosa su reutilización como subproducto.

I. Introducción

Sin embargo, dicha opción constituye una línea de actuación que puede ser de gran utilidad para otros sectores productivos, como por ejemplo, el de la utilización de dichos residuos cerámicos como cargas en la fabricación de láminas poliméricas para sectores como el de la construcción, objeto de este Trabajo Final de Grado.

Para poder entender la generación de dichos residuos, es necesario conocer las operaciones productivas incluidas en el proceso de fabricación de baldosas cerámicas, conducentes a la obtención de tales desperdicios, propósito de nuestro reciclaje.

Tal y como ya se ha comentado con anterioridad, en la producción cerámica de baldosas, existen en la actualidad una serie de elaboraciones de acabado, altamente estratégicas por ser responsables del rendimiento estético final del producto, así como por dotar a la pieza de valor añadido. Estos tratamientos, que en un principio se introdujeron para la tecnología de gres porcelánico no esmaltado, se han ido extendiendo a una fracción importante de productos con esmalte y granillas decorativas.

Los más extendidos son:

- Pulido.
- Rectificado.
- Corte y mecanizado de piezas especiales.

PULIDO

La operación de pulido de baldosas cerámicas se basa en la disminución de la rugosidad de su superficie y el consiguiente incremento del brillo en la pieza, mediante la acción de unos cabezales de materiales abrasivos de tamaño de partícula pequeño, para cumplir así las especificaciones comerciales.



Figura 1. Línea de pulido BMR.

I. Introducción

Este proceso es capaz de dar el acabado a la superficie del azulejo, sin estropear la decoración que hay debajo, extrayendo una cantidad igual o inferior a dos décimas de milímetro.

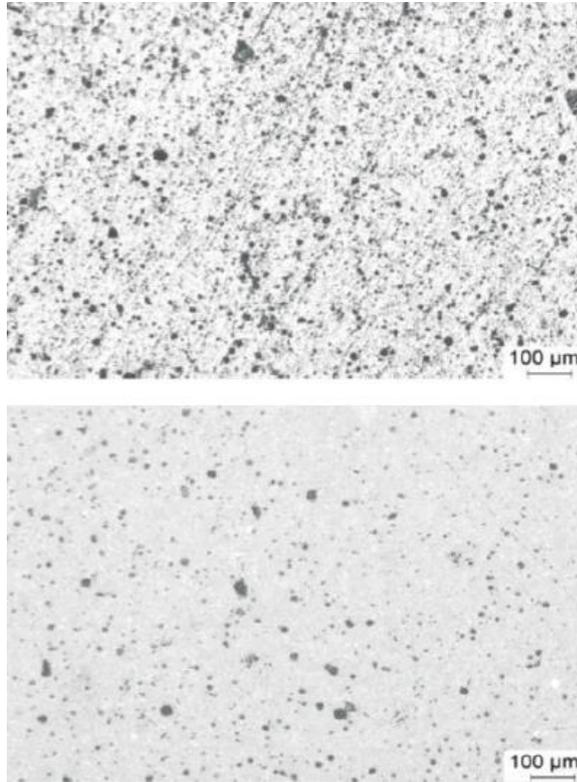


Figura 2. Probeta cerámica antes y después del pulido.

De forma general, los cabezales empleados se refrigeran con agua, obteniéndose un residuo que una vez decantado, se conoce como el lodo de pulido de esmalte.



Figura 3. Cabezal tangencial de pulido con 6 brazos de BMR.

I. Introducción

RECTIFICADO

El proceso de rectificado consiste en la eliminación de una pequeña parte de cada uno de los lados de la baldosa (décimas de milímetro), para mejorar su estética una vez alicatada, reduciendo la distancia entre pieza y pieza (junta).

En caso de no rectificar las piezas, el espaciado y la falta de perpendicularidad de los bordes de las baldosas para favorecer su extracción del molde de la prensa, provocan la aparición de una junta entre ellas. Evidentemente, el rectificado de las piezas mejora de forma considerable el resultado final desde un punto de visto estético, pero incrementa su coste de fabricación.



Figura 4. Detalle baldosa rectificada.

La operación de rectificado descrita, se desarrolla principalmente por vía húmeda, de modo que los discos abrasivos utilizados para eliminar parte del material de los bordes de la baldosa, son refrigerados con agua. En este caso, se obtiene como residuo los lodos de rectificado, de tipología muy similar a la de los lodos de pulido.

CORTE Y MECANIZADO DE PIEZAS ESPECIALES

El proceso de corte en cerámica se define como la operación mediante la cual una pieza original es separada en dos o más piezas distintas. El corte realizado por uno o varios discos diamantados, es el más utilizado a nivel industrial, destacando por su elevada productividad y precisión, así como por su alto grado de acabado.

I. Introducción



Figura 5. Máquina y discos de corte de azulejos MAINCER.

Redimensionar, separar, así como fabricar subproductos son algunas de las finalidades cerámicas del corte de baldosas. Muy ligado al proceso de corte de materiales cerámicos, está la mecanización de éstos para la producción de piezas especiales o decorativas, tales como rodapiés, peldaños, cantoneras, vierteaguas o pasamanos, entre otras.

Estas piezas, en la mayoría de los casos, se forman a partir de azulejos originales los cuales se cortan y mecanizan a voluntad, según la pieza que se vaya a realizar. De entre todas las operaciones de mecanización, la más común es la obtención de rodapiés y la fabricación de peldaños.



Figura 6. Detalle piezas cerámicas especiales.

I. Introducción

Dentro de este apartado, se ha de reflejar también el mecanizado de piezas cerámicas para colocar en fachadas ventiladas, solución constructiva en la que se deja una separación física entre la parte exterior de la fachada y el muro interior del edificio, ofreciendo ventajas térmicas, acústicas, estéticas y funcionales.

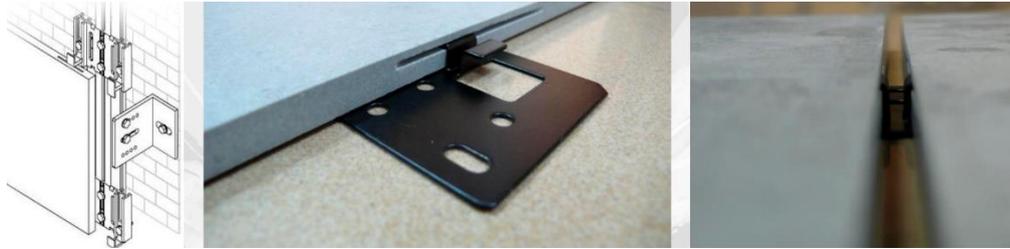


Figura 7. Corte y colocación piezas cerámicas en fachadas ventiladas.

Cualquier corte de los detallados, se llevan a cabo sobre materiales de alta dureza, generándose una gran cantidad de calor durante el mismo, por lo que será necesario refrigerar con agua los discos empleados por estos equipos de mecanizado, obteniéndose en este caso, los lodos de corte.

En general, todos los lodos comentados son materiales con un elevado porcentaje de agua (aproximadamente sobre un 25 %), ya que proceden de tratamientos realizados por vía húmeda, de forma que se recogen por gravedad en balsas en las que se decantan y separan de una fracción de agua clarificada que se incorpora de nuevo al proceso, obteniendo por otro lado lodos espesados.

I. Introducción

I.3. SELLOS AMBIENTALES.

Se entiende por símbolos y sellos ambientales aquellos que, aplicados a productos o empresas, aportan al consumidor la certeza de que, con su adquisición, está favoreciendo la mejora del medio ambiente o al menos, no está contribuyendo a su degradación.

Existen diferentes posibilidades dentro de este campo, por lo que su regulación por parte de la administración, se hace necesaria para potenciar un uso responsable de dichas marcas por parte de las empresas, así como para facilitar al consumidor las opciones de compra más adecuadas para preservar el medio ambiente.



Figura 8. Ejemplos de diferentes sellos ambientales.

I.3.1. SELLO RCS, RECYCLED CLAIM STANDARD.

En el caso del sello RCS (Recycled Claim Standard), se verifica la presencia y la cantidad de una materia reciclada en un producto final, permitiendo una evaluación y verificación transparente, consistente, completa e independiente de las declaraciones del contenido de materiales reciclados en productos, garantizando de este modo, que las acciones tomadas hacia la sostenibilidad supongan un cambio real y significativo. La certificación de dichos procedimientos, se realiza por parte de un tercero.

El sello RCS es un estándar internacional voluntario que establece los requisitos para certificar el reciclado de materiales por encima del 5 %, siendo sus principales objetivos, los que se detallan a continuación:

I. Introducción

- Alinear las definiciones de reciclado en múltiples aplicaciones.
- Conocer la trazabilidad de los materiales reciclados que entran en un proceso productivo.
- Suministrar a los consumidores una herramienta para la toma de decisiones informadas.
- Proporcionar la seguridad de que los materiales son realmente reciclados y en un producto final.

El sello RCS no aborda los aspectos sociales o ambientales del procesado y la fabricación, la calidad o el cumplimiento legal, si no que se ocupa de la verificación del material reciclado. Se apoya en la definición ISO 14021 de contenido reciclado, con interpretaciones basadas en las guías verdes de la Comisión Federal de Comercio de EE.UU., con la firme intención de cumplir con las definiciones más ampliamente reconocidas y estrictas. Aún siendo una norma de carácter voluntario, contribuye al proceso de normalización, el cual se puede entender como el compromiso mediante el que todos los agentes que intervienen en el mercado (fabricantes, consumidores, usuarios y administración) acuerdan cuáles son las características que debe reunir un producto o servicio.

En un mercado como el actual, en el que la oferta y la diversidad de productos es muy grande, las empresas tienen que competir para ser elegidas. Para alcanzar este propósito, el papel de la normalización es fundamental, ya que sólo a través de ella, el cliente puede saber lo que compra y qué esperar del producto. Por tanto, un producto que cumple las normas, garantiza sus características de calidad, contribuyendo además a difundir los objetivos de la normalización, siendo los más relevantes los que se citan a continuación:

- Simplificar el mercado.
- Proteger al consumidor.
- Eliminar barreras al comercio internacional.
- Proteger al fabricante frente a la competencia desleal.

I. Introducción

Para la elaboración de esta norma que da soporte al distintivo RCS, se han utilizado directivas internacionales ISO/IEC para dar forma y redactar los requisitos de verificación de los materiales de entrada para el reciclaje. Como en cualquier otra norma, en ella se pueden encontrar diferentes apartados:

- Definiciones.
- Referencias.
- Principios de la certificación.
- Requisitos a cumplir.
- Requisitos de la cadena de suministro.
- Apéndices.

Atendiendo a la norma internacional ISO 14021:1999: Etiquetas y declaraciones ambientales, documento de referencia utilizado en el desarrollo del sello RCS, se puede decir que se trata de una etiqueta ecológica de tipo II, denominadas también autodeclaraciones ambientales, ya que pueden ser efectuadas por los mismos productores, por importadores, distribuidores o cualquier otro organismo susceptible de beneficiarse de dichas declaraciones.

Cuando pertenecen a productos, existen diferentes formas de presentación: Afirmaciones o símbolos sobre la etiqueta del producto o del envase, en la documentación técnica del mismo o incluso en publicidad y soportes digitales como internet.

Los requisitos específicos aplicables a toda autodeclaración medioambiental realizada por un declarante, son:

- Deben ser concretas y no generar dudas.
- Deben estar argumentadas y contrastadas.
- Deben ser adecuadas para el producto en particular y también para su contexto.

I. Introducción

- Deben indicar expresamente si la declaración se aplica sobre todo el producto o sólo sobre alguno de sus componentes, incluso si es aplicable al envase o a un elemento de un servicio.
- Deben ser específicas en cuanto a la mejora medioambiental declarada.
- No deben emplear diferentes terminologías que puedan dar a entender diferentes ventajas para un solo cambio medioambiental.
- Deben evitar malas interpretaciones.
- Deben ser válidas tanto para el producto acabado como para su ciclo de vida.
- Deben evitarse interpretaciones erróneas sobre certificaciones por terceros, cuando no sea el caso.
- No deben exagerar los aspectos medioambientales del producto ni tampoco hablar de mejoras inexistentes.
- Aunque las declaraciones sean literalmente ciertas, éstas no se deberán realizar siempre que puedan dar lugar a malinterpretaciones por parte de los compradores.
- Deben presentarse de forma que quede clara la conveniencia de leer conjuntamente la declaración medioambiental y la afirmación explicativa. Debiendo tener esta última, una dimensión apropiada y una situación próxima a la declaración medioambiental a la que acompaña.
- Deben indicar el tiempo transcurrido desde la realización de la mejora.
- Cuando traten un aspecto preexistente pero no divulgado con anterioridad, se presentará de manera que no induzca los compradores, reales o potenciales, o a los usuarios del producto, a pensar que se trata de una nueva modificación.
- No deben efectuarse cuando se centren en la ausencia de características que jamás han estado asociadas a dicha categoría de productos.
- Deben reevaluarse y ser actualizadas cuando se necesite reflejar cambios tecnológicos u otras variaciones que puedan alterar la exactitud de la declaración.

I. Introducción

- Deben adecuarse correctamente a la zona donde se produce el impacto ambiental correspondiente.

En lo que respecta a los símbolos utilizados para llevar a cabo las declaraciones medioambientales, la norma establece lo siguiente:

- El uso del símbolo no es obligatorio cuando se realiza una autodeclaración medioambiental.
- Los símbolos empleados para realizar la declaración medioambiental deberán ser sencillos, reproducibles con facilidad y con un tamaño y posición acordes al producto objeto de aplicación.
- Los símbolos utilizados para un tipo de declaración medioambiental deberían distinguirse con facilidad de otros símbolos, incluidos los utilizados por otras declaraciones medioambientales.
- Un símbolo utilizado para expresar la implantación de un sistema de gestión medioambiental no debe emplearse de manera que pueda interpretarse, de forma errónea, como si fuera un símbolo medioambiental que indicara los aspectos medioambientales de un producto.
- Los símbolos de objetos naturales deben utilizarse únicamente en aquellos casos en que exista una relación directa y verificable entre el objeto y la ventaja declarada.



Figura 9. Sello RCS.

I. Introducción

Además de símbolos medioambientales se pueden utilizar términos, números o marcas para transmitir información, tal como la identificación de materiales, instrucciones de eliminación o advertencias de peligro. Algunos de estos términos pueden ser “compostable”, “degradable”, “producto de vida prolongada”, “reciclable”, “reciclado”, “fabricado con energía recuperada”, “consumo de energía reducido”, “utilización reducida de recursos”, “reutilizable”, “reutilizado”, etc.

I. Introducción

I.4. FABRICACIÓN DE LÁMINAS POLIMÉRICAS POR EXTRUSIÓN.

Dado que el proceso industrial objeto de este trabajo es la fabricación de láminas poliméricas por extrusión, se hace necesaria la explicación de los puntos más importantes en los que se estructura dicha técnica de producción. Por lo que, con el fin de poder entender esta operación productiva, se comentarán aquellos contenidos esenciales relacionados con los siguientes apartados:

- Extrusión.
- Máquina extrusora.
- Línea de producción para láminas extrudidas.
- Componentes principales.

EXTRUSIÓN

La extrusión es una técnica de conformado automático en la que una masa plástica o fundida se fuerza a pasar por una abertura de forma determinada (boquilla). Se aplica a piezas que presentan sección transversal constante, utilizándose para la producción de longitudes continuas de materiales termoplásticos. Por tanto, la extrusión no forma piezas individuales sino una pieza continua que luego debe ser cortada o bobinada en función del tipo de producto fabricado.

Se trata de una operación muy versátil que nos permite obtener formas muy diversas de productos acabados como: tuberías, perfiles, fibras, películas y láminas e incluso productos intermedios para alimentar otros sistemas de producción como el soplado.

Las principales etapas de un proceso de extrusión genérico para un polímero son:

- Transporte hacia la zona de fusión.
- Fusión o plastificación del material de partida.

I. Introducción

- Bombeo y presurización del fundido.
- Mezclado.
- Desgasificado o venteo.
- Conformado.
- Solidificación con la forma deseada.
- Corte de unidades o bobinado.

En cuanto a los métodos de extrusión, los más extendidos son por pistón y por husillo, en función del elemento que fuerza al material a pasar por la boquilla. La extrusión por pistón suele destinarse al conformado de materiales sensibles a la temperatura (termoestables), mientras que la extrusión por husillo es la más difundida y está indicada para materiales termoplásticos.

MÁQUINA EXTRUSORA

El tipo de extrusora más utilizado es el de husillo único, cuya representación se detalla a continuación.

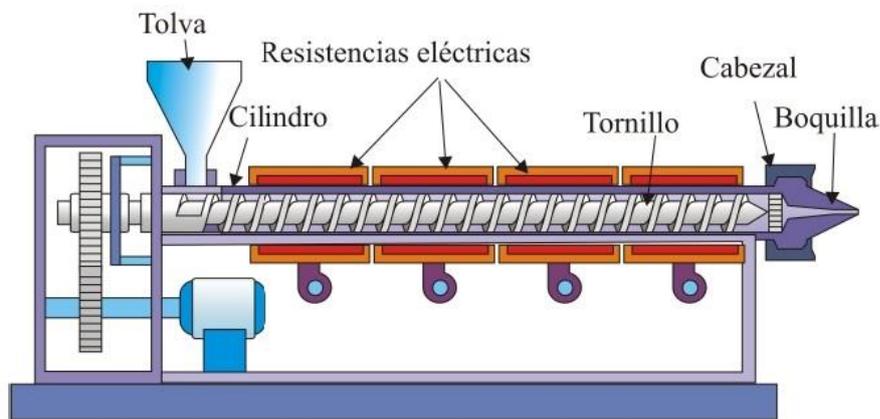


Figura 10. Representación esquemática de una extrusora de husillo único.

Como se puede apreciar en la figura anterior, el sistema de alimentación consta de una tolva mediante la cual se distribuye el material en forma de grana o de polvo. El dispositivo de fusión, bombeo y mezclado se compone de un tornillo sin fin que gira en el interior de un cilindro calefactado, normalmente a través de resistencias eléctricas.

I. Introducción

En la parte opuesta a la tolva de alimentación, se instala un cabezal con la boquilla de salida, que dará la forma definitiva al producto fabricado.

La parte más importante de la máquina, es el sistema cilindro-tornillo que, gracias a la acción del giro de dicho tornillo, compacta el material alimentado, dando lugar a su fusión y transportándolo hacia la boquilla, al tiempo que lo presuriza y lo mezcla.

Todas las máquinas extrusoras se suelen dividir en tres zonas que se corresponden con las tres secciones en las que se divide el tornillo sin fin y que son: alimentación, transición o compresión y dosificado. En la zona de alimentación se compacta y transporta el material desde la parte inferior de la tolva y entrada al cilindro hasta la zona de transición. En esta sección la profundidad del canal del tornillo es máxima hasta alcanzar la zona de compresión, donde una disminución gradual de dicha profundidad se traduce en un aumento de la presión sobre el volumen de material fundido, así como en una eliminación de aire ocluido, que es conducido hacia atrás a través de la zona de alimentación, asegurándose de esta manera que la masa extrudida queda exenta de porosidad. Esta zona también se caracteriza por producirse un aumento del nivel de cizalla sobre el material fundido, como consecuencia del movimiento relativo de la superficie del tornillo con respecto a las paredes del cilindro. Al aumentar la fuerza de cizalla, se obtiene un mejor mezclado y se consigue la generación de calor por fricción, que también conduce a una distribución de temperaturas mucho más uniforme. Por último, la zona de dosificado se sitúa al final, es decir, en la parte más próxima a la boquilla, presentando una profundidad de canal muy pequeña y constante. La función de esta sección final del tornillo es presurizar y homogeneizar el material fundido para forzarlo a pasar a través de la boquilla a una velocidad constante, con el fin de evitar oleadas.

En ocasiones el tornillo puede presentar en su parte interna un sistema de calefacción por vapor o enfriamiento por agua, en función de las necesidades de regulación de temperatura que precise cada proceso.

Los tornillos se caracterizan por su relación longitud/diámetro y por su relación de compresión, que es la relación de volúmenes de una vuelta de hélice en la zona de alimentación y en la zona de dosificado y que será mayor al disminuir la profundidad

I. Introducción

del canal. Las relaciones L/D más comunes varían entre 15:1 y 30:1, mientras que las relaciones de compresión típicas suelen oscilar entre 2:1 y 4:1.

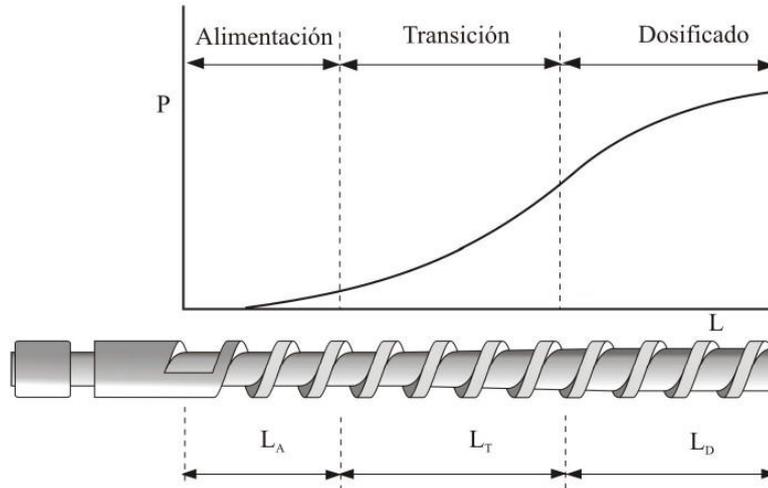


Figura 11. Evolución de la presión en zonas extrusora y secciones tornillo.

Otro elemento o conjunto de elementos a destacar en la máquina extrusora son el plato rompedor y el conjunto de tamices, colocados al final del cilindro entre el tornillo y el cabezal, con la finalidad de proteger la boquilla de partículas abrasivas y de crear una presión adecuada que permita una operación uniforme, evitando la obturación de la boquilla.

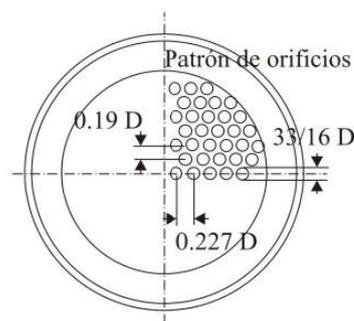


Figura 12. Plato rompedor.

En ocasiones también se utilizan extrusoras de doble husillo, aunque al realizar menos trabajo de cizalla, están más indicadas para materiales sensibles al calor, con bajo coeficiente de fricción o que deban ser extruidos a bajas temperaturas.

I. Introducción

LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA LÁMINAS EXTRUDIDAS

Se considera lámina cuando su espesor es superior a los 2 mm y el **proceso de pila de rodillos** es una de las alternativas posibles para su fabricación, pudiendo llegar a obtenerse láminas de hasta 30 metros de ancho. Cuando la anchura de la lámina es considerable, en la boquilla deberá controlarse la temperatura con precisión y mantenerla más alta en los extremos que en la zona central de la misma, para evitar así posibles deformaciones.

Entre los componentes principales de este tipo de línea se encuentran: la máquina extrusora, la pila de rodillos, la sección de enfriamiento, también compuesta por una serie de rodillos, la sección de tensionado y el recogedor, tal y como se puede observar en la figura 13.

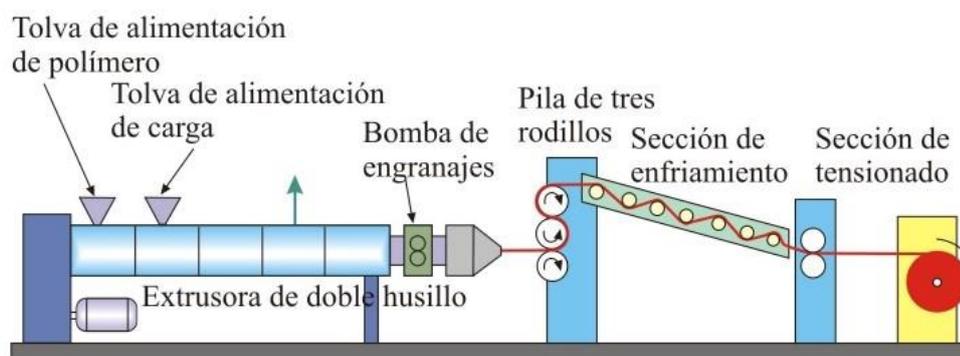


Figura 13. Proceso de pila de rodillos para fabricación de láminas.

La pila de rodillos se utiliza para presionar la lámina, corrigiendo de este modo posibles desviaciones de grosor y también para determinar su textura, que podrá ser lisa o con dibujo, según se requiera, existiendo la posibilidad de alternar las dos opciones en una misma lámina, cada una por una cara.

La lámina de plástico recorre el rodillo central y continua hacia arriba describiendo una trayectoria en forma de S, que también podría realizarse hacia abajo.

Por la parte interna de los rodillos, se pasa un fluido para poder controlar la temperatura del proceso, que también podrá realizarse por separado, según necesidades.

I. Introducción

La sección de enfriamiento está compuesta por un conjunto de rodillos en serie por los que pasa la lámina alternativamente, por debajo y por encima, encontrándose con una corriente de aire forzado o agua pulverizada por el exterior.

A continuación, se encuentra la sección de tensionado, donde unos rodillos de caucho estiran la lámina para ser cortada a la longitud deseada y apilarse finalmente, o bien llevarse al recogedor, si se trata de hojas flexibles.

COMPONENTES PRINCIPALES

En la composición de los polímeros o materiales plásticos, entran los siguientes elementos:

- **MATERIA BÁSICA:** Constituida por los monómeros que entran en la reacción química y comercializada en forma de gránulos denominados **granza**.
- **CARGAS:** Se añaden a la materia básica con la finalidad de abaratar el producto obtenido y de mejorar sus propiedades físicas, químicas o mecánicas. Se suelen utilizar fibras, papel, sílice o materiales que incluso pueden ser objeto de recuperación de otros procesos industriales, como en el caso que nos ocupa con el trabajo llevado a cabo. En el presente trabajo el objetivo principal es el empleo de los residuos cerámicos obtenidos tras las etapas de pulido, rectificado o corte como carga con el fin de conseguir la acreditación ambiental RCS.
- **ADITIVOS:** Su función es la de mejorar ciertas cualidades del polímero. Algunos de ellos son: **colorantes** (son solubles en el polímero y le aportan un color más atractivo), **antiestáticos** (evitan la acumulación de cargas estáticas), **estabilizantes** (aumentan la resistencia a la degradación de la luz), **lubricantes** y **plastificantes** (mejoran la conformabilidad del polímero), **espumantes** (actúan como expansores o insufladores), etc.

En el caso concreto del desarrollo de materiales compuestos de matriz polimérica con cargas cerámicas, se pueden incorporar **agentes de acoplamiento** con el fin de garantizar una correcta interacción entre la carga y el polímero y consecuentemente una optimización de las propiedades termo-mecánicas.

II. OBJETIVOS

II. Objetivos

II.1. OBJETIVO GENERAL.

El objetivo general que se persigue con el desarrollo del presente Trabajo Final de Grado, es implantar un sello RCS (Recycled Claim Standard) en la fabricación por extrusión de láminas poliméricas para el sector de la construcción, recuperando lodos cerámicos procedentes de las secciones de pulido, corte, rectificado y mecanizado de piezas de la industria azulejera.

La producción anual de la planta objeto del estudio es de 184 toneladas, siendo la cantidad de lodos cerámicos recuperados como carga (residuo ya seco), de 55 t al año.

II. Objetivos

II.2. OBJETIVOS PARTICULARES.

Para alcanzar el objetivo descrito, se deben fijar una serie de objetivos parciales, con la finalidad de ir consiguiendo los retos marcados. Los más importantes son:

- Adecuación del residuo a recuperar.
- Determinación del porcentaje de carga recuperada.
- Viabilidad económica del proceso.
- Determinación de la calidad del producto acabado.
- Consecución del sello ecológico propuesto.

Como se puede observar en los antecedentes, el logro de la implantación del sello RCS (Recycled Claim Standard) queda supeditado a poder utilizar un porcentaje de lodos cerámicos superior al 5 % y que ello sea rentable para nuestra empresa, al tiempo que el producto fabricado cumpla las exigencias de calidad establecidas.

III. DESARROLLO DEL PROYECTO

III. Desarrollo proyecto

III.1. EMPRESA: UBICACIÓN Y CAPACIDAD PRODUCTIVA.

Polipropicer es la empresa objeto del estudio realizado, se trata de una planta ficticia en la que se fabrican láminas poliméricas por extrusión, a partir de polipropileno y destinadas al sector de la construcción.

La fábrica se encuentra situada en la provincia de Castellón y más en concreto en el término municipal de Nules. Su ubicación en pleno clúster cerámico, favorecerá el suministro de los lodos cerámicos que se pretenden recuperar, y dado que la capacidad del sector cerámico en este distrito industrial es tan elevada, cualquier posibilidad de desabastecimiento será nula.

Se trata de una pequeña instalación con una línea de extrusión de láminas de gran formato, que podría llegar a procesar hasta 170 kg/h de polipropileno, funcionando a plena producción. Sin embargo, la planta está produciendo en la actualidad 50 kg/h.

La factoría trabaja a doble turno (mañana y tarde), durante 5 días a la semana (de lunes a viernes), por lo que produce durante un total de 80 horas semanales. De tal forma, que si se considera que en un mes se trabaja una media de 22 - 23 días, la producción mensual de la planta se sitúa en 18.000 kg. Estimando la producción anual en 230 días, la cantidad de kg procesados asciende a 184.000 (184 t).

Tabulando los valores comentados, se puede acceder a dichos datos de forma más ágil y sencilla.

Tabla 1. Capacidad productiva de la planta.

PRODUCCIÓN DE LA FACTORÍA POLIPROPICER			
Kg/h	Kg/día	Kg/mes	Kg/año
50	800	18.000	184.000

III. Desarrollo proyecto

III.2. ADECUACIÓN DEL RESIDUO.

Para poder recuperar como carga, los lodos cerámicos procedentes de las operaciones de pulido, corte, rectificado y mecanizado de baldosas, será necesario adecuar dicho residuo, siendo necesario para ello una serie de etapas que se detallan a continuación.

III.2.1. RECEPCIÓN DE LOS LODOS.

Es importante hacer hincapié en la variabilidad de las muestras recepcionadas, ya que los lodos cerámicos además de proceder de diferentes operaciones mecánicas practicadas al producto acabado, también pueden ser generados a partir de distintas pastas, puesto que aun siendo mayoritaria la de gres porcelánico, no se pueden descartar otras como las de gres de monococción o las de revestimiento de porosa.

En cualquier caso, se considera que el material suministrado, presenta un valor medio de humedad del 25 %, y un color beige debido a la mezcla mayoritaria de gres porcelánico y granillas espesadas para pulido (colores blanco y transparente) con menores porcentajes de gres (color marrón rojizo) y porosa (color marrón anaranjado). La densidad real del sólido en suspensión, se estima en un valor medio de 3 g/cm³, ya que, aunque la de la mayor parte de materiales cerámicos se encuentra entre 2,5 y 3 g/cm³, hay que tener en cuenta la de los materiales abrasivos como carburo de silicio y diamante, presentes en cantidades importantes y con densidades por encima de los 3 g/cm³.

III. Desarrollo proyecto



Figura 14. Arcillas y soportes cocidos para porcelánico, gres y porosa.

Fijados estos valores medios, se puede calcular la densidad de los lodos recepcionados, siendo necesario para ello introducir los conceptos de contenido en sólidos (CS) y contenido en agua (τ).

CONTENIDO EN SÓLIDOS

Relación entre la masa de sólido y la masa de barbotina o suspensión cerámica, pudiendo ser expresada en tanto por cien o en tanto por uno.

$$CS (\%) = \frac{m_s}{m_s + m_a} \cdot 100; CS = \frac{m_s}{m_s + m_a}$$

CONTENIDO EN AGUA

Relación entre la masa de agua y la masa de sólido en una barbotina, generalmente expresada en tanto por uno.

III. Desarrollo proyecto

$$\tau = \frac{m_a}{m_s}$$

Relacionando ambas ecuaciones, se obtiene la siguiente expresión:

$$CS = \frac{m_s}{m_s + m_a} = \frac{m_s}{m_s + \tau \cdot m_s} = \frac{1}{1 + \tau}$$

$$1 + \tau = \frac{1}{CS} ; \tau = \frac{1}{CS} - 1 = \frac{1 - CS}{CS}$$

Por tanto, si, tal y como estudios previos han demostrado, el valor de humedad es del 25 %, el contenido en sólidos es del 75 %, así pues, el cálculo del contenido en agua será:

$$\tau = \frac{1 - CS}{CS} = \frac{1 - 0,75}{0,75} = \frac{0,25}{0,75} = 0,33$$

Una vez conocido el valor del contenido en agua y a partir de la expresión de la densidad, dividiendo numerador y denominador por m_s , se obtiene la densidad de los lodos:

$$\rho_{Lodos} = \frac{m_{Lodos}}{V_{Lodos}} = \frac{m_s + m_a}{V_s + V_a} = \frac{m_s + m_a}{\frac{m_s}{\rho_s} + \frac{m_a}{\rho_a}}$$

$$\rho_{Lodos} = \frac{m_s + m_a}{\frac{m_s}{\rho_s} + \frac{m_a}{\rho_a}} = \frac{\frac{m_s}{m_s} + \frac{m_a}{m_s}}{\frac{m_s}{\rho_s \cdot m_s} + \frac{m_a}{\rho_a \cdot m_s}} = \frac{1 + \tau}{\frac{1}{\rho_s} + \tau} = \frac{1 + 0,33}{\frac{1}{3} + 0,33} = \frac{1,33}{0,66} \cong 2 \text{ g/cm}^3$$

Pudiendo mostrar a continuación, una tabla con las principales características de los lodos a recuperar.

Tabla 2. Caracterización lodos cerámicos recuperados.

	H ₂ O (%)	CS (%)	τ (%)	ρ_s (g/cm ³)	$\rho_{susp.}$ (g/cm ³)	Color
Lodos	25	75	33	3	2	Beige

III. Desarrollo proyecto

III.2.2. ALMACENAMIENTO DE LOS LODOS.

Para poder dimensionar el almacenamiento de los lodos, debemos fijar la cantidad de residuo a recuperar como carga en la extrusión de polipropileno. Tras consultar diferentes fichas técnicas, se observa que la carga con productos comerciales puede llegar hasta un 40 %, decidiendo no sobrepasar en este caso el 30 % por tratarse de material recuperado.

Para evitar roturas de stock y dado que la cantidad requerida no es demasiado elevada, se establece disponer de lodos suficientes para la fabricación de un mes.

Por tanto, la cantidad de lodos secos a introducir como carga en producción será:

$$18.000 \frac{kg}{mes} \cdot \frac{30}{100} = 5.400 \frac{kg}{mes}$$

Sabiendo el contenido en sólidos, se puede determinar la masa de agua correspondiente al residuo seco necesario, es decir, la cantidad de agua que llegará a la planta conjuntamente con los lodos:

$$CS (\%) = \frac{m_s}{m_s + m_a} \cdot 100$$
$$75 = \frac{5.400}{5.400 + m_a} \cdot 100 \rightarrow m_a = 1.800 \text{ kg}$$

Siendo la cantidad total de materia necesaria al mes:

$$m_t = m_s + m_a = 5.400 + 1.800 = 7.200 \frac{kg}{mes}$$

Sabiendo que la densidad del residuo es de 2 g/cm³ (2.000 kg/m³), el volumen de lodos que necesitará recepcionar la planta mensualmente, será como mínimo:

$$7.200 \text{ kg} \cdot \frac{m^3}{2.000 \text{ kg}} = 3,6 \text{ m}^3$$

III. Desarrollo proyecto

Para almacenar y mantener en suspensión dicho volumen de lodos, se ha elegido adquirir un depósito cilíndrico de acero inoxidable con capacidad para 4.000 litros del fabricante Talleres Foro. Dicho depósito viene equipado con motorreductor de baja revolución y palas de acero inoxidable, así como un fondo cónico inverso, tapa superior para llenado y grifo con válvula para vaciado, además de un sistema para poder ser transportado con carretilla elevadora.



Figura 15. Depósito cilíndrico de acero inoxidable con sistema de agitación.

Las principales características de este depósito se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 3. Características del depósito.

Proveedor	Capacidad (l)	Ø (mm)	H (mm)	Peso (kg)	P (kW)	PVP (€)
Talleres Foro	4.000	1.700	1.800	330	2,2	4.840

III. Desarrollo proyecto

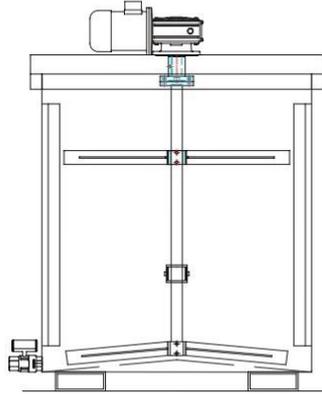


Figura 16. Representación del sistema depósito con agitación y vaciado.

III.2.3. SECADO DE LOS LODOS.

Para realizar el secado o deshidratación de los lodos cerámicos, se ha optado por un secadero “DRY-BIG” del fabricante J. P. Selecta, en concreto el modelo 2003741 – Tipo armario. Se trata de un equipo de secado con circulación por aire forzado para temperaturas regulables desde 40 °C hasta 250 °C. Su espacio interior permite la disposición de 24 bandejas de 50 x 60 x 5 cm.



Figura 17. Secadero “DRY - BIG”.

III. Desarrollo proyecto

Dado que el volumen de lodos a secar mensualmente es de 3,6 m³, con llenar las bandejas a media altura se podrá secar un total de 22 bandejas diarias, alcanzando de este modo la cantidad de lodos requerida por día.

Teniendo en cuenta la superficie de las bandejas y que el material tiene que estar lo más extendido posible para facilitar su secado, la altura de llenado será ligeramente inferior a 2,5 cm.

$$3,6 \frac{m^3}{mes} \cdot \frac{1 mes}{22 días} = 0,164 \frac{m^3}{día}$$

$$0,164 \frac{m^3}{día} \cdot \frac{1 día}{24 bandejas} = 0,0068 \frac{m^3}{bandeja}$$

$$0,0068 m^3 = 0,5 m \cdot 0,6 m \cdot h \rightarrow h = \frac{0,0068}{0,30} = 0,023 m = 2,3 cm$$

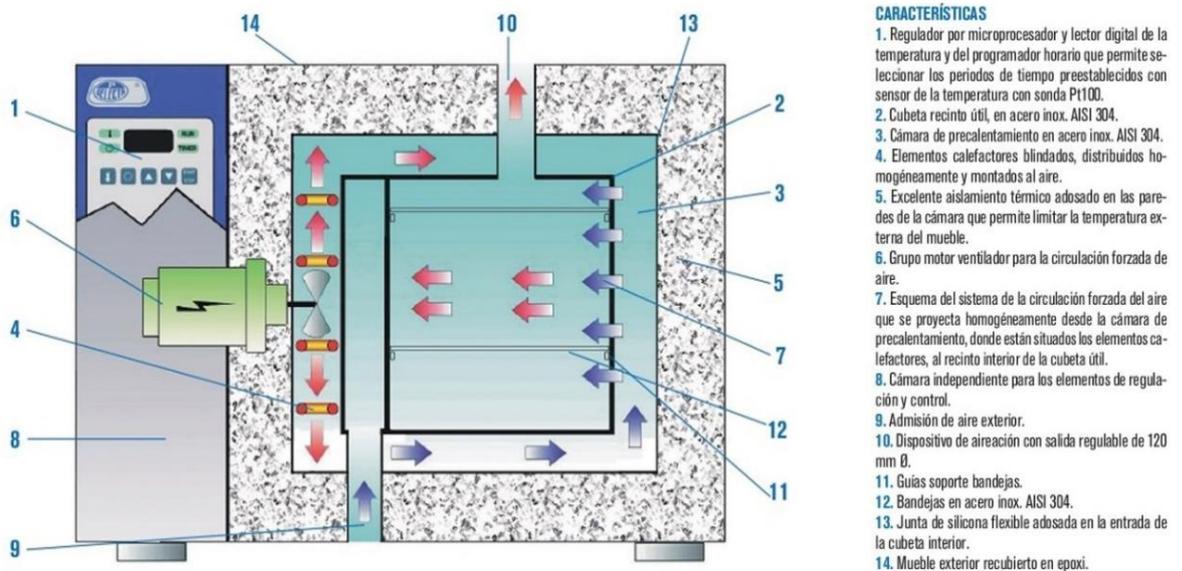


Figura 18. Esquema de funcionamiento secadero.

Las características principales de este equipo de secado se reflejan en la tabla siguiente.

Tabla 4. Características del secadero.

Proveedor	Capacidad (l)	Alto int. (mm)	Ancho int. (mm)	Fondo int. (mm)	P (kW)	PVP (€)
J. P. Selecta	720	1.200	1.000	600	6	7.415

III. Desarrollo proyecto

III.2.4. TRITURACIÓN Y MEZCLADO.

El secado de los lodos en bandejas, origina un material en forma de terrones que debe pasar por un proceso de trituración, al tiempo que también le sirve como mezclado por las características del equipo elegido.

Para esta operación, se ha seleccionado un molino de martillos del fabricante Verdés, el modelo 030, cuyas prestaciones se ajustan muy bien a las necesidades del residuo seco obtenido.

Se trata de un molino de tamaño reducido, donde la trituración del material se lleva a cabo por mediación de un rotor portador de 4 martillos en una sola línea, generando un diámetro de 535 mm. El accionamiento es por motor eléctrico y va incorporado a la máquina, mientras que la transmisión se realiza mediante correas.



Figura 19. Molino de martillos.

Sus principales características se recogen en la siguiente tabla.

Tabla 5. Características del molino de martillos.

Proveedor	Producción (kg/h)	Alto (mm)	Ancho (mm)	Hondo (mm)	Potencia (kW)	PVP (€)
Verdés	1.000	850	655	1.055	5,5	39.885

III. Desarrollo proyecto

III.3. MATERIAL EMPLEADO, INSTALACIÓN Y PRODUCTO ACABADO.

En este apartado, se trata el proceso productivo principal de la planta estudiada, destacando los siguientes puntos:

- Material empleado.
- Instalación.
- Producto acabado.

MATERIAL EMPLEADO

Como ya se ha comentado con anterioridad, el material que se utiliza para la extrusión de las láminas poliméricas, es el polipropileno.

Se trata de un producto termoplástico de color blanco y semicristalino, que se obtiene polimerizando propileno (2-propeno) en presencia de un catalizador específico.

Dicha polimerización, da lugar a cadenas hidrocarbonadas con un sustituyente metílico cada dos átomos de carbono de la cadena principal. Esto permite diferenciar tres formas isómeras del compuesto, cuyo esquema se puede observar en la siguiente figura.

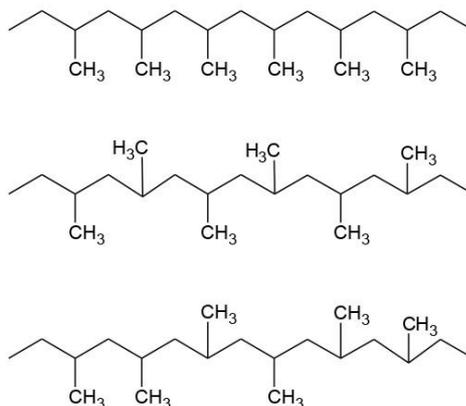


Figura 20. Esquema de las tres configuraciones del polipropileno.

III. Desarrollo proyecto

Según la posición de los grupos metilo ($-CH_3$) con respecto a la estructura espacial de la cadena polimérica, existen tres posibilidades: **polipropileno isotáctico** cuando todos los grupos metilo están en el mismo lado del semiplano, **polipropileno sindiotáctico** cuando los grupos metilo se disponen de manera alterna en el mismo semiplano y **polipropileno atáctico** cuando los grupos metilo se encuentran aleatoriamente en uno u otro lado del semiplano.

El polipropileno isotáctico constituye la forma más habitual a nivel comercial, siendo su regularidad espacial la que le confiere un elevado grado de cristalinidad y por tanto, unas propiedades físicas y químicas excelentes, existiendo varios puntos fuertes que lo sitúan como un material ideal para muchas aplicaciones:

- Baja densidad (comprendida entre 0,90 y 0,93 g/cm³) que permite la fabricación de productos ligeros.
- Alta dureza y resistencia a la abrasión.
- Alta rigidez.
- Excelente compatibilidad con el medio.
- Buena resistencia al calor.
- Excelente resistencia química.
- Alta resistencia al impacto.
- Estabilidad dimensional.
- Gran durabilidad.
- Buen aislamiento eléctrico.
- Baja absorción de agua.

Además, la relación entre sus prestaciones y su precio es muy buena y convierte al polipropileno en el material idóneo para sustituir al vidrio, metal o madera, así como a otros polímeros como el PVC.

INSTALACIÓN

Polipropicer es una planta que se dedica a la fabricación de láminas extruidas de polipropileno para el sector de la construcción, disponiendo para ello de una única línea de producción con una extrusora con capacidad para procesar hasta 170 kg de material por hora.

III. Desarrollo proyecto

La línea de extrusión de láminas es del fabricante chino Chaoxu e integra todos los componentes necesarios: tornillo de extrusión, boquilla, pila de rodillos, así como los módulos de enfriamiento, tensionado y corte.



Figura 21. Línea de fabricación de láminas poliméricas por extrusión.

Se trata de un modelo personalizado que sustituye la tolva de alimentación por un sistema gravimétrico, compuesto por tres unidades de distribución (dos para el polímero y una para la carga) que permite una dosificación sencilla, eficiente y precisa de los correspondientes porcentajes alimentados.

Los parámetros técnicos de dicha instalación se detallan en la tabla siguiente.

Tabla 6. Parámetros línea de extrusión.

Modelo	YX - 21 A/S*
Espesor de lámina	1 - 4 mm
Ancho de lámina	1 - 900 mm
Peso	8,5 t
Potencia	80 kW
Dimensiones	16500 x 3800 x 3300 mm
Rendimiento	170 kg/h
Grado de automatización	Completo
Marcas principales componentes eléctricos	Schneider, Rittal y Siemens
Diámetro de rodillo	400 mm o personalizado
Diámetro del cañón	100 / 70 / 50 mm o personalizado
Dispositivo de laminación	Incluido
Dispositivo de distribución	Incluido
Capas por hoja	1 - 5

III. Desarrollo proyecto

Se trata de una línea de alta eficiencia y elevado rendimiento, con una buena capacidad de plastificación. Su boquilla de material cromado y excelente pulido, asegura la extrusión de láminas estables, uniformes y con un buen acabado liso. En la calandra, la independencia en los dispositivos de control de aceite y de agua, permite garantizar un control preciso y constante de la temperatura de los rodillos, que trabajando a diferentes velocidades posibilitan un fácil ajuste del espesor de la lámina. El tensionado facilita la transferencia de la lámina de forma estable y el módulo de corte mide automáticamente la longitud de lámina establecida y realiza el corte.

PRODUCTO ACABADO

El tipo de producto que ofrece Polipropicer, es una lámina de gran formato (con medidas nominales comprendidas entre 50 y 90 cm de ancho por 100 y 150 cm de largo y de espesor variable según posibilidades de máquina) ideal para construcción, cuyas características propias del polipropileno, se ven mejoradas al introducir una carga de naturaleza cerámica, incrementando su resistencia y módulo de tracción y su resistencia a la llama.

El producto es ideal para diferentes fines constructivos y resulta especialmente interesante para los siguientes usos:

- Revestimientos de techos y paredes.
- Particiones a modo de barreras o paneles.
- Adornos y publicidades.

En definitiva, se trata de un producto muy versátil que se caracteriza por ser ligero y de alta resistencia y estar a prueba de humedad.

III. Desarrollo proyecto



Figura 22. Corte y apilado de láminas de polipropileno extruido.

III. Desarrollo proyecto

III.4. CRITERIOS SELLO RCS.

La norma voluntaria que desarrolla el sello RCS (Recycled Claim Standard), establece una serie de requisitos a cumplir para poder llevar a cabo su implantación:

- Los proveedores de material recuperado deben enviar a sus clientes la documentación requerida, incluida la autorización legal.
- Recopilar y conservar los formularios de declaración de material recuperado de los proveedores para todas las entradas que se realicen, considerando el producto y el material, la fuente de procedencia y si el material recuperado es de pre-consumo o de post-consumo.
- Inspeccionar todas las entradas de material para confirmar que no sea virgen; identificando correctamente si es pre-consumo o post-consumo y conservando los registros de las inspecciones.
- Calcular el “Contenido en reciclado” y verificar que supera un 5 %.
- Solicitar Certificados de Transacción para todos los productos salientes con certificación RCS.

Antes de determinar el “Contenido en reciclado” del estudio llevado a cabo, conviene destacar que el material recuperado en este trabajo es de **pre-consumo**, puesto que, se desvía de la corriente de residuos durante un proceso de manufactura y no tiene la capacidad de ser recuperado en el mismo proceso que lo ha generado.

Por lo tanto, dicho contenido, facilita la proporción en masa de material reciclado en un producto determinado, calculándose de la siguiente forma:

$$X (\%) = \frac{A}{P} \cdot 100$$

Donde:

X (%) es el contenido de reciclado expresado en porcentaje.

A es la masa de material reciclado.

P es la masa del producto.

III. Desarrollo proyecto

De forma que si sustituimos los valores que intervienen en el proceso analizado (referidos por ejemplo a producción mensual), se obtiene el siguiente resultado:

$$X (\%) = \frac{5.400}{18.000} \cdot 100 = 30 \%$$

Que tal y como se puede observar, supera el valor mínimo exigido (5 %).

IV. ESTUDIO ECONÓMICO

IV. Estudio Económico

IV.1. INVERSIÓN.

Dado que el proyecto objeto de este trabajo, se efectúa sobre una parte del proceso productivo y considerando que las instalaciones ya están disponibles, la única inversión a llevar a cabo será la adquisición de los equipos necesarios para el tratamiento de los lodos cerámicos.

Dicha inversión queda detallada en la tabla siguiente.

Tabla 7. Presupuesto de la inversión de equipos.

EQUIPO	Unidades	Precio Ud. (€)	Precio Total (€)
Depósito	1	4.840	4.840
Secadero	1	7.415	7.415
Molino de martillos	1	39.885	39.885
TOTAL (€)		52.140	

IV. Estudio Económico

IV.2. GASTOS ASOCIADOS AL RESIDUO.

En este apartado se incluyen los gastos anuales previstos asociados a la compra y recuperación de los lodos, residuo utilizado como materia prima. Teniéndose en cuenta tanto los gastos directos como los indirectos.

GASTOS DIRECTOS

Los gastos directos son aquellos que están en función de la producción. En este caso se consideran el coste de las materias primas, el consumo eléctrico y el coste de personal.

Materias Primas

Dentro del proceso diseñado para llevar a cabo la recuperación de lodos cerámicos, la materia prima son residuos procedentes de las secciones de pulido, corte, rectificado y mecanizado de piezas de la industria azulejera. Dado que se trata de un tipo de residuo que por composición no es recuperable por la propia empresa generadora, su coste se reduce al gasto ocasionado por la carga, transporte y descarga del mismo por un gestor autorizado, ascendiendo a 15 € el m³.

Al tratarse de una carga cerámica recuperada, se hace indispensable el uso de algún agente de acoplamiento que favorezca la interacción de la misma con el polipropileno. En este caso se utiliza con éxito el Titanato de Cera al 1 %.

La tabla siguiente recoge el coste de materias primas referido al consumo previsto de cada una de ellas.

Tabla 8. Consumo de materia prima como carga recuperada.

MATERIAL	Demanda (m ³ /año)	Demanda (kg/año)	Precio (€/m ³)	Precio (€/kg)	Total (€)
Lodos Cerámicos	36,8	--	15	--	552
Titanato de Cera	--	552	--	3	1.656
TOTAL (€)			2.208		

IV. Estudio Económico

Consumo eléctrico

Agitador depósito de almacenamiento

El agitador que viene instalado en el depósito cilíndrico de acero inoxidable del fabricante Talleres Foro, tiene una potencia de 2,2 kW. Considerando que para mantener en suspensión los lodos, es suficiente su puesta en marcha en horas alternas, su consumo anual será el siguiente:

$$2,2 \text{ kW} \cdot 8 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot 230 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 4.048 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

Secadero

El secadero que se ha seleccionado para deshidratar los lodos recuperados, es el modelo "DRY-BIG" - 2003741 del fabricante J. P. Selecta, que tiene una potencia de 6 kW. Por tanto, el consumo por año será:

$$6 \text{ kW} \cdot 16 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot 230 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 22.080 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

Molino de martillos

El molino de martillos que se utiliza en la instalación para molturar los terrones de los lodos deshidratados, así como para homogeneizar el residuo seco, es el molino de martillos 030 de la firma Verdés y, tiene una potencia de 5,5 kW. Por sus características, se sabe que la producción de lodos consumida al día, se puede alcanzar en 4 horas. Por tanto, el consumo anual será:

$$5,5 \text{ kW} \cdot 4 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot 230 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 5.060 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

IV. Estudio Económico

A continuación, en la tabla adjunta se recoge el consumo eléctrico anual previsto para los equipos y el coste teniendo en cuenta que el precio de la energía eléctrica es de 0,103 €/kWh.

Tabla 9. Consumo eléctrico de los equipos.

EQUIPO	Potencia (kW)	Consumo (kWh/año)	Coste (€/año)
Agitador (Depósito)	2,2	4.048	417
Secadero	6	22.080	2.275
Molino de martillos	5,5	5.060	521
COSTE TOTAL (€)		3.213	

Personal

Atendiendo a las características del proceso de recuperación de lodos diseñado, la carga y descarga tanto del secadero como del molino de martillos, se efectuarán de forma manual, considerándose que con la contratación de un operario de planta será suficiente. No obstante, se le asignará una jornada de trabajo completa a turno central, para que así cubra parcialmente ambos turnos productivos. Dado que la carga de trabajo no abarcará las 8 horas diarias, el operario acometerá también y siempre que le sea posible tareas de limpieza.

Tabla 10. Personal de planta.

PUESTO	Unidades	Salario anual por persona (€)	Total (€)
Operario de Planta	1	20.000	20.000

GASTOS INDIRECTOS

Los gastos indirectos se refieren a aquellos que no están en función de la cantidad de producto fabricado, por ejemplo, consumo eléctrico de alumbrado, vehículos, seguros, consultoría, certificaciones, mantenimiento, etc.

Tal y como ya se ha comentado con anterioridad, a nivel de instalaciones fabriles, no se ha precisado ninguna mejora ni ampliación como consecuencia de este proyecto, por lo que los únicos gastos indirectos que se van a tener en cuenta son los de mantenimiento de equipos adquiridos y mantenimiento de almacén, así como los de

IV. Estudio Económico

consultoría y certificación derivados de la propia implantación del sello ecológico, quedando recogidos en la tabla siguiente.

Tabla 11. Gastos indirectos generados por año.

CONCEPTO	Coste (€/año 1)	Coste (€/año 2)
Mantenimiento de equipos	4.000	4.000
Mantenimiento de almacén	1.000	1.000
Emisión y certificación sello RCS	450	--
Renovación sello RCS	--	250
Auditorías de implantación	800	--
Auditorías de seguimiento	--	300
Servicio de consultoría	500	250
COSTE TOTAL AÑO 1 (€)	6.750	--
COSTE TOTAL AÑO 2 (€)	--	5.800

IV.3. GANANCIAS REFERIDAS AL RESIDUO RECUPERADO.

Atendiendo a que la cantidad anual de lodos recuperados y ya secos es de 55.200 kg, y que dicha cantidad reemplaza a modo de carga la misma cifra de polipropileno, se puede considerar a todos los efectos el beneficio obtenido como un ingreso.

Por tanto, si el precio que se paga por el polipropileno es de 1,150 €/kg, el ingreso anual que nos reporta la operación de recuperado de lodos, será de 63.480 €.

IV.4. DETERMINACIÓN DEL VAN Y DEL TIR.

El cálculo de estos indicadores es indispensable para poder estudiar la viabilidad económica del proyecto. No obstante, antes de determinar sus valores, conviene fijar otros parámetros que también van a ser necesarios:

- Número de años para la inversión (n): 2 (ya que la cuantía no es demasiado elevada).
- Tipo de interés o tasa de descuento (k): 8 % (de acuerdo a las condiciones actuales de mercado).
- Flujo de caja en un determinado año (FC): Ingresos – Gastos, relacionados con el proyecto.

VAN (Valor Actual Neto)

Mide los flujos de los futuros ingresos y gastos que tiene el proyecto, para determinar si queda alguna ganancia una vez descontada la inversión inicial. Un valor positivo, indica que el proyecto es viable.

Para calcular este indicador, se emplea la siguiente expresión:

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^{n=2} \frac{FC}{(1+k)^n}$$

De forma que, sabiendo que la inversión inicial (I_0) ha sido de 52.140 € y el flujo de caja (FC) es igual a 31.309 € para el año 1 y 32.259 € para el año 2, se obtiene el siguiente Valor Actual Neto:

$$VAN = -52.140 + \frac{31.309}{(1+0,08)^1} + \frac{32.259}{(1+0,08)^2} = 4.507 \text{ €}$$

IV. Estudio Económico

TIR (Tasa Interna de Retorno)

Indica la rentabilidad que ofrece una inversión y para calcularlo, se hace que el VAN sea igual a 0.

Para determinar el TIR del proyecto, se utiliza la siguiente ecuación:

$$0 = -I_0 + \sum_{n=1}^{n=2} \frac{FC}{(1 + TIR)^n}$$
$$0 = -52.140 + \frac{31.309}{(1 + TIR)^1} + \frac{32.259}{(1 + TIR)^2} \rightarrow TIR = 14,2 \%$$

Por lo que, a modo de resumen, se pueden expresar ambos indicadores en una tabla.

Tabla 12. Resumen indicadores económicos.

VAN (€)	TIR (%)
4.507	14,2

Obtenidos los dos indicadores económicos, se puede concluir que el proyecto es totalmente viable, puesto que el VAN es positivo y el TIR es superior a la tasa de descuento, y además bastante alto.

V. CONCLUSIONES

IV. Conclusiones

V.1. CONCLUSIONES.

Una vez finalizado el estudio propuesto y a la vista de los resultados obtenidos, se puede concluir que el proyecto de implantación de un sello RCS (Recycled Claim Standard) en la fabricación de láminas de polipropileno por extrusión, utilizando como carga lodos cerámicos recuperados de la industria azulejera, resulta viable tanto técnica como económicamente.

Por tanto, mediante el presente proyecto se consigue dar salida mensualmente a 7.200 kg de lodos cerámicos en suspensión (5.400 kg de residuo seco) procedentes de las secciones de pulido, rectificado, corte y mecanizado de baldosas cerámicas. La recuperación de dicho residuo, al contener restos de material abrasivo, no es factible en el propio proceso cerámico por problemas de composición. Sin embargo, al ser introducidos en el proceso de extrusión de láminas poliméricas, se evita su tratamiento por parte de un gestor autorizado y el correspondiente coste asociado que llevaría.

Además, con la implantación de este sello ecológico, se contribuye a un modelo de economía circular y al desarrollo de una política medioambiental sostenible, potenciando el consumo de productos con material reciclado.

Al tratarse de un tipo de residuo de naturaleza cerámica, su introducción como carga en el proceso estudiado, puede mejorar alguna de las propiedades del producto fabricado.

Bajo el pretexto de recuperar los residuos señalados, los resultados logrados son buenos, ya que la empresa además de conseguir el sello RCS obtiene beneficios importantes. Sin embargo, atendiendo a un futuro incremento productivo de láminas poliméricas, los resultados aún podrían ser mejores, puesto que, tanto la inversión más elevada (molino de martillos) como los gastos directos más importantes (operario de producción) podrían satisfacer sin problema mayores producciones. Es por ello, que queda abierta una nueva línea de investigación para un futuro trabajo.

De igual modo, y teniendo en cuenta que el presente trabajo se ha enfocado desde un punto de vista de la mecanización del proceso, podría abrirse también una línea de actuación futura a nivel de laboratorio, para optimizar la composición de la carga de lodos cerámicos.

VI. APÉNDICES

VI. Apéndices

VI.1. REFERENCIAS.

BIBLIOGRAFÍA:

- Conselleria de Medi Ambient (2002). *Ecoeficiencia: La modernización ecológica de la empresa*. Generalitat Valenciana y Consejo de Cámaras de la Comunidad Valenciana.
- Conselleria de Medi Ambient (2002). *Manual de prevención de impactos ambientales en la industria de baldosas cerámicas*. Generalitat Valenciana y Consejo de Cámaras de la Comunidad Valenciana.
- A. Blasco; A. Escardino; G. Busani; E. Monfort; J. L. Amorós; J. Enrique; V. Beltrán y P. Negre. (1992). *Tratamiento de emisiones gaseosas, efluentes líquidos y residuos sólidos de la industria cerámica*. AICE - ITC.
- Asociación Española de Técnicos Cerámicos (2021). Apuntes del curso: Introducción a los procesos de corte, rectificado y pulido.
- Textile Exchange (2017). Recycled Claim Standard 2.0.
- AENOR. Norma UNE-EN ISO 14021:1999: Etiquetas ecológicas y declaraciones medioambientales. Autodeclaraciones medioambientales (Etiquetado ecológico Tipo II).
- M. Beltrán y A. Marcilla. (2012). *Tecnología de polímeros*. Universidad de Alicante.
- Tablas salariales del convenio general de la industria química.

WEBGRAFÍA:

- <https://www.campusplastics.com>
- <http://www.talleresforo.com>
- <https://grupo-selecta.com>
- <https://verdes.com>
- <https://m.made-in-china.com/Chaoxu-2021-Improved-ABS-Plastic-Sheet-Extruders-Machinery-1913731915.html>
- <https://brosovi.es/>
- <https://www.ecocert.com/es>
- <https://plasticos-recicladados.es/>

VI. Apéndices

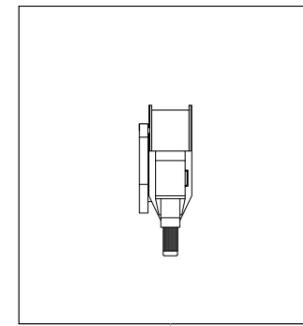
VI.2. PLANOS.

PLANO 1: Distribución en planta de la nave industrial.

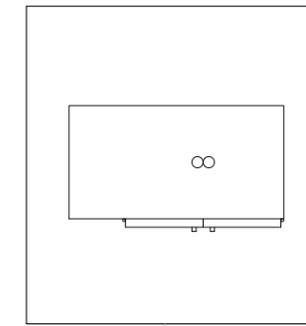
PLANO 2: Superficies y cotas de la nave industrial.

PLANO 3: Distribución en planta de una posible ampliación productiva.

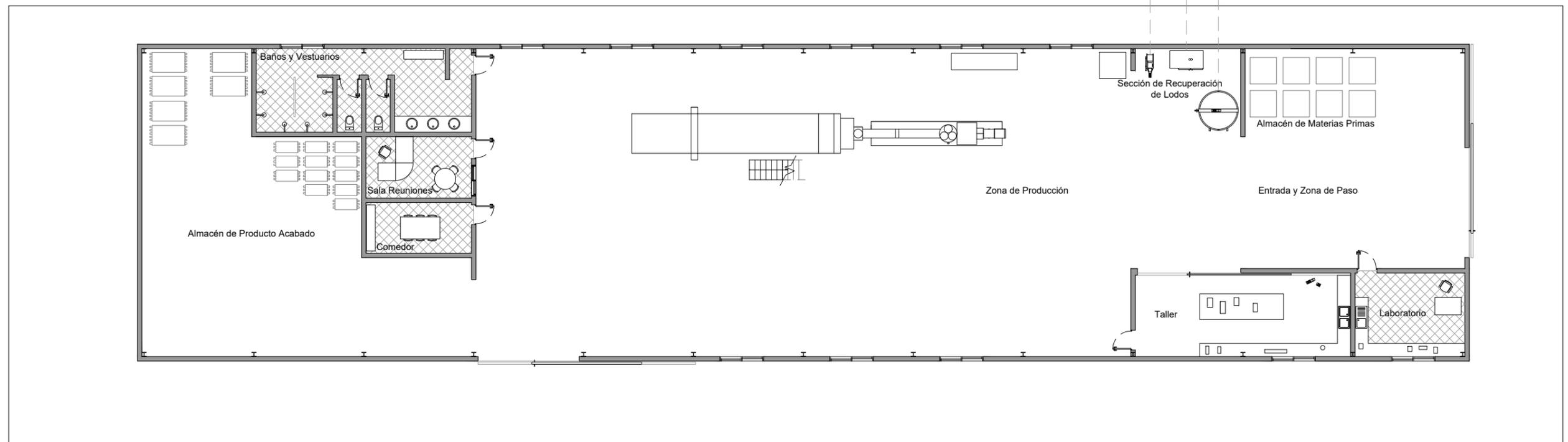
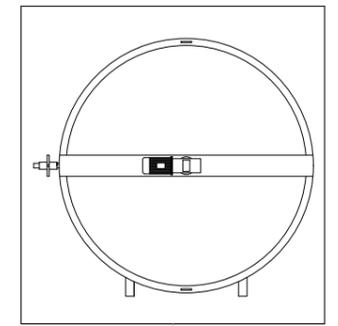
MOLINO



SECADERO



DEPÓSITO



PLANTA

TÍTULO DEL PROYECTO:

Estudio técnico y económico de implantación de un sello RCS aprovechando los residuos generados por la industria cerámica en una empresa dedicada a la extrusión de láminas poliméricas.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI

Nº

1

FECHA: *Junio 2022*

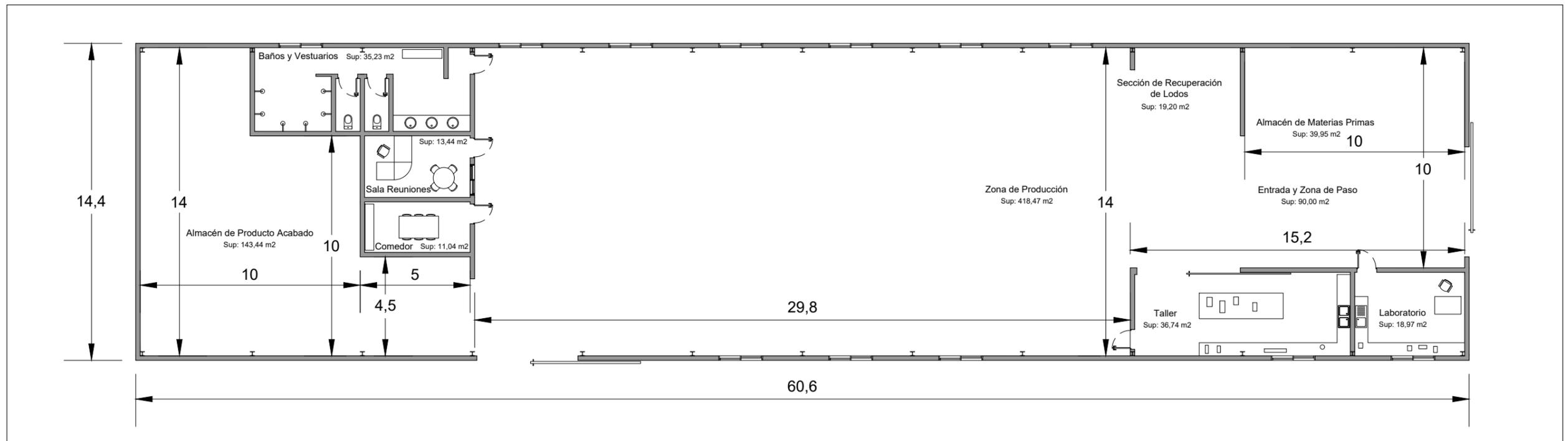
ESCALA: *1:200*

Cotas en metros

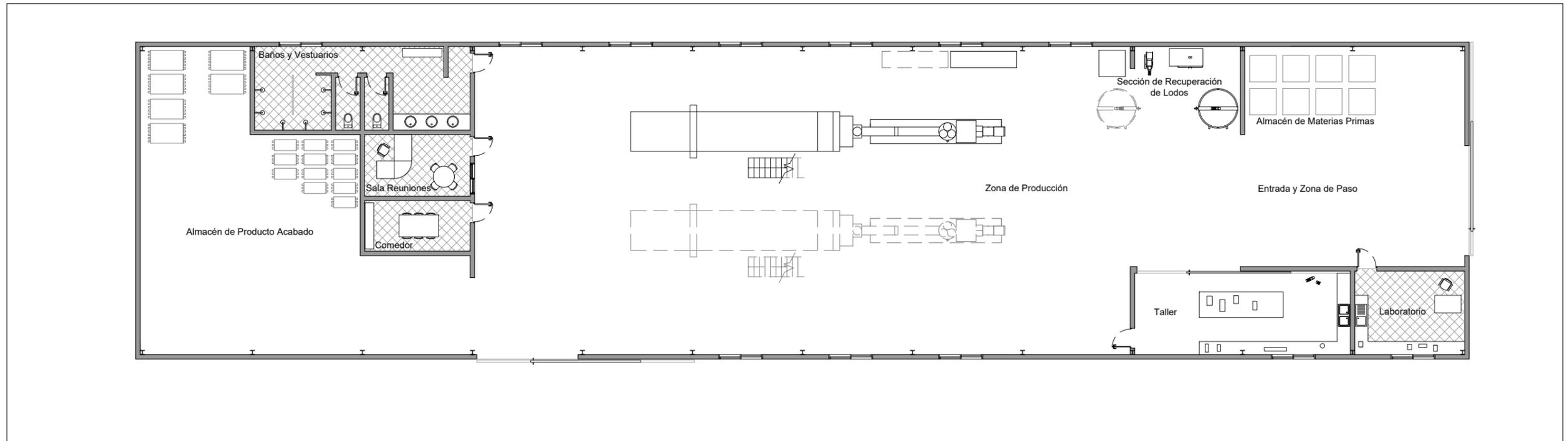
ESCUELA POLITÈCNICA SUPERIOR DE ALCOY - EPSA

AUTOR: *Antoni Isach Cuenca*

TÍTULO DEL PLANO: *Distribución en planta de la nave industrial.*



TÍTULO DEL PROYECTO: <i>Estudio técnico y económico de implantación de un sello RCS aprovechando los residuos generados por la industria cerámica en una empresa dedicada a la extrusión de láminas poliméricas.</i>			
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	Nº	FECHA: <i>Junio 2022</i>	ESCALA: <i>1:200</i> <small>Cotas en metros</small>
	2	ESCUELA POLITÈCNICA SUPERIOR DE ALCOY - EPSA	
	AUTOR: <i>Antoni Isach Cuenca</i>		
TÍTULO DEL PLANO: <i>Superficies y cotas de la nave industrial.</i>			



TÍTULO DEL PROYECTO: <i>Estudio técnico y económico de implantación de un sello RCS aprovechando los residuos generados por la industria cerámica en una empresa dedicada a la extrusión de láminas poliméricas.</i>			
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	Nº	FECHA: <i>Junio 2022</i>	ESCALA: <i>1:200</i> <small>Cotas en metros</small>
	3	ESCUELA POLITÈCNICA SUPERIOR DE ALCOY - EPSA	
	AUTOR: <i>Antoni Isach Cuenca</i>		
TÍTULO DEL PLANO: <i>Distribución en planta de una posible ampliación productiva.</i>			

