

Capítulo 5: Diseño del sistema de moldeo

En el capítulo 5 “*Diseño de sistema de moldeo*” se describen los sistemas para moldear las baldosas de caucho reciclado de neumáticos de NFU. Se describe el proceso desde la preparación de los materiales para lograr la dosificación deseada, el mezclado eficiente de los mismos, la preparación de los moldes para su posterior prensado y finalmente el desmolde y estiba. Se detallan las características de los equipos necesarios y se propone un esquema para la elaboración de un sistema de moldeo con prensado en frío adaptado a las necesidades de los actores de la economía social. Se analizan además los distintos agentes desmoldantes.

1. GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE MOLDEO

Para elaborar las baldosas de pisos con caucho reciclado, objeto de la tesis, se necesita definir el sistema de moldeo. Como se ha señalado una de las condicionantes consideradas es la de generar un sistema de producción sencillo y de bajo costo, para que pueda sumarse como alternativa de producción en sectores sociales de baja tecnificación, tales como cooperativas de trabajo, o de recicladores.

Un factor importante a seleccionar es el sistema de prensado, ya que de acuerdo al sistema que se elija los costos de la inversión inicial varían sustancialmente.

Se pueden señalar dentro del prensado, dos sistemas de curado de la resina que actúa como material aglomerante:

- ✓ Curado en caliente
- ✓ Curado en frío

El curado o fragüe en caliente se realiza en menor tiempo, optimizando el proceso y liberando más rápidamente los moldes utilizados en cada caso.

La razón de la existencia de diferentes procesos radica en la forma en que se produce el curado o fragüe de la mezcla, más precisamente en la forma en que lo hace el prepolímero que hace de aglomerante. Con el aporte de calor en el primer caso y con la humedad contenida en el ambiente en el segundo caso. El fragüe se realiza en menor tiempo cuando se prensa en caliente que cuando se lo realiza en frío, lográndose el fragüe en pocos minutos en el primer caso y del orden de las 24 horas en el efectuado en segundo término.

Esto es determinante en el proceso de fabricación obligando a contar para el curado en caliente con una prensa calefaccionada.

En el estudio en cuestión, debido a las características que supone trabajar con los actores de la economía social, es decir encontrarse ante la precariedad obvia de los recursos, naturalmente la decisión ante el tipo de proceso a seleccionar confluye hacia el prensado en frío.

Lograr acondicionar un espacio para la elaboración de éstas baldosas depende de varios factores, la elección del sistema de prensado es uno fundamental ya que define espacios destinados para la estiba de los moldes trabajados para su posterior fragüe, además del espacio que sería común para cualquiera de los procesos como la estiba del producto terminado. Otros factores importantes son:

- ✓ La escala del proyecto,
- ✓ La ubicación y
- ✓ La disponibilidad del espacio.

En general el proceso básico para la elaboración de estas baldosas con caucho reciclado de NFU consta de:

Acopio de la materia prima: se necesitarán espacios destinados para el acopio de las distintos tipos de granza de caucho reciclado de NFU y de las resinas utilizadas como aglomerantes, espacios dotados con las características necesarias para su correcto almacenamiento, con las correspondientes medidas de seguridad.

Dosificación de las mezclas: En esta etapa del proceso se procede a realizar los trabajos de pesaje de las materias primas en base a las cantidades necesarias para procesarlas y al tipo de dosificación requerida. Básicamente consta de un espacio para realizar las pesadas de la granza de caucho reciclado y de la resina para luego abastecer el sistema de mezclado.

Mezclado de las materias primas: Aquí se vuelcan en un recipiente acondicionado para tal efecto las materias primas por separado y mediante agitación mecánica se logra la integración de los componentes. El tiempo de mezclado es una de las variables a manejar por el operador, otra es la dosificación en los moldes y la limpieza de los equipos.

Preparación de los moldes: En este paso se preparan los moldes para recibir la mezcla. Comienza con la colocación del agente desmoldante de manera de facilitar las tareas posteriores de desmolde y comprenden la preparación de los mismos, ya sean unitarios para ser prensados en caliente o grupales si el prensado se realiza en frío.

Llenado de los moldes: sea cual fuere el tipo de moldes que se efectúen, el llenado de los mismos se efectúa por volumen. Es decir, se completan al ras los moldes que luego se llevarán al proceso de prensado.

Prensado: En esta etapa se realiza el prensado de los moldes de manera de enrasarlos, es decir, se prensa hasta que los moldes lo permiten y es por ello que se habla de una dosificación en volumen en los moldes. Si el prensado es en caliente, se prensarán individualmente en una prensa calefaccionado con capacidad de procesar varios de estos moldes; en cambio si el prensado es en frío, se colocarán grupos de moldes a prensar de igual manera por volumen, sólo que en este caso deben permanecer en presión luego de retirados de la prensa hasta que se produzca en el tiempo su fraguado.

Desmolde: En este proceso se procede al desmolde, sean estos individuales ya que fueron colocados en prensa calefaccionada, hecho que ocurre a los pocos minutos de haberlos prensado o a las horas, si el proceso fue efectuado con prensa en frío. En cualquier caso, se procede al desmolde separando el producto terminado para luego ser estibado y a la preparación de los moldes para su posterior reutilización.

Estiba del producto: Las baldosas obtenidas por el proceso precedentemente descrito se deben estibar de manera de facilitar su posterior retiro hacia su destino final, teniendo en cuenta los espacios necesarios para ejecutar las maniobras que se deban realizar para las operaciones de carga. En el caso de prensado en frío se debe tener en cuenta que hay que contar con un espacio para la estiba de los moldes con material en proceso de fragüe.

Embalado: Podría ocurrir que se requiera que el producto se deba entregar embalado, por ejemplo, que sea necesario cubrir con film de polietileno y colocado en pallets, de ser así, se debe tener en cuenta el espacio para realizar tales operaciones y aquí podría darse el caso que este proceso sea previo a la estiba.

2. PROCESOS DE PRENSADO

Es menester ampliar en cierto grado de detalle este punto, ya que como se ha explicado resulta de relevancia en la calidad de la baldosa, en la inversión necesaria para el emprendimiento, y en el nivel de prestación general de la baldosa realizada con caucho reciclado de NFU.

2.1. Prensado en caliente

Es el método más utilizado comercialmente ya que permite el fragüe de las baldosas más rápidamente. Las prensas asociadas a este proceso cuentan con calefacción de manera de aportar calor a la reacción que opera dentro del molde conteniendo mezcla de granza de caucho reciclado y resinas poliuretánicas a modo de material aglomerante favoreciendo notablemente su fragüe.

Estas prensas son por supuesto costosas, no solamente por poseer el sistema de calefacción sino también por la magnitud ya que permiten el prensado de varios moldes conteniendo mezcla al mismo tiempo.

En la figura 1 se puede observar una máquina de prensado con calefacción para 5 moldes que alcanzando temperaturas de entre 150 y 160°C logra fabricar cada 12 minutos un total de 5 baldosas.



Figura 1: prensa calefaccionada

El sistema de calentamiento es eléctrico, el consumo de sistema completo (calefacción y sistema motriz) es de aproximadamente 5000 watts y el costo de la prensa al mes de marzo de 2020 en argentina de una prensa de origen chino es del orden de 15.000 dólares.

2.2. Prensado en frío.

Este sistema se basa en que el fragüe se realiza completamente a temperatura ambiente, sin aporte de calor, solamente con la presencia de la humedad ambiente y la presión que se le imprime en el proceso de prensado.

El fragüe de la resina uniendo las partículas de caucho reciclado de NFU se realiza en el tiempo y es una condición indispensable, dotar de una presión uniforme y constante al sistema de moldes durante este lapso de tiempo. Es decir, es muy importante mantener en presión a los moldes mientras se desarrolla el fragüe. El tiempo ensayado para lograr estos resultados se ubica en el orden de las 24 horas, un día completo, a temperatura ambiente.

Ayuda al correcto fragüe de la mezcla de la granza de caucho reciclado con la resina poliuretánica el contar con una temperatura previa del molde. A veces es posible lograrlo, en experiencias realizadas en el LEMaC, Centro de Investigaciones viales, donde se ha realizado la presente tesis, se pudo apreciar una sustancial mejora en el tiempo de fraguado de baldosas elaboradas. En este caso particular, se asume que tal proceso no es siempre posible y que se circunscribe al fraguado a temperatura ambiente y la variable que podemos manejar es el tiempo. Una alternativa es dejar los moldes en una zona con sol, para que levanten temperatura inicial.

Para lograr un producto acorde a los requerimientos preestablecidos se debe trabajar con un tiempo cercano a las 24 horas tal como se mencionó previamente. Para ello se hace necesario contar con un sistema de moldes que posean un soporte que permita mantenerlos a presión constante, sin relajación de la misma, durante el período que dura el fragüe, habiéndolos retirados del sistema de aplicación de la carga.

Por ello se necesita contar con un sistema que de alguna manera, provea estas condiciones de presión a un paquete de moldes que estarán inmovilizados durante el tiempo que necesite el fraguado.

Como consecuencia inmediata surge que una de las condiciones que debe contar este sistema de prensado en frío es poseer una cantidad considerable de moldes para trabajar. De hecho, éste es el nudo del problema, diseñar un sistema de moldes que permanecerán inmovilizados al menos durante 24 horas antes de poder estar en condiciones de reutilizarlos, es el reto del presente trabajo.

2.3. Agentes desmoldantes

Separar la mezcla de las baldosas de caucho reciclado luego de producido el fragüe sin que se produzcan roturas debido a fuertes pegados locales es un tema que se ha tenido muy en cuenta. En un primer intento se pensó en utilizar cera sólida comercial.

Las ceras son ésteres de los ácidos grasos con alcoholes de peso molecular elevado, es decir, son moléculas que se obtienen por esterificación, reacción química entre un ácido carboxílico y un alcohol, que en el caso de las ceras se produce entre un ácido graso y un alcohol monovalente lineal de cadena larga.

Las ceras están consideradas como sustancias altamente insolubles en medios acuosos y a temperatura ambiente se presentan sólidas y duras.

Por su punto de fusión elevado, que hace que sean sólidas a temperatura ambiente, y por su insolubilidad en agua las ceras cumplen funciones de protección, aislamiento y lubricación. (Quimnet S.A., 2020).

Existen diversos tipos de ceras las cuales se pueden clasificar básicamente en tres tipos

- ✓ Naturales (Plantas, vegetales, insectos, minerales, animales, etc.)
- ✓ Minerales (se obtienen del petróleo al mezclar aceite para su ablandamiento y pulido, ejemplos: parafina, microcristalina, de Barnsdahl, etc.)

- ✓ Ceras sintéticas (producto de hidrocarburos complejos, ozoquerita, ceresina, ceras de polietileno, etc.)

La parafina semilíquida como desmoldante

En taller luego de algunas pruebas se optó por utilizar parafina en estado semi líquido. La parafina formada a partir de una combinación de hidrocarburos, no tiene olor y debido a su menor densidad (0,80 g/cm³) no puede mezclarse con el agua, aunque si puede disolverse en éter, etanol caliente, benceno y cloroformo. Parafina es el nombre común de un grupo de hidrocarburos alcanos de fórmula general C_nH_{2n+2} , donde n es el número de átomos de carbono.

El desmolde tiene una importancia capital en el proceso industrial ya que afecta tanto a la calidad de los productos terminados como así también a la producción. Un agente desmoldante eficiente debe no solo contribuir al acabado de la pieza terminada sino a la celeridad en el proceso de fabricación. Restos de granza de caucho en el molde deben ser evitados para proporcionar baldosas comercialmente utilizables, disminuyendo la tasa de error en la fabricación.

Así mismo tiempos cortos para el desmolde proporcionan un mayor rendimiento del proceso industrial. Se han probado tres tipos de agentes desmoldantes, todos con buenos rendimientos para separar la pieza del molde:

- ✓ Cera sólida: lento el proceso de untado del molde.
- ✓ Parafina: proceso de untado a pincel, razonable
- ✓ Alcohol polivinílico: proceso de untado bueno, quedan residuos que deben eliminarse.



Figura 2: moldes con parafina

El proceso consiste en untar los moldes previamente a su relleno con parafina en estado líquido mediante pincel común, se pudo verificar que el desmolde se simplifica notablemente al utilizar este producto, dando lugar a la extracción de manera sumamente sencilla de la baldosa terminada del molde utilizado. Sin que queden residuos del fragüe de la baldosa de caucho reciclado con NFU ni de las resinas utilizadas.



Figura 3: Alcohol polivinílico como desmoldante

De la misma forma, se hizo una prueba utilizando alcohol polivinílico $[(C_2H_4O)_n]$, polímero sintético soluble en agua] como desmoldante y se pudo apreciar un pequeño incremento en la facilidad del desmolde con respecto a la parafina, pero hubo que limpiar la muestra con abundante agua para solubilizar los residuos.

Por esta razón, la de agregar un paso más, la solubilización de los residuos es que se optó por continuar utilizando la parafina líquida como agente de liberación del molde de éstos polímeros.

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE PRENSADO EN FRIO

3.1. Parámetros de diseño.

Se ha considerado como parámetros de diseño, a aquellos que permitan estabilidad del sistema del prensado al aplicar la carga y que los resultados obtenidos, baldosa terminada, sea el óptimo. En otros puntos del presente trabajo se analizan las diversas condiciones que deben cumplir estas piezas de pisos amortiguantes y las distintas variables a considerar para fabricarlas en relación con el uso que se les va a practicar.

Estos parámetros definen el tipo de granulometría de la granza de caucho reciclado y las dosificaciones necesarias para lograr los parámetros de diseño de las baldosas, así también como las presiones a ejercer para obtener las densidades requeridas.

Una consideración indispensable es conocer la magnitud de la producción requerida y en todo caso, la deseable. En base a estos datos se deben prever la cantidad de materias primas a almacenar y esto define a priori, el espacio destinado a tal efecto.

La asignación de los espacios para el emprendimiento es fundamental, de manera de poder asignar a cada etapa del proceso el espacio necesario para poder desarrollarla correctamente.

3.2. Acopio de la materia prima.

Los espacios destinados a este efecto deben ser calculados en base a la producción estimada para un lapso de tiempo tal que contemple además, la posibilidad de acopios futuros. Es decir, depende fundamentalmente del tiempo que nosotros estimemos que tardaremos en consumir las existencias, teniendo en cuenta los tiempos para reemplazarlas. Definir los volúmenes de producción para a ser una cuestión prioritaria en este punto, compatibilizando con los espacios disponibles para efectuar acopios de la materia prima. La figura 4 muestra las materias primas, resina AG30 y granza de caucho en los envases en que fueron utilizados en el laboratorio.



Figura 4: Resina en envase de 20 kg y granza en bolsas de 25 kg.

Sin embargo, en función de los volúmenes de producción la resina poliuretánica vendrá en tambores por lo que habrá que utilizar elementos para su traslado y/o dosificación como se muestran en las figuras 5 y 6.



Figura 5: Carro para traslado de resina y dosificación. (Ecoway, 2020)



Figura 6: Carro para mover tambores. (Farli S.A., 2020)

Los requerimientos para acopiar granza de caucho reciclado básicamente consisten en contar con un lugar bajo techo a fin de resguardar de la intemperie a las partidas de granza de distintas granulometrías.

La granza de caucho reciclado debe poder almacenarse en espacios sin que se mezclen, siendo esto una condición importante ya que el diseño de las baldosas amortiguantes prevé la utilización de determinadas granulometrías de la misma.

Otra de las características de estos espacios es que dispongan de fácil acceso tanto para su ingreso a la zona de acopio, como para su retiro en el momento de entrar en producción el emprendimiento. Es importante destacar, tal como se insinuó en el párrafo precedente, que las distintas partidas de baldosas amortiguantes a preparar pueden requerir el uso de una o más granulometrías distintas; las cuales deben ser

retiradas y dosificadas en forma separada, cuidando de una posible mezcla o contaminación de partículas ajenas a las partidas de dichas granzas de caucho reciclado.

En bolsones cerrados o en espacios cerrados sería lo más adecuado para impedir la mezcla de las distintas granulometrías y dependiendo de la manera en que la granza sea incorporada a los siguientes procesos, determina el lugar de su almacenamiento.

En el caso de las resinas está claro que deben almacenarse en lugares secos y oscuros y a temperatura medianamente controlada. La exposición prolongada a las altas temperaturas afecta al producto final. Espacios cubiertos y ventilados son adecuados claramente, teniendo en cuenta que el agua y la exposición a la luz solar son agentes de los que hay que aislar a los recipientes de estas resinas.

Hay que tener en cuenta que el agua, la humedad residual, los alcoholes, aminas o materiales similares que contengan hidrógeno activo pueden reaccionar con Recsabond AG 30 causando efectos inadecuados en sus propiedades físicas. (RECSA, 2000)

De ocurrir lo antedicho, la reacción se tornará paulatinamente más viscosa incluso hasta llegar al endurecimiento total del producto. Es por ello que se aconseja el cerrado correcto del envase y que una vez abiertos los mismos, se deben extremar los cuidados de su almacenamiento.

Como consideración final para el almacenamiento de las resinas poliuretánicas es el de verificar la fecha de vencimiento de los envases. Con los cuidados detallados precedentemente puede estimarse el tiempo de conservación de las mismas por varios meses, del orden de los 10 meses al año en el caso de las resinas utilizadas en este trabajo.

3.3. Dosificación de las mezclas.

La dosificación de las mezclas guarda estrecha relación con los parámetros finales de diseño, o propiedades finales de las baldosas a fabricar.

Por un lado se deberá conocer de la densidad requerida, pues como los moldes se completan a volumen, se debe conocer el peso de los componentes por separado; y por otro lado, el porcentaje en peso de la resina poliuretánica en relación al de granza de caucho. De manera que se debe conocer con precisión el peso de granza de caucho y de resina, para completar cada molde individual y ya que los mismos se colocan en un sistema que los contiene para ser llevados a la prensa, se puede de esta manera conocer el peso total para cada sistema de moldes, tanto de caucho como de resina.



Figura 7: mezclado manual en laboratorio.



Figura 8: Interior del mezclador manual

Como además cada mezclado se realizará teniendo en cuenta la posibilidad de llenar varios grupos de moldes por proceso de mezclado; y teniendo en cuenta el tiempo de gelificación de la resina o pot life, se decidirá, la cantidad de material a mezclar, conociendo además los tiempos de cada etapa del proceso

Determinado el volumen a mezclar, se procede al pesaje de las materias primas para ser incorporadas a la mezcladora. Para la preparación de la granza de caucho se utilizará un recipiente amplio, el que será tarado y luego pesado en una balanza de pie e incorporado al mezclador. La resina en cambio, puede que en función de la cantidad necesaria y de la precisión requerida, sea pesada en una balanza de banco con una mayor precisión. Luego de pesados los materiales se llevan a la zona de mezclado.

La balanza de la figura 5 se utiliza para el pesaje de resinas y la figura 5 muestra una balanza de pie apta para el pesaje de las granzas de caucho reciclado.



Figura 9: Balanza de precisión cap..6 kg. (Radwag, 2020)



Figura 10: Balanza de pie, cap. 150 kg. (Systel, 2020)

3.4. Mezclado

Esta operación se realiza en un mezclador, quien mediante agitación mecánica logra la correcta impregnación de la resina poliuretánica en las partículas de granza

de caucho reciclado. El tiempo de mezclado se determina por el uso, pero a los efectos prácticos y en base a la experiencia recogida, se estima en unos diez minutos. Esta operación es crucial, de ella depende la homogeneidad en las características de las baldosas.

El volumen del mezclador se determina en función de la cantidad de mezcla necesaria para completar los moldes a prensar; y teniendo en cuenta el tiempo con el que se cuenta para trabajar definido por las características de la resina o pot life. Se debe tener en cuenta además la densidad aparente de la granza de caucho reciclado, del orden de los 0,39 grs/cm³, que obliga a utilizar un volumen importante al comienzo del mezclado.

Las características requeridas en estos mezcladores son que puedan ser fácilmente cargados con la materia prima por la parte superior y accesible al operador; además que el sistema de paletas elegido logre una buena mezcla y que no permita que se adhiera material en las paredes; que sea de fácil limpieza con la posibilidad del desmonte de las paletas para favorecer este proceso; y que permita el vuelco del material ya mezclado en una batea desde donde se extraerá el material para completar los moldes o, que cuente con un cono en su parte inferior y con un dosificador, para directamente completar el recipiente a volcar en cada molde en particular.

Existen en el mercado mezcladores, generalmente importados, también puede ser diseñado para tal fin y por último, adaptar uno existente, adecuando a su volumen el resto del proceso. Por ejemplo para el caso en que se propone de que los actores de la economía social, realicen este proceso, se propone utilizar una mezcladora de hormigón común, de 120 litros, para realizar las tareas de mezclado, tal como se utiliza cuando se coloca el material de caucho reciclado in situ.



Figura 11: Mezclador importado de paletas (Qishengyuan, 2020)



Figura 12: Hormigonera 130 lts (Massa, 2020)

Consideraciones a tener en cuenta: el tiempo de carga del material, el tiempo de mezclado, el vuelco en el recipiente desde donde se va a tomar para llenar los moldes y el tiempo de limpieza.

La utilización de hormigoneras para este mezclado es posible, presentan dificultades a la hora de la limpieza, pero como solución es aceptada. Obviamente se puede diseñar un equipo para esta etapa, debería ser un recipiente en base a los batch que se prepararán cada vez y con un agitador a paletas. Para estos materiales viscosos son aptos las paletas tipo ancla o rejilla, que pase cerca de las paredes del recipiente. El conjunto motor – reductor puede ser colocado en la parte superior o inferior, con la condición de que permita el retiro para limpieza del elemento agitador. La carga debería ser superior y la descarga por el costado o inferior para una mejor

posición de trabajo, la descarga debe contemplar la posibilidad de completar a volumen o al peso los recipientes desde donde se vaciarán en los moldes individuales

En el caso de utilizar hormigoneras debe preverse una batea donde se vierta el material mezclado, para desde allí proceder a tomar lo necesario para completar los moldes.

3.5 Preparación de los moldes.

Los moldes para las baldosas dependen fundamentalmente del tipo de prensado a los que van a ser sometidos. En el caso del prensado en caliente, los moldes metálicos, generalmente están diseñados con la prensa, una variante a este sistema podría ser el de calefaccionar mediante resistencias eléctricas los moldes, y prensarlos en una prensa común.

En el caso de prensado en frío, en los cuales el curado o polimerización de la mezcla se realiza a temperatura y humedad ambiente, los moldes pueden ser de materiales diversos, pero con un sistema que permita su prensado grupal.

Para este caso, en el que serían los actores de la economía social los que realicen las tareas de producción, contar con una prensa en caliente es muy costosa, por lo tanto se ha elegido este sistema de prensado en frío, los moldes serán marcos metálicos de perfil ángulo de 2 x 1/4" en dimensiones tales que satisfagan las condiciones de diseños (300x300, 400x400 o 500x500 mm.). Estos marcos metálicos soldados, escuadrados y nivelados, serán colocados sobre una tapa de madera de tablero fenólicos de espesor 0,18 mm o más, sobre su cara buena, que coincida con su superficie mayor y que incluya el ala. Luego de acuerdo al espesor requerido en la baldosa a producir, se coloca una tapa también de tablero fenólico con su cara buena hacia abajo, que cubra la mezcla del material y que sea interior al marco.

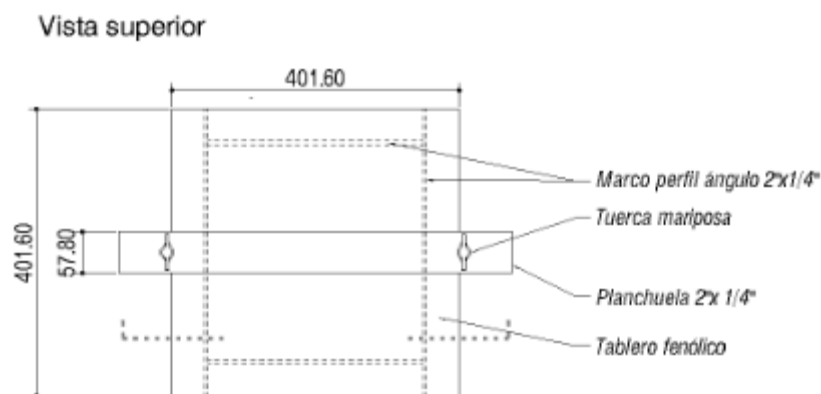


Figura 13: Vista superior del paquete de moldes.

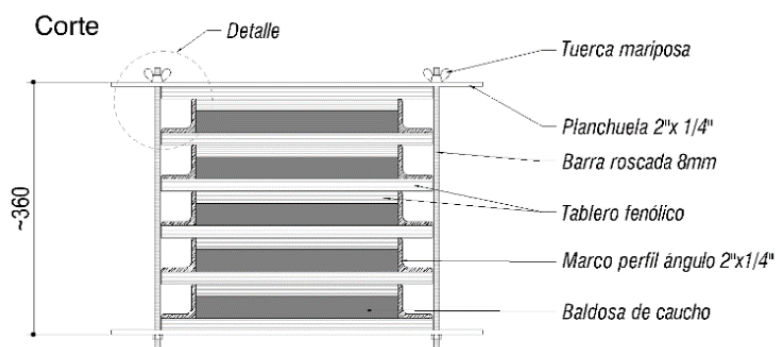


Figura 14: Corte del sistema de moldes.

Se colocarán de esta manera sucesivamente tapa exterior, marco metálico, mezcla de caucho reciclado y resina, tapa de espesor variable en función del espesor requerido. Se debe tener en cuenta que para poder fijar el paquete de moldes, es necesario contar con una planchuela exterior de por ejemplo 2 x 1/4" colocada en primer término, sobre la base de la prensa, de una longitud que sobrepase los moldes y con agujeros en los extremos en concordancia con la longitud máxima de los moldes. Y otra igual al final del paquete de moldes, sobre la que se ejercerá la fuerza de prensado. Las figuras 6,7 y 8 muestran la disposición de los moldes.

El sistema de moldes propuesto para el caso que se analizará como ejemplo de producción se ha diseñado como un paquete que agrupa cinco moldes individuales para ser prensados en conjunto. Es una forma de pensar un sistema de moldes posibles para realizar por lo actores de la economía social, otra posibilidad es realizar moldes dobles para prensar de a dos baldosas por capa cada vez. En este caso particular se trata de moldes para fabricar baldosas de 30x30 cm, el espesor es variable, y para ello deberá elegirse la tapa adecuada que aporte el espesor suficiente para el espesor final de la baldosa prensada.

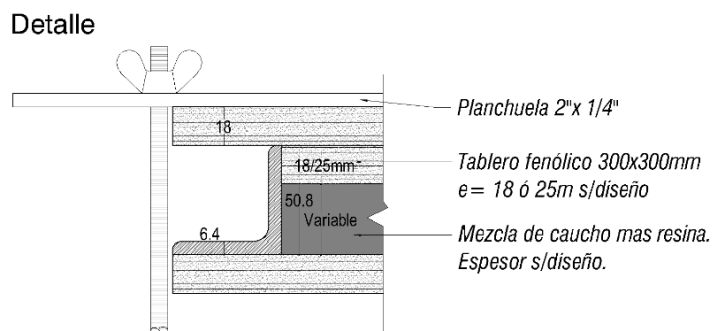


Figura 15: Vista del paquete de moldes

Los moldes deben ser tratados con un agente desmoldante de manera de facilitar la tarea de desmolde. Puede existir el caso de que por razones de diseño una cara de la baldosa deba tener líneas para drenaje en su parte inferior, para esa eventualidad se puede colocar la tapa superior e interior al marco metálico los elementos que confieran esa particularidad.

3.6. Prensado.

Prensas en frío existen en el mercado de distintos tamaños y características de prensado, que pueden hacer el proceso de prensado del paquete de moldes con la mezcla de caucho triturado.

Son dos los parámetros esenciales a considerar en la selección de la prensa:

- ✓ Que la prensa otorgue la presión necesaria para lograr la compactación de la mezcla dentro de los moldes y
- ✓ Que el recorrido que tiene que tener el vástago de la prensa.

Los moldes se llenan por volumen, una vez pesados o cubicados en recipientes, se vuelcan sobre los moldes previamente impregnados con el agente desmoldante, enrasando convenientemente. Una vez completado este paso se coloca la tapa superior e interior al marco para luego colocar la tapa inferior del próximo molde por encima, luego el marco y así sucesivamente. Como paso final, se procede a colocar uniendo las planchuelas inferior y la superior a los moldes, barras roscadas y sujetas mediante tuercas hexagonales abajo, se procede al prensado. Cuando se ha alcanzado el enrazamiento de todo el paquete debido al prensado se procede a fijar las barras roscadas mediante mariposas. El paquete así en tensión y asegurado mediante las planchuelas, queda en tensión y ya puede ser retirado de la prensa para ser colocado en el lugar donde permanecerá hasta fraguar.

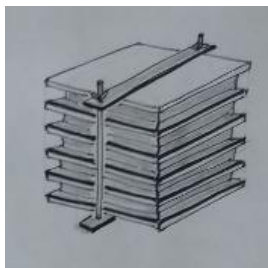


Figura 16: Paquete de moldes listo para prensar



Figura 17: Prensa.

El recorrido del vástago de la prensa se adopta en 150 mm y como la altura del paquete de moldes en tensión es de 360mm, la base de la prensa debe colocarse en torno a los 510 mm de distancia del gato hidráulico.

Para la ejecución de las tareas de prensado, se ve como lo más sencillo y de menor costo, construir un marco rígido de perfiles doble TN14 (14 cm de altura).

Dentro de ese marco de referencia se propone que la fuerza se realice con el accionamiento de un cricue botella de 3 tn.

Para ello se recomienda tener en cuenta además las siguientes particularidades:

- ✓ La altura del pórtico: en función del largo del perfil y de la altura de trabajo,
- ✓ Considerar que el crique será accionado mediante una palanca frontal;
- ✓ El ancho de la prensa estará dado por el tamaño de las baldosas y
- ✓ Una base adecuada para colocar el paquete de moldes.

3.7. Desmolde.

Estas tareas se tornan esenciales en este tipo de proceso, debido a que es el cuello de botella de la producción, la cantidad de moldes para el proceso en frío determina la capacidad de producción. Así que luego del curado, estimado en 24 horas, se debe proceder al desmolde y a las tareas de acondicionamiento para su reutilización inmediata.

Como se decide incorporar un agente desmoldante al momento del llenado es de esperar que no existan complicaciones mayores en este punto. En primer lugar se procede a desajustar las mariposas de las barras roscadas que mantienen el paquete de moldes den tensión, retiradas las planchuelas, se separan las tapas inferior y superior de fenólico que sólo estaban apoyadas y se pasa a despegar las tapas inferiores del marco mostrando la cara vista de la baldosa. Luego se desmonta la tapa superior ejerciendo una leve presión sobre la baldosa, para finalmente separarla del marco.

Todas las piezas deben ser repasadas para evitar que queden partículas adheridas y nuevamente impregnadas con desmoldante, llevadas a la etapa de preparación de los moldes para un nuevo ciclo.

Las baldosas ya liberadas de los moldes se revisan de posibles rebabas que de existir se remueven y son trasladadas a la zona de estiva donde se acopiaran al tiempo que continuarán, eventualmente, el proceso de polimerización.

3.8 Estiba del producto.

La estiba de las baldosas terminadas se realizará en un ambiente en lo posible a resguardo de las inclemencias del tiempo para posibilitar, como se ha dicho de existir, la culminación del proceso de curado.

En este lugar de depósito se debe prever la el espacio para los moldes en proceso de fragüe, así como para las baldosas terminadas a la espera del embalaje final. Se debe tener el cuidado de contar con los accesos libres para trasladar los paquetes luego del prensado hacia el lugar del fragüe, así como para dejar un espacio para poder estibarlas una vez terminadas. De la misma manera debe ser accesible el lugar destinado a la salida del producto final con destino a su colocación.

3.9 Zona de embalaje.

Esta zona opcional en el caso de contar con la posibilidad de contar un autoelevador o una zorra, para transportar y manejar los pallets utilizados para embalarlas. Estos pallets construidos en madera serán completados con baldosas terminadas y posteriormente recubiertas con un film de protección al igual que numerosos materiales de construcción hoy en la actualidad.

Pero de no contar con un autoelevador y/o camiones dotados de hidrogrúa para la descarga de material, se debe prever que las baldosas necesitarán ser embaladas en cajas o en film de polietileno en unidades prefijadas para un transporte posible realizado con carga manual



Figura 18: Carro para manejo de productos (Vila, 2020)



Figura 19: Zorra manual

4. EJEMPLO DE PRODUCCIÓN.

Ejemplo para la fabricación de las baldosas de caucho reciclado de NFU mediante un equipo de prensado en frío, realizado por actores de la economía social. El contexto económico que se viene atravesando el país y más aún en este momento de pandemia, ha dejado y dejará excluidos del mercado laboral formal. Organizarse en cooperativas ha sido una salida para re insertarse en el mismo; la carencia de medios y de capacitación suele ser una constante presente en estos emprendimientos. Creemos que con el debido acompañamiento del sector público, se podría articular un emprendimiento que aun contando con medios limitados, satisfaga una necesidad como la de contar con pisos amortiguantes en el espacio público, que al mismo tiempo ocupe a actores de la economía social y contando con una transferencia tecnológica adecuada, redunde en el beneficio para el medio ambiente.

Por supuesto que las expectativas iniciales de este ejemplo son modestas, pero con la posibilidad de contar con mejores equipos y medios, pueda en el tiempo ir ampliando su producción.

Se cuenta con el espacio necesario para realizar todas las secuencias de la producción, inicialmente las tareas de mezclado se realizarán utilizando una hormigonera común, se ha previsto un sistema de moldes que prensa cinco baldosas por vez y la prensa será realizada en obra utilizando perfiles normales doble T, U, y la fuerza será aportada por la acción de un crique botella.

Se ha tomado en cuenta que el fragüe se realizará durante 24 horas, una posibilidad a explorar es la utilización de catalizadores que aceleren la polimerización de la resina. A tal efecto la empresa proveedora de la resina fabrica uno que reduciría este tiempo, y por lo tanto reduciendo la cantidad de moldes necesarios.

Condiciones requeridas:

Se necesitan producir baldosas de 30x30x3 (cm²)
Con una densidad de 0,76 grs/cm³
Se estima una producción de 18 m² por día

a) Volúmenes

Volumen unitario de la baldosa= 2.700 cm³

Cantidad de baldosas por m²= 10.000 cm²/ (30x30) cm²/u.= 11,11 u.

Total de baldosas por día= 18 m² x 11,11 u/m²= 200 u.

Volumen total= 200 u x 2.700 cm²/u= 540.000 cm³.

Volumen total adoptado= 0,54 m³/día

b) Materias primas diarias.

Total de la mezcla = 0,54 m³/día x 0,76 tn/m³ = 0,415 tn

Granza de caucho 93%= 0,382 tn = 382,00 kg.

Resina (7%)= 0,029 tn.= 29,00 kg.

c) Mezclado (hormigonera 130 lts)

Ciclo = 54.000 cm³ = 0,0054 m³

20 baldosas

4 prensadas

Mezcla= 2.700 cm³/u x 0,76 gr/cm³ = 2.052,00 gr/u x 20 u.= 41.040 gr.

Mezcla por ciclo= 41,04 kg.

Caucho= 38,17 kg.

Resina= 2,87 kg.

d) Tiempos estimados

Dosificación, pesaje y llenado de mezclador 20´

Tiempo de mezclado= 10´

Tiempo para limpieza= 10´

Total del ciclo de mezclado 40´

Turno de 8 horas, 12 ciclos

Adoptamos 10 ciclos.

e) Producción

Producción = 10 ciclos x 20 u/ciclo = 200 u / 11,11 u/m² = 18 m²

Total producción 18 m².

Caucho necesario = 382,00 kg.

Resina necesaria = 29,00 kg.

f) Moldes

Se necesitan 40 juegos de moldes para las 200 baldosas.

g) Confección de los moldes

Marcos de hierro ángulo= 200 unidades (se necesitan 50 barras de 6 m)

Tablero fenólico e= 18 mm= 200 unidades (se necesitan 7 tableros de 1,22 x 2,44)

Tablero fenólico e= 25 mm = 240 unidades (se necesitan 14 tableros de 1,22 x 2,44)

Planchuela de hierro = 80 unidades (se necesitan 8 barras de 6 m.)

Barras roscadas 3/8"= 80 unidades (se necesitan 40 barras de 1 metro)

Precio:

50 barras hierro ángulo 2 x 1/4"= 50 b x 3,546 \$/b= \$ 177.300,00

7 tableros e= 18 mm.= 7 t x 1.733 \$/t= \$ 12.131,00
14 tableros e= 25 mm.= 14 t x 2.904 \$/t= \$ 40.656,00
8 barras planchuela 2 x ¼= 8 b x 1.975 \$/b= \$ 15.800,00
40 barras roscadas 3/8= 40 b x 142\$/b= \$ 5.680,00
Tuercas, mariposas 3/8= 160 unidades x 20 \$/u= \$ 3.200,00
Total Materiales= \$ 254.767,00
Mano de obra (80%)= \$ 203.813,60
Total moldes= \$ 458.580,00

Si se usa un catalizador que pueda generar un fragüe de manera de poder ser utilizados los moldes dos veces en la jornada laboral o en turnos distintos del mismo día, la cantidad podría reducirse a la mitad obviamente.

Para la ejecución de la prensa pórtico en perfiles doble T del 14, con la provisión y colocación del gato hidráulico tipo botella, materiales y mano de obra se ha previsto una inversión de \$ 58.500 (pesos cincuenta y ocho mil quinientos) a la fecha del presupuesto (abril 2020).

Resultando una inversión total la suma de pesos \$ 517.080,00 (quinientos diecisiete mil ochenta pesos, calculados abril de 2020).

5. BIBLIOGRAFÍA.

Ecoway. (2020, julio). *Mecalux logismarket*. Retrieved from logismarket.com.ar: <https://www.logismarket.com.ar/ecoway/carro-cuna-tambores/1393759265-p.html>

Farli S.A. (2020, julio). *Farli S.A. Quilmes*. Retrieved from Allbiz.

Massa. (2020, julio). *Hormigoneras de volteo*. Retrieved from massa.com.ar: http://www.massa.com.ar/tienda.asp?id_rubro=18&id_subrubro=25

Qishengyuan. (2020, julio). *Quindao Qishengyuan machinery manufacture*. Retrieved from alibaba.com: https://www.alibaba.com/product-detail/Waste-Tire-Rubber-Floor-Tile-Production_728523244.html

Radwag. (2020, julio). *Balanzas de precision PS.R2*. Retrieved from Celtec Argentina: http://celtecargentina.com.ar/web/images/upload/Folleto%20PS-R1-Data-Sheet-ES_1517975759.pdf

RECSA. (2000). *Ficha Técnica Recsabond AG 30*. General Pacheco: RECSA Reactores Especiales Controlados S.A.

Systel. (2020, julio). *Distribuidora BYEG*. Retrieved from byeg.com.ar: <https://byeg.com.ar/equipamientos/1479-balanza-electronica-tipo-bascula-modelo-komba-150-kg-systel-C33274.html>

Vila. (2020, Julio 24). *Carros de reparto*. Retrieved from Vila Famyp s.l.:
<http://www.carrosreparto.com/carretillas-manuales.html#:~:text=Compra%20online>

