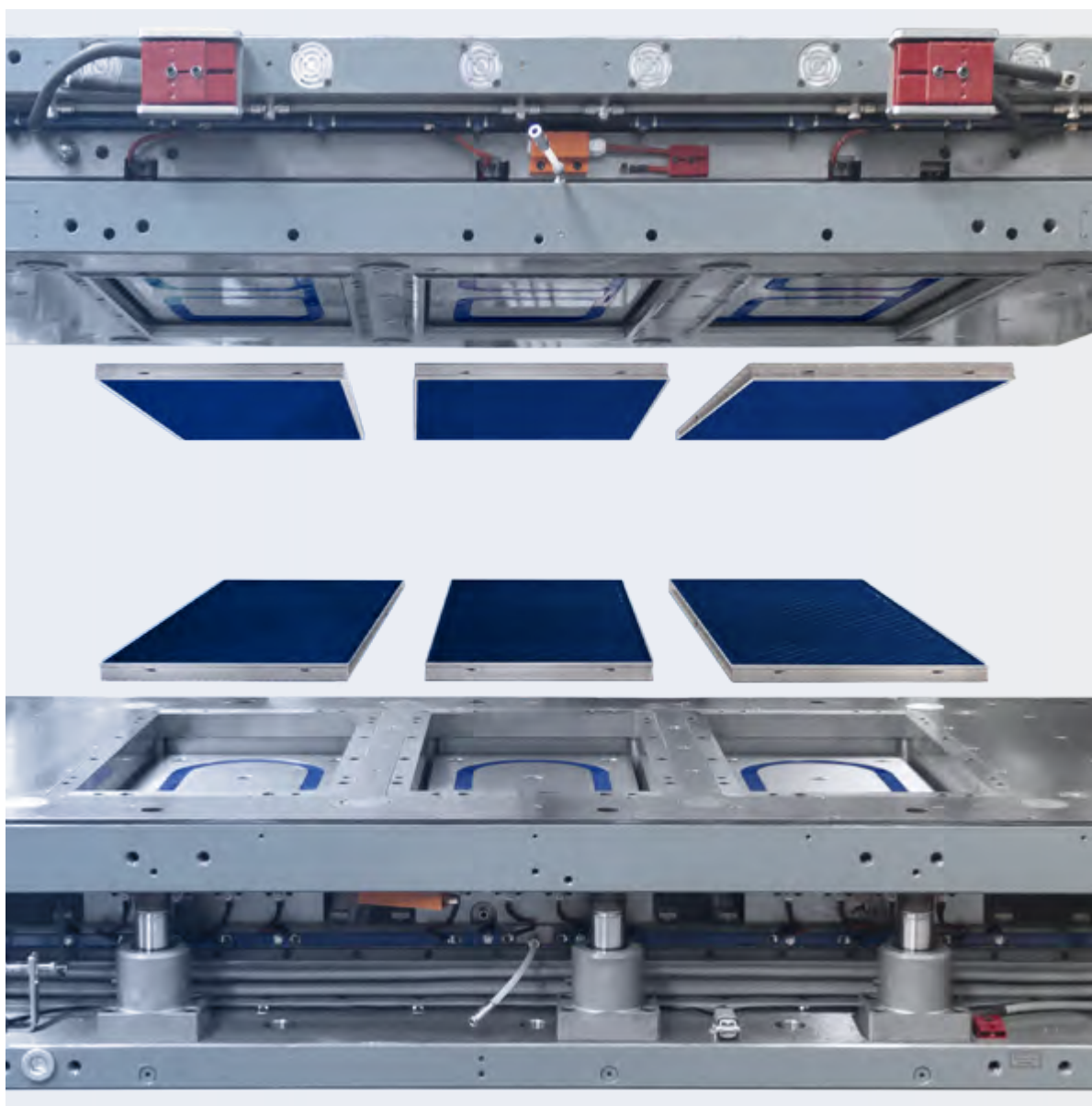


M O L D E S

PARA PRENSADO DE BALDOSAS CERÁMICAS



M O L D E S

PARA PRENSADO DE BALDOSAS CERÁMICAS



M O L D E S

PARA PRENSADO DE BALDOSAS CERÁMICAS

Rafael Galindo Renau
José Antonio Pérez Maximino

Copyright ©

Rafael Galindo Renau y José Antonio Pérez Maximino
Todos los derechos reservados

Edita

Macer S.L.

Dirección de arte

Vicente Sanjosé

Diseño y maquetación

La Repera Creativa

Impresión

La Repera Creativa

ISBN

978-84-09-49411-8

Depósito legal

CS 220-2023

Se me ha concedido de nuevo el honor de presentarles un libro de José Antonio Pérez y del profesor Rafael Galindo dedicado a los moldes para el prensado de baldosas cerámicas. Se trata de un nuevo proyecto editorial de MACER que, como los dos anteriores, se centra en un artefacto técnico que es fundamental para la competitividad de las industrias cerámicas. Pero a diferencia de los dos anteriores, en esta ocasión Rafael Galindo ha contado con la participación directa de José Antonio Pérez, actual Director Técnico de MACER, empresa que edita el libro.

Lo primero que deseo trasladarles en este prólogo hace referencia a la solvencia del autor, que es ampliamente conocida por todo el clúster cerámico de Castellón, que reconoce el papel que el profesor Galindo desempeñó en el diseño e implantación de ciclos formativos dedicados a la Cerámica y su constante predisposición a participar en cualquier acción formativa destinada a mejorar el conocimiento de los técnicos y trabajadores de la industria cerámica. Su amplia trayectoria académica y su gran conocimiento sobre los materiales, equipos y procesos cerámicos son un aval para la publicación que ahora les presento, en la que se proporciona de una forma rigurosa y amena todos los conocimientos que cualquier técnico cerámico necesita para gestionar el ciclo de vida del molde.

Si en las obras anteriores ya se constataba el rigor científico-técnico con el que el autor siempre expone los contenidos seleccionados y su capacidad para explicitar el extenso conocimiento tácito acumulado en el clúster cerámico, en esta última entrega estas habilidades adquieren una especial relevancia. Pero, para ello y especialmente en el caso que ahora nos ocupa, ha sido fundamental la gran implicación del coautor del libro y el fuerte apoyo prestado por todo el personal directivo y técnico de MACER, siempre dispuesto a compartir todos sus conocimientos y experiencias. Por la mesa de José A. Pérez, sobre todo a lo largo de sus muchos años como responsable del Departamento Técnico, han pasado muchas de las innovaciones, soluciones de concepto y diseños que MACER ha ofrecido al sector en los últimos treinta años. Una posición de responsabilidad, en una empresa que ha liderado la evolución de la tecnología de prensado y de los moldes en las cinco últimas décadas y que siempre ha incorporado las tecnologías de fabricación más avanzadas en sus plantas de producción, que avala la rigurosidad de los contenidos de esta obra.

Pues bien, como ya he indicado antes, en el libro que tiene entre las manos podrá encontrar toda aquella información y conocimiento que requiere para gestionar con éxito gran parte de los procesos vinculados con las diferentes etapas del ciclo de vida del molde: diseño, fabricación, distribución, uso y soporte. Toda una serie de contenidos que se estructuran en siete capítulos, ocho anexos y un documento final en el que el lector puede encontrar respuesta a muchas de las preguntas que pueda formularse alrededor del molde.

Los contenidos relacionados con el diseño del molde se presentan en los capítulos 2, 3, 4 y 5, tras un capítulo inicial en el que se realiza un breve recorrido a la historia del molde. En el capítulo 2 se describen toda una serie de aspectos que vinculan el diseño de la baldosa con el diseño/tecnología de la cavidad del molde, estableciendo toda una serie de reglas que afectan al espesor, los relieves y los formatos y que pueden ayudar al diseñador o diseñadora de la baldosa a definir productos (baldosas) fabricables y producibles, siguiendo los principios que caracterizan las técnicas de Diseño para Fabricación y de Diseño para Producción. Una visión que se complementa con el capítulo 7, dónde se analizan los tipos de defectos de calidad del producto imputables a malas elecciones en el diseño/selección del molde. Por su parte, en el capítulo 3 se describen los diferentes elementos que configuran un molde - independientemente de los tipos, que se presentan en el capítulo 5- y en la primera sección del capítulo 4, dónde se describen los materiales utilizados (aceros y gomas) y sus características funcionales.

Por su parte, los contenidos relacionados con las etapas de centrales del ciclo de vida (fabricación y transporte) se presentan en la segunda sección del capítulo 5 y en la última del capítulo 6, mientras que los relacionadas con las etapas finales (uso y asistencia) se presentan en el resto de secciones del capítulo 6, centradas en las operaciones de mantenimiento, cambio y ajuste de los moldes.

En resumen, en esta publicación va a encontrar todo un compendio extenso y bien estructurado sobre la evolución y la realidad actual del molde, marcada por grandes formatos y prensas de gran capacidad. Además, en el caso de que el lector desee ampliar su conocimiento sobre el proceso cerámico o requiera ampliar su información sobre las variables de proceso que afectan al proceso de prensado y a las características técnicas de las prensas instaladas en las plantas cerámicas, puede consultar la última edición del anterior libro de Rafael Galindo titulado “Prensas, moldes y prensado en la fabricación de baldosas cerámicas”.

Para finalizar esta presentación no me queda más que invitarle a que se sumerja en la lectura del libro y a que visualice las imágenes y videos cuidadosamente seleccionados por los autores y por MACER, de fácil acceso a través de los códigos QR que se han insertado, esperando que este recorrido le ayude a completar su conocimiento sobre el mundo cerámico y, lo que es más importante, le incite a reflexionar y a generar nuevos conocimientos.

Fernando Romero Subirón

Catedrático del Dpto. de Ingeniería
de Sistemas Industriales y Diseño,
de la Universitat Jaume I.

ÍNDICE.

1. Desarrollo histórico del molde.	15
1.1. Las prensas manuales de palanca y de husillo y sus moldes.	18
1.1.1. Los moldes.	20
1.2. Las prensas de fricción y sus moldes.	21
1.2.1. La evolución del molde a partir de la primera reconversión industrial.	23
1.2.2. Los moldes de fundición.	23
1.3. El desarrollo del molde con las prensas hidráulicas.	26
2. Planificación y diseño de moldes.	31
2.1. Especificaciones del producto y estudio de viabilidad.	34
2.1.1. Espesor y relieves.	34
2.1.2. Formato.	36
2.1.3. El perfil lateral: los biseles y el separador.	37
2.2. Diseño de relieves.	37
2.2.1. El relieve de dorso.	38
2.2.2. El relieve de prensa.	40
2.2.2.1. Realización del prototipo.	42
2.2.2.2. Digitalización del prototipo.	43
2.2.2.3. Realización de las plantillas.	45
a) Grabado con fresadora.	47
b) Grabado láser.	48
2.3. Condicionantes técnicos y de fabricación en el diseño del molde.	49
2.4. Las salidas.	51
2.4.1. Cálculo de las dimensiones de los alvéolos.	51
2.4.2. Cálculo del número máximo de salidas.	53
2.4.3. Factores condicionantes del número de salidas.	54
2.4.4. Ejemplo.	55
2.4.5. Tablas.	57
3. Componentes de los moldes.	65
3.1. Placa salvabanco.	70
3.2. Placa expulsora, placas “batentes” y sistemas de anclaje.	71
3.3. “Bloquetos”.	73
3.4. Fuelle.	76
3.5. Matriz.	77
3.6. Cuchillas.	78
3.6.1. Tipos de cuchillas.	80
3.6.1.1. Cuchillas fijas.	81
3.6.1.2. Cuchillas simétricas reversibles.	82
3.6.1.3. Cuchillas extraíbles.	83
3.6.1.4. Cuchillas extraíbles rectificadas.	84
3.6.1.5. Cuchillas rectificadas – cortadas al hilo.	85
3.6.1.6. Cuchillas cortadas al hilo.	85

3.6.1.7. Cuchillas antidesgaste.	86
a) Cuchillas antidesgaste con recubrimientos mediante HVOF.	86
b) Cuchillas antidesgaste con recubrimiento de lámina de carburo de tungsteno (WC).	87
3.7. Punzones.	89
3.7.1. Punzones sin goma.	91
3.7.1.1. Punzones sin goma y templados.	91
3.7.1.2. Punzones sin goma, templados y pulidos.	91
3.7.2. Punzones con goma.	92
3.7.2.1. Punzones isostáticos.	92
a) Punzones isostáticos con cavidad única.	95
Punzones tipo MGPV41.	96
Punzones de ranura.	96
Punzones con sujeción por orificios roscados.	96
Punzones de cavidad única con chapa flotante (tipo MGPVT de MACER).	97
Punzones de cavidad única con chapa fija agujereada.	97
b) Punzones isostáticos de cavidades interconectadas.	99
Punzones mixtos.	99
Punzones isostáticos de rejilla (tipo MRPV de MACER).	99
c) Punzones isostáticos interconectados.	102
3.8. Placas superiores.	103
3.9. Portapunzones isostático.	104
3.10. Sistemas de imantación.	105
3.11. Sistemas de calefacción.	106
3.12. Circuito eléctrico y conectores rápidos.	108
4. Procesos de fabricación.	109
4.1. Materiales empleados en la fabricación de moldes.	111
4.1.1. Aceros.	111
4.1.1.1. Clasificación.	111
a) Clasificación según su composición química.	111
b) Clasificación según su calidad.	112
c) Clasificación según su uso.	113
4.1.1.2. Designación de aceros.	113
4.1.1.3. Propiedades mecánicas de los aceros.	116
a) El diagrama “tensión – deformación” de los aceros.	117
b) Caracterización física.	118
4.1.1.4. Propiedades de los aceros empleados en la fabricación de componentes de los moldes.	120
a) Acero 1.2080.	121
b) Acero 1.1191.	122
4.1.2. Gomas para punzones.	124
4.1.2.1. Gomas en lámina.	126
4.1.2.2. Gomas para aplicación en líquido.	126

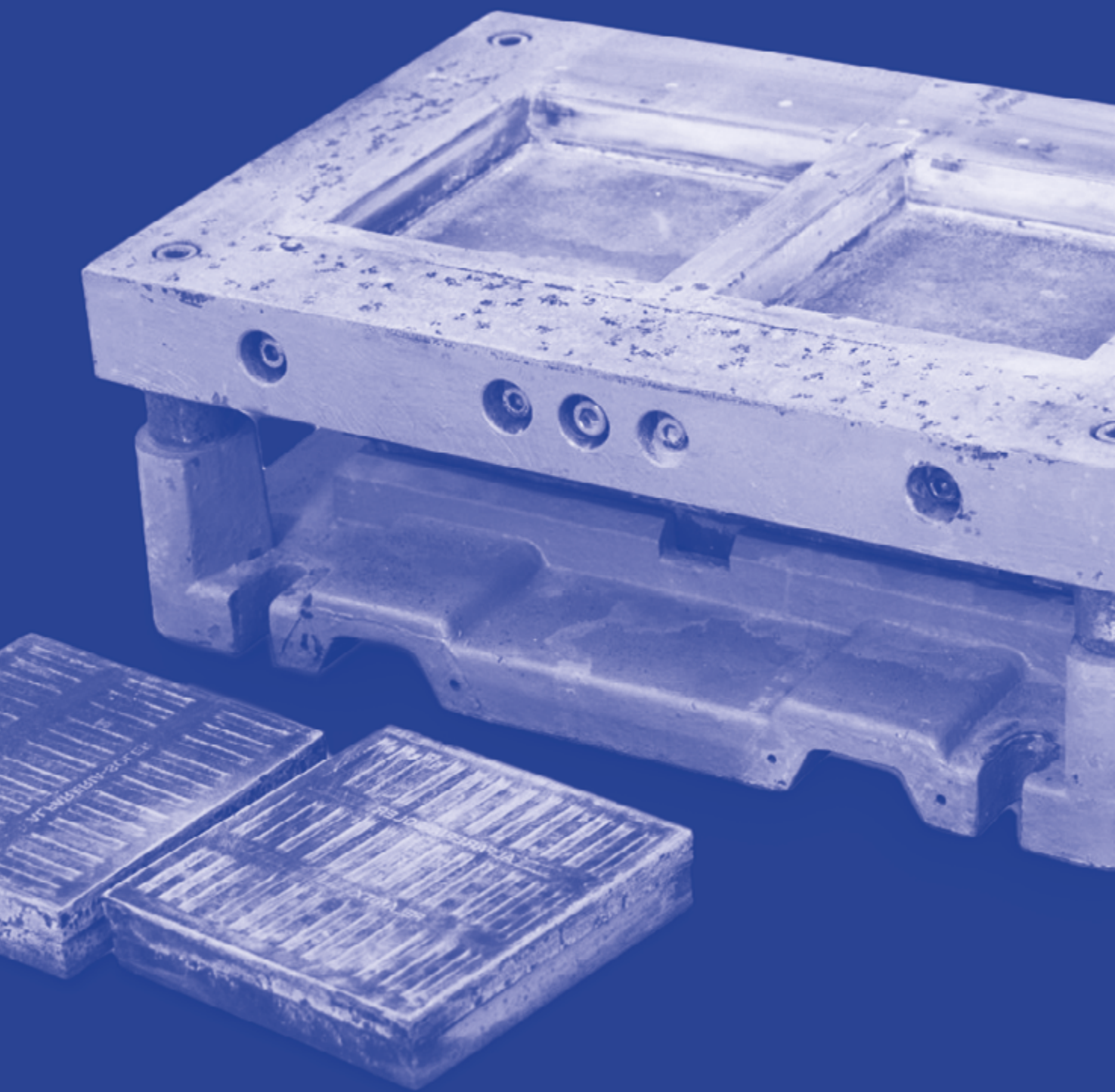
4.2. Proceso de fabricación de la placa salvabanco y de la placa expulsora.	126
4.3. Proceso de fabricación de los “bloquetos”.	128
4.4. Proceso de fabricación de los marcos de fuelles.	128
4.5. Proceso de fabricación de la matriz.	129
4.6. Proceso de fabricación de las cuchillas.	130
4.6.1. Proceso de fabricación de las cuchillas fijas.	130
4.6.2. Proceso de fabricación de las cuchillas intercambiables rectificadas.	131
4.6.3. Proceso de fabricación de las cuchillas rectificadas – cortadas al hilo.	133
4.6.4. Proceso de fabricación de las cuchillas cortadas al hilo.	134
4.6.5. Proceso de fabricación de las cuchillas antidesgaste.	135
4.7. Proceso de fabricación de los punzones.	136
4.7.1. Proceso de fabricación de los punzones templados y pulidos.	137
4.7.2. Proceso de fabricación de los punzones con goma.	138
4.7.2.1. Punzones macizos con goma.	138
4.7.2.2. Punzones isostáticos.	139
4.7.2.3. Preparación y aplicación de las gomas.	140
a) Endurecedores para gomas aplicadas en líquido.	140
b) Prensado de endurecimiento.	142
c) Los topes o “paralelas”.	145
4.7.2.4. Variables de la operación de prensado de endurecimiento.	146
5. Tipos de moldes y su funcionamiento.	149
5.1. Tipologías de moldes para prensado.	151
5.2. El ciclo de prensado.	152
5.2.1. Duración del ciclo de prensado.	153
5.3. El molde penetrante.	154
5.3.1. Las etapas del ciclo de prensado con molde penetrante.	155
5.3.2. Tipos de extracción.	158
5.3.3. Problemas asociados al molde penetrante.	159
5.3.4. El molde penetrante invertido.	160
5.3.5. El molde penetrante de matriz intercambiable.	160
5.4. El molde espejo.	161
5.4.1. Las etapas del ciclo de prensado con molde espejo.	162
5.4.2. El molde espejo invertido.	163
5.5. El doble molde.	163
5.5.1. Las etapas del ciclo de prensado con el doble molde.	164
5.5.2. Principales características del doble molde.	167
5.5.3. Productos fabricados.	167
5.5.4. Regulación del espesor en el doble molde.	168
5.5.5. Placas de compensación hidráulica.	168
5.5.5.1. Placa portapunzones con compensación hidráulica.	168
5.5.5.2. Placa superior con compensación hidráulica.	169

5.5.6. El problema de la desaireación.	169
5.5.7. Los topes en el marco y los elementos de centrado del doble molde.	170
5.6. El molde espejo penetrante.	170
5.6.1. El ciclo de prensado con el molde espejo penetrante.	172
5.6.2. Características del molde espejo penetrante.	175
5.6.3. Productos fabricados.	175
5.6.4. Desaireación.	175
5.7. Aplicaciones específicas de moldes.	175
5.7.1. Molde de cambio rápido.	175
5.7.2. Moldes con alimentación a 380 – 440 V.	176
5.8. Criterios de selección del tipo de molde.	177
6. Mantenimiento.	181
6.1. Conceptos generales de mantenimiento.	183
6.2. Procedimientos generales de mantenimiento y conservación de moldes.	187
6.2.1. Almacenamiento y conservación de moldes y componentes.	187
6.2.2. Procedimientos de limpieza de los moldes.	189
6.3. Procesos de reparación o sustitución de componentes.	190
6.3.1. Sustitución de cuchillas fijas.	190
6.3.2. Sustitución de cuchillas extraíbles.	191
6.3.2.1. Cambio de cuchillas extraíbles en la propia prensa.	191
6.3.2.2. Cambio de cuchillas extraíbles fuera de la prensa.	192
6.3.3. Extracción e instalación de punzones.	193
6.4. El proceso de cambio de molde.	196
6.4.1. El cambio de los moldes penetrante, espejo y espejo-penetrante.	197
6.4.2. El cambio del doble molde.	198
6.4.2.1. Proceso de desmontaje del molde instalado en la prensa.	198
6.4.2.2. Proceso de montaje del nuevo molde.	198
6.5. Embalaje y transporte de moldes.	199
6.5.1. Transporte local.	199
6.5.2. Exportación.	200
7. Defectos de prensado relacionados con el molde.	203
7.1. Metodología para el análisis de los defectos de fabricación.	205
7.2. Criterios de clasificación de defectos. Defectos de prensado.	207
7.3. Defectos producidos por una distribución irregular de compacidades.	208
7.3.1. Defectos producidos por la ausencia de paralelismo entre punzones.	209
7.3.2. Defectos producidos por una distribución irregular de presiones provocada por el molde.	210
7.3.3. Curvaturas y abombamientos.	210
7.3.4. Ondulaciones.	211
7.4. Defectos producidos por una deficiente extracción.	211
7.4.1. Curvaturas de extracción.	211
7.4.2. Grietas originadas en la extracción.	212

7.5. Defectos cuyo origen está en el molde.	212
7.5.1. Rebabas.	213
7.5.2. Reprensados.	213
7.5.3. Pegados de punzones.	214
7.5.4. Pegado de tierra.	214
7.5.5. Rozaduras, rayas y arañazos de expulsión.	215
7.5.6. Puntas flojas. Despuntados.	215
7.5.7. Espesores y perfiles incorrectos en baldosas prensadas en doble molde.	216
7.5.8. Serretas y “reventado”.	217
7.5.9. Uñas.	217
7.5.10. Defectos ocasionados por descentrado del molde.	217
7.6. Grietas.	218
7.6.1. Grietas ocasionadas por golpes y debidas a una compactación insuficiente.	218
7.6.2. Grietas ocasionadas por heterogeneidades en la compactación.	219
7.6.3. Grietas ocasionadas por heterogeneidades en el polvo.	220
7.6.4. Grietas ocasionadas por fuga de polvo.	221
7.7. Ahojados.	221
7.7.1. Influencia del ciclo de prensado.	222
7.7.2. Influencia del molde.	223
7.8. Calibres.	224
Anexos.	225
Anexo I. Proceso de fabricación de baldosas y placas cerámicas.	227
Anexo II. Técnicas de conformado de productos cerámicos.	228
Anexo III. Ensayos de dureza.	229
Anexo IV. Medida de la compacidad por absorción de RX. DENSEXPLORER.	236
Anexo V. Tratamientos térmicos de los aceros.	243
Anexo VI. Designación numérica de aceros según norma UNE-EN 10027:2001.	244
Anexo VII. Equivalencias internacionales de aceros.	246
Anexo VIII. Dureza Shore. Escalas.	250
Preguntas frecuentes.	253
Índice de tablas.	260
Índice de enlaces.	262
Bibliografía.	264

Desarrollo histórico del molde.

Capítulo 1



La fabricación industrial de baldosas cerámicas se lleva a cabo mediante un moderno proceso en línea altamente automatizado, mayoritariamente por monococción, que comprende las etapas de preparación de la pasta a partir de las materias primas, conformado, secado, esmaltado-decoración, cocción y frecuentemente tratamientos mecánicos sobre las piezas cocidas (Anexo I). Como es lógico, todas estas etapas influyen marcadamente en las características de calidad del producto final, si bien el conformado es una etapa crucial, durante la cual se da forma al producto y se le dota de la microestructura requerida para el correcto desarrollo de las posteriores etapas del proceso de fabricación y para la obtención de las propiedades requeridas en el producto acabado.

El conformado de productos cerámicos puede realizarse empleando diferentes técnicas, que suelen clasificarse atendiendo al contenido en humedad, en tres grandes grupos: conformado en semiseco, en estado plástico y en suspensión (Anexo II). La elección de la técnica adecuada para la operación de formación de pieza está sujeta a una serie de parámetros a considerar como son la geometría y tamaño de la pieza, la producción (número de piezas por unidad de tiempo), duración del proceso, tecnología disponible, etc.

El conformado de baldosas cerámicas se realiza mayoritariamente mediante la técnica de **prensado axial unidireccional en semiseco**, que consiste en la compactación de un polvo húmedo (con humedades inferiores al 7 %, salvo algunas excepciones) generalmente granulado, contenido en un molde rígido, mediante la aplicación de presión a través de los punzones superiores de éste (Enlace 1.1). Se trata de una técnica muy apropiada para el conformado de productos con espesores pequeños, superficies medianas o grandes y geometrías sencillas, como es el caso de las baldosas cerámicas. Esta técnica presenta las ventajas de una elevada productividad, asociada a la facilidad para la automatización y permite fabricar baldosas de una amplia gama de formatos, incluso con productos de baja tolerancia dimensional. La baja humedad del polvo, necesaria para la operación, facilita el secado, que puede realizarse en ciclos cortos y con valores nulos o muy bajos de contracción.



En este código QR hay un enlace a un vídeo sobre la operación de prensado. Enlace 1.1

El prensado tiene, por tanto, una doble función: dar forma a las baldosas cerámicas con las dimensiones deseadas, sin defectos ni mermas inaceptables en la calidad y configurar la microestructura apropiada para los requerimientos de las etapas del proceso de fabricación, que permita conseguir las características de calidad exigidas al producto acabado.

La aplicación de presión durante la etapa de prensado se realiza con modernas prensas hidráulicas de gran tonelaje en las que se instala el **molde** cuya descripción y estudio será objeto de este libro. En nuestra anterior publicación ^[49] se puede consultar, entre otros, una amplia recopilación de las variables de proceso que afectan a la etapa de prensado y la descripción y características técnicas de las prensas actualmente empleadas.

El molde, por tanto, realiza su función en la etapa de prensado del proceso de fabricación de baldosas cerámicas, dando forma a éstas. Su función, es, por tanto, de gran importancia, ya que influye directamente en el aspecto y en importantes características de calidad del producto acabado. Los posibles errores o no conformidades que se produzcan en esta fase, derivados de un diseño incorrecto, de un mal funcionamiento o un incorrecto mantenimiento del mismo, afectarán negativamente a las siguientes operaciones del proceso de fabricación y a la calidad del producto acabado.

Los moldes actuales (figuras 1.1 y 1.2) son el resultado del desarrollo tecnológico experimentado por el prensado, y su evolución ha ido paralela, por tanto, a la evolución tecnológica del proceso de fabricación de baldosas cerámicas y, como es lógico, estrechamente ligada a la de las prensas. Desde las primeras prensas manuales, el molde ha experimentado muchos cambios que se describirán en este capítulo, pero entre todos, es necesario resaltar aquellos que han supuesto modificaciones funcionales y tecnológicas de gran calado.

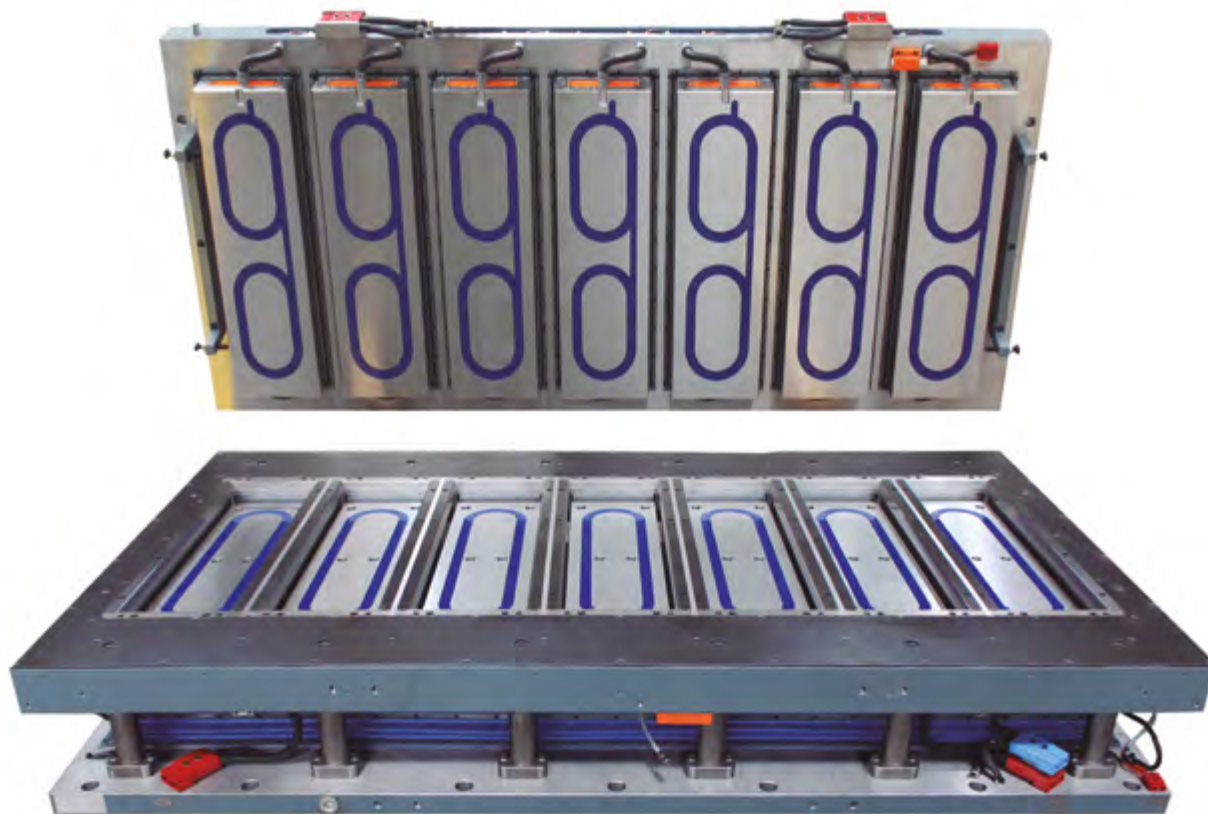


Figura 1.1. Molde penetrante de siete salidas

1.1. LAS PRENSAS MANUALES DE PALANCA Y DE HUSILLO Y SUS MOLDES.

Las primeras prensas manuales empleadas en la fabricación de azulejos fueron las de palanca y las de husillo, si bien otros tipos de prensas, como las de excéntrica o las de vaivén son citadas también por Gomis Martí en su libro “Evolució històrica del taulellet” ^[51]. La técnica de conformado empleada inicialmente con las **prensas de palanca y las de husillo** era el prensado en húmedo, es decir, la aplicación de fuerza de deformación a una masa plástica depositada en el molde. El empleo de estas prensas mecánicas, que sustituyeron paulatinamente el conformado manual de azulejos que se hacía mediante el empanado del barro en moldes de madera o de yeso, se conoce desde el siglo XVIII. Una de estas prensas se muestra en el “Museo del Azulejo Manolo Safont” de Onda (Castellón).

En nuestro sector, el empleo de **presas mecánicas de husillo** para el conformado mediante prensado en húmedo se ha documentado a partir de 1857 en la empresa “La Valenciana” de Onda, que producía azulejos con formato cuadrado y tamaños próximos a los 20 cm, con relieve de dorso y marca de la fábrica, y a partir de 1860 en la empresa de Vicente Peris Vidal, también de Onda ^[42]. Pickman (Cartuja de Santa María de las Cuevas, en Sevilla) comenzó a fabricar baldosas a partir de 1860, automatizando algunas etapas del proceso de fabricación, entre ellas el conformado por prensado. Todas estas empresas producían azulejos mediante el prensado de la pasta en estado plástico. El prensado de la masa plástica permitía la obtención de perfiles completamente rectos y de relieves de dorso.

Por su parte, el **prensado en semiseco** ya fue patentado en 1809 por Richard Potter que prensó pequeñas losetas de porcelana de 10x10 cm con una prensa del tipo de husillo movida por dos operarios y equipada con un molde de hierro o de cobre ^[51]. La patente fue comprada por la empresa Minton para introducir el prensado en su fábrica de baldosas. Posteriormente, en 1834, M.P. Julien de París incorporó una patente sobre este sistema de prensado. En 1840, una nueva patente para la obtención de botones de cerámica a partir de arcilla en polvo, ahora de Richard Prosser, es puesta en práctica de nuevo por Minton y adaptada a la fabricación de baldosas cerámicas. A mitad del s XIX la empresa Minton disponía ya de 60 presas mecánicas produciendo baldosas ^[51] ^[59]. En 1863 se empleó por primera vez el prensado en semiseco para la producción de baldosas encáusticas, según una patente de Boulton y Worthington ^[67]. Hasta ese momento, el conformado de este tipo de baldosas se realizaba en moldes de yeso con masas en estado plástico, compactadas por apretón manual y con relleno de barbotina de diferentes colores en las zonas de bajorrelieve tras la extracción del molde.

No se tienen datos contrastados sobre las fechas exactas de introducción del prensado en semiseco en nuestro país aunque parece probable que las primeras presas empleadas fuesen las de husillo ^[51] ^[67] (Enlace 1.2) que se constatan ya en las empresas de San Carlos, de J.B. White y Boneli (Valencia) y de Miguel Nolla (Meliana, Valencia); y a finales del s XIX se implanta en empresas azulejeras de Onda ^[42], aunque hasta principios del s XX coexiste con el conformado en plástico ^[41]. Se emplearon en esta localidad dos tipos de presas de husillo: **las presas de volante** y **las presas de bolas**. En ambas presas la presión se transmitía al polvo mediante un husillo helicoidal provisto de un volante con cuatro asas o de un eje en cuyos extremos se situaban dos contrapesos esféricos que se accionaba manualmente. Es precisamente a causa de estos contrapesos que las segundas recibían el nombre de “presas de bolas”. Las presas de volante se empleaban para la fabricación de azulejos de 15x15, 20x20 y 14x28 cm y las de bolas para piezas complementarias de tamaño pequeño¹. Las presas de bolas eran atendidas por una sola persona mientras que las de volante precisaban dos operarios, uno se encargaba del llenado manual del molde y de la extracción de la pieza y otro hacía girar el volante para transmitir la fuerza de prensado necesaria, que lógicamente no era ni uniforme ni muy grande, lo que limitaba su uso a los formatos indicados. Periódicamente se limpiaba el molde con una mezcla de aceite y petróleo para facilitar el desmoldado. No existía ningún tipo de control sobre la operación como no fuera la experiencia y buen hacer del operario que, ocasionalmente, rompía con las manos algunas baldosas para comprobar su compactación.



En este código QR hay un enlace a imágenes de presas de husillo. Enlace 1.2

¹ Vicent Joan Estall i Polés ^[43] documenta que en la fábrica de Segarra, de Onda (1906 a 1939): “Las presas manuales tenían una sola caja: 20x20, 14x12, 15x15, 11x11, 10x10 y toda variedad de piezas complementarias”.

1.1.1. Los moldes.

Las piezas obtenidas mediante prensado en semiseco con prensas de husillo, fabricadas en la segunda mitad del siglo XIX y primeras décadas del s XX, eran mayoritariamente cuadradas de formato aproximado de 20x20 cm. Se fabricaron también piezas rectangulares en formatos más pequeños, como “cintetes” (4 - 6 cm x 13 - 16 cm), alambrillas o pasamanos². Los moldes de estas prensas eran de una sola salida, y muy simples. Consistían en un marco, denominado “caja” y dos punzones. La caja estaba compuesta por dos piezas de hierro de fundición, en “L” para formatos rectangulares o en “V” para formatos cuadrados, de 9 cm de altura, atornillados, y rígidamente sujetos a la bancada de la prensa mediante cuatro bridas o “gatos”. Estas piezas se denominaban comúnmente “collares”. Los punzones eran dos placas de hierro, generalmente de menor calidad, cortadas, mecanizadas manualmente y lijadas. El desgaste lateral de los punzones, denominados “platos”, se compensaba, mientras era posible, mediante el recrecido por martilleado y lijado de superficies, y el desgaste de la caja se compensaba con el lijado de las superficies de unión de los collares, lo que implicaba una disminución del perímetro de la caja. Un molde de estas características podía dar una producción de unas 5000 piezas.

Aunque, como se ha indicado, estos moldes eran habitualmente de una sola salida, era también posible hacer moldes con varias salidas a partir de separaciones de la caja de un molde de 15x15 cm o de 20x20 cm con tabiques atornillados a ésta. Naturalmente esto obligaba a cambiar los punzones superiores e inferiores, aunque el mecanismo de extracción continuaba siendo el mismo.

Dado que las baldosas fabricadas tenían el canto recto, sin separador, el prensado se realizaba con la cara noble hacia arriba, por lo que el punzón inferior se reservaba para el relieve de dorso. (Enlace 1.3). Con esto se pretendía evitar que las láminas reprensadas que se generaban en la holgura existente entre el punzón superior y la caja del molde, cayeran en la parte lisa de éste lo que sin duda produciría defectos puntuales en el azulejo. Un vástago conectaba el punzón con un elevador de corredera accionado a pedal con lo que se conseguía el movimiento ascendente y descendente del punzón inferior.

El relieve de dorso más común para moldes de prensa de husillo es el de bandas paralelas y obedece a la solución mecánica más sencilla, y probablemente única, para obtenerlo, como es el cepillado manual de las bandas en un punzón del molde. Este relieve puede ya observarse en piezas catalogadas de las empresas Peris, La Esperanza, La Primitiva y La Valenciana, datadas entre 1860 y 1880 ^[41].

Un relieve directamente derivado del de bandas se obtiene mediante otro cepillado de bandas transversales, con lo que resulta un relieve en retícula o botones cuadrados. En el centro del punzón se incorporaba el sello de la empresa que se fabricaba en latón por grabado o troquelado, y se sujetaba clavándolo en un rebaje realizado exprofeso en el punzón. Los talleres que elaboraban los moldes disponían también de lo que denominaban “el abecedario”, que era un conjunto de negativos de letras en acero con las que componían en nombre del fabricante o la leyenda que éste deseara, en sustitución del sello, mucho más caro.

En algunos moldes se hacía además un ligero bisel en cada uno de los ángulos que hacía que éstos estuviesen algo más compactados lo que evitaba despuntados especialmente en el apilado.

² Según el testimonio de Miguel Colera Durá, publicado por el "Museo del Azulejo Manolo Safont" de Onda ^[31]: "Con la prensa de volante grande se prensaban azulejos de 20x20, machambrados (sic) de 20x20, azulejos de 14x28 llamados "collonots" y demás piezas grandes. Con la prensa de volante pequeño se prensaba: azulejos de 15x15, de 7½x15, de 14x14 llamados "alambrillas", biselados de 10x20, de 7½x15, cintas de 10x20 de 7½x15, pasamanos de 10x20, 8x20, 6x20, 4x20 y 2x20, así como las demás piezas de formato pequeño".



En este código QR hay un enlace a imágenes de relieves de dorso y sellos de fabricante de baldosas prensadas con prensas manuales de husillo. Enlace 1.3

Estos moldes no experimentaron cambios importantes hasta la completa automatización de los equipos de prensado y se siguieron instalando tanto en las prensas eléctricas de fricción con carga y extracción manual como en las manuales de husillo.

1.2. LAS PRENSAS DE FRICCIÓN Y SUS MOLDES.

La introducción de la electricidad en la industria cerámica durante los años 20 del siglo pasado permitió la entrada de maquinaria y la automatización de algunas etapas y fases de la producción. Las antiguas prensas manuales de husillo fueron paulatinamente sustituidas por las **prensas eléctricas de fricción**, (Enlace 1.4) que eran de una concepción mecánica similar, con la única diferencia de que el accionamiento del volante se realizaba por el roce de dos discos unidos por un eje, cuyo plano era perpendicular al del volante y que eran accionados por un motor eléctrico. El par de discos se movía alternativamente de derecha a izquierda mediante una leva accionada por una palanca que manejaba el operario, poniendo alternativamente en contacto el disco de la derecha o el de la izquierda con el volante, y transmitiendo a éste un giro en uno o en otro sentido, lo que se traducía en un movimiento ascendente o descendente de un husillo de rosca de tres hilos. Mediante otra palanca, accionada con el pie, se manejaba el punzón inferior del molde con el que se realizaba el llenado, la desaireación y la expulsión de la pieza. En comparación con las prensas manuales, estas prensas suponían un gran avance debido a su elevada productividad, ya que permitían el conformado de unas 2500 piezas de 15x15 cm durante 8 horas, con un sólo operador a su cargo ^[51].

Durante mucho tiempo coexistieron ambos tipos de prensas, la eléctrica y la manual y ya en el primer censo de la industria azulejera de la provincia de Castellón, realizado por el ingeniero industrial Casimiro Meliá en 1946, se contabilizaron 38 empresas cerámicas en las que se tenían instaladas 64 prensas mecánicas y 60 prensas manuales, que entonces se denominaban “timbres”, con una producción total del sector de 155.760 m²/mes ^{[51] [68]}.

En estas prensas, la alimentación del polvo para prensado se realizaba manualmente por un operario situado en la parte de atrás de la prensa, que usaba un utensilio semejante a una hoz de madera, y realizaba el enrase con la ayuda de una regleta del mismo material. Este sistema de alimentación fue sustituido en algunas prensas por un pequeño carro, de nuevo de madera, que guarda una cierta similitud con los carros que posteriormente se instalaron en las prensas automáticas y que, con grandes cambios, han llegado hasta nuestros días. Al igual que en las prensas de husillo, los moldes debían untarse periódicamente con una mezcla de petróleo y aceite para evitar el pegado del polvo y facilitar el desmoldado.

Estas prensas se fueron automatizando de manera progresiva. El sistema de extracción de la pieza prensada se sincronizó con el de ascenso del husillo realizándose ambos automáticamente y posteriormente se añadió a la prensa el carro de alimentación, con sus movimientos también sincronizados con la elevación del husillo y la expulsión de la pieza, lo que permitió la alimentación automática del molde y la puesta mecánica del azulejo fuera del área de prensado, lo que sin duda constituyó un paso importante para la automatización completa del proceso de fabricación y una mejora evidente para la seguridad de los operarios. Esta línea condujo, por tanto, a una nueva generación de prensas denominadas “**prensas de fricción automáticas**” (Enlace 1.4). Estas prensas tenían indudables ventajas, como era su sencillo mantenimiento, su alta producción y su alta relación “fuerza

de prensado/peso de la máquina” es decir, se trataba de máquinas relativamente simples y ligeras, de alta productividad y capaces de desarrollar, en su tiempo, elevadas fuerzas de prensado. Su principal limitación era, sin embargo, su incapacidad para asegurar una fuerza de prensado uniforme y constante.

A partir de 1962 se construyeron en España las primeras prensas de fricción automáticas con licencia italiana. Son las prensas PF 145, de 145 t de fuerza máxima y las PF 175, capaces de desarrollar 175 t, ambas de la firma FATMI. A finales de la década de los 60 FATMI construyó la PE 220, de 240 t, que permitía la instalación de moldes de 4 salidas 15x15 cm o de tres salidas 20x20 lo que supone la introducción y fabricación masiva de este formato; y a principios de los 70 ya se fabrica en Italia la PE 500-V de 650 t, la PE 501 y la PE 502, ambas de 500 t de fuerza máxima³. También por estas fechas WELKO comienza a fabricar las prensas de fricción Vulcano 175 de 400 t; Ariete/s de 280 t a la que seguiría la prensa Ariete 2000 de 500 t. Todas estas prensas tenían una distancia libre entre columnas comprendida entre 760 mm y 900 mm (Enlace 1.4). Las prensas FATMI funcionaban con molde penetrante, mientras que las prensas WELKO lo hacían con molde espejo ^[51]. Pese a estos notables avances, hasta mediados de los años 60 la mayor parte de las prensas empleadas en el sector cerámico español eran aún semiautomáticas, con algunas operaciones realizadas manualmente, aunque en Italia y, como se ha visto también en España, ya se fabricaban prensas completamente automáticas y en Alemania se conocían éstas desde los años 30.

Cada ciclo de prensado con las prensas de fricción automáticas constaba ya de carga de molde, primera prensada, desaireación, segunda prensada y extracción. En algunos casos era necesaria una tercera prensada.

En algunas prensas de fricción, SACMI introdujo un primer componente hidráulico. Se trataba de dos grupos cilindro-pistón situados a ambos lados del husillo, entre el travesaño fijo y el móvil que tenían el objetivo de distribuir mejor la fuerza de prensado y, por tanto, mejorar la compacidad de las piezas obtenidas. Estos grupos funcionaban por medio de una centralita hidráulica situada al margen de la estructura de la prensa (ver prensa PE-220-V y prensa PE-500-V en el enlace 1.4). También se incorporaron componentes hidráulicos en el sistema de carga y extracción y en el carro de alimentación. Por su parte Welko ya incorporó elementos hidráulicos en el movimiento del travesaño móvil y en la extracción de la pieza en sus prensas Ariete.



En este código QR hay un enlace a imágenes e información técnica de prensas de fricción semiautomáticas y automáticas. Enlace 1.4

³ Según datos de la propia FATMI ^[45], en marzo de 1969 la empresa había instalado 14 prensas en CEDOLESA (Manises), 12 prensas en ZIRCONIO (Vila-real), 4 en ISIDORO SANSANO (Onda), 2 en AZULONDA (onda), 2 en CERÁMICA HUERTA (Santa María de la Huerta), 7 en FABRESA (Llucena), 4 en AZULEJOS BECHÍ (Betxi) y 9 en NUEVA MENORA (Talavera de la Reina) y había instalado plantas completas en FARO (Ribesalbes), AZULEJERA ALCORENSE (Almassora), AZULEV (Onda), EUROCERÁMICA (Brihuega), IASSA (Sevilla), AVASA (Manises), AZULEJERA DEL SUR (sin datos), CICOSA (Onda), PERIS y CIA (Onda) y AZULEJOS SANCHIS (L'Alcora).

1.2.1. La evolución del molde a partir de la primera reconversión industrial.

El primer gran cambio en la concepción del molde para prensado tuvo lugar con la automatización de la mayor parte de etapas del proceso y coincidió en el tiempo con la **primera reconversión industrial** que tuvo lugar en el sector en la segunda mitad de los años sesenta del siglo pasado⁴. Fue ésta, quizás, la más profunda transformación del molde para baldosas, ya que afectó a su propia concepción e introdujo una mayor complejidad mecánica y funcional, al pasar del antiguo molde de las prensas de husillo y eléctricas, compuesto por caja y punzones, a los moldes más complejos de tipo espejo y penetrantes, con los que se equiparon las entonces modernas prensas de fricción y cuya estructura se ha mantenido sin grandes cambios hasta hace relativamente pocas fechas.

El factor que determinó esta profunda transformación es, sin ninguna duda, la automatización de la extracción de la baldosa prensada, que hasta entonces se realizaba manualmente mediante un mecanismo a pedal que accionaba el punzón inferior. La introducción de los extractores a muelles con los pistones hidráulicos para la primera y segunda caídas de platos obligó a la adaptación del molde y permitió, por otra parte, la fabricación de moldes con varias salidas lo que supuso, junto a la gran velocidad de ciclo que eran capaces de desarrollar aquellas prensas y a la reducción del número de operarios necesarios para su conducción, un importante aumento de la productividad de la planta.

Este importante cambio en la estructura del molde tenía que ir necesariamente acompañado por la lógica transformación de su proceso de fabricación y rectificado, que hasta entonces se realizaba en pequeños talleres mecánicos que diversificaban sus actividades de servicio a la industria y a las actividades agrarias. La fabricación de los nuevos moldes impulsó la aparición de talleres especializados que requerían mayores inversiones económicas y personal más cualificado ya que, en paralelo con la complejidad del molde, se desarrollaban en estas empresas incipientes funciones de atención técnica al cliente.

Las prensas de fricción funcionaban indistintamente con moldes penetrantes o con moldes espejo. La estructura de estos moldes es similar y las principales diferencias estriban en que en los segundos, el punzón superior tiene una superficie mayor que el alvéolo y la matriz es móvil, por lo que su movimiento descendente, guiado mediante pistones hidráulicos, permite la aplicación de la fuerza de deformación al polvo. Sin embargo, tanto la concepción mecánica de estos moldes como sus procesos de fabricación fueron también evolucionando con la tecnología de prensado y la con la tecnología de taller mecánico entonces disponible.

1.2.2. Los moldes de fundición.

Los primeros moldes empleados en estas prensas son los denominados “**moldes de fundición**” que estaban formados por una base, el portapunzones, las placas “batentes”, el marco en el que se alojaban las cuchillas y los punzones superiores e inferiores. Algunos de estos componentes, como el marco, punzones y cuchillas tienen formas geométricas relativamente sencillas y su fabricación no reviste más dificultad que la del logro de la precisión requerida con la tecnología disponible en esos años. Sin embargo, el conjunto de la base con pilares y el portapunzones tenían una mayor complejidad formal y, por tanto, resultaban difíciles de mecanizar con los medios de la época, por lo que hubo que recurrir a su conformado en una sola pieza por fusión. Una vez definido el formato y número de salidas y dibujado el plano del futuro molde, un carpintero realizaba el expulsor y la base en madera. Era la

⁴ La Primera Reconversión Industrial del sector cerámico español acometida a finales de los 60 y principios de los 70 del siglo pasado, se caracteriza por las profundas transformaciones tecnológicas que modernizaron el proceso de fabricación de baldosas cerámicas de las décadas anteriores. Los principales hitos tecnológicos fueron la introducción del horno túnel de vagonetas y de los hornos de canales, que sustituyeron a los antiguos hornos árabes, las prensas de fricción automáticas, los secaderos túnel, las instalaciones mecanizadas de molienda de arcillas, la selección automática del bizcocho, las líneas de esmaltado y la introducción de la serigrafía en la decoración de los azulejos ^[59].

matriz del molde de fundición que se realizaba posteriormente en arena y en el que se vertía el hierro fundido. Este tipo de moldes, denominados también por su color negruzco **“moldes de fundición negra”**⁵, no incorporaban el fuelle guardapolvo actual, y la misión de proteger del polvo a la placa expulsora la realizaba un perfil del expulsor o portapunzones en forma de vierteaguas.

Dado que algunas de las primeras prensas ya permitían desarrollar fuerzas de prensado de 220 toneladas⁶ se pudieron fabricar moldes de 4 salidas con 15x15 cm o 3 salidas en 20x20 cm. En conjunto, en esta época se fabricaban moldes para formatos 10x20 cm; 15x20 cm y sobre todo 15x15 cm. Ocasionalmente se fabricaron también, mediante fusión, moldes para formatos 15x22,5 cm, 15x25 cm y 20x20 cm.

Los **punzones inferiores** se fabricaban a partir de placas de acero mecanizadas a las que se aplicaba un revestimiento lateral de soldadura especial para superficies sometidas a fuertes desgastes. Se taladraban y mecanizaban los orificios de sujeción y se realizaba posteriormente un rectificado de desbaste lateral y de superficie mediante rectificadora de vaso y posteriormente un rectificado manual en el que se ajustaban las medidas nominales con una precisión de +/- 0,01 mm. Posteriormente tenía lugar el vaciado interior mediante rectificado manual de la superficie del punzón, para dotarlo de un bisel de 0,7 mm de profundidad, medida que se mantenía constante independientemente del formato del punzón. El interior se trabajaba con rectificadora de superficie plana y el acabado de esquinas y biseles se realizaba mediante un cabezal de altas revoluciones con una muela de 30 mm, haciendo la aproximación a las esquinas con rotalín manual con diámetros de muela pequeños para obtener una mejor aproximación a las medidas y también con altas velocidades de giro. Por último tenía lugar el lijado y pulido de las superficies en el que se eliminaban las huellas de la rectificadora y del rotalín.

Los punzones superiores se fabricaban siguiendo un proceso similar. Las dimensiones del punzón debían permitir una holgura de 0,2 a 0,3 mm con respecto a las cuchillas de la matriz, para facilitar la desaireación y el movimiento de los punzones. En los cantos se practicaba con rectificadora, un escote de 0,07 mm de profundidad para mejorar la compactación de las esquinas.

Los **relieves de prensa** (Enlace 1.5.) implicaban un considerable aumento de complejidad en el proceso de fabricación de los moldes, ya que debían ir grabados en negativo en los punzones. En realidad este problema ya se planteaba en el relieve de dorso, que se limitaba a unos pocos diseños fáciles de mecanizar y que no requerían de la fabricación de plantillas.

En cambio, para grabar los relieves de prensa de la cara noble en los moldes de punzones de acero, debía fabricarse previamente una plantilla, es decir, el positivo del relieve que se pretendía obtener para, a partir de ella, fabricar los punzones de acero con el negativo del dibujo. En los primeros moldes con relieve, las plantillas se modelaban manualmente en grafito, a partir de un dibujo sobre papel. Primero se realizaba un desbastado mediante fresado y se definían después los contornos con una gubia. Una vez acabado el relieve, se alisaban las superficies mediante un paciente lijado manual. El proceso de erosión, sin embargo, desgastaba mucho las plantillas de grafito, hasta el punto que con ellas sólo se podían obtener dos o tres punzones.

Este procedimiento, que puede considerarse prácticamente como semiartesanal, no podía garantizar completamente la constancia de las dimensiones de los relieves en cada punzón.

⁵ Los primeros moldes de este tipo, fabricados por MACER en la década de los 70 para las antiguas prensas de fricción FATMI PF-145, PF-175 y PF-220 se fundieron en la empresa de Vila-real “Fundiciones Mijares”.

⁶ Nos referimos a la prensa PF 220 fabricada en España por FATMI a partir de 1969

Las plantillas de grafito fueron sustituidas por las de cobre, mucho más resistente y duro, y con las que se podían obtener más punzones. Estas plantillas no podían modelarse a mano lo que obligaba al mecanizado de los relieves.

El grafito tiene dos importantes características, necesarias en este proceso de fabricación: es fácilmente moldeable y, sobre todo, es conductor de la electricidad. Es esta última una propiedad indispensable en este proceso, ya que el siguiente paso consistía en la transferencia del relieve al punzón (de positivo a negativo) mediante erosión por arco voltaico.



En este código QR hay un enlace a imágenes de relieves de prensa y su proceso de elaboración para prensas de fricción semiautomáticas y automáticas. Enlace 1.5

En los punzones inferiores se realizaba el **relieve de dorso** de las baldosas y la marca del fabricante. Estos relieves se limitaban a unos pocos diseños cuya mecanización no implicaba excesivas dificultades, como eran los botones y costillas obtenidas mediante fresado o mediante rectificado (Enlace 1.6). Sin embargo, su elaboración constituía un aspecto muy problemático del proceso de fabricación del molde, ya que el diseño y ejecución del relieve de dorso jugaba un importante papel en el apilado de las baldosas en la vagoneta, tanto para el secado como para la primera cocción o “escaldat” como entonces se denominaba. Dado que tras el prensado las baldosas se apilaban en vagonetas, las pequeñas diferencias que pudieran haber en las medidas de los relieves provocaban la inestabilidad de las pilas y podían llevar incluso al derrumbe de éstas que, siendo un problema importante, revestía graves consecuencias si éste se producía en el interior del horno. Las medidas del relieve de dorso determinaban además la sección de paso de aire entre pieza y pieza, permitiendo tanto la entrada del oxígeno necesario para completar las reacciones de oxidación, como la correcta desgasificación de la pasta. Sin embargo, en los puntos de contacto entre el botón o costilla y la cara lisa del azulejo podrían manifestarse defectos de “marcado”, debidos probablemente a una incompleta cocción de la pasta en ese punto. Esto provocó el cambio en la forma de apilado, asentando cara contra cara, lo que no evitó que la regularidad en el espesor del relieve, dentro del mismo punzón y entre punzones del mismo molde, siguiera teniendo un papel determinante en el éxito del apilado de las piezas.



En este código QR hay un enlace a imágenes de relieves de dorso en moldes para prensas de fricción semiautomáticas y automáticas. Enlace 1.6

Había tres procedimientos para el grabado de los relieves de dorso en el punzón superior de los moldes de fundición: el rectificado, el fresado mediante fresa dentada y el fresado mediante fresa de eje vertical, con la que se obtenían los relieves de botón y de huella.

El marco o matriz de los moldes de fundición se fabricaba a partir de placas de acero laminado en las que el proveedor había realizado, mediante oxicorte, los alvéolos en tamaño ligeramente inferior al nominal, es decir, con creces, para proceder, en el taller de fabricación de molde, al mecanizado de arranque de viruta interior y exterior, al taladrado de orificios de sujeción y al posterior mecanizado a las dimensiones nominales.

En los primeros moldes, y con el fin de conseguir una mayor simplicidad en su construcción, la matriz se realizaba en un sólo alvéolo y las diferentes salidas se conseguían con la posterior separación mediante tabicas a las que se atornillaban las cuchillas. Esto generaba importantes problemas en el encaje de las cuchillas, por lo que se prefirió la fabricación de los marcos con varios alvéolos realizados por oxicorte.

El diseño de las **cuchillas** de los moldes penetrantes de fundición se mantuvo exactamente igual hasta su parcial sustitución por las cuchillas intercambiables, aunque no así su proceso de fabricación que siguió los procedimientos generales del trabajo en el taller de fabricación de moldes de la década de los 70. Las cuchillas se fabricaban a partir de barras de acero laminado que se cortaban mediante sierra de hoja a las dimensiones requeridas. Los cortes se mecanizaban mediante cepillado y fresado de arranque de viruta en el posterior proceso de desbaste tras el que tenía lugar el taladrado de los orificios de sujeción y el temple. Tras el templado, que se realizaba en talleres especializados, las cuchillas regresaban al taller para su rectificado a las dimensiones nominales y se las dotaba entonces de los radios y de la conicidad requerida, tras lo que se repasaban las roscas, imprescindible tras el templado, y se procedía a su laborioso encaje en los alvéolos practicados en la matriz.

Estos moldes estaban dotados ya de 2 **resistencias** por salida para su calefacción y los punzones se atornillaban a la placa portapunzones. También se podía instalar un soplador en continuo para las partes interiores del molde, a fin de evitar la acumulación de arcilla.

Por otra parte, cada molde tenía su propia **placa superior** que se atornillaba al travesaño móvil. Esto hacía más complejo el proceso de fabricación del molde, los trabajos de sustitución de elementos y el proceso de cambio de molde.

1.3. EL DESARROLLO DEL MOLDE CON LAS PRENSAS HIDRÁULICAS.

Las prensas hidráulicas (Enlace 1.7) son máquinas en las que la acción de prensado se realiza mediante la transformación de la presión hidráulica en fuerza de deformación. La presión necesaria es suministrada por una pequeña central hidráulica formada básicamente por un motor, bomba, filtros, refrigerador y elementos de regulación y control, y la fuerza necesaria para el prensado se obtiene mediante un pistón de doble efecto.



En este código QR hay un enlace a imágenes de prensas hidráulicas y su desarrollo a través del tiempo. Enlace 1.7

Estas prensas sustituyeron completamente a las prensas de fricción en la segunda reconversión industrial, iniciada a partir de finales de los años 70 y que implicó, desde el punto de vista tecnológico, el predominio de procesos de producción de baldosas, tanto en pasta roja como, posteriormente, en pasta blanca, mediante monococción en hornos monoestrato y con la preparación de la pasta por vía húmeda y el secado de la suspensión obtenida mediante atomización. Junto a estos importantes avances tecnológicos, debe reseñarse también la recuperación del subsector de “tercer fuego”, y el desarrollo de una importante industria auxiliar como son los fabricantes de pastas atomizadas, fritas, esmaltes, pigmentos y maquinaria. La llegada, en 1980 del gas natural a la Comunidad Valenciana, mediante el gasoducto Tarragona - Valencia supuso un gran impulso para esta importante transformación tecnológica ^[59] de un sector que se halla concentrado mayoritariamente en la zona delimitada por Castelló, Vila-real, Onda y L'Alcora.

Este profundo cambio tecnológico implicó un considerable aumento de la capacidad productiva y de la productividad de las empresas. Según A. Brusa y A. Bresciani ^[28] la productividad, expresada en m²/operario aumentó un 53% por término medio respecto a una planta estándar anterior a la reconversión.

En los formatos grandes la homogeneidad en la carga se hace más difícil que en los pequeños, y además, los productos de baja porosidad tras la cocción, que empezaron a fabricarse inicialmente como son los pavimentos de gres, tienen una absorción de agua inferior al 5% y una relativamente alta contracción lineal tras la cocción, con valores comprendidos entre el 5% y el 7%, por lo que en ellos se acentúan los problemas dimensionales derivados de su fabricación. Así pues, el conformado de los nuevos productos, con las crecientes exigencias de calidad del mercado, se manifestó inviable con las prensas automáticas de fricción, siendo estas sustituidas progresivamente por las prensas hidráulicas de fabricación italiana⁷.

La fabricación de productos cada vez más diversificados y en una amplia gama de formatos, entre los que destacan los revestimientos de monoporosa, pavimentos de gres en pasta blanca y en pasta roja y finalmente, a partir de 1988, el gres porcelánico tanto no esmaltado, denominado comúnmente “técnico”, como esmaltado, dio lugar también a la flexibilización en la programación de la producción, con frecuentes cambios de modelos y con la fabricación de partidas cada vez más cortas. A su vez las exigencias de calidad del mercado tenían, y tienen, su traducción, entre otros factores no menos importantes, en el mantenimiento de la constancia dimensional de las piezas, lo que exigía la regularidad del proceso de conformado, especialmente en la carga y la distribución de presiones en la superficie a prensar.

La mayoría de las primeras prensas hidráulicas que se instalaron para la fabricación de baldosas cerámicas desarrollaban en general fuerzas de prensado bastante moderadas, siendo algunas de ellas el resultado de modificaciones realizadas sobre antiguas prensas de fricción en las que se sustituyó todo el sistema mecánico de prensado por un sistema pistón – travesaño móvil y circuito de presión que en algunas carecía de multiplicador manteniendo la estructura y la esencia de los sistemas de alimentación y de carga⁸.

⁷ Pese a que es bien conocido que las primeras prensas hidráulicas que se instalaron en el sector a principios de los años 70 son equipos de fabricación italiana (SACMI fabricó su primera prensa hidráulica, la PH 330 en 1967^[81]), conviene no olvidar que entre 1965 y 1966 tuvo lugar una experiencia pionera en la fabricación de prensas hidráulicas para azulejos protagonizada por el taller ondense de Vicente Varella March, nieto de Vicente Varella Bastán e hijo de Vicente Varella Ibáñez, que ya fabricaban prensas de husillo desde los años 20. Esta empresa, en colaboración con una imprenta valenciana, fabricó algunas unidades de la prensa MANCI, conocida en el sector como “La Marilyn”, se supone que en referencia a la perrita de Herta Franckel popularizada por la entonces incipiente Televisión Española. Parece ser que algunas “Marilyn” llegaron a instalarse en empresas de Onda, como la fábrica de Fernando Moliner Navarro “El Clot”, Cerámica Ondense, Azulesma y El Barco. El principal problema de estas prensas era su baja producción, con ciclos de prensado muy largos, lo que las hacía escasamente competitivas y fue ésta la causa de su breve presencia en el sector.

⁸ Algunas de las primeras prensas hidráulicas que se instalaron en España fueron las MH 300, adaptadas por la empresa Consorcio Valenciano de Ingenieros a partir de prensas de fricción, capaces de desarrollar una fuerza de prensado de 300 toneladas. Las primeras prensas de fabricación italiana introducidas en el sector desarrollaban fuerzas comprendidas entre 600 t y 800 t, aunque habían algunas de menor tonelaje como la PH 330-B de SACMI con una fuerza máxima de prensado de 330 t y 900 mm de luz entre columnas. SITI que no había fabricado hasta la fecha prensas de fricción, pues estaba especializada en la fabricación de hornos, entró en el mercado de las prensas a mediados de la década de los 70 con las TAURUS y SUPERTAURUS, cuyas primeras unidades se instalaron en las empresas Alcalagres de Madrid, Gres de Valls y Gres de Nules, Estas prensas desarrollaban una fuerza de prensado de 800 t y 1000 t, bastante alta para la época, y podían alcanzar hasta 12 ciclos por minuto. Estos modelos de SITI podían alcanzar producciones elevadas porque incorporaron, dado su alto tonelaje, moldes con salidas en dos filas.

Paralelamente a la modernización de la tecnología empleada en el sistema productivo tuvo lugar una notable diversificación en la gama de productos fabricados, aumentando sensiblemente la producción de pavimentos en formatos cada vez mayores. Así, mientras que en 1980 la producción española de pavimentos cerámicos representaba sólo un 10,4%, del total de la fabricación de azulejos, sólo 4 años después esta cantidad aumentaba al 48,7% mientras que la producción total pasaba en este período de 105 a 145 millones de m² [34] al tiempo que aumentaban las exigencias de los mercados respecto a la calidad en el producto acabado.

La segunda reconversión industrial supuso un cambio radical en el proceso productivo de las baldosas cerámicas, que sin embargo apenas afectó al **molde**. La sustitución de las prensas de fricción por las hidráulicas se realizó manteniendo en ambas el mismo tipo de molde, si bien la orientación del mercado hacia los grandes formatos, impulsó la fabricación de prensas dotadas de una distancia libre entre columnas cada vez mayor y capaces de desarrollar mayores fuerzas de prensado. En consecuencia, los moldes aumentaron el número de salidas y el formato de los alvéolos.

En esta época, se iniciaron una serie de **importantes transformaciones en el molde** que tuvieron su continuidad y evolución en la década de los noventa. Las principales fueron, en primer lugar la sustitución, en 1980, de la sujeción mediante tornillería de los punzones inferiores por la sujeción magnética, que se completó en 1985, con la sujeción magnética de los punzones superiores, y en 1999 con la introducción de las placas electropermanentes. En segundo lugar, la introducción de los punzones de goma. El sistema se perfeccionó en la década de los noventa con la introducción y el desarrollo de los punzones superiores⁹ isostáticos [75] [76].

El segundo gran cambio en la evolución del molde tuvo lugar cuando ya se había consolidado plenamente la segunda reconversión industrial del sector, a finales de los ochenta, con la introducción, por parte de los fabricantes de prensas, **de nuevos sistemas de carga y extracción**, (Enlace 1.8) en los que se sustituyeron los pistones hidráulicos de extracción y las candelas, por nuevos sistemas en los que el mecanismo expulsor y el molde forman parte de un mismo equipo. Estos cambios estuvieron impulsados por la necesidad de conseguir una gran homogeneidad en la carga del molde, derivada de la elevada contracción tras la cocción experimentada por algunos productos, como el gres porcelánico, sobre todo en los grandes formatos. Así se introdujeron en el mercado los sistemas SMU de la firma SACMI y SYNCRO de SITI B&T, que gozaron de una buena aceptación en el sector. Posteriormente, SACMI mejoró su equipo de extracción con el desarrollo del sistema SPE y SITI B&T presentó importantes mejoras en el suyo con el sistema E-SYNCHRO. El molde, entonces, sufrió algunos cambios y se integró en estos equipos como una parte más. En la actualidad, estos sistemas, coexisten con sistemas de extracción tradicionales de pistones y candelas.



En este código QR hay un enlace a imágenes de sistemas de extracción en prensas hidráulicas. Enlace 1.8

⁹ Lógicamente, en los moldes espejo, y doble espejo, los punzones isostáticos son los inferiores.

La introducción del gres porcelánico a finales de la década de los ochenta¹⁰ supuso el auténtico catalizador que impulsó el desarrollo de la tecnología de prensado, y que, en consecuencia, propició nuevos desarrollos en el molde.

Las baldosas de gres porcelánico tienen una elevada compactación, están prácticamente exentas de porosidad abierta y tienen una muy baja porosidad cerrada¹¹. Pueden estar esmaltadas o no y se fabrican con pastas de color blanco,¹² o que son coloreadas mediante la adición de pigmentos en la masa. Para su composición se emplean principalmente arcillas caolíníticas, cuarzo, feldespatos y talco. Los principales requisitos técnicos que se exigen al producto son blancura, un elevado desarrollo de color, altas prestaciones mecánicas y elevada resistencia a la helada y a las manchas; propiedades que dependen principalmente de las fases vítreas y cristalinas formadas tras la cocción y de la microestructura de la pieza cocida, especialmente de una baja porosidad cerrada y una nula, o prácticamente nula, porosidad abierta.

Los primeros productos de gres porcelánico que se comercializaron, fueron baldosas de formatos medios, que rápidamente evolucionaron hacia los grandes formatos, sin esmaltar, coloreadas y frecuentemente pulidas. La limitada variedad de modelos que se ofertaban al principio de la década de los noventa, fundamentalmente los monocolors y granitos o “sal y pimienta”¹³ pulidos o sin pulir, se ampliaron mediante decoraciones con colores solubles y decoraciones en la prensa, con la combinación de diferentes sistemas de carga del polvo. Finalmente, la introducción del gres porcelánico esmaltado en los noventa permitió superar definitivamente el reducido repertorio decorativo en el que hasta entonces se había movido el gres porcelánico, ampliando enormemente la gama de modelos hasta entonces ofertados.

Paralelamente, se desarrollaron nuevos sistemas de decoración en la prensa, que han ido ganando en complejidad y en riqueza decorativa. Como es lógico, estos nuevos sistemas obligaron a modificar funcionalmente el carro, que pasó de realizar funciones de alimentación del polvo a ser un equipo que ha asumido funciones de carga y de decoración cada vez más complejas. La fabricación de baldosas de gres porcelánico, con diversas cargas y decoración en prensas, hicieron necesario que la cara lisa de las baldosas se conformara por el punzón superior, es decir que las baldosas se prensaran con la “cara noble”, hacia arriba, a diferencia de cómo se hace en el molde penetrante. Esto permitió recuperar en un principio los moldes espejo, que habían caído en desuso. Con este tipo de moldes, sin embargo, no es posible fabricar baldosas con separadores por lo que finalmente se desarrolló una tipología de moldes mucho más compleja tecnológicamente y funcionalmente: los moldes de formación superior o doble molde^[47], que consisten básicamente en una combinación de molde penetrante y molde espejo,

¹⁰ El gres porcelánico, tal como lo conocemos en la actualidad comenzó a fabricarse en algunas empresas del distrito cerámico de Sassuolo, en Italia, a finales de la década de los setenta. En España, Pamesa presentó el primer gres porcelánico de fabricación española en CERSAIE '88, con la denominación comercial de “Compactto” e inició su fabricación ese mismo año. Le siguió en 1989 la empresa Porcelanatto. El año siguiente, en Cevisama '90 sólo estas empresas, entre las españolas, ofertaban gres porcelánico. Ya en la década de los noventa se incrementó progresivamente la fabricación del gres porcelánico no esmaltado y a partir de los años centrales de la década se inició la fabricación del gres porcelánico esmaltado, con muchas más posibilidades decorativas.

¹¹ Según la normativa ISO de clasificación de baldosas cerámicas, la absorción de agua de estos productos debe ser inferior al 0,5 %.

¹² Algunas empresas fabrican baldosas de baja porosidad a partir de arcillas con elevados contenidos en minerales de hierro. Sin menoscabo de su calidad, que no tiene por qué ser inferior a las obtenidas por pastas exentas de hierro, desde un punto de vista exclusivamente técnico parece lógico mantener el tradicional significado de porcelánico, es decir, “calidad de la porcelana” a los productos obtenidos con pastas blancas, coloreadas o no.

¹³ Puede considerarse la fabricación de los antiguos granitos y “sal y pimienta” como la primera decoración en prensas del sector tras la reconversión industrial, aunque debe recordarse que la decoración en la operación de conformado ya era conocida con anterioridad, baste para ello recordar las tipologías del pavimento hidráulico.

equipado con dos matrices, una fija y otra móvil, que permiten el conformado en la parte superior del molde, que es quien asume también la extracción de las baldosas (ver capítulo 5).

Los grandes formatos han evolucionado hasta la fabricación actual de baldosas de gres porcelánico con espesores que van desde 3 a 30 mm [26] [27] [52] y grandes longitudes.

Algunos de los formatos de baldosas que se fabrican en la actualidad son 60 x 120 (figura 1.2), 90 x 90 cm o 120 x 120 cm en prensado tradicional con molde y hasta 360 x 160 cm en compactación de lechos de polvo depositados en cinta [52]. Esto ha sido posible gracias al extraordinario desarrollo de las prensas, de los moldes y de las nuevas tecnologías como la doble compactación, el prensado de polvo depositado en cinta o la compactación mediante laminado en continuo. A esto hay que sumar, naturalmente, un riguroso control de todos los parámetros que afectan al proceso de fabricación.

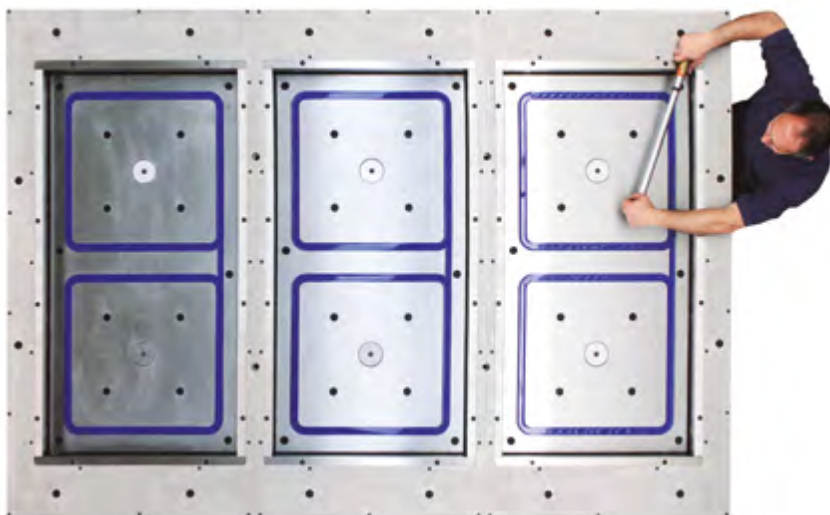


Figura 1.2. Molde de tres salidas 60 x 120 cm

Por otra parte, el proceso de fabricación del molde, ha evolucionado también de forma notable con la incorporación de tratamientos mecánicos gestionados por control numérico (CNC), con nuevos tratamientos superficiales de los materiales, con la difusión de programas de medida y digitalización de superficies y con la mejora e innovación, en los materiales empleados (ver capítulo 4).

Para finalizar, en los últimos años, la tendencia del mercado de baldosas cerámicas ha ido orientándose hacia formatos cada vez más grandes y, en algunos productos, hacia la reducción de espesores, lo cual ha hecho necesario rediseñar la operación de prensado. Esto ha llevado a importantes avances tecnológicos en el conformado de grandes baldosas y de láminas cerámicas. El primer paso en esta línea fue la aparición en el mercado de prensas cada vez más grandes, que unían a su elevada fuerza de prensado una gran luz libre, como las prensas de gran tonelaje EVO y STAR de SITI B&T y las IMOLA de SACMI hasta llegar a fuerzas de prensado de 16000 t en la actualidad lo que conlleva un notable aumento en la complejidad de los moldes empleados y, por tanto, de su proceso de fabricación. Por otra parte, a principios de los 2000 se avanzó en el rediseño de la operación de conformado con la aparición de la tecnología LAMINA de SYSTEM y el doble prensado con precompactación con laminado de SACMI que posteriormente evolucionó a la tecnología de compactación por laminado CONTINUA+. Paralelamente se desarrollaron los sistemas de prensado de lechos de polvo depositados en cinta LAMGEA de SYSTEM y SUPERA de SITI B&T. Todas estas tecnologías incorporan estaciones de decoración en la propia línea y equipos de corte en crudo, tanto transversal como longitudinal, con los que es posible la obtención de una amplia gama de subformatos a partir de las placas originales.

Planificación y diseño de moldes.

Capítulo 2



Muchos de los proyectos para nuevos productos cerámicos que se desarrollan en la actualidad en el subsector de fabricación de baldosas cerámicas conciernen en su diseño al molde, tanto por sus características dimensionales como estéticas y técnicas.

El proceso de creación de un nuevo producto arranca generalmente a partir de la propuesta de nuevas soluciones técnicas y estéticas para la fabricación de baldosas cerámicas. Este proceso comprende el análisis e interpretación de la información sobre necesidades y expectativas del mercado, consultando fuentes de información de diferentes procedencias (sectorial, ferias, revistas especializadas, etc.); la concepción del nuevo producto; la identificación de los condicionantes técnicos, estéticos, formales y económicos de éste y la elaboración de los bocetos e información necesaria para la realización del proyecto.



Figura 2.1. Prototipo

Estos pasos conducen a la elaboración del prototipo, que debe ser revisado y aceptado por la dirección y por los departamentos de diseño y comercial, así como por los departamentos técnicos de las empresas de fabricación de baldosas y del fabricante del molde, que deben realizar las correcciones que fueran necesarias para garantizar la fabricación del producto en las condiciones de calidad requeridas. Es necesaria, por tanto, una comunicación fluida entre los departamentos técnicos de ambas empresas. Un esquema del flujo de información requerido en el proceso de diseño del molde [29] se muestra en la figura 2.2.

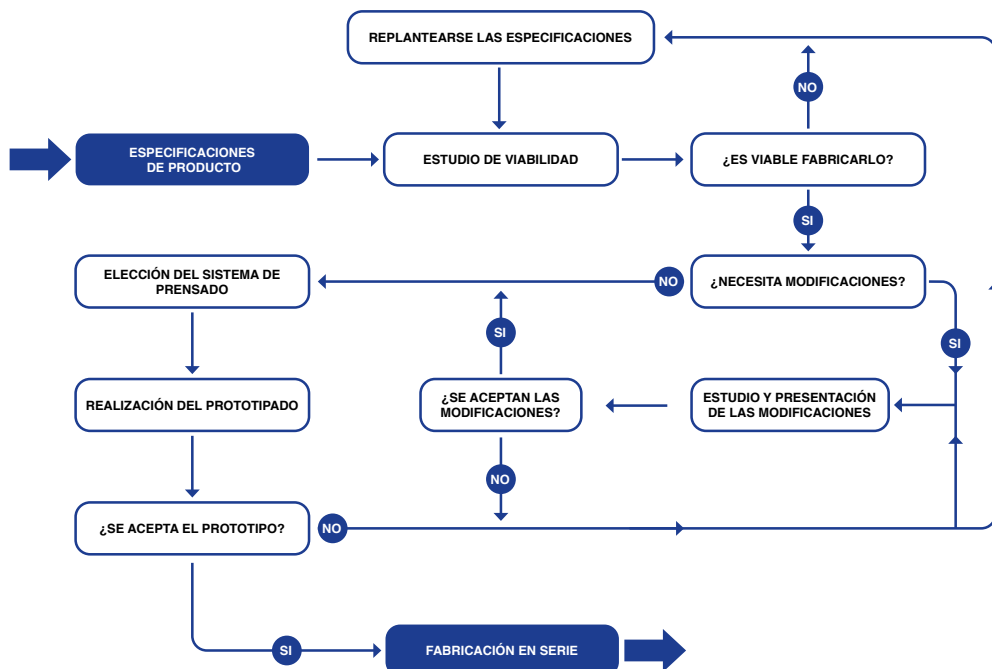


Figura 2.2. Diagrama del flujo de información entre departamentos técnicos y empresas para un nuevo proyecto de fabricación

2.1. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD.

En el proceso de diseño del molde deben tenerse en cuenta tanto las características del producto como las de la operación de prensado. Las características del producto son el tipo de pasta (y por lo tanto su comportamiento en el proceso de fabricación); las propiedades del producto acabado; el formato; el perfil; el relieve; las decoraciones que deben realizarse en la operación de prensado y las características dimensionales de la pieza. Debe considerarse también el tipo de prensa que se va a emplear; la luz libre para la instalación del molde; la distancia entre la bancada y el travesaño móvil; si el producto es decorado en los alvéolos de la prensa; el tipo de carro de alimentación y sus características dimensionales y también los sistemas de transporte de las baldosas que se emplearán en el proceso de fabricación (correas, giradores, rodillos, etc.).

Por otra parte, puede haber requisitos que deriven de condicionantes específicos de la producción del propio fabricante de baldosas, como por ejemplo la necesidad de fabricar moldes de un mismo producto para dos tipos diferentes de prensas, con diferentes luces libres o fuerzas de prensado.

El estudio de viabilidad comprende tanto los condicionantes económicos como técnicos del nuevo producto. En síntesis se trata de responder a las preguntas de si es posible el conformado; la decoración; la extracción de la pieza del alvéolo; el transporte y el almacenamiento de las baldosas sin mermas inaceptables en las características de calidad exigidas, en condiciones económicas que lo hagan viable y también si el molde permite un prensado capaz de lograr una microestructura uniforme que confiera a la baldosa las propiedades deseadas durante el proceso de fabricación y tras la cocción.

2.1.1. Espesor y relieves.

Es importante que la baldosa tenga un espesor medio que no presente una gran variabilidad, es decir, deben evitarse grandes cambios en el espesor, provocados por un agresivo diseño de las costillas o, más frecuentemente, por un diseño del relieve no compensado que provoque variaciones bruscas de la compacidad. A partir de consideraciones puramente prácticas algunos técnicos aconsejan que las baldosas con relieve presenten al menos un 20 % de la superficie con la misma altura, repartida en zonas planas ^[29]. Estas zonas de igual altura deben ser las de la parte de más altura (menor profundidad).

Existe también la tendencia a fabricar baldosas y placas con espesores reducidos, lo que presenta importantes ventajas ^[37], como son la reducción en los costes de materias primas, energía, almacenaje y transporte.

Cuando se hace referencia al “relieve” en el diseño de baldosas cerámicas hay que poner el foco en la cara vista, a la que se le exigirán características estéticas y técnicas de calidad, pero no debe olvidarse que también el diseño de la cara posterior de la baldosa reviste una gran importancia, ya que debe servir para compensar las diferencias de espesor que pueda provocar el relieve proyectado en la cara noble y, entre otros, minimizar las diferencias de compacidad que éste pueda provocar.



Figura 2.3. Secciones de baldosas con diferentes espesores

Así pues, el relieve de las baldosas debe ser diseñado cuidadosamente para evitar que diferencias de cota muy pronunciadas afecten el desmoldeo. Por otra parte, relieves muy abruptos pueden originar concentraciones de tensiones en ángulos formados por uniones de los planos que forman el relieve provocando grietas, especialmente en baldosas conformadas con pastas de elevada expansión postprensado. Para evitar esto, y compensar las diferencias de compacidad que pueda producir el relieve, en la actualidad es habitual diseñar algunos productos con el relieve de dorso compensado, de manera que se reproduzca el relieve en la parte posterior de las baldosas, manteniendo el espesor de estas, aproximadamente constante (figura 2.4), combinado con un diseño de costillas que garantice una base de apoyo estable y los suficientes puntos de apoyo para facilitar su traslación mediante las cintas transportadoras durante el proceso de fabricación. El relieve de dorso, además, debe permitir también que el transporte mediante rodillos (cestos, boxes y horno) se realice sin balanceos ni golpes, lo que debe tenerse en cuenta en su diseño.



Figura 2.4. Relieves de gran profundidad con costillas compensadas

Por otra parte, importantes avances tecnológicos en la fabricación de baldosas cerámicas desarrollados a partir de los 2000, como son la generalización de la decoración digital por inyección de tinta, en la que no hay contacto físico con las baldosas en la operación de decoración, o la decoración de las baldosas en la propia operación de prensado, que se puede realizar tanto en el propio carro de alimentación de la prensa como en estaciones de decoración situadas antes o después de los equipos de conformado, permite una mayor libertad en el diseño de los relieves (figuras 2.4, 2.5 y 2.6.).

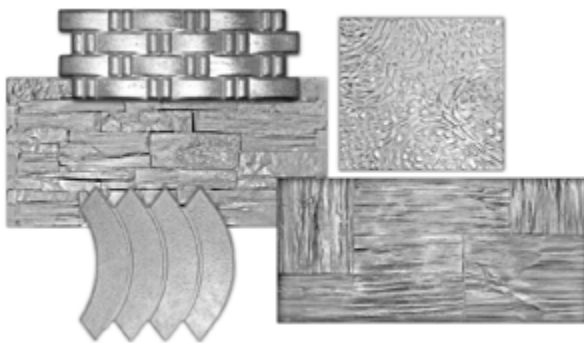


Figura 2.5. Diseño de relieve pronunciado

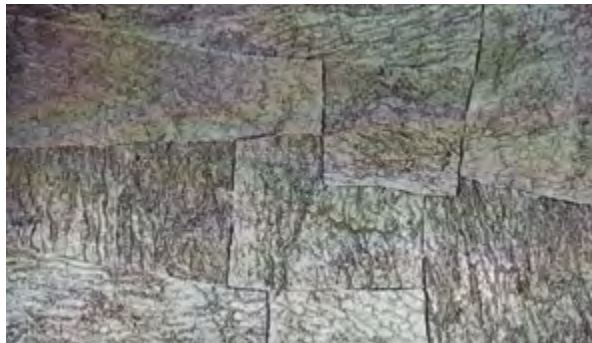


Figura 2.6. Diseños con relieve

En el apartado 2.2 se describe el proceso seguido en el diseño de relieves para punzones de moldes desde las necesidades del cliente o la idea original hasta la construcción de las plantillas necesarias para la fabricación de los punzones (ver capítulo 4).

2.1.2. Formato.

El proceso de diseño puede partir frecuentemente de un formato preestablecido. La elección del formato obedece generalmente a criterios comerciales aunque en algunos casos corresponde su definición a la fase de diseño del molde propiamente dicha.



Figura 2.7. Formato con puntos de acumulación de tensiones

Los formatos mayoritarios de las baldosas cerámicas son cuadrados o rectangulares de poco espesor por lo que estas formas geométricas tan sencillas no presentan problemas de acumulación de tensiones en puntos singulares que puedan provocar grietas en el proceso de fabricación. Sin embargo en algunos formatos como el de la figura 2.7, o como los denominados “sin fin” (figura 2.8) que presentan en su perímetro ángulos, éstos pueden actuar como puntos concentradores de tensiones. Si la definición del formato incumbe al proceso de diseño, puede minimizarse el problema redondeando ligeramente los ángulos.



Figura 2.8. Plantilla para pieza en perfil “sin fin”

2.1.3. El perfil lateral: los biseles y el separador.

Muchas baldosas, se diseñan con un perfil lateral (figura 2.9) formado por el separador, el bisel inferior (figura 2.10) y el bisel de la cara noble o bisel superior. Estos tres elementos tienen un carácter técnico, es decir, existen condicionantes de tipo técnico, relacionados con el proceso de fabricación, que aconsejan este diseño.

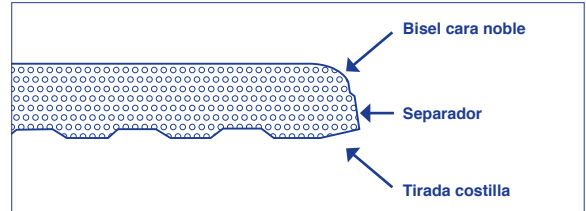


Figura 2.9. Perfil lateral de una baldosa

El **separador** tiene por objeto evitar el contacto entre los bordes esmaltados de las baldosas crudas, en un ocasional choque entre éstas durante el proceso de fabricación. Este separador es necesario y condiciona la extracción de la baldosa, lo que obliga a situar la cara noble de éstas en el punzón inferior de los moldes penetrantes, o a conformar la baldosa en la matriz superior de los dobles moldes. Su papel técnico pierde relevancia tras la cocción, por lo que algunos tipos de baldosas se rectifican, y por tanto eliminan el separador, mejorando notablemente el aspecto estético del producto una vez colocado. Como se verá en el capítulo 3, son las cuchillas el componente del molde que da forma al separador.

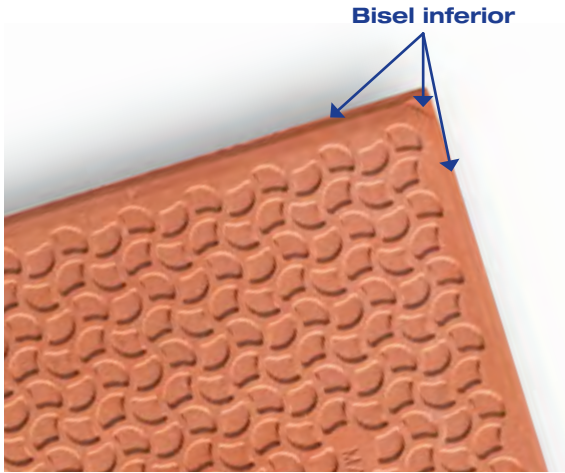


Figura 2.10. Bisel inferior de una baldosa no rectificada

Los **biseles superior e inferior** tienen la finalidad de mejorar la resistencia mecánica de los bordes de la pieza, para evitar despuntados por golpes durante el proceso de fabricación. El bisel inferior protege la baldosa de los pequeños golpes que recibe en los cambios de correas de las líneas transportadoras o cuando accede a las rodilleras o a las bandejas de los “boxes”.

El bisel superior o bisel de la cara esmaltada puede provocar algunos problemas importantes durante el proceso de esmaltado. Si la baldosa se diseña sin bisel superior, el esmalte puede formar un reborde durante su aplicación mediante lengua de campana o filera a presión. Este problema puede ser minimizado actuando desde la perspectiva de la formulación del esmalte, disminuyendo, en la medida de lo posible, la tensión superficial de la suspensión. Otra vía de solución afecta al diseño del bisel, ya que el reborde es menor si el perfil del bisel se suaviza.

2.2. DISEÑO DE RELIEVES.

Debe tenerse en cuenta que cuando en el diseño de moldes se habla de relieves, estos pueden hacer referencia tanto al denominado “relieve de prensa” que va a la cara noble de la baldosa, como al “relieve de dorso”, comúnmente denominado “costillas”. Según la tipología del molde, estos relieves pueden ir al punzón superior o al inferior y su proceso de fabricación es exactamente el mismo.

Los relieves en la cara noble de la baldosa y los relieves de dorso forman parte del diseño del producto y condicionan la fabricación de los punzones superiores e inferiores. Hasta llegar a los punzones con el negativo del relieve proyectado existe un largo camino que va desde la idea inicial o las especificaciones del fabricante de baldosas hasta la fabricación de los punzones, que se verá en el capítulo 4.

2.2.1. El relieve de dorso.

Relieve de dorso, es una forma general de denominar el relieve de la cara inferior de las baldosas. Comúnmente este relieve se conoce como “**costillas**” aunque en este texto se ha preferido esta denominación genérica, al considerar que las denominadas “costillas” son un tipo concreto de relieve de dorso ^[48].



Figura 2.11. Diseño exposición

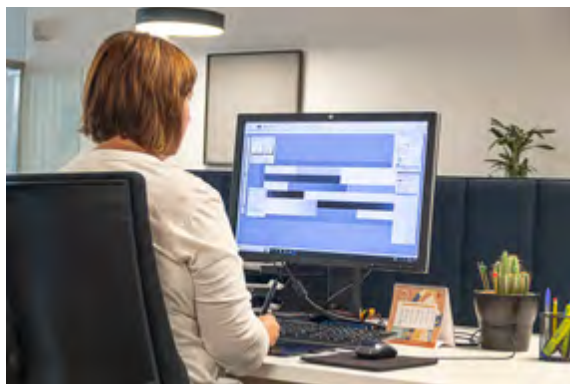


Figura 2.12. Departamento de diseño

El objetivo de este relieve era inicialmente el de crear una superficie suficiente para facilitar la adhesión del mortero de cemento aplicado en capa gruesa. A medida que se ha ido generalizando el empleo de pastas adhesivas, cementos cola y resinas para la colocación en capa fina, tanto en solados como en alicatados, ha ido disminuyendo la importancia de la función de superficie de agarre del relieve de dorso. Sin embargo, su diseño sigue teniendo una gran importancia puesto que influye directamente en la distribución de compacidades en la baldosa, ya que un mal diseño puede crear heterogeneidades en la compacidad que se traduzcan en defectos como manchas visibles en la cara noble, pinchados, etc. (ver capítulo 7). Por otra parte, el diseño del relieve de dorso puede compensar las variaciones de espesor, y por tanto de compacidad, provocadas por relieves de la cara noble muy pronunciados como se ha comentado. Algunos tipos de relieve de dorso, especialmente los muy pronunciados, pueden influir también en la resistencia mecánica de la baldosa ^[35].

Gran parte de los actuales diseños de los relieves de dorso de las baldosas se generalizaron a partir de la implantación masiva del proceso de fabricación de baldosas cerámicas mediante monococción en hornos monoestrato de rodillos, llevada a cabo a finales de los años setenta y principios de los ochenta. Estos relieves sustituyeron los tradicionales de botones y costillas exentas, característicos de las prensas de fricción, debido a que éstos tenían un relieve muy pronunciado que generaba importantes diferencias de compactación, transparencias o marcas de los relieves en la cara noble de la baldosa y provocaban el balanceo de éstas en el interior del horno monoestrato, lo que se traducía en roces y deformaciones de las piezas. En un principio, con el prensado mediante prensas de fricción e incluso tras la segunda reconversión industrial de los años 80, era, por tanto, la operación de cocción, y no el prensado, el principal factor condicionante que tuvo el diseño de relieves de dorso. Sin embargo, la popularización de relieves de prensa muy acentuados, tanto en prensado tradicional como en la decoración en prensas influyó en la necesidad de compensar la compacidad en toda la pieza para evitar el defecto conocido como “marcado de costillas”, debido a diseños inadecuados del relieve de dorso y otros defectos asociados a heterogeneidades en la distribución de la compacidad y esto condicionó en muchos casos el diseño del relieve de dorso. En la actualidad se han añadido otros factores, muchas veces estéticos, que condicionan el diseño del relieve de dorso, que ha llegado incluso a convertirse en parte de la imagen de marca de la empresa.

La elección de la forma del relieve de dorso, pese a que no suele considerarse como parte del diseño

de las baldosas, condiciona aspectos técnicos del proceso [36]. También su diseño se ha convertido en un potencial campo de optimización y en este sentido se han ensayado relieves de dorso aligerados que permiten una disminución sustancial de la masa de la baldosa, lo que repercute en un ahorro de materias primas y de energía [36] y una disminución de los costes de transporte aunque, como se ha indicado, su diseño debe considerar y minimizar las variaciones de compacidad que pueda provocar.

Los relieves de dorso más ampliamente empleados en el pavimento en los primeros años de la reconversión industrial fueron los de **superficie de costilla** (Figura 2.13). La unidad estructural de este relieve son pequeñas costillas alargadas de 1 cm de largo, de 1 a 2 mm de ancho y apenas 0,5 a 1 mm de altura, que forman una textura de apariencia homogénea al ser agrupadas en filas y columnas.

Un grupo que abarca muchos de los relieves de dorso de los productos que se fabrican en la actualidad es el de **relieves reticulados**. Se entiende por relieves reticulados los formados por la repetición ordenada de uno o varios módulos. La repetición de hexágonos, ya sean regulares o irregulares, genera el reticulado conocido como **“nido de abeja”**. Este tipo de relieve, generalmente en alturas muy pequeñas, inferiores a 1 mm, se ha empleado frecuentemente en muchos pavimentos de gres y de gres porcelánico. Entre ellos, el **“reticulado en diagonal”**, como el mostrado en la figura 2.14, que busca un contacto uniforme con los rodillos del horno en el proceso de cocción, de manera que, combinado con un adecuado engobe protector, minimice el ensuciamiento de éstos. También se fabrican baldosas con relieves de dorso obtenidos por la repetición de figuras irregulares, o **“reticulados mixtos”** (figura 2.15).

Con la finalidad de compensar la compacidad en todo el volumen de la baldosa y las diferencias que puedan provocar los relieves de la cara noble, especialmente los relieves muy pronunciados, se han generalizado también los **relieves texturados**, (figura 2.16) que ofrecen una amplia gama de opciones, y la combinación de relieves de gran profundidad con costillas compensadas que se ha visto en la figura 2.4. Por otra parte, muchos fabricantes optan por diseñar sus propios relieves de dorso, como texturas propias y exclusivas, que forman parte de la propia imagen de marca de la compañía y que adaptan a cada tipo de producto fabricado en función del espesor, relieves de prensa o composición de la pasta (figura 2.17).



Figura 2.13. Relieve de dorso en superficie de costilla.

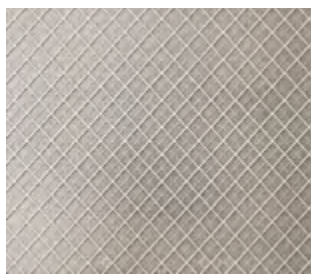


Figura 2.14. Relieve de dorso reticulado



Figura 2.15. Relieve de dorso mixto



Figura 2.16. Relieve de dorso texturado



Figura 2.17. El relieve de dorso puede ser también exclusivo de una marca.

2.2.2. El relieve de prensa.

Los relieves de prensa siempre han supuesto un importante valor añadido en las baldosas cerámicas, y su uso se constata desde prácticamente la generalización del prensado en semiseco con prensas de fricción. Sin embargo, la fabricación de moldes para este tipo de productos era bastante compleja, puesto que los relieves debían ir grabados en negativo en los punzones de acero, para lo que previamente se debía fabricar una plantilla con el positivo. En los primeros moldes con relieve, las plantillas se modelaban manualmente en grafito, a partir de un dibujo sobre papel. Primero se realizaba un desbastado mediante fresado y se definían después los contornos con una gubia. Una vez acabado el relieve, se alisaban las superficies mediante un paciente lijado manual. El grafito es conductor de la electricidad lo que permitía la transferencia del relieve al punzón mediante erosión por arco voltaico.

El proceso de erosión, sin embargo, desgastaba mucho las plantillas de grafito, hasta el punto que con ellas sólo se podían obtener dos o tres punzones. Las plantillas de grafito fueron sustituidas por las de cobre, mucho más resistente y duro, y con las que se podían obtener más punzones. Estas plantillas no podían modelarse a mano lo que obligaba al mecanizado de los relieves.

En la actualidad los relieves de prensa se han generalizado y se fabrican baldosas para pavimento o revestimiento con imitaciones en relieve de materiales naturales como la madera, cemento, piedra, arena, pizarra, granito, etc.; combinaciones de relieves geométricos que generan juegos ópticos en las paredes, microrrelieves que no sólo acompañan a las maderas o piedras naturales sino que han abierto posibilidades para la reproducción de tejidos y patrones textiles y las texturas más abruptas de los materiales o las combinaciones de relieves que forman paredes con interesantes variaciones volumétricas (figuras 2.18 y 2.19).



Figura 2.18. Ambiente con baldosas en relieve



Figura 2.19. Ambientes de baldosas en relieve

Para fabricar los moldes necesarios, los punzones se fabrican lisos y el relieve se marca en la goma del punzón durante el proceso de endurecimiento de ésta, empleando plantillas de aluminio o de baquelita. En el caso de relieves muy pronunciados, este proceso es complicado y se opta por mecanizar el relieve en la superficie del punzón, y recubrirlo con una goma de espesor constante.

El diseño y fabricación de las plantillas es en la actualidad una operación más de un proceso sumamente automatizado que comprende la realización y digitalización del prototipo y el grabado de las plantillas mediante fresadora de control numérico o mediante grabadora láser.

2.2.2.1. Realización del prototipo.

La idea inicial para un nuevo diseño puede partir de la iniciativa del propio fabricante de moldes a través de su departamento de diseño. En este caso el prototipo resultante es una opción más entre las ofertadas en el catálogo de la empresa a disposición de sus clientes. También puede partir de una petición expresa de éstos, es decir de un cliente fabricante de baldosas, expresada con diferentes grados de concreción, como pueden ser desde simples ideas, imágenes o muestras reales de texturas ya existentes en materiales naturales o en otros materiales sintéticos, etc. Por último, esta idea inicial del diseño puede surgir también a partir de la colaboración entre ambos.

Algunos proyectos pueden partir también de ideas o imágenes transformadas en relieves y texturas mediante el moldeado manual de un primer boceto con arcilla, escayola o plastilina, (figuras 2.20 y 2.21) cuando se pretende obtener diseños artesanales con la impronta del trabajo manual. El boceto se realiza siguiendo las técnicas y procedimientos tradicionales de modelado empleados en la cerámica artística y puede sufrir pequeños retoques para hacerlo viable en un conformado por prensado en semiseco¹⁴.



Figura 2.20. Realización manual de bocetos



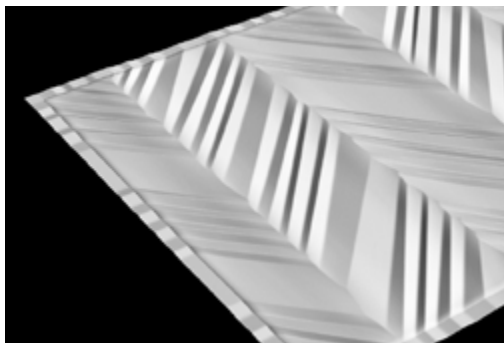
Figura 2.21. Boceto de relieve elaborado manualmente

En todo caso, el diseñador puede partir de un objeto físico, cuya textura se pretende reproducir en un proceso industrial o de imágenes e ideas que habrá de transformar en un boceto físico, previo a su digitalización.

Cuando no se dispone de un objeto físico que se quiere reproducir, el primer paso consiste en realizar una imagen en 3D (figura 2.22) con salida de 16 bits, ya que al trabajar, como se verá, en escala de grises se tendrá una mayor definición, especialmente necesaria cuando se pretende hacer un relieve pronunciado.



Figura 2.22. Imagen 3D de un boceto



¹⁴ Se debe evitar relieves muy pronunciados (superiores a 8,5 mm), puntos de acumulación de tensiones o perfiles cerrados del relieve, incompatibles con el prensado en semiseco.

2.2.2.2. Digitalización del prototipo.

Una vez realizado el boceto y aprobado, la elaboración del prototipo implica su tratamiento digital. La digitalización del prototipo consiste en la obtención de un mapa de las coordenadas correspondientes a cada píxel, que recibe el nombre de “nube de puntos”. Este mapa puede obtenerse mediante un palpador digital o mediante un digitalizador láser (figura 2.23). Esta nube de puntos se concreta en un relieve en “escala de grises” (figura 2.24) de 16 bits¹⁵ mediante un programa informático.



Figura 2.23. Digitalizador láser

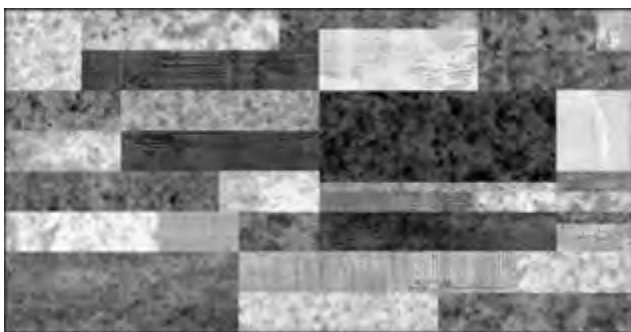


Figura 2.24. Representación del relieve de una baldosa mediante escala de grises

El digitalizador láser va equipado con un cabezal lector que reproduce el relieve leído en escala de grises. Una escala de grises de 16 bits contiene miles de tonalidades de grises, lo que permite caracterizar perfectamente el relieve ya que cada tonalidad de gris, medida cuantitativamente y caracterizada mediante coordenadas de color, está asociada a una cota. La cota 0, o máxima altura, es el blanco y las zonas más claras indican las cotas más altas del relieve, y las zonas más oscuras las más profundas. A partir de este archivo se define un programa de mecanizado entendible por la fresadora, para la realización de un prototipo en escayola, que servirá para una primera revisión del prototipo (figura 2.25 y enlace 2.1). Este programa era, hasta hace apenas unos años, introducido en el departamento de diseño a partir de los datos generados por el lector, pero en la actualidad, las modernas

¹⁵ Anteriormente se trabajaba con 8 bits. La diferencia entre una imagen de 8 bits y una de 16 bits es la cantidad de información que pueden contener. Con 8 bits se pueden almacenar 256 tonos de grises, mientras que con 16 bits se pueden almacenar 65536 tonos"



Figura 2.25. Fresadora de control numérico para prototipos de escayola

máquinas grabadoras funcionan a partir del archivo de la propia escala de grises y sólo es necesario la introducción en el programa de la máquina de éste y de algunos datos, como la herramienta que se va a emplear y las referencias de profundidad, para traducir los tonos de la escala de grises a alturas. Naturalmente esto agiliza el trabajo del departamento de diseño al transferir a las máquinas el trabajo de pasar las imágenes al lenguaje entendible por éstas, anteriormente realizado por los diseñadores.

A partir del mapa en escala de grises, es también posible construir un prototipo en goma, denominado “teflón”, que puede montarse en los punzones de una prensa industrial con la finalidad de realizar una serie corta de prueba.



En este código QR hay un enlace a un vídeo en el que puedes ver una fresadora de control numérico para prototipos de escayola en funcionamiento. Enlace 2.1.

En la figura 2.26 se muestran algunos prototipos de baldosas con relieve realizados en escayola de



Figura 2.26. Prototipos obtenidos en escayola

2.2.2.3. Realización de las plantillas.

Las plantillas obtenidas son los positivos de los punzones (figura 2.27). Es decir, son los “moldes” que nos permitirán obtener la superficie de los punzones y su relieve.

Tanto en el punzón superior como en el inferior, se tiene el negativo del relieve que se transferirá a la baldosa. En el punzón superior de los moldes penetrantes¹⁶, en el inferior en el doble molde y generalmente en el inferior del molde espejo penetrante¹⁷, van grabadas las costillas, el logotipo del fabricante y las referencias para la identificación del plato y del molde. En el otro punzón, los relieves y texturas propias del diseño del producto, conocidos como “relieves de prensa”, o una textura completamente lisa si así se desea.

Una vez examinado el prototipo de escayola, el mapa de grises puede ser retocado a voluntad mediante un programa de tratamiento de la imagen si fuera necesario y se elabora una plantilla con el positivo del relieve que se pretende fabricar mecanizado en una de sus caras. Para realizar este mecanizado, el operador programa las instrucciones de trabajo (velocidad de avance, profundidad de pasada, paso, etc.) de la **fresadora** frontal con cabezal de carburo de tungsteno o de la **grabadora láser**.



Figura 2.27. Relieve de dorso en la plantilla de aluminio (derecha) y el punzón correspondiente (izquierda)

Las plantillas, necesarias para la fabricación de los punzones (ver capítulo 4), pueden ser de **hierro, aluminio o baquelita** (figura 2.28). En la tabla 2.1 se muestran algunas características generales de estos tipos de plantillas para punzones. Como se observa en la tabla, las plantillas de hierro se emplean exclusivamente para la elaboración de punzones lisos con bisel, procedentes de rectificado, destinados a la cara noble de las baldosas. Los punzones de aluminio se emplean, en general, cuando se tienen que realizar punzones con relieves muy pronunciados (superiores a 1,0 mm) pese a que la fresadora tiene un proceso más lento que la grabadora láser y el aluminio es un material más caro que la baquelita. Las planchas necesarias de aluminio se sirven a medida aunque puede variar el espesor en función de los relieves que se van a grabar; en cambio las de baquelita se sirven en láminas de hasta

¹⁶ Esta afirmación debe ser matizada, ya que, aunque de forma mayoritaria en los moldes penetrantes el punzón superior lleva grabado el relieve de dorso (prensado con cara noble abajo), debe tenerse en cuenta que no siempre es así y que algunos fabricantes emplean moldes penetrantes con esta posición invertida (ver en el capítulo 5 el apartado 5.3.4 referente al molde penetrante invertido).

¹⁷ El prensado habitual con el molde espejo penetrante es con la cara noble arriba, aunque esto puede invertirse.

300 x 200 cm que pueden grabarse enteras en la grabadora láser para obtener varios punzones, y cortar después del grabado. Tanto la baquelita como el aluminio permiten el endurecimiento de la goma, ya que se pueden calentar fácilmente, si bien el aluminio conduce el calor mucho más que la baquelita.



Figura 2.28. Diferentes tipos de plantillas.

La baquelita (figura 2.29) es un polímero formado por reacción bajo calor y presión entre formaldehído y fenol y está considerada como el primer plástico sintético que se produjo¹⁸. Su uso se generalizó rápidamente debido a sus magníficas propiedades como aislante eléctrico, elevada resistencia al calor sin deformación, estabilidad química, resistencia mecánica y ser fácilmente mecanizable. Es un plástico termoestable, es decir que una vez enfriado en su proceso de fabricación no puede volver a ser deformado por calor.

La baquelita se sirve en láminas de 10 mm de espesor que se graban sin tratamiento previo, en la grabadora láser.



Figura 2.29. Láminas de baquelita para la elaboración de plantillas

¹⁸ Fue patentada por el químico de origen belga Leo Baekeland en 1909.

Tipo de Plantilla	Punzones fabricados	Tipo de grabado
Plantillas de hierro.	Lisos	Sin grabado
Plantillas de aluminio.	Cara noble con relieves pronunciados. Relieve de dorso (costillas) pronunciado o relieves de compensación en la cara de costillas.	Fresadora
Plantillas de baquelita.	Cara noble con relieves poco pronunciados, o cara de costillas.	Grabadora láser

Tabla 2.1. Tipos de plantillas para elaboración de punzones.

a) Grabado con fresadora.

La **fresadora** empleada para el grabado de plantillas de aluminio (figura 2.30 y enlace 2.2) secuencia las operaciones automáticamente, de forma que optimiza el rendimiento del proceso mientras que el operador ha de ocuparse únicamente de la puesta a cero del aparato, es decir, de la introducción de las coordenadas de referencia, y la posterior verificación del producto mediante el control dimensional establecido. Los desplazamientos laterales por pasada del cabezal oscilan entre 1 y 1,5 décimas de milímetro para conseguir una resolución que permita el prensado de las baldosas en las condiciones de calidad exigidas.

Debe programarse la fresadora para que realice la plantilla con un sólo cabezal porque no es posible su sustitución una vez iniciada la operación, ya que el intenso calentamiento que sufre éste durante el trabajo hace muy difícil el control de su dilatación. Si se sustituye el cabezal sin finalizar el fresado completo de la plantilla, es muy difícil encontrar un punto de inicio sin que pierda continuidad el diseño.



Figura 2.30. Mecanizado del relieve mediante fresadora sobre plantilla de aluminio



En este código QR hay un enlace a un vídeo en el que puedes ver una grabadora realizando un relieve en una plantilla de aluminio. Enlace 2.2

La plantilla de aluminio se fija a una plantilla lisa de hierro, denominada de medida, y ésta se sujeta mediante imantación a la base de la fresadora. Para el posterior vulcanizado (ver capítulo 4) se montará en la prensa todo el conjunto y la plantilla de hierro calentará la de aluminio.

b) Grabado láser.

Puede obtenerse también la plantilla (figura 2.31) con el **grabado láser** (Ver enlace 2.3) sobre plantilla de baquelita, mediante grabadoras como las que se muestran en la figura 2.32, equipadas con boquillas láser de CO₂ (figura 2.33).



Figura 2.31. Plantilla de baquelita de relieve de dorso grabada con láser



En este código QR hay un enlace a un vídeo en el que puedes ver una grabadora láser realizando un relieve en una plantilla de baquelita. Enlace 2.3



Figura 2.32. Equipos de grabado por láser



Figura 2.33. Boquilla de grabadora láser (fotografía cortesía de CIELLE)

2.3. CONDICIONANTES TÉCNICOS Y DE FABRICACIÓN EN EL DISEÑO DEL MOLDE.

El diseño de un molde está sujeto a una serie de condicionantes técnicos y de fabricación que determinan, entre otros, las dimensiones y los materiales de todos sus componentes.

Por supuesto, el principal elemento de diseño que hay que considerar es la **prensa** a la que va a ir instalado y se debe considerar especialmente las siguientes características de ésta:

- Fuerza máxima de prensado.
- Luz libre.
- Sistema de extracción instalado.
- Dimensiones de la parrilla del carro de alimentación.
- Tamaños del travesaño móvil y de la bancada

Las prensas empleadas en la fabricación de baldosas cerámicas pueden clasificarse de acuerdo con **la fuerza máxima** que sean capaces de desarrollar. Este importante parámetro condiciona la superficie máxima de prensado según el tipo de producto que se fabrique y, por lo tanto, inciden directamente en el **formato** y en el **número de salidas**. En la actualidad se encuentran una amplia gama de prensas tradicionales que van desde pequeños tonelajes (inferiores a 1000 t de fuerza máxima), adecuadas para pequeños formatos y piezas especiales, hasta prensas capaces de desarrollar fuerzas de hasta 16000 toneladas¹⁹, aptas para la fabricación de grandes formatos.

La **luz libre** o “distancia entre columnas”²⁰ de una prensa es la distancia útil para la instalación del molde, pues es la principal magnitud que condiciona, junto con la fuerza que pueda desarrollar la prensa, el número de salidas que será posible instalar en el molde y por lo tanto su productividad. La luz libre de las prensas ha de ser tanto mayor cuanto mayor sea la fuerza máxima que puede desarrollar la prensa.

Todas las prensas van equipadas con un **sistema hidráulico** de extracción que tiene la misión de realizar una primera caída de platos para el llenado de los alvéolos y una segunda para disponer el molde en posición de prensado con la placa salvabanco apoyada en la estructura de la prensa²¹; y de realizar la extracción de las piezas prensadas con un movimiento de subida de platos. El equipo responsable de

¹⁹ En la actualidad se han desarrollado otras líneas de conformado que se apartan del prensado tradicional que requiere de los moldes descritos en este texto, como por ejemplo la tecnología SUPERA de SITI B&T que incorpora un equipo de compactación alimentado por una cinta de hasta de 160 cm de ancho en la que se deposita el polvo mediante dosificadores. El conformado lo realiza una prensa discontinua capaz de desarrollar una fuerza de hasta 48000 t. Esta prensa está equipada con una unidad de moldeo que, en la práctica, hace la función de molde y está equipada con un sistema de placas móviles de contención de polvos, accionadas mediante pistones hidráulicos que delimitan el polvo haciendo innecesario el corte longitudinal de la placa. La desaireación de la gran cantidad de polvo compactado cada vez se realiza a través de una membrana semiporosa.

²⁰ Aunque sigue empleándose ocasionalmente la expresión “distancia entre columnas” para indicar el espacio disponible para la instalación del molde o “distancia libre” este concepto ha quedado obsoleto ya que muchas prensas han ido sustituyendo la estructura de columnas por estructuras del tipo “anillo cerrado” que permiten una mejor absorción de las tensiones generadas en el prensado o se fabrican con estructura de láminas.

²¹ En los procesos de decoración de doble carga, los punzones inferiores deben realizar tres movimientos descendentes o “caídas”; la primera para acoger la carga del polvo base, la segunda para la carga de decoración (apenas unos mm) y la tercera para descansar la placa expulsora del molde sobre la placa salvabanco a fin de realizar el prensado.

estos movimientos se denomina equipo de conformado y extracción, o más frecuentemente “**equipo de extracción**”. El equipo de extracción tradicional es el de pistones y candelas, presente aún en muchas prensas operativas en el sector aunque cada fabricante equipa sus prensas con equipos propios patentados. Así las prensas SITI B&T vienen equipadas con sistemas de extracción Syncro® y E-Syncro®, mientras que SACMI equipa las suyas con sistemas SPE®. Una detallada descripción de estos equipos se puede consultar en [49]. A cada sistema de extracción le corresponden también diferentes tipos de pistones, a su vez ubicados en diferentes posiciones y, naturalmente, variados sistemas de anclaje, por lo que tanto el diseño de la placa salvabanco como el de la placa expulsora estarán condicionados por el tipo de sistema extractor instalado en la prensa.

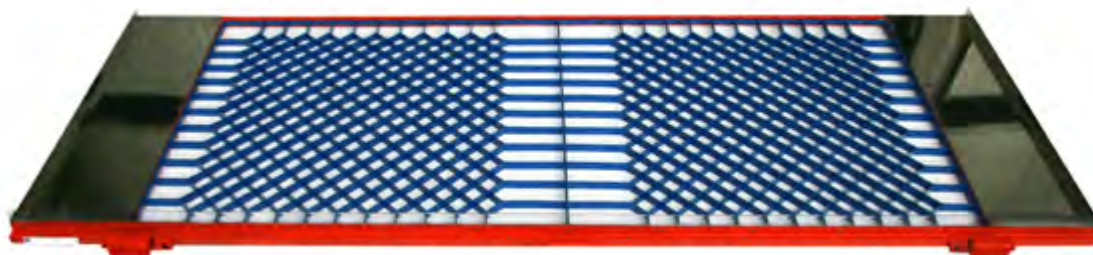


Figura 2.34. Parrilla flotante de tipo alveolar fabricada por MACER

Las prensas están equipadas con un **carro de alimentación** cuya misión es recoger y dosificar el polvo de la tolva de alimentación de la prensa y llenar los alvéolos del molde de forma rápida y homogénea. Las dimensiones de la parrilla del carro (figura 2.34 y 2.35) deben permitir el correcto llenado de los alvéolos, por lo que la anchura útil de carga del carro debe ser ligeramente superior al espacio ocupado por los alvéolos y sus tabiques de separación. Según productos y ciclos de prensado, se recomienda que la anchura útil de carga exceda entre 5 y 15 mm por cada lado del espacio de los alvéolos del molde. Esto condiciona también las dimensiones de la placa expulsora.

Otro factor que condiciona el diseño del molde es el tamaño del travesaño móvil y de la bancada, así como la disposición de los tornillos de sujeción tanto en uno como en otra.

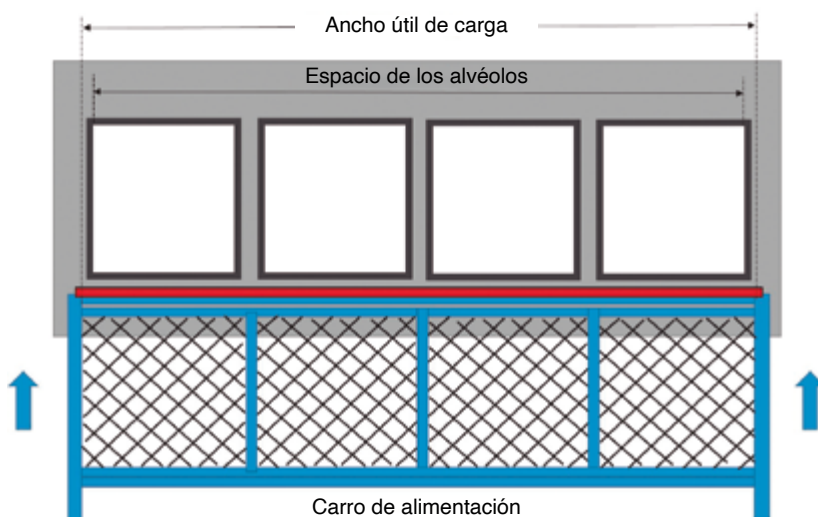


Figura 2.35. Parrilla flotante de tipo alveolar fabricada por MACER

2.4. LAS SALIDAS.

El número de salidas de un molde es su número de alvéolos, es decir el número de piezas que se obtienen en cada ciclo de prensado. Depende, por tanto, del formato, de la fuerza máxima que puede desarrollar la prensa y de la distancia libre o distancia entre columnas, es decir del tamaño máximo que puede tener el molde.

Los alvéolos pueden estar organizados en una o varias filas. El considerable aumento de los formatos de las baldosas que se ha registrado en los últimos años ha implicado un aumento en la fuerza máxima capaz de desarrollar por las prensas, por lo que los fabricantes concentran sus esfuerzos en la obtención de estructuras que permitan elevadas distancias libres para la instalación del molde.

2.4.1. Cálculo de las dimensiones de los alvéolos.

Para definir correctamente las dimensiones de los alvéolos y, posteriormente, el número de salidas de un molde, es necesario considerar las condiciones de uso de éste. Además de las medidas nominales de las baldosas que se desean obtener, es necesario conocer también el tipo de producto y algunas de sus características tecnológicas, como su expansión postprensado o su contracción tras la cocción; y por supuesto las características técnicas de la prensa y del sistema de alimentación empleado.

Para ilustrar cómo realizar estos cálculos, vamos a suponer en este apartado el caso más general de fabricación de baldosas, con formatos cuadrados o rectangulares.

Las dimensiones reales de los alvéolos dependen de las dimensiones nominales (L_{F1} y L_{F2}) que queremos obtener tras el proceso de fabricación. Debe tenerse en cuenta que las baldosas sufren una expansión tras el prensado (**EP**) que generalmente oscila alrededor de 0,5 % aunque pueden darse valores mayores, y una contracción tras la cocción (**CL**) que es pequeña en los revestimientos pero importante en los productos gresificados (tabla 2.2). No se consideran en este apartado las variaciones dimensionales que puedan sufrir las baldosas en la operación de secado, ya que la humedad de prensado se encuentra por debajo del límite de retracción de las pastas industriales empleadas.

Producto	Presión de prensado (Kg/cm ²)	ρ_a (g/cc)	T cocción (°C)	EP (%)	CL (%)
Porcelánico – 1 estándar.	400	1,998	1180	0,49	6,62
Porcelánico – 2 blanco.	400	1,948	1200	0,59	7,32
Porcelánico – 3 blanco.	400	1,980	1200	0,55	6,68
Porcelánico – 3 coloreado.	400	2,026	1190	0,49	6,32
Revestimiento blanco.	250	1,975	1140	0,45	0,17
Gres rojo.	250	2,071	1135	0,41	5,33

Nota: ρ_a : densidad aparente en seco.

Tabla 2.2. Expansión post prensado y contracción lineal en las condiciones de trabajo de algunas pastas industriales.

Por tanto, si se desea que las dimensiones de las baldosas tras la cocción sean las de su formato nominal, deben prensarse con unas dimensiones diferentes que compensen la resultante de estos cambios dimensionales.

La expansión que experimentan las baldosas tras su extracción del alvéolo se denomina “expansión postprensado” (**EP**) y se expresa como:

$$EP = \frac{L_0 - L_A}{L_A} \cdot 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

en la que:

- EP: Expansión post prensado (%)
- L_0 : Longitud de la baldosa cruda tras su extracción del alvéolo (cm)
- L_A : Longitud de la baldosa en el interior del alvéolo (cm)

La contracción que experimentan los productos cerámicos tras la cocción, se denomina “contracción lineal” (CL) y se expresa como:

$$CL = \frac{L_0 - L_F}{L_0} \cdot 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

en la que:

- CL: Contracción lineal (%)
- L_0 : Longitud de la baldosa cruda tras su extracción del alvéolo (cm)
- L_F : Longitud de la baldosa cocida (cm)

En la figura 2.36 se esquematizan las variaciones dimensionales que sufre una baldosa a lo largo de todo el proceso de fabricación.

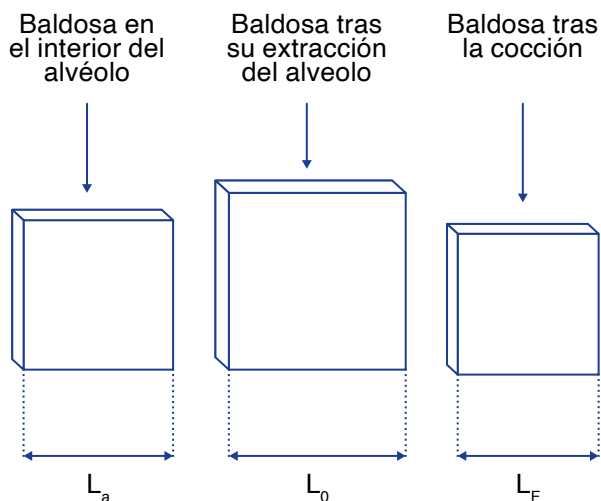


Figura 2.36. Variaciones dimensionales (no a escala) de una baldosa durante su proceso de fabricación

Combinando las ecuaciones 1 y 2 se relaciona la longitud del alvéolo (L_A) con la longitud de la baldosa tras la cocción, o formato nominal (L_F):

$$L_A = \frac{L_F}{\left(1 - \frac{CL}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{EP}{100}\right)} \quad (\text{Ecuación 3})$$

2.4.2. Cálculo del número máximo de salidas.

Una vez definidas las dimensiones de los alvéolos, se pasa a definir el número de salidas del molde. Éste depende de las dimensiones del alvéolo, ya calculadas; del tipo de producto que se quiere fabricar; de la fuerza máxima que puede desarrollar la prensa; de la luz entre columnas de ésta y de las características dimensionales de carro de alimentación empleado.

Para conseguir la presión capaz de conferir a la pieza la microestructura necesaria, la prensa deberá desarrollar una determinada fuerza de prensado (**F**) en función de la superficie (**S**) que ha de prensar. Esta superficie es igual a la de un alvéolo (**S_A**) por el número de salidas (**N**).

La superficie de un alvéolo es:

$$S_A = L_{A1} \cdot L_{A2} \quad (\text{Ecuación 4})$$

y

$$F = P \cdot S = P \cdot S_A \cdot N \quad (\text{Ecuación 5})$$

Es conveniente que la prensa funcione habitualmente por debajo del 80% de su potencia²², por lo que si $F_{\max}$ es la fuerza máxima (en toneladas) que puede desarrollar, la fuerza de trabajo (F) será igual a $0,8 F_{\max}$. La fuerza máxima depende del tipo de prensa empleada.

Así pues, el **número máximo de salidas** teóricas puede tener un molde es:

$$N = \frac{0,8 F_{\max}}{P \cdot S_A} \cdot 1000 \quad (\text{Ecuación 6})$$

En la que **P** se expresa en Kg/cm², **F_{max}** en t y **S_A** en cm²

²² Este dato, aconsejado por algunos fabricantes de prensas, contrasta a veces con la práctica de los fabricantes de baldosas que pueden elegir una mayor o menor fuerza de prensado máxima. De hecho, según fabricantes, puede emplearse en ocasiones una relación del 85 % o incluso mayor para el cálculo del número máximo de salidas.

2.4.3. Factores condicionantes del número de salidas.

Una vez calculado el número de salidas teóricas que pueden prensarse en las condiciones establecidas, tenemos que comprobar que sea realmente posible construir un molde con este número de salidas y que pueda instalarse y operar en la prensa. Existen una serie de **factores condicionantes**, que pueden provocar que el número de salidas sea inferior al máximo posible. Estos factores son:

- Luz libre de la prensa.
- Anchura útil del carro de alimentación.
- Dimensiones del travesaño.
- Profundidad de la bancada de la prensa.
- Distancia entre alvéolos.
- Anchura de la boca del secadero.
- Anchura del compensador (si lo hay).

La primera característica que condiciona la distancia útil para la instalación del molde es, lógicamente, la luz libre de la prensa. La luz libre es la distancia del hueco de la estructura de la prensa en la que se instala el pistón, travesaño móvil y molde y es, por tanto, la principal magnitud que condiciona, junto con la fuerza que pueda desarrollar la prensa, el número de salidas que será posible instalar en el molde y por lo tanto su productividad. La luz libre de las prensas ha de ser tanto mayor cuanto mayor sea la fuerza máxima que puede desarrollar la prensa.

Debe tenerse en cuenta que, como se ha comentado, para garantizar la correcta carga de los alvéolos, especialmente de los situados en los extremos del molde, **la anchura útil de carga del carro** debe ser ligeramente superior al espacio ocupado por los alvéolos y sus tabiques de separación definidos en la figura 2.35, por lo que estas longitudes útiles se ven reducidas por la anchura útil del carro de alimentación instalado en la prensa, ya que ésta limita el espacio útil del molde en el que pueden ubicarse los alvéolos. En términos generales, y a efectos orientativos, se puede considerar que esta reducción de longitud útil oscila alrededor de los 180 mm en las prensas de mayor tonelaje y de 150 mm en las más pequeñas, lo que supone una reducción comprendida entre el 7 % y el 9 % respectivamente.

Prensa	Luz libre entre columnas (mm)	Anchura máxima de carga del molde (mm)
PH-1000	1550	1405
PH-1500	1600	1455
PH-1890	1750	1595
PH-2090	1750	1595
PH-2590	1750	1595
PH-2890	1750	1595
PH-3020	2250	2085
PH-3590	1750	1595
PH-3800	2450	2275
PH-4600	1750	1595
PH-4800	2250	2085
PH-4900	2450	2275
PH-6200	2450	2275

Tabla 2.3. Dimensiones útiles para la instalación del molde en prensas SACMI.

En la tabla 2.3 se muestran los valores de luz libre entre columnas y de la distancia útil para el montaje del molde considerando la anchura del carro, para algunas prensas SACMI.

Aunque no es frecuente, las **dimensiones del travesaño móvil** pueden convertirse también en un factor limitante del número de salidas. El travesaño móvil está conectado al pistón y soporta la placa portapunzones a la que van unidos los punzones superiores del molde y, por tanto, debe tener las dimensiones suficientes para su instalación, aunque excepcionalmente, en los moldes penetrantes pueden instalarse placas portapunzones que excedan no más de 75 mm por lado. Esto, en cambio, no es aconsejable en el doble molde y tampoco en el molde de espejo penetrante.

Debe comprobarse siempre que la **profundidad de la bancada de la prensa** sea suficiente para albergar el tipo de molde diseñado, especialmente en grandes formatos o cuando se disponen los alvéolos en dos o más filas.

La **separación mínima entre alvéolos** para asegurar una adecuada resistencia mecánica de una matriz fabricada con acero DIN CK45, de 100 mm de espesor con cuchillas tradicionales es de 40 mm a 50 mm, incluyendo las cuchillas. Tanto en cuchilla tradicional como extraíble, en formatos pequeños, hay casos excepcionales donde podemos encontrar cuchillas incluso de 30 mm, aunque siempre combinando con tabiques de 50-55 mm a fin de ganar espacio pero no perder del todo la resistencia del marco.

Existen otros factores externos que pueden condicionar el número máximo de salidas, e incluso la viabilidad de producción de un determinado formato, como son las **dimensiones de los compensadores y del secadero**. Su definición afecta al proceso de diseño de la planta y no al del molde, por lo que nos limitaremos a dejar constancia de su existencia.

2.4.4. Ejemplo.

Supongamos que disponemos de una prensa capaz de desarrollar 4900 t de fuerza máxima, con la que queremos prensar baldosas de gres porcelánico blanco – 2 (tabla 2.2) con un formato nominal de 45 x 45 cm, y queremos calcular el número de salidas del molde.

Cálculo de las dimensiones del alvéolo.

La pasta que vamos a prensar tiene una expansión postprensado del 0,59 %, en las condiciones habituales de trabajo, que definimos como 400 Kg/cm² de presión específica y 6,3 % de humedad en base seca. Tras la cocción a 1200 °C experimenta una contracción lineal del 7,32 %. Por tanto la longitud del alvéolo para obtener baldosas cocidas a esta temperatura con $L_F = 45$ cm ha de ser de:

$$L_A = \frac{45}{\left(1 - \frac{7,32}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{0,59}{100}\right)} = 48,27 \text{ cm}$$

Cálculo del número de salidas.

La fuerza máxima de prensado de esta prensa es de 4900 t, por lo que la fuerza de trabajo recomendable (80%) será:

$$F = 0,8 \cdot 4900 = 3920 \text{ t}$$

Según estos datos, el número de salidas que pueden instalarse en el molde será:

$$N = \frac{3920}{400 \cdot (48,27)^2} \cdot 1000 = 4,2 \rightarrow \mathbf{4 \text{ salidas}}$$

Teóricamente, esta prensa sería capaz de prensar gres porcelánico a 400 Kg/cm² con un molde de 4 salidas. Sin embargo todavía no está resuelto el cálculo, puesto que es aún necesario analizar los condicionantes para la instalación de un molde de estas características en la prensa, es decir, aún debe evaluarse si la distancia libre de la prensa para la instalación del molde y las dimensiones del carro de alimentación instalado, pueden condicionar la instalación de este molde, tal como se ha indicado con anterioridad.

Una prensa de 4900 t de las que se encuentran operativas en el sector tiene una luz libre de 2450 mm. La luz libre, sin embargo, no es la característica dimensional que condiciona la anchura del molde, sino que es la anchura útil de carga del carro, que obviamente es algo menor. Lógicamente, las características dimensionales del carro dependen de las de la prensa. El carro instalado en este tipo de prensas tiene una anchura efectiva de carga de 2275 mm (tabla 2.3) y por tanto ésta es la nueva dimensión condicionante del número de salidas del molde.

En una primera aproximación, podemos considerar que la anchura mínima en los extremos del molde no debe ser inferior a 85 mm y que la distancia entre alvéolos, debe ser igual o superior a 60 mm ²³, incluyendo las cuchillas (figura 2.37). Con estos datos el ancho mínimo de la matriz del molde (A_m) con 4 salidas para 45 x 45 cm sería de:

$$A_m = 4 \times 482,7 + 3 \times 60 + 2 \times 85 = 2280,8 \text{ mm}$$

Por tanto, hay espacio suficiente para las 4 salidas.

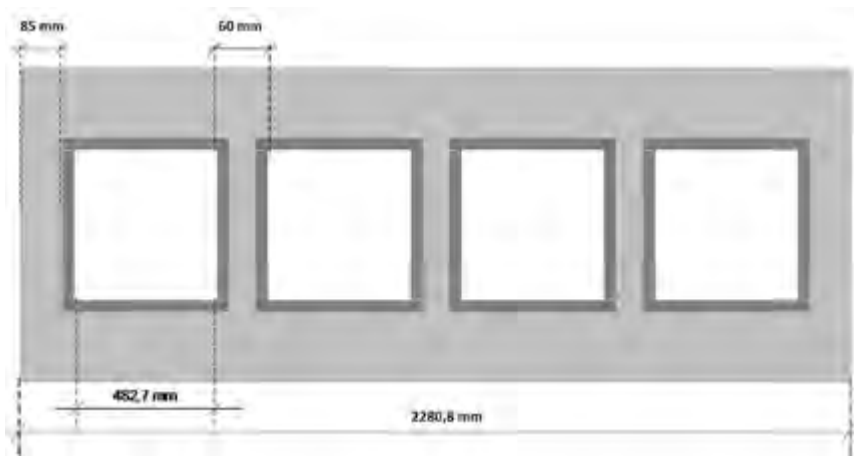


Figura 2.37. Esquema de la matriz de un molde de 4 salidas para gres porcelánico con las dimensiones mínimas de tabiques y marco

²³ Estas dimensiones mínimas no deben tomarse como un valor absoluto y estándar de los moldes. Dependen de cada formato y, en menor medida, del tipo de producto.

Llegados a este punto, una vez que hemos comprobado que es posible fabricar un molde de 4 salidas de 45 x 45 cm para esta prensa, habrá que tener en cuenta que el fabricante de ésta nos da un dato que condiciona el diseño del molde. Este dato es la anchura máxima de carga, que depende del carro de alimentación instalado (figura 2.35). Este dato lo tenemos en la tabla 2.3 y es 2275 mm que es compatible con la matriz proyectada que puede ser más grande ampliando el ancho lateral de la matriz.

Para diseñar la parrilla de alimentación habrá que tener en cuenta el espacio ocupado por los alvéolos y tabiques de separación, más 15 mm a cada lado que se da para asegurar una buena carga de alvéolos.

La longitud total de un molde (placa salvabanco), instalado en este tipo de prensas es de 2410 mm.

2.4.5. Tablas.

En las tablas 2.4 a 2.16 se muestran los números máximos de salidas, a diferentes formatos y productos, que es posible producir en algunas prensas operativas en el sector, considerando un funcionamiento diario en el que desarrollan el 80 % de su fuerza máxima. Debe tenerse en cuenta que los cálculos se refieren sólo al **número máximo teórico** de salidas que es posible prensar en las condiciones dadas²⁴. Así pues, el número de salidas que realmente se instale puede ser menor, y de hecho lo es en muchos casos, ya que depende también, como se ha dicho, de las dimensiones del carro de alimentación y de otros factores condicionantes. En las casillas en las que no se indica el número de salidas es porque se considera que no es habitual emplear la prensa referida para fabricar dicho formato. Debe considerarse también que cuando es necesario situar las salidas en dos filas, el número de salidas ha de ser par, por lo que en las tablas se indicará entre paréntesis el número de salidas máximo de acuerdo con esta consideración y se deberá comprobar que es posible su instalación en la bancada de la prensa.

PAVIMENTO DE GRES EP = 0,4% CL = 6,0 % (1135 °C) P = 250 Kg/cm ²				PH 1000	PH 1500	PH 1890	PH 2090	PH 2590	PH 2890	PH 3020	PH 3590
				Fmax (t).							
				Luz libre (mm).							
Formato nominal		Dimensiones alvéolos		Número máximo de salidas.							
L (cm)	I (cm)	L _R (cm)	I _R (cm)								
15	22,5	15,94	23,90	8							
15	30	15,94	31,87	6	9 (8)						
20	20	21,25	21,25	7 (6)	10	12					
20	25	21,25	26,56	5	8	10					
20	30	21,25	31,87	4	7 (6)	8	9 (8)	11 (10)	12		
25	25	26,56	26,56	4	6	8	9 (8)	11 (10)	12		
30	30	31,87	31,87	3	4	5	6	7 (6)	8	9 (8)	
33,3	33,3	35,38	35,38	2	3	4	5	6	7 (6)	7 (6)	8
30	40	31,87	42,50	2	3	4	4	5	6	7 (6)	8
30	50	31,87	53,12	1	2	3	3	4	5	5	6
30	60	31,87	63,75	1	2	2	3	3	4	4	5
40	40	42,50	42,50	1	2	3	3	4	4	5	6
40	60	42,50	63,75	1	1	2	2	2	3	3	4
50	50	53,12	53,12	1	1	2	2	2	3	3	3
60	60	63,75	63,75	0	1	1	1	1	2	2	2
60	90	63,75	95,62	0	0	0	1	1	1	1	1

Tabla 2.4. Prensas PH serie 2000 de SACMI. (Pavimento de gres).

²⁴ Los datos de expansión postprensado y de contracción lineal son orientativos.

PORCELÁNICO EP = 0,4% CL = 7,3 % (1200 °C) P = 400 Kg/cm²				PH 1000	PH 1500	PH 1890	PH 2090	PH 2590	PH 2890	PH 3020	PH 3590	
				Fmax (t).	1000	1500	1800	2000	2500	2750	3000	3500
				Luz libre (mm).	1550	1600	1750	1750	1750	1750	2250	1750
Formato nominal		Dimensiones alvéolos		Número máximo de salidas.								
L (cm)	I (cm)	L _R (cm)	I _R (cm)									
10	20	10,74	21,49	8	12							
15	22,5	16,12	24,18	5	7 (6)	9 (8)	10					
15	30	16,12	32,23	3	5	6	7 (6)	9 (8)				
20	20	21,49	21,49	4	6	7 (6) (6)	8	10				
20	25	21,49	26,86	3	5	6	6	8	9 (8)			
20	30	21,49	32,23	2	4	5	5	7 (6)	7 (6)	8		
25	25	26,86	26,86	2	4	4	5	6	7 (6)	8		
30	30	32,23	32,23	1	2	3	3	4	5	5	6	
33,3	33,3	35,78	35,78	1	2	2	3	4	4	4	5	
30	40	32,23	42,98	1	2	2	2	3	3	4	5	
30	50	32,23	53,72	1	1	2	2	2	3	3	4	
30	60	32,23	64,47	0	1	1	1	2	2	2	3	
40	40	42,98	42,98	1	1	1	2	2	2	3	3	
40	60	42,98	64,47	0	1	1	1	1	1	2	2	
50	50	53,72	53,72	0	1	1	1	1	1	2	2	
60	60	64,47	64,47	0	0	0	0	1	1	1	1	
60	90	64,47	96,70	0	0	0	0	0	0	0	1	

Tabla 2.5. Prensas PH serie 2000 de SACMI. (Gres porcelánico).

PORCELÁNICO EP = 0,4% CL = 7,3 % (1200 °C) P = 400 Kg/cm²				PH 3800	PH 4600	PH 4800	PH 4900	PH 6200	PH 7200	
				Fmax (t).	3800	4600	4800	4900	6200	7200
				Luz libre (mm).	2450	1750	2250	2450	2450	1750
Formato nominal		Dimensiones alvéolos		Número máximo de salidas.						
L (cm)	I (cm)	L _R (cm)	I _R (cm)							
33,3	33,3	35,78	35,78	5	7 (6)	7 (6)	7 (6)	9 (8)		
30	40	32,23	42,98	5	6	6	7 (6)	8		
30	50	32,23	53,72	4	5	5	5	7 (6)	8	
30	60	32,23	64,47	3	4	4	4	5	6	
40	40	42,98	42,98	4	4	5	5	6	7 (6)	
40	60	42,98	64,47	2	3	3	3	4	5	
50	50	53,72	53,72	2	3	3	3	4	4	
60	60	64,47	64,47	1	2	2	2	2	3	
60	90	64,47	96,70	1	1	1	1	1	2	
60	120	64,47	128,93	0	1	1	1	1	1	

Tabla 2.6. Prensas PH de la serie POWER de SACMI. (Porcelánico).

PORCELÁNICO EP = 0,4% CL = 7,3 % (1200 °C) P = 400 Kg/cm²				PH 3800	PH 5000L	PH 5000XL	PH 5000XXL	PH 6500	PH 7500	PH 10000	
				Fmax (t).	3800	4600	4800	4900	6200	7500	10000
				Luz libre (mm).	2450	1750	2450	2450	2450	2450	2450
Formato nominal		Dimensiones alvéolos		Número máximo de salidas.							
L (cm)	I (cm)	L _R (cm)	I _R (cm)								
30	60	32,23	64,47	3	4	4	4	6	7 (6)	9 (8)	
45	45	48,35	48,35	3	4	4	4	5 (4)	6	8	
40	60	42,98	64,47	2	3	3	3	4	5 (4)	7 (6)	
60	60	64,47	64,47	1	2	2	2	3	3	4	
60	90	64,47	96,70	1	1	1	1	2	2	3	
60	120	64,47	128,93	0	1	1	1	1	1	2	

Tabla 2.7. Prensas PH de la serie IMOLA de SACMI. (Porcelánico).

PORCELÁNICO EP = 0,4% CL = 7,3 % (1200 °C) P = 400 Kg/cm²				2500 / 1750	2800 / 1750	3000 / 2250	3500 / 1750	4600 / 1750	4600 / 2250	4800 / 2450	
				Fmax (t).	2500	2800	3000	3500	4600	4600	4800
				Luz libre (mm).	1750	1750	2250	1750	1750	2250	2450
Formato nominal		Dimensiones alvéolos		Número máximo de salidas.							
L (cm)	I (cm)	L _R (cm)	I _R (cm)								
33,3	33,3	35,78	35,78	3	4	4	5	7 (6)	7 (6)	7 (6)	
30	40	32,23	42,98	3	4	4	5	6	6	6	
30	50	32,23	53,72	2	3	3	4	5	5	5	
30	60	32,23	64,47	2	2	2	3	4	4	4	
40	40	42,98	42,98	2	3	3	3	4	4	5	
40	60	42,98	64,47	1	2	2	2	3	3	3	
50	50	53,72	53,72	1	1	2	2	3	3	3	
60	60	64,47	64,47	1	1	1	1	2	2	2	
60	90	64,47	96,70	0	0	0	1	1	1	1	
60	120	64,47	128,93	0	0	0	0	1	1	1	

Tabla 2.8. Prensas de la serie CLOCK de BARBIERI TAROZZI. (Gres porcelánico).

PORCELÁNICO EP = 0,4% CL = 7,3 % (1200 °C) P = 400 Kg/cm²				EVO	EVO	EVO	EVO	EVO	EVO	EVO	EVO
				2808/2180	3208/2150	3608/2400	4208/2400	4608/2280	5008/2450	6208/2450	7208/2400
				Fmax (t).	2800	3200	3600	4200	4600	5000	6200
Luz libre (mm).				2180	2150	2400	2400	2280	2450	2450	2400
Formato nominal		Dimensiones alvéolos		Número máximo de salidas.							
L (cm)	I (cm)	L _R (cm)	I _R (cm)								
33,3	33,3	35,78	35,78	4	4	5	6	7 (6)	7 (6)		
30	40	32,23	42,98	4	4	5	6	6	7 (6)	8	
30	50	32,23	53,72	3	3	4	4	5		7 (6)	8
30	60	32,23	64,47	2	3	3	4	4	4	5	6
40	40	42,98	42,98	3	3	3	4	4	5	6	7 (6)
40	60	42,98	64,47	2	2	2	3	3	3	4	5
50	50	53,72	53,72	1	2	2	2	3	3	4	4
60	60	64,47	64,47	1	1	1	2	2	2	2	3
60	90	64,47	96,70	0	1	1	1	1	1	1	2
60	120	64,47	128,93	0	0	0	1	1	1	1	1

Tabla 2.9. Prensas de la serie EVO de SITI B&T. (Gres porcelánico).

REVESTIMIENTO POROSO EP = 0,4% CL = 0,8 % (1140 °C) P = 250 Kg/cm²				Magnum 801	Magnum 1201	Magnum 1501	Magnum 1701	Magnum 1705XL	Magnum 2101	Magnum 2501	Magnum 2501XL	
				Fmax (t).	800	1200	1500	1700	1700	2100	2500	2500
				Luz libre (mm).	1150	1450	1450	1450	1750	1560	1260	1750
Formato nominal		Dimensiones alvéolos		Número máximo de salidas.								
L (cm)	I (cm)	L _R (cm)	I _R (cm)									
15	30	15,06	30,12	5	8	10						
20	20	20,08	20,08	6	9	11 (10)						
20	25	20,08	25,10	5	7 (6)	9 (8)						
20	30	20,08	30,12	4	6	7 (6)	8	8				
25	25	25,10	25,10	4	6	7 (6)	8	8				
30	30	30,12	30,12	2	4	5	5	5	7 (6)	8	8	
33,3	33,3	33,43	33,43	2	3	4	4	4	6	7 (6)	7 (6)	
30	40	30,12	40,16	2	3	3	4	4	5	6	6	
30	50	30,12	50,20	1	2	3	3	3	4	5	5	
30	60	30,12	60,24	1	2	2	2	2	3	4	4	
40	40	40,16	40,16	1	2	2	3	3	4	4	4	

Tabla 2.10. Prensas de la serie Magnum de SITI B&T. (Revestimiento poroso).

PAVIMENTO DE GRES EP = 0,4% CL = 6,0 % (1135 °C) P = 250 Kg/cm²				Magnum 801	Magnum 1201	Magnum 1501	Magnum 1701	Magnum 2101	Magnum 2501	
				Fmax (t).	800	1200	1500	1700	2100	2500
				Luz libre (mm).	1150	1450	1450	1450	1560	1560
Formato nominal		Dimensiones alvéolos		Número máximo de salidas.						
L (cm)	I (cm)	L _R (cm)	I _R (cm)							
15	22,5	15,89	23,84	6	10					
15	30	15,89	31,79	5	7 (6)	9	10			
20	20	21,19	21,19	5	8	10	12			
20	25	21,19	26,49	4	6	8	9 (8)			
20	30	21,19	31,79	3	5	7 (6)	8	9 (8)		
25	25	26,49	26,49	3	5	6	7 (6)	9 (8)		
30	30	31,79	31,79	2	3	4	5	6	7 (6)	
33,3	33,3	35,28	35,28	2	3	3	4	5	6	
30	40	31,79	42,38	1	2	3	4	4	5	
30	50	31,79	52,98	1	2	2	3	3	4	
30	60	31,79	63,58	1	1	2	2	3	3	
40	40	42,38	42,38	1	2	2	3	3	4	
40	60	42,38	63,58	0	1	1	2	2	2	
50	50	52,98	52,98	0	1	1	1	2	2	
60	60	63,58	63,58	0	0	1	1	1	1	
60	90	63,58	95,36	0	0	0	0	1	1	

Tabla 2.11. Prensas de la serie Magnum de SITI B&T. (Pavimento de gres).

GRES PORCELÁNICO EP = 0,4% CL = 7,3 % (1200°C) P = 400 Kg/cm²				WK 1500	WK 2000	WK 2500	WK 2800	WK 3500	WK 4200	WK 5000	WK 5500	WK 7500	
				Fmax (t).	1500	2000	2500	2800	3500	4200	5000	5500	7500
				Luz libre (mm).	1600	1750	1750	1750	1750	1750		1750	
Formato nominal		Dimensiones alvéolos		Número máximo de salidas.									
L (cm)	I (cm)	L _R (cm)	I _R (cm)										
33,3	33,3	35,78	35,78	2	3	3	4	5	6	7 (6)	8	11 (10)	
30	40	32,23	42,98	2	2	3	4	5	6	7 (6)	7 (6)	10	
30	50	32,23	53,72	1	2	2	3	4	4	5	6	8	
30	60	32,23	64,47	1	1	2	2	3	4	4	5	7 (6)	
40	40	42,98	42,98	1	2	2	3	3	4	5	5	8	
40	60	42,98	64,47	1	1	1	2	2	3	3	3	5	
50	50	53,72	53,72	1	1	1	1	2	2	3	3	5	
60	60	64,47	64,47	0	0	1	1	1	2	2	2	3	
60	90	64,47	96,70	0	0	0	0	1	1	1	1	2	
60	120	64,47	128,93	0	0	0	0	0	1	1	1	1	

Tabla 2.12. Prensas de la serie WK de WELKO. (Gres porcelánico).

PORCELÁNICO EP = 0,4% CL = 7,3 % (1200 °C) P = 400 Kg/cm²				WK2 3500	WK2 4600	WK2 6200	WK2 12000	
				Fmax (t).	3500	4600	6200	12000
				Luz libre (mm).	2250	2250	2500	1770 x 2800
Formato nominal		Dimensiones alvéolos		Número máximo de salidas.				
L (cm)	I (cm)	L _R (cm)	I _R (cm)					
33,3	33,3	35,78	35,78	5	7 (6)	9 (8)		
30	40	32,23	42,98	5	6	8		
30	50	32,23	53,72	4	5	7 (6)		
30	60	32,23	64,47	3	4	5		
40	40	42,98	42,98	3	4	6		
40	60	42,98	64,47	2	3	4	8	
50	50	53,72	53,72	2	3	4	8	
60	60	64,47	64,47	1	2	2	5	
60	90	64,47	96,70	1	1	1	3	
60	120	64,47	128,93	0	1	1	2	

Tabla 2.13. Prensas de la serie WK2 de WELKO. (Gres porcelánico).

REVESTIMIENTO POROSO EP = 0,4% CL = 0,8 % (1200°C) P = 250 Kg/cm²				VIS 400	VIS 401	VIS 801	VIS 1000	VIS 1200	VIS 1500	VIS 2000	
				Fmax (t).	350	400	800	1000	1200	1500	2000
				Luz libre (mm).	720	920	1120	1450	1600	1600	1600
Formato nominal		Dimensiones alvéolos		Número máximo de salidas.							
L (cm)	I (cm)	L _R (cm)	I _R (cm)								
10	20	10,04	20,08	5	6	12					
15	22,5	15,06	22,59	3	3	7 (6)	9	11 (10)			
15	30	15,06	30,12	2	2	5	7 (6)	8	10		
20	20	20,08	20,08	2	3	6	7 (6)	9	11 (10)		
20	25	20,08	25,10	2	2	5	6	7 (6)	9 (8)	12	
20	30	20,08	30,12	1	2	4	5	6	7 (6)	10	
25	25	25,10	25,10	1	2	4	5	6	7 (6)	10	
30	30	30,12	30,12	1	1	2	3	4	5	7 (6)	
33,3	33,3	33,43	33,43	1	1	2	2	3	4	5	
30	40	30,12	40,16	0	1	2	2	3	3	5	
30	50	30,12	50,20	0	0	1	2	2	3	4	
30	60	30,12	60,24	0	0	1	1	2	2	3	
40	40	40,16	40,16	0	0	1	1	2	2	3	

Tabla 2.14. Prensas de la serie VIS de NASSETTI. (Revestimiento poroso).

PAVIMENTO DE GRES EP = 0,4% CL = 6,0 % (1200°C) P = 250 Kg/cm²				VIS 400	VIS 401	VIS 801	VIS 1000	VIS 1200	VIS 1500	VIS 2000	
				Fmax (t).	350	400	800	1000	1200	1500	2000
				Luz libre (mm).	720	920	1120	1450	1600	1600	1600
Formato nominal		Dimensiones alvéolos		Número máximo de salidas.							
L (cm)	I (cm)	L _R (cm)	I _R (cm)								
10	20	10,60	21,19	4	5	11					
15	22,5	15,89	23,84	2	3	6	8	10	12		
15	30	15,89	31,79	2	2	5	6	7 (6)	9 (8)	12	
20	20	21,19	21,19	2	2	5	7 (6)	8	10		
20	25	21,19	26,49	1	2	4	5	6	8	11 (10)	
20	30	21,19	31,79	1	1	3	4	5	7 (6)	9 (8)	
25	25	26,49	26,49	1	1	3	4	5	6	9	
30	30	31,79	31,79	1	1	2	3	3	4	6	
33,3	33,3	35,28	35,28	0	1	2	2	3	3	5	
30	40	31,79	42,38	0	0	1	2	2	3	4	
30	50	31,79	52,98	0	0	1	1	2	2	3	
30	60	31,79	63,58	0	0	1	1	1	2	3	
40	40	42,38	42,38	0	0	1	1	2	2	3	

Tabla 2.15. Prensas de la serie VIS de NASSETTI. (Pavimentos de gres).

PORCELÁNICO EP = 0,4% CL = 7,3 % (1200 °C) P = 400 Kg/cm²				VIS 1500	VIS 2000	VIS 2500	VIS 3200	VIS 5000	
				Fmax (t).	1500	2000	2500	3200	5000
				Luz libre (mm).	1600	1600	1600	1600	1750
Formato nominal		Dimensiones alvéolos		Número máximo de salidas.					
L (cm)	I (cm)	L _R (cm)	I _R (cm)						
33,3	33,3	35,78	35,78	2	3	3	4	7 (6)	
30	40	32,23	42,98	2	2	3	4	7 (6)	
30	50	32,23	53,72	1	2	2	3	5	
30	60	32,23	64,47	1	1	2	3	4	
40	40	42,98	42,98	1	2	2	3	5	
40	60	42,98	64,47	1	1	1	2	3	
50	50	53,72	53,72	1	1	1	2	3	
60	60	64,47	64,47	0	0	1	1	2	
60	90	64,47	96,70	0	0	0	1	1	
60	120	64,47	128,93	0	0	0	0	1	

Tabla 2.16. Prensas de la serie VIS de NASSETTI. (Gres porcelánico).

Componentes de los moldes.

Capítulo 3



Todas las tipologías de molde que se describirán en el capítulo 5 tienen unos componentes comunes con una función similar, independientemente de la concepción mecánica, estructura y funcionamiento del molde. En este capítulo se describirán cada uno de estos componentes, sus principales características y su estructura y se harán las indicaciones necesarias para entender su funcionamiento en cada tipología. Para ello, resulta bastante útil partir de diferentes tipologías de molde en el que se vean reflejados todos estos componentes de la manera más esquemática posible y en las que se aprecie su aspecto real en cada tipo de molde (figuras 3.1 y 3.2). Dejaremos para el siguiente capítulo los procesos de fabricación de estos componentes y las propiedades físicas de los materiales con los que se fabrican.

En la tabla 3.1 se muestran los principales componentes de un molde que pueden verse en las figuras 3.1 y 3.2; una breve descripción de su función y los materiales empleados en su fabricación.

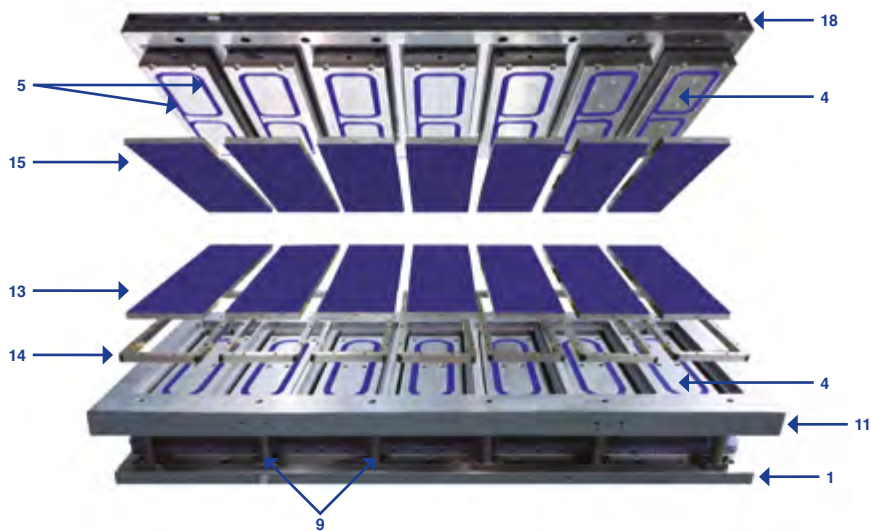


Figura 3.1. Componentes del molde (en un molde penetrante)

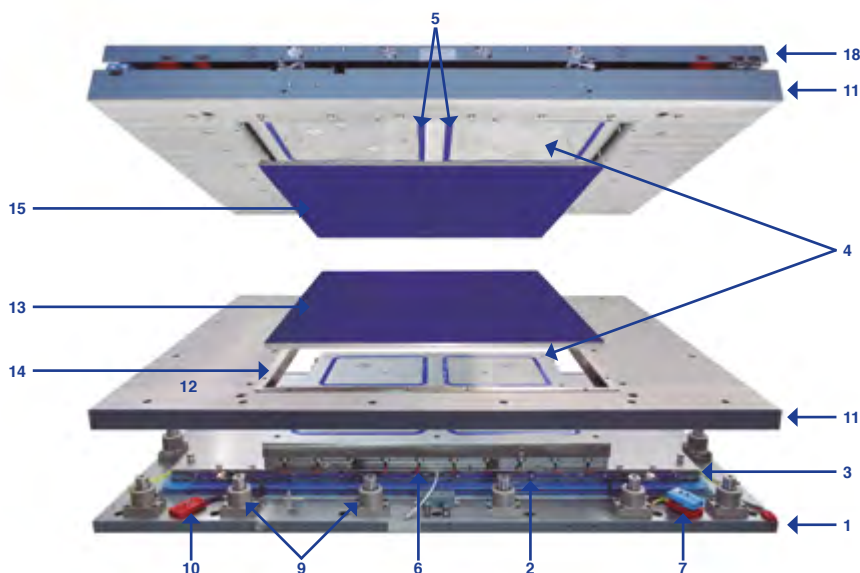


Figura 3.2. Componentes del molde (en un doble molde)

COMPONENTE	Nº (FIGURAS 3.1 Y 3.2)	FUNCIÓN	MATERIAL
Placa salvabanco.	1	Es la base del molde que va atornillada a la bancada de la prensa. En ella se asientan los pilares de sujeción de la matriz en los moldes penetrantes y los pistones para el movimiento de la matriz en los doble molde y moldes espejo. Soporta la presión de prensado.	Acero DIN CK45 ²⁵ .
Fuelle.	2	Protección de material sintético con pliegues que está sujeta entre la placa salvabanco y la placa expulsora. Impide que se deposite polvo entre ellas. En algunos moldes antiguos o algún molde para ladrillos el fuelle puede ser de cuero.	Cuero (fuelles antiguos). Elastómeros.
Placa expulsora.	3	Es la placa portapunzones, es decir, la placa a la que se fijan los "bloquetos" y los punzones, formando el conjunto expulsor del molde.	Acero DIN CK45.
"Bloquetos".	4	Son bloques de acero unidos a la placa expulsora y a los que se unen magnéticamente los punzones inferiores. Esta unión puede ser mecánica para formatos pequeños.	Acero DIN CK45, o aceros de mayor resistencia, en función de su tamaño ²⁶ .
Bobinas magnéticas	5	Se alojan en unas ranuras practicadas en los "bloquetos" y en la placa portapunzones superior. Tienen la función de magnetizarlos para sujetar los punzones.	
Resistencias de los "bloquetos"	6	Son resistencias tubulares empleadas para calentar los punzones con el objeto de evitar el pegado de moldes y ajustar, si es necesario, la holgura entre los punzones y las cuchillas.	
Conectores rápidos.	7 - 10	Según el número de transformadores de la prensa se utilizan una o dos cajas de conexiones para la calefacción e imantación del molde.	
Sistema de calefacción estándar.	8	Conjunto de resistencias, soportadas por pletinas de acero, con potencias y diseño según las características de la matriz a calentar y de la prensa.	
Pies fijos.	9	Mantienen fija y nivelada la matriz del molde penetrante. Se apoyan en la paca salvabanco.	
Pistones de sujeción y movimiento de la matriz inferior (doble molde y molde espejo).	9'	Son los pistones que guían la matriz inferior del doble molde y del molde espejo en la operación de prensado.	
Matrices.	11	Es la placa en la que se sitúan los alvéolos, delimitados por las cuchillas. El molde penetrante tiene una sola matriz fija. El molde espejo y el semiespejo tienen una única matriz móvil y el doble molde tiene dos matrices, la inferior, que es móvil, y la superior, fija.	Según tipos. Acero DIN CK45.

²⁵ Acero al carbono para productos con una resistencias comprendidas entre 65 y 75 Kg/mm². En estado bonificado es apto para el temple superficial equivalente al acero F1140 norma UNE 36011-12 ^[60].

²⁶ En formatos pequeños se emplean aceros bonificados.

COMPONENTE	Nº (FIGURAS 3.1 Y 3.2)	FUNCIÓN	MATERIAL
Chapa antidesgaste	12	Es una chapa de acero inoxidable que se atornilla sobre la matriz. Tiene la función de soportar el desgaste que provoca el carro alimentador cuando se desliza sobre la matriz, protegiendo a ésta.	Acero inoxidable.
Punzones inferiores.	13	Conforman la cara de los relieves de dorso ("costillas") en los dobles moldes y moldes espejo y la cara noble en el molde penetrante (*).	Según tipos. • Acero DIN CK45 con revestimiento de goma. • Acero DIN 1.2080 ²⁷ templado.
Cuchillas.	14	Componentes que se instalan en el interior de los alvéolos de la matriz, delimitando el perímetro de la cavidad. Dan la forma definitiva y el perfil lateral de la pieza prensada. Soportan las tensiones laterales generadas en la operación del prensado y el desgaste provocado por los materiales abrasivos de la pasta prensada.	Según tipos: • Acero DIN 1.2080 templado. • Acero DIN 1.2080 con inyección HVOF de WC - Co • Acero DIN 1.2080 con pletinas de carburo de tungsteno.
Punzones superiores.	15	Transmiten la presión al polvo contenido en el alvéolo. En moldes penetrantes (*): - Conforman la cara inferior de las baldosas. Imprimen la marca del fabricante y el número de plato. - Tienen compensación hidráulica. En moldes espejo y doble molde. - Conforman la cara noble de las baldosas - Sin compensación hidráulica.	Según tipos: • Acero DIN CK45 con revestimiento de goma (con o sin compensación hidráulica). • Acero DIN 1.2080 templado.
Termosonda.	16	Permite el control de la temperatura de los punzones inferiores.	
Sopladores	17	Situados entre los bloquitos. Emiten pulsos de aire en cada prensada para evitar acumulaciones de polvo.	
Placas "batentes" o collarines.	-	Las placas "batentes" son placas de acero templado que en los moldes con sistemas de extracción mediante pistones y candelas se sitúan en alojamientos en la base de cada "bloquito" y sirven para la fijación a las candelas. Los collarines son los sistemas de anclaje del molde al sistema extractor SPE	• Acero DIN 1.2080 templado. • Otros.
Placa superior magnética.	18	Placa atornillada al travesaño móvil de la prensa y a la que se sujetan magnéticamente los punzones superiores.	Acero DIN CK45.

(*) Estas configuraciones descritas para los punzones superiores e inferiores son las habituales en la inmensa mayoría de estos moldes. Sin embargo, excepcionalmente pueden variar y algunos moldes penetrantes pueden adaptarse para conformar baldosas con la cara noble arriba con lo cual se invierte la configuración de los punzones.

Tabla 3.1. Componentes de los moldes y materiales.

²⁷ Acero de alta aleación al cromo, de gran resistencia al desgaste, resistencia a la abrasión y elevada estabilidad de medidas después del temple. Es adecuado para la fabricación de herramientas de trabajo en frío con elevada resistencia al desgaste y a la abrasión.

3.1. PLACA SALVABANCO.

La placa salvabanco (figura 3.3) es la base del molde que va atornillada a la bancada de la prensa. En ella se asientan los pilares de sujeción de la matriz, en los moldes penetrantes, o los pistones de sujeción y movimiento de la matriz, en el doble molde, molde espejo y molde espejo penetrante.

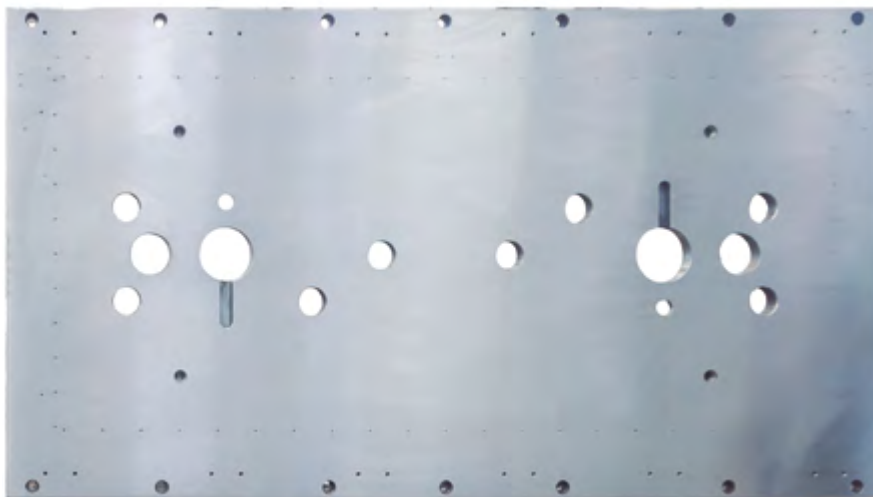


Figura 3.3. Placa salvabanco

En la primera y segunda prensada, la placa expulsora descansa sobre la placa salvabanco. Inicialmente se dotaba a esta placa de unos canales de desaireación para la evacuación de la lámina de aire situada entre la placa salvabanco y la placa expulsora, lo que facilita que esta se pose rápidamente sobre la primera en la operación de prensado. En la actualidad estos canales no se mecanizan en la placa salvabanco y han pasado a mecanizarse en la placa expulsora.

En la tabla 3.2 se muestran las dimensiones de placas salvabanco empleadas en algunas prensas y su relación con la luz libre de esta.

Prensa.	Fabricante	Luz libre (mm)	Dimensiones de la placa salvabanco (mm)		
			Largo	Ancho	Alto
PH 1400.	SACMI	1550	1350	700	48
PH 1500.	SACMI	1600	1500	900	55
PH 2590.	SACMI	1750	1710	860	55
V-3000.	NASSETTI	1600	1590	950	48
Magnum 2805.	SITI B&T	1750	1710	860	55
Alpha 800.	LAEIS BUCHER	1300	1230	600	48
PH 6500	SACMI	2450	2430	1700	55
EVO 7608	SITI B&T	2450	2430	1500	65
WK2 4800	WELKO	2250	2100	960	55
PH 5000 XXL	SACMI	2450	2430	1300	55
EVO 7208	SITI B&T	2400	2350	1450	65
PH 8200	SACMI	2450	2430	1700	55
PH 10000	SACMI	2450	2430	1700	55

Tabla 3.2. Dimensiones de algunas placas salvabanco.

3.2. PLACA EXPULSORA, PLACAS “BATENTES” Y SISTEMAS DE ANCLAJE.

La placa expulsora es la placa a la que se fijan los “bloquetos” y los punzones, formando así el conjunto expulsor del molde. Es, además, la base de sujeción de los pistones extractores del sistema de conformado y extracción que mueven el conjunto formado por placa expulsora, “bloquetos” y punzones inferiores. En ella pueden mecanizarse, si es necesario, los canales de desaireación para evacuar el aire retenido entre la placa salvabanco y la placa expulsora.

El tamaño de la placa expulsora está condicionado por el tamaño de la placa salvabanco, y para determinar su tamaño exacto en cada molde, en la fase de diseño, deben considerarse algunas características estructurales del molde y del sistema de extracción de la prensa que lo condicionan, como por ejemplo el tipo de fuelle instalado y su sistema de anclaje o la posición de los pies o pistones de la matriz.



Figura 3.4. Placas expulsora y “batente” (vista posterior)

En las prensas equipadas con extractores de pistones y candelas, la placa expulsora (figura 3.4) va conectada a estas mediante las placas “batentes” (figuras 3.4. y 3.5) y en ella se fijan, con sujeción mecánica, los “bloquetos” (figura 3.4.).



Figura 3.5. Placas “batentes”.

El anclaje de la placa expulsora a los sistemas de extracción depende del sistema con el que se equipa la prensa y es diferente según el fabricante de éstas. Por ejemplo, en las prensas SACMI (sistema SPE, figura 3.6) se realiza mediante collarines (figura 3.7) que son unas mordazas que cierran y van apoyadas en un conjunto de arandelas que ejercen presión para permitir su apertura y cierre. En los moldes de cambio rápido (CRS) llevan una leva y las arandelas van en los tornillos, lo que permite desmontar el molde sin necesidad de ejercer presión sobre la placa. En las prensas SITI B&T (sistema SYNCRO® y E-SYNCHRO®, figura 3.8) se emplean rodamientos de rótula (figura 3.9), que tienen una cavidad semiesférica o cazoletas en las que apoyan los pistones que acompañan el

movimiento descendente del pistón central. Los sistemas de extracción de las prensas SITI B&T están constituidos por un pistón central que mueve la placa portapunzones en el sentido descendente, y de cuatro cilindros hidráulicos colocados en los ángulos de la placa expulsora, que realizan el movimiento ascendente. El encaje de estos cilindros se realiza mediante los rodamientos de rótula descritos.

En las prensas WELKO el anclaje se realiza mediante el sistema de placas “batentes” ya descrito.



Figura 3.6. Detalle del sistema de conformado y extracción SPE 2+2® de SACMI. Fotografía cortesía SACMI.



Figura 3.7. Collarines de anclaje para el sistema de conformado y extracción SPE de SACMI.

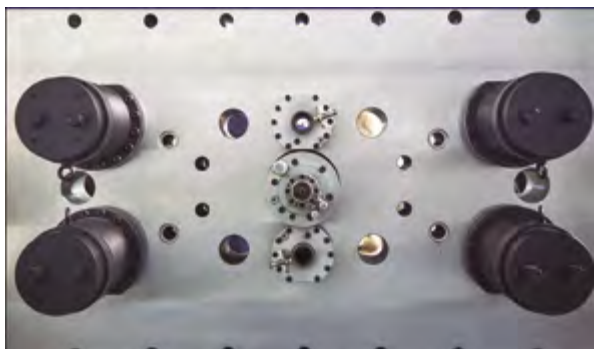


Figura 3.8. Sistema de conformado y extracción SYNCRO®. Fotografía cortesía de SITI B&T.



Figura 3.9. Anclaje para pistón central y rodamiento de rótula para el sistema de conformado y extracción SYNCRO®.

3.3. “BLOQUETOS”.

Los “bloquetos” (figuras 3.10 y 3.11) son bloques de acero unidos a la placa expulsora, que sujetan los punzones inferiores y, como tales, forman parte del sistema expulsor del molde. En su interior se practican unas ranuras en las que se aloja la bobina²⁸. Las bobinas alojadas en los “bloquetos” pueden ser electroimán o de imán permanente.



Figura 3.10. “Bloquetos” con bobina magnética.

El espesor, o altura, del “bloqueto” es el último dato que se decide en la fase de diseño del molde, ya que depende de diferentes parámetros que suelen tener valores prefijados, como son los espesores de las placas salvabanco y expulsora, el espesor del punzón inferior, el eventual empleo de suplementos y el valor de la altura de carga del polvo. Estas dimensiones, junto con la carrera de travesaño móvil de la prensa condicionan el espesor que debe tener el “bloqueto”.

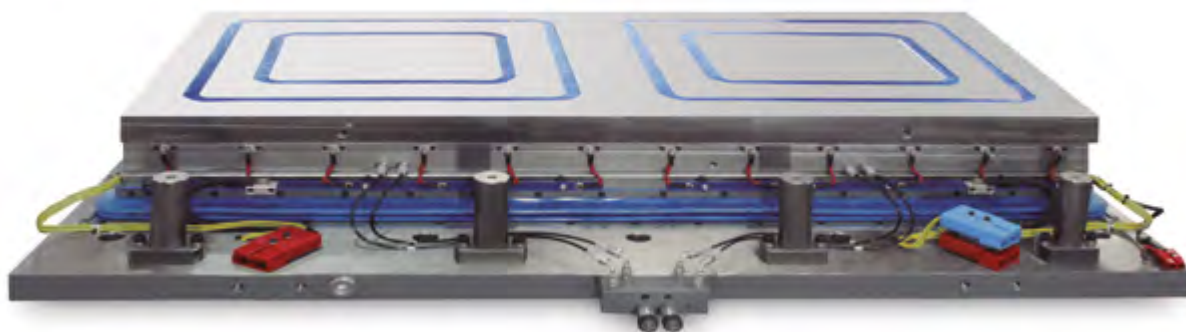


Figura 3.11. “Bloqueto” para molde de 60 x 120 cm, con bobina magnética y pistones del sistema de extracción de pistones.

²⁸ Inicialmente los punzones inferiores se sujetaban a los “bloquetos” mediante tornillería, aunque tras la segunda reconversión industrial del sector se introdujeron mejoras en los moldes, una de ellas fue la sujeción magnética de los punzones. Sin embargo, en formatos pequeños, en los que no es posible alojar en su interior una bobina magnética, los bloquetos se siguen sujetando mecánicamente

El “bloqueto” ha de tener unas dimensiones ligeramente inferiores a las de la superficie del punzón inferior, como mínimo entre 4 y 5 mm menos por lateral, para evitar la acumulación de polvo entre las paredes del bloqueto y las cuchillas, y para facilitar su anclaje a la placa expulsora mediante tornillería. El vuelo del punzón inferior respecto al “bloqueto”, es decir, la diferencia de medidas superficiales entre ambos, depende del formato, ya que en formatos grandes puede haber una mayor diferencia; y depende también de algunas variables de prensado como la presión, composición de la pasta, etc. En algunos productos, una excesiva diferencia entre ambos puede provocar un marcado del bloqueto, visible en la pieza acabada, o incluso la deformación del punzón inferior. Para evitar esto, cuando la diferencia es excesiva puede suplementarse perimetralmente el “bloqueto” con una camisa que es un suplemento metálico que lo envuelve, ensamblado y atornillado a la placa expulsora o a un suplemento del mismo “bloqueto”, aumentando así sus dimensiones superficiales y reduciendo, por tanto, el vuelo del punzón inferior (figura 3.12).

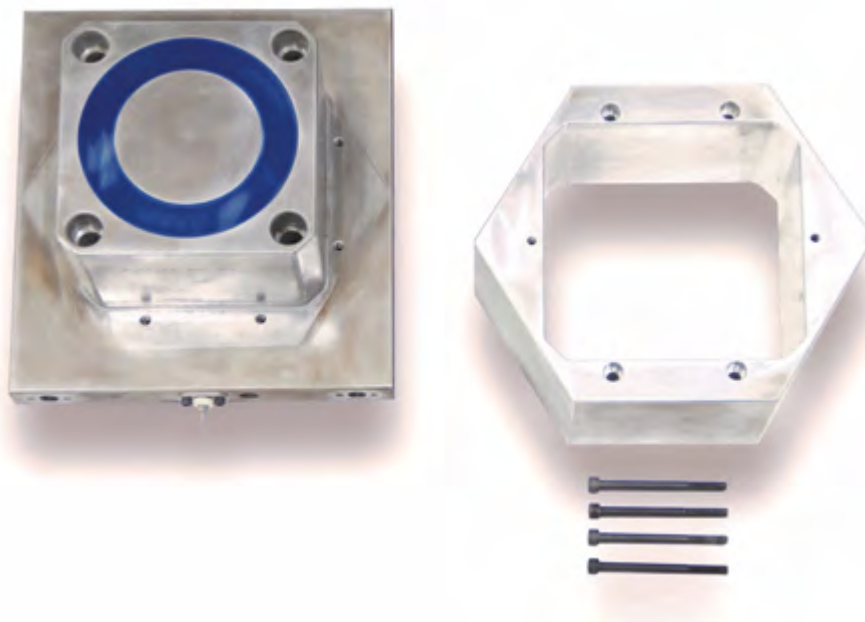


Figura 3.12. “Bloqueto” y suplemento acople, o camisa del “bloqueto” para reducir el vuelo del punzón inferior.

Para facilitar la sustitución de los punzones de grandes formatos (figura 3.11), algunos “bloquetos” se equipan con unos pistones anclados que permiten levantar el punzón (figuras 3.11 y 3.13) hasta una altura superior al nivel de la matriz que permita su desplazamiento fuera del molde por medio de unas guías de deslizamiento. Dependiendo del tipo de molde y punzones, el mismo sistema de deslizamiento puede ser empleado tanto para punzones inferiores como para superiores.

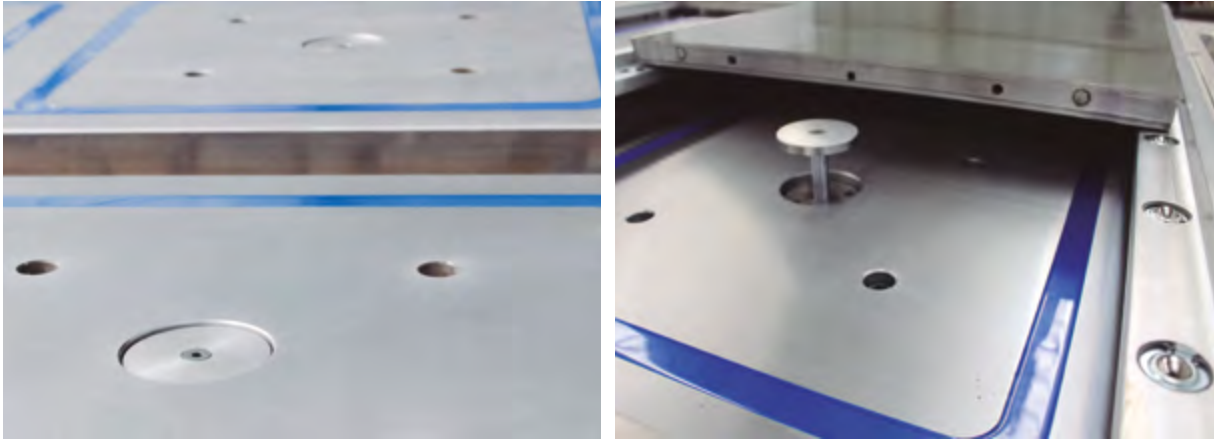


Figura 3.13. Sistema de extracción de punzones.

Uno de los espacios del molde donde se acumula mayor cantidad de polvo es el existente entre los “bloquetos”. Este espacio es de difícil acceso y por tanto complicado de limpiar. Una excesiva acumulación de polvo aquí, puede provocar el deterioro del molde, llegando incluso a la rotura de tabiques de la matriz. Para evitarlo, MACER incorporó en su momento un circuito interno de la placa expulsora para la limpieza del polvo que se acumula entre los “bloquetos”. Este sistema funciona por medio de pulsos de aire en cada prensada desplazando el polvo que pueda depositarse durante el ciclo de prensado y evitando de este modo la formación de grandes acumulaciones. En la figura 3.14 se muestran las boquillas empleadas; en la figura 3.15 su disposición en un molde entre los “bloquetos” y en la figura 3.16 su disposición en los laterales de la placa salvabanco. El polvo es aspirado por el sistema de aspiración interno del molde.



Figura 3.14. Soplador para limpieza del molde.



Figura 3.15. Disposición de los sopladores entre los “bloquetos”.



Figura 3.16. Disposición de los sopladores en el perímetro de la placa salvabanco.

3.4. FUELLE.

El fuelle (figura 3.17) es una protección de material elastomérico²⁹ con pliegues, instalada entre la placa salvabanco y la placa expulsora, que tiene por objetivo evitar la acumulación de polvo entre ambas placas. Si el polvo accede al espacio delimitado por estas placas, puede provocar la pérdida del paralelismo entre ambas y una leve inclinación de los punzones inferiores que conlleva un mayor desgaste, descuadres y acñados en las piezas prensadas. Las roturas del fuelle en los sistemas de extracción integrados, puede llevar también al deterioro de los componentes hidráulicos de estos.

El fuelle debe complementarse con un eficaz sistema de desaireación capaz de descomprimir rápidamente la zona situada entre la placa expulsora y la placa salvabanco, cuando la primera inicia el movimiento descendente para la caída de platos, ya que de lo contrario la vida del fuelle se reduciría drásticamente. Para evitar el deterioro del fuelle por el aire impulsado por la placa expulsora en su movimiento de descenso, MACER instala en sus moldes un marco perimetral interior (figura 3.17) para su montaje. El fuelle se une mediante pletinas de fijación a la placa expulsora (figura 3.18) y a la placa salvabanco a través del marco mencionado, fabricado en aluminio aleación Magnesio 5083, que a su vez se atornilla a esta placa. La desaireación se realiza a través de orificios situados en la placa salvabanco y conectados con canales de extracción del aire practicados en la placa expulsora³⁰.

Estos fuelles tienen dos pliegues rematados por un tejadillo plano, o inclinado unos 10°, que evita la acumulación de suciedad, y dos tramos extremos para realizar la fijación al marco de aluminio atornillado a la placa salvabanco y a la placa expulsora. Constan de cuatro tramos rectos y cuatro curvos unidos mediante unión química o soldadura del propio material con molde, a una temperatura de 170 °C.

El color natural del elastómero es blanquecino – amarillento, pero las formulaciones empleadas incorporan colorantes para conferir al fuelle los colores con los que se comercializan.

Por estar fabricados con material sintético, la composición y el espesor de los tramos o de partes del fuelle, pueden variar en función de exigencias concretas que se le soliciten.



Figura 3.17. Fuelle elastomérico con marco protector.



Figura 3.18. Montaje del fuelle de silicona.

²⁹ Inicialmente los fuelles para moldes se fabricaban exclusivamente de una sola pieza de cuero, con algún elemento complementario, como las varillas de rigidización ubicadas en correspondencia con las zonas de dobleces por la cara interior del material de cuero, que permitían una buena resistencia al plegamiento sin romperse. Este tipo de fuelles han sido sustituidos en la actualidad por los fuelles de silicona. Los fuelles de materiales elastoméricos, de dureza Shore 55/60, presentan una mejor capacidad de estiramiento, mayor protección en las zonas críticas, facilidad de montaje y un coste muy inferior a los de cuero por lo que han ido progresivamente sustituyendo a estos.

³⁰ Aunque esta es la solución ideal para lograr una correcta desaireación y alargar la vida útil del fuelle y es la solución adoptada por MACER, no todos los fabricantes optan por esta solución, por lo que es posible encontrar en el mercado moldes sin estos canales de desaireación.

3.5. MATRIZ.

La matriz o marco (figuras 3.19 y 3.20) es la placa en la que se ubican los alvéolos del molde. En los moldes penetrantes, la matriz es fija y va sujeta a la placa salvabanco mediante pilastras fijas atornilladas. En el molde espejo y en el espejo penetrante la matriz es móvil debido a un conjunto de pistones anclados en la placa salvabanco. El doble molde tiene dos matrices: una fija, sujeta a la placa superior, que puede estar equipada con empujadores o topes; y otra dotada también de movimiento ascendente y descendente guiado por pistones.

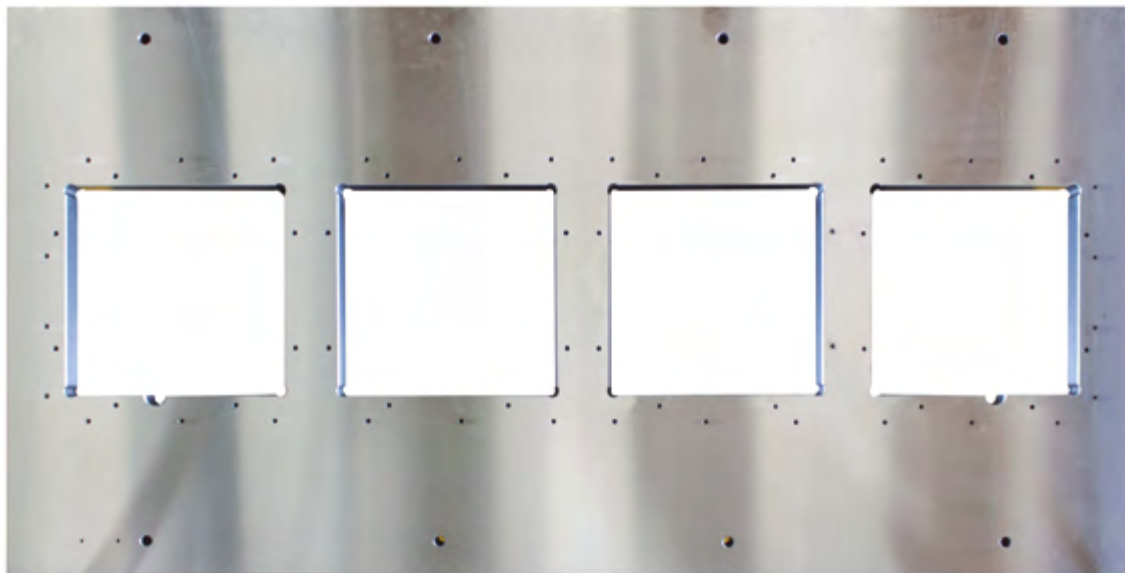


Figura 3.19. Matriz (sin cuchillas).

En la tabla 3.3 se muestran las dimensiones más habituales de las placas salvabanco, expulsora, y de la matriz.

Prensa	Fabricante	Luz libre (mm)	Formato (cm)	Placa salvabanco (mm)	Placa expulsora (mm)	Matriz (mm)
PH-1890 PH-2090 PH-2590 PH-2890	SACMI	1750	≤ 50 x 50	1710 x 860 x 55	1580 x 485 x 108	1740 x 860 x 98 1740 x 800 x 98 1740 x 960 x 98 1740 x 1000 x 98
PH-3590 PH-4600	SACMI	1750	60 x 60	1710 x 960 x 55 1710 x 1000 x 55	1580 x 685 x 108 1580 x 590 x 108	1740 x 860 x 98 1740 x 800 x 98 1740 x 960 x 98 1740 x 1000 x 98
PH-3800 PH-4900 PH-5000 PH-6200	SACMI	2450	≥ 60 x 60	2390 x 900 x 55 2430 x 900 x 55 2390 x 1000 x 55 2430 x 1000 x 55	2200 x 540 x 108 2280 x 540 x 108 2200 x 685 x 108 2280 x 685 x 108	2440 x 900 x 98 2440 x 1000 x 98 2430 x 900 x 98 2430 x 1000 x 98

Fuente: MACER

Tabla 3.3. Dimensiones de algunas placas salvabanco.

Con el fin de aumentar el tiempo de vida del molde y su eficiencia, MACER puede equipar la matriz con una **chapa antidesgaste** fabricada en acero inoxidable que se atornilla en su cara exterior con el fin de proteger la matriz de la abrasión producida por el carro de alimentación. Estas chapas no son reversibles, dado que al invertir su posición, puede alojarse tierra en las rozaduras provocadas por el carro de alimentación de la prensa en la cara ya utilizada, deformando ligeramente el perfil de la chapa y provocando problemas en la carga de alvéolos.

En la figura 3.20 se muestra la matriz de un molde penetrante para 3 salidas y la correspondiente chapa antidesgaste.



Figura 3.20. Chapa antidesgaste preparada para ser atornillada sobre la matriz.

3.6. CUCHILLAS.

Las cuchillas (figura 3.21) son los componentes del molde que se instalan en el interior de los alvéolos de la matriz, delimitando el perímetro de la cavidad. Tienen una cuádruple función: aportar la forma definitiva y el perfil lateral de la pieza prensada; facilitar su extracción; soportar las tensiones generadas en la operación del prensado y soportar el desgaste provocado por los materiales abrasivos y de gran dureza presentes en la composición de la pasta prensada. Deben tener, por tanto, mayores prestaciones mecánicas que el marco al que van ancladas y es imprescindible que tengan una elevada resistencia al desgaste, ya que, por ejemplo la merma de tan sólo 0,2 mm en las cuchillas de un molde penetrante es suficiente para que la holgura existente entre las cuchillas y el punzón superior provoque pérdidas de polvo tras el impacto de los punzones y, además, haga inaceptables las baldosas así prensadas. Por este motivo, las cuchillas se fabrican en acero templado, en acero reforzado superficialmente o reforzadas con suplementos de carburo de tungsteno. Pese a esto, las cuchillas están sometidas a un continuo desgaste provocado por las partículas abrasivas de los polvos para prensado, por lo que tienen que ser sustituidas a partir de un número determinado de prensadas (ver tabla 3.6).

Las cuchillas de la matriz superior del doble molde o de los moldes penetrantes deben fabricarse con un cierto ángulo de salida (α), que se conoce como **conicidad**, o "**tirada**" (figura 3.22) que facilita la extracción y permite que la fuerza elástica acumulada por la pieza durante el prensado se libere de forma gradual. Este ángulo de inclinación se determina de forma empírica en función del formato y de la pasta empleada y, si es necesario se modifica si se producen bajas por expansión postprensado,

aunque se tiende a unificar los valores de conicidad en función del tipo de producto y del formato fabricado ³¹ (tabla 3.4).



Figura 3.21. Diferentes tipos de cuchillas

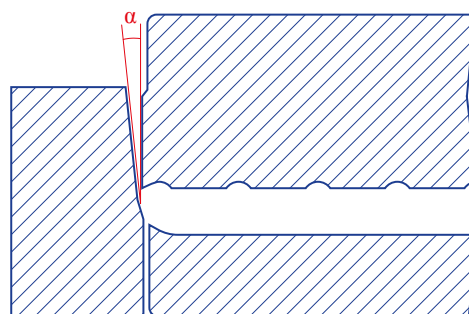


Figura 3.22. Conicidad o "tirada" de las cuchillas.

En los moldes penetrantes también se practican en las cuchillas unos chaflanes, o radios, para evitar los daños que puedan causar las aristas de la cuchilla en la cara a esmaltar durante la expulsión de la pieza. Suelen practicarse también unos pequeños rebajes en las cuchillas de los moldes de conformado superior o "doble molde"; en cambio la parte inferior del doble molde va equipada con una matriz con cuchillas sin conicidad ni radios, ya que esta parte actúa de mero contenedor de la carga y el conformado se realiza en la parte superior del molde.

Producto	Lado (cm)	Altura Tde carga (mm)	Espesor (mm)	Relación de compresión	Conicidad real (°)
Monoporosa pasta blanca.	33	18	8,5	2,12	2,26
	40	19	9,5	2,00	2,10
	44,5	19	9,5	2,00	2,14
	60	22	10,5	2,10	2,37
Monoporosa pasta roja.	25	15	8	1,88	2,29
	25	17	8	2,13	2,33
	33	16	9	1,78	2,18
	45	21	10	2,10	2,03
	44,5	19	9,5	2,00	2,14
	60	22	10	2,20	1,84
Gres pasta roja.	9,8	14	7	2,00	2,09
	33	22	10,5	2,10	2,03
	45	21	9	2,33	2,21
	50	23	10	2,30	2,27
Gres porcelánico.	33,3	19	8,2	2,32	2,14
	45	21	9	2,33	2,21
	67,5	22	9,5	2,32	2,37
	111,7	27	13	2,08	3,00

Fuente: MACER.

Tabla 3.4. Valores reales de conicidad de moldes empleados en el sector cerámico.

³¹ Es también posible hacer una estimación del ángulo de salida mínimo en función de los parámetros descritos, basándose en consideraciones puramente geométricas, resultando:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{L_A \cdot EP}{200 \cdot h}$$

siendo **LA** la longitud de la cuchilla, **h** la altura de carga y **EP** la expansión post prensado. Los valores así obtenidos difieren sólo ligeramente de los empleados realmente en los moldes de formatos pequeños, pero son muy diferentes a medida que el formato aumenta por lo que este valor calculado sólo es útil a efectos orientativos

En la tabla 3.4 se muestran los ángulos de conicidad practicados en algunos moldes en función del formato, tipo de producto fabricado y algunas características de la operación de prensado. Debe tenerse en cuenta que en formatos grandes, el incremento de dimensiones por expansión es tan grande que siempre superará al valor de la conicidad, por lo que la extracción, en estos formatos³², debe hacerse siempre en paquete.

3.6.1. Tipos de cuchillas.

Atendiendo a su sistema de montaje, se pueden identificar dos grandes grupos de cuchillas: las **cuchillas fijas**, que son cuchillas independientes que se atornillan al marco; y las **extraíbles** o **intercambiables**, formadas por un solo cuerpo encargado de dar la forma de las baldosas, que van atornilladas al marco mediante taladros horizontales. Estas últimas cuchillas (figuras 3.21 y 3.23) fueron desarrolladas por MACER y patentadas en 2003 ^[71].

Por su parte, las cuchillas extraíbles pueden estar **rectificadas** y/o **cortadas al hilo** permitiendo fabricar una amplia variedad de perfiles y formas.

Ambos tipos de cuchillas, las fijas y las extraíbles, están fabricadas en acero DIN 1.2080 templado y pueden estar reforzadas para aumentar su vida útil. Hace algunos años MACER patentó un sistema de refuerzo mediante proyección térmica (proyección mediante hipervelocidad, HVOF) de un recubrimiento metal-cerámico compuesto por carburo de wolframio y cobalto, aunque en la actualidad se ha optado por los refuerzos de lámina de carburo de wolframio.

En la tabla 3.5 se muestra una clasificación de las cuchillas empleadas en la fabricación de moldes de acuerdo con los criterios descritos, y en la tabla 3.6 algunas de las principales características técnicas de las cuchillas.



Figura 3.23. Cuchillas extraíbles

Tipo de cuchilla				Referencia MACER
Según instalación	Convencionales o fijas	De una cara. 1. Cortas. 2. Largas	De una cara	
			Simétricas	
		Dobles. 1. Cortas. 2. Largas. 3. Centrales.	Reforzadas con soldadura	
			De una cara	
	Extraíbles	Simétricas		
		Rectificadas		MRCM
		Rectificadas – cortadas con hilo		MRCMH
		Cortadas con hilo (MHI)	MHI	
Antidesgaste (Pueden ser fijas o extraíbles)		Antidesgaste con proyección HVOF		MMD
		Antidesgaste de carburo de tungsteno		

Tabla 3.5. Clasificación de cuchillas.

³² En general, se aconseja realizar la extracción en paquete a partir de formatos con al menos un lado igual o superior 60 cm.

Tipo de Cuchilla	Material	Nº prensadas (aprox)	Dureza Rockwell C (HRC)
Convencionales	Acero DIN 1.2080 templado	500.000 – 600.000	60-62
Rectificadas (MRCMH)		500.000 – 600.000	60-62
Cortadas al hilo (MHI)		500.000	58-60
Rectificadas y cortadas al hilo (MRCMH)		500.000 – 600.000	58-60
Antidesgaste (MMD)	Acero DIN 1.2080 con proyección HVOF de WC - Co	2.200.000	91 – 91,5
	Acero DIN 1.2080 con insertos de carburo de tungsteno.	3.000.000 – 4.500.000	75-85

En el anexo III se resumen los ensayos de dureza empleados para caracterizar aceros.

(*) Depende de las características de la pasta (composición y porcentaje de materiales abrasivos).

Tabla 3.6. Características técnicas de las cuchillas.

3.6.1.1. Cuchillas fijas.

Las cuchillas fijas (figura 3.24) son un juego de piezas de acero templado que conforman el perfil lateral de la baldosa prensada, y se fabrican y montan por separado en cada uno de los alvéolos de la matriz. En función del formato de las baldosas que se desean obtener, es posible diferenciar hasta tres tipos de cuchillas fijas: las laterales **largas** y **cortas** y, en algunos moldes, las **centrales**. Con las dos primeras se revisten alvéolos simples de la matriz. Con las cuchillas centrales es posible dividir un alvéolo en dos o convertir un único hueco de la matriz en varios alvéolos. Las cuchillas largas se ajustan a la medida del marco mediante taladros roscados verticales que impiden su desplazamiento vertical, y las cortas se ajustan a las largas. La longitud de las cuchillas cortas, por tanto, coincide exactamente con la medida de uno de los lados de la pieza a conformar.



Figura 3.24. Cuchillas fijas con inserto de carburo de tungsteno.

Las cuchillas se fijan al hueco mecanizado en el marco del molde mediante tornillos en taladros horizontales, y/o mediante taladros³³ en los extremos de las cuchillas largas, e incluso de las cortas, dependiendo del formato. Estas cuchillas se montan de una vez, ajustándolas a mano, en un proceso extremadamente lento, que requiere una gran precisión y no es posible realizarlo a pie de prensa lo que obliga al cambio del molde o, al menos, a desmontar la matriz y trasladarla al taller del fabricante. El procedimiento se complica extraordinariamente en formatos de bordes irregulares, debido a la dificultad para definir puntos de medida.

Para permitir la extracción de las cuchillas del marco al que van ancladas, existen unos tornillos de extracción, también atornillados en taladros horizontales, que al ser roscados hacen tope con el marco y empujan la cuchilla hacia el lateral. Cuando este tipo de cuchillas se desgastan, debe trasladarse el molde al taller del fabricante para su rectificación. Esta operación implica el rebaje de material, y por lo tanto se hace necesario colocar unos suplementos, que generalmente son unas delgadas láminas de latón, entre la cuchilla y el marco, para recuperar las medidas originales del alvéolo. Sin embargo, cuando se supera un determinado límite, que según cuchillas y formatos puede estar sobre los 3 mm de suplemento, esta operación ya no se puede realizar ya que la deformación experimentada por el

³³ Ocasionalmente pueden emplearse también arandelas de sujeción verticales

suplemento, que es de un material más blando que el acero de las cuchillas y el marco, pone en riesgo la integridad de los tornillos de anclaje. En este caso deben retirarse las cuchillas y sustituirlas por unas nuevas.

A pesar de estos inconvenientes que hacen engorroso su montaje y desmontaje, este tipo de cuchillas se siguen empleando cuando el espacio para instalar el molde limita excesivamente el número de salidas y obliga a fabricar las cuchillas con un espesor reducido o, en ocasiones, por deseo del propio cliente.

3.6.1.2. Cuchillas simétricas reversibles.

Una variante de este tipo de cuchillas son las **cuchillas simétricas reversibles** [70]. Son cuchillas con una forma que en su momento resultó novedosa, ya que, a diferencia de las anteriores, tienen dispuestas dos tiradas o biseles de conicidad (figura 3.25), lo que permite utilizar la pestaña de corte inferior cuando se ha desgastado la superior, simplemente volteando el marco. La experiencia con este tipo de cuchillas ha demostrado que, aunque aumentan la vida útil de las cuchillas, no la duplican, ya que la parte de trabajo de la cuchilla también sufre tensiones y desgaste y, al darle la vuelta, la duración de la segunda cuchilla es inferior a la de la primera. Debe tenerse en cuenta también que el marco debe desmontarse en la propia fábrica y montarse de nuevo, lo que hace que este tipo de cuchillas solo se empleen en formatos pequeños y que en los grandes moldes instalados en prensas de gran tonelaje este cambio sea inviable realizarlo en la propia fábrica, por lo que para estas grandes prensas y formatos, este tipo de cuchillas carecen de utilidad.

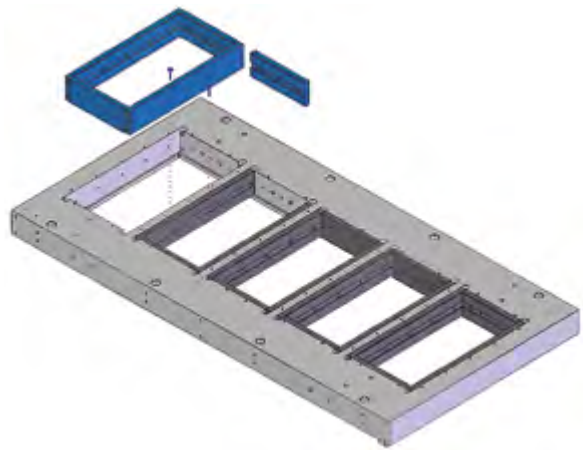


Figura 3.25. Disposición en el molde de las cuchillas simétricas reversibles

En las figuras 3.25 y 3.26, se muestra un esquema del montaje y la disposición de estas cuchillas en el molde y en la 3.27 un detalle de éstas.

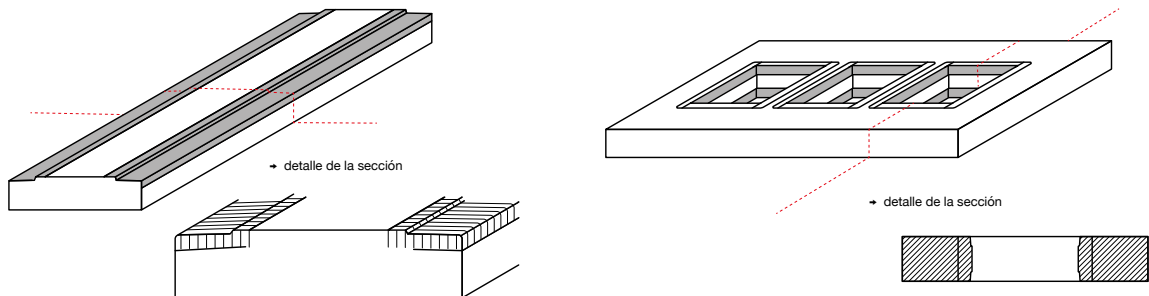


Figura 3.26. Disposición en el molde de las cuchillas simétricas reversibles según referencia [70].



Figura 3.27. Cuchillas simétricas reversibles (detalle).

3.6.1.3. Cuchillas extraíbles.

Son cuchillas de matriz extraíble, que se montan en el marco formando un sólo cuerpo, lo cual facilita su montaje y desmontaje. Las cuchillas extraíbles permiten adaptar la misma matriz a diferentes formatos, mediante sencillas operaciones mecánicas. Permiten también realizar cambios de formatos rápidos y sencillos, lo que disminuye el número de moldes que necesita una empresa. Naturalmente pueden combinarse estos cambios con “bloquetos” multiformato y sus suplementos aunque esto no siempre es necesario ya que también se pueden instalar cuchillas extraíbles en moldes de un solo formato. Por otra parte, estas cuchillas eliminan el procedimiento de ajuste manual y mejoran la flexibilidad del proceso de fabricación del molde, siendo posible, además, sustituir las cuchillas a pie de prensa en la propia empresa fabricante de baldosas, con el consiguiente ahorro tanto económico como de tiempo.

Según su proceso de fabricación, o sus características técnicas, existen diferentes tipos de cuchillas extraíbles (tabla 3.5). Una notable ventaja de todas ellas es, como se ha indicado, la flexibilidad en el diseño del molde, que permite que con un simple cambio de cuchillas, pueda adaptarse rápidamente a diferentes formatos, aunque es preferible hacerlo en formatos pequeños y medianos. En la tabla 3.7 se muestran algunos ejemplos de estas adaptaciones de moldes.

Molde de...		Es posible adaptarlo a...	
Formato (cm)	Número de salidas	Formato (cm)	Número de salidas
33x67	2	33x33	4
30x30	4	30x60	2
12x24	8	24x24	4
40x40	3	45x45	3
30x30	2	33x33	2

Tabla 3.7. Ejemplos de flexibilidad de moldes mediante el uso de cuchillas intercambiables.

De la misma forma, y también a título de ejemplo, es posible a partir de un molde de 40 x 40 cm en tres salidas adaptarlo a 45 x 45 cm octogonal, hexagonal, esquina redonda, irregular, etc.

3.6.1.4. Cuchillas extraíbles rectificadas.

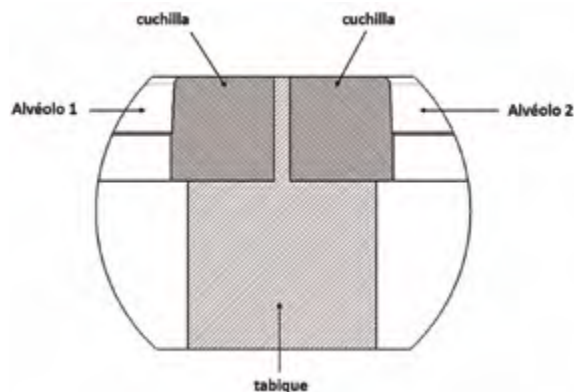
Las cuchillas extraíbles pueden fabricarse por separado, como las cuchillas fijas, y ensamblarse mediante unión en cola de milano (figura 3.28). Se denominan entonces cuchillas rectificadas [71]. En algunos casos es necesario fabricarlas de una sola pieza a partir de placas de acero que son cortadas con hilo.



Figura 3.28. Cuchillas extraíbles rectificadas con unión en cola de milano.

Cada alvéolo de los moldes de formatos rectangulares y cuadrados, equipados con este tipo de cuchillas, está formado por un juego de cuatro cuchillas: 2 largas y 2 cortas, al igual que hemos visto en las cuchillas fijas. Así pues, este tipo de cuchillas son, en esencia, fijas y están fabricadas por separado, pero incorporan dos novedades importantes: por una parte pueden montarse en un solo cuerpo mediante uniones en cola de milano, lo que las hace fácilmente desmontables, y por otra, pueden sujetarse al marco mediante taladros verticales. Pueden fabricarse también cuchillas extraíbles rectificadas de doble salida, e incluso triple aunque en este caso no existe un tabique central entre dos alvéolos consecutivos, ya que la separación son las propias cuchillas, por lo que, a efectos de mantenimiento, es conveniente hacerlos sólo de una única salida. En la figura 3.29 se muestra un esquema de la separación entre dos alvéolos consecutivos con tabique y cuchilla (a) y sólo con cuchillas para el caso de cuchillas rectificadas extraíbles de varias salidas (b).

b) Vista en sección de la separación con tabique de dos alvéolos con cuchillas.



a) Vista en sección de la separación de dos alvéolos con cuchilla sin tabique.

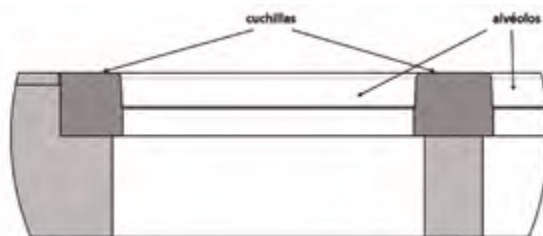


Figura 3.29. Separaciones entre alvéolos con tabique y sólo con cuchillas.

En este tipo de cuchillas, caracterizadas por su alta facilidad de montaje y de desmontaje, es también posible dividir los alvéolos mediante una pieza central, con lo que se consiguen diferentes formatos para una misma matriz (moldes multiformato), además de hacer formatos similares (esquinas redondeadas, perfil sinfín, etc.) con el mismo número de salidas.

3.6.1.5. Cuchillas rectificadas – cortadas al hilo.

Son cuchillas de estructura similar a las cuchillas rectificadas, fabricadas por separado y posteriormente montadas en un solo cuerpo mediante uniones en cola de milano. Este tipo de cuchillas, de referencia MRCMH de MACER, incorporan la tecnología de corte al hilo para realizar la forma interior una vez montado todo el conjunto, con el objeto de obtener perfiles irregulares que no se pueden realizar con el rectificado (figura 3.30).



Figura 3.30. Cuchillas con perfiles irregulares (cuchillas sinfín) rectificadas y cortadas al hilo.

3.6.1.6. Cuchillas cortadas al hilo.

Cuando se necesitan perfiles irregulares de la cuchilla (figura 3.31) que no pueden obtenerse mediante el rectificado convencional con abrasivos, se recurre, como hemos visto en las cuchillas tipo MRCMH, al corte con hilo. Si, por el contrario, se fabrican a partir de una placa de acero, y por lo tanto forman una sola pieza, reciben el nombre de cuchillas cortadas con hilo (MHI de MACER). Se trata de cuchillas extraíbles formadas por una única pieza que limita cada uno de los alvéolos del molde. Estas cuchillas se fabrican por separado y se ensamblan.



Figura 3.31. Cuchilla de perfil irregular cortada con hilo a partir de una placa de acero.

3.6.1.7. Cuchillas antidesgaste.

Las cuchillas, tanto las fijas como las extraíbles, se fabrican con acero templado, ya que sufren la abrasión del polvo cerámico prensado y soportan la componente transversal de la fuerza de prensado. El continuo desgaste que por este motivo sufren las cuchillas aumenta la holgura con los punzones superiores y hace necesaria su sustitución cada 600.000 prensadas, aproximadamente. Este desgaste se inicia en la superficie y depende de la composición de la pasta prensada, especialmente de su contenido en materiales desgrasantes abrasivos. Por otra parte, es notorio que la cantidad de acero templado empleado en la fabricación de las cuchillas es muy elevada si se compara con el pequeño desgaste (0,2 mm) que puede hacerlas inaceptables para la obtención de baldosas de calidad.

Para mejorar la resistencia al desgaste, en muchos sectores industriales se emplean recubrimientos de metales con otros materiales, metálicos o no, de mayor dureza. A partir del recubrimiento de sustratos de acero sin temprar con diferentes técnicas se obtienen dos tipos de cuchillas que denominaremos genéricamente “cuchillas antidesgaste”:

- Cuchillas con recubrimientos mediante HVOF.
- Cuchillas con insertos de carburo de tungsteno.

a) Cuchillas antidesgaste con recubrimientos mediante HVOF.

Uno de los procedimientos de recubrimiento sobre metales es la proyección térmica, que consiste en la aportación al metal base o sustrato de metales más duros, mediante proyección a elevadas temperaturas. Este procedimiento se emplea para la protección de piezas contra el desgaste, o para otras aplicaciones como la mejora de la resistencia a la corrosión atmosférica, al ataque ácido, etc. por lo que tiene un amplio uso en muchos sectores industriales, como la industria siderúrgica, la industria textil, la automoción, etc. Sin embargo, en la fabricación de moldes para el conformado de baldosas cerámicas, el recubrimiento de la matriz es la propia cuchilla de acero templado, que cumple la misión de soportar los esfuerzos mecánicos y la abrasión de la pasta durante la operación de prensado.

El año 2004, la empresa MACER, en colaboración con el Instituto de Cerámica y Vidrio (CSIC) presentó en CEVISAMA las cuchillas antidesgaste³⁴. Se trata de cuchillas extraíbles del tipo MRC, sin tratamiento térmico de temple, en las que se aplica mediante proyección térmica en la cara de contacto con el polvo cerámico un recubrimiento de material metal-cerámico, compuesto por carburo de wolframio (WC) como fase cerámica dispersa y cobalto (Co) como matriz, en proporción 80:20 [72] [73]. La etapa del templado, que tiene como objetivo la mejora de las propiedades mecánicas del acero, es sustituida por la deposición del recubrimiento del acero mediante proyección térmica de partículas a elevadísimas velocidades.

El método para la obtención del recubrimiento empleado es una variante de la proyección térmica, denominado “proyección mediante hipervelocidad” HVOF (Hyper Velocity Oxi Fuel Spraying). El material que formará el recubrimiento antidesgaste se proyecta a elevadas velocidades (entre 700 y 1100 m/s) tras ser calentado a temperaturas entre 1500°C y 2000°C mediante una llama convencional de hidrógeno, acetileno o gas natural, que se produce en el interior de una pistola de proyección donde se alimenta el polvo de WC - Co que es proyectado con una alta energía cinética, lo que permite la obtención de recubrimientos de alta densidad con espesores de entre 0,1 y 0,3 mm y una porosidad inferior al 1 %.

³⁴ Este proyecto obtuvo una mención honorífica por parte del jurado de los Premios Alfa de Oro que otorga anualmente la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio.

El recubrimiento se aplica mediante un equipo SULZER METCO DJ2700 en la zona sometida a desgaste de las cuchillas y está formado por partículas cerámicas de WC embebidas en la matriz de Co.

El procedimiento permite una buena adherencia al sustrato, que en este caso es acero DIN 1.2080 con 12 % de Cr sin tratamiento térmico de temple.

Este tipo de cuchillas son también extraíbles, por lo que el proceso de fabricación es similar a las descritas en ese apartado, incorporando la etapa de aplicación de una capa de recubrimiento antidesgaste mediante proyección por hipervelocidad.

Estas cuchillas pueden soportar un mayor número de prensadas (2.200.000 frente a las 600.000 de las cuchillas con acero templado) por lo que disminuye el coste de la matriz por ciclo de prensado y permite el empleo de aceros más económicos en su fabricación.

El acero empleado, como se ha dicho, no sufre el tratamiento térmico del temple, de alto consumo energético y que suele provocar un número elevado de rechazos, por lo que pueden ser mecanizadas, eliminando los restos del recubrimiento aplicado, y tras su desengrasado y granallado, realizar una nueva proyección para ser reutilizadas de nuevo.

b) Cuchillas antidesgaste con recubrimiento de lámina de carburo de tungsteno (WC).

El carburo de tungsteno (carburo de wolframio) es un material de elevada dureza formado por wolframio y carbono, que se emplea, entre otras aplicaciones, en la fabricación de herramientas³⁵ para trabajar el acero y otros materiales de gran dureza.

Los materiales de carburo de tungsteno se obtienen mediante el prensado o extrusión de polvos de WC y entre el 6 y el 10 % de cobalto, que actúa como aglomerante, y su posterior cocción a elevadísimas presiones, formándose así un “cermet”³⁶. Las piezas así obtenidas solo pueden mecanizarse mediante métodos abrasivos o con electroerosión.

El aglomerante más utilizado en el carburo de tungsteno es el cobalto, aunque algunas especificaciones utilizan níquel o mezclas de Ni-Co o Ni-Cr, especialmente para aplicaciones que requieren material anticorrosión.

Las piezas de carburo de wolframio para cuchillas antidesgaste se sirven en forma de láminas (figura 3.32), ya que es aconsejable, y mucho más económico, unir las láminas de carburo de tungsteno al acero. La unión rígida de dos metales para obtener un componente sometido a fuertes presiones y rozamiento puede ser problemática. Existen diferentes técnicas de unión ^[50] entre el acero y el carburo



Figura 3.32. Láminas de carburo de tungsteno.

³⁵ Este material es también conocido como “vidia”. El nombre procede del alemán “wie diamant” que significa “semejante al diamante”.

³⁶ Un “cermet” es un material compuesto formado por un metal y un material cerámico.

de tungsteno, como la soldadura fuerte³⁷, el empleo de potentes adhesivos industriales³⁸ o los anclajes mecánicos. No es aconsejable, en cambio, la soldadura convencional con acetileno o con arco de soldadura para la unión de acero y WC.

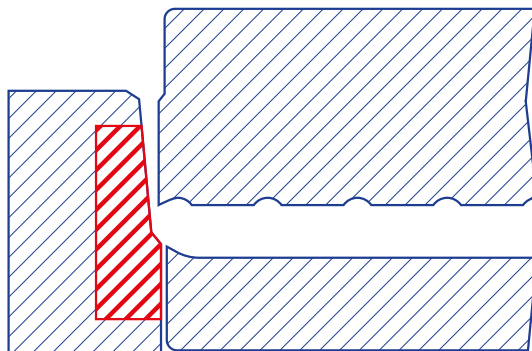


Figura 3.33. Lámina de carburo de tungsteno insertada en una cuchilla.

Las cuchillas antidesgaste con recubrimiento de lámina de carburo de tungsteno (referencia MMD de MACER), están, por tanto, formadas por un soporte de acero templado³⁹ con recubrimiento de lámina de carburo de tungsteno y han sustituido a las reforzadas por proyección debido a su menor coste. Son cuchillas fijas o extraíbles (figuras 3.24, 3.34 y 3.35) fabricadas con el mismo acero que el resto de cuchillas a las que se adhieren láminas de WC que posteriormente se mecanizan. Estas cuchillas tienen una dureza Rockwell, en su zona de prensado, entre 75 y 85 HRC y son capaces de resistir entre 3 y 4,5 millones de prensadas, lo que supone multiplicar por 4 la vida útil de las cuchillas.



Figura 3.34. Esquema de la lámina de carburo de tungsteno insertada en una cuchilla y montaje de las cuchillas reforzadas



Figura 3.35. Cuchilla extraíble reforzada con lámina de carburo de tungsteno insertada.

³⁷ La soldadura fuerte (brazing) es un proceso de unión térmica mediante un metal de aporte que se calienta hasta su fusión, fluyendo por capilaridad entre los dos metales a soldar. El material de aporte tiene un punto de fusión superior a 450 °C e inferior a los dos metales que ha de unir. Si es inferior el proceso se conoce como “soldadura blanda” (soldering).

³⁸ Se emplean habitualmente adhesivos acrílicos o resinas epoxi, como los cianocrilatos.

³⁹ Aunque es posible encontrar en el mercado soportes de acero no templado para las cuchillas reforzadas con recubrimiento de lámina de carburo de tungsteno, MACER prefiere emplear acero templado para el soporte ya que éste está sometido al roce permanente con el carro de alimentación de la prensa.

3.7. PUNZONES.

Los punzones del molde (figuras 3.36 y 3.37) dan forma a las caras superior e inferior de las baldosas, y son, junto con las cuchillas, los componentes que están sometidos a un mayor desgaste. Se fabrican en acero y se refuerzan en las zonas más expuestas a la abrasión mediante cordones de soldadura de aceros de gran resistencia que a continuación se rectifican a las dimensiones establecidas. Generalmente la superficie de los punzones se reviste con goma vulcanizada, para evitar el pegado del polvo húmedo.

Los punzones son los encargados de conformar las caras de las baldosas. Según su posición en el molde se distinguen dos tipos de punzones: los **superiores**, que junto con la placa portapunzones se anclan al travesaño móvil y se encargan de transmitir al polvo la fuerza desarrollada por la prensa, y los **inferiores** que van rígidamente unidos a los “bloquetos” del molde y son parte del sistema extractor de este.



Figura 3.36. Punzón para baldosas de gran formato (60 x 120 cm) con relieve.

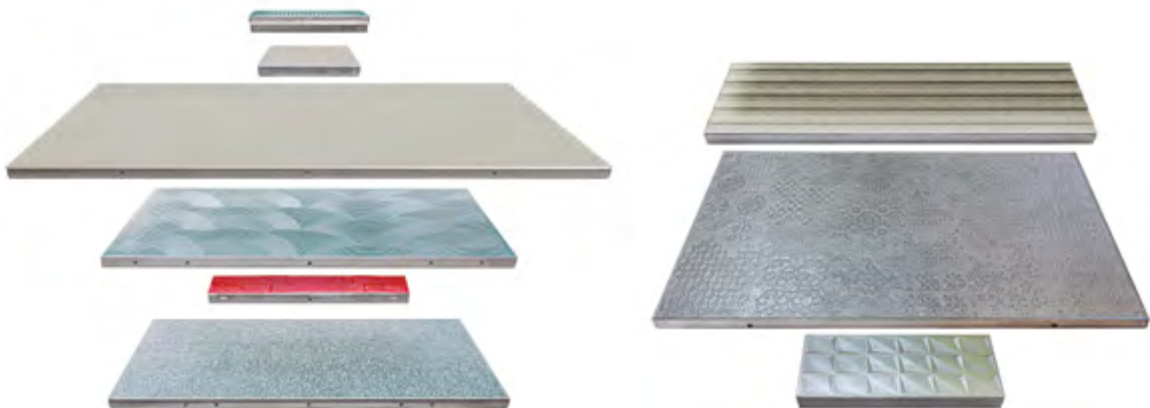


Figura 3.37. Diferentes tipos de punzones.

El punzón superior, en los moldes penetrantes, o el inferior en los moldes de doble matriz, da forma al reverso de la baldosa, que es lo que generalmente se denomina “costillas”, y se le dota frecuentemente de una compensación de aceite para paliar las posibles diferencias de carga en el alvéolo. Este tipo de punzones con compensación hidráulica se denominan **punzones isostáticos**, y se clasifican de acuerdo con el sistema de compensación empleado. El otro punzón conforma la cara noble de la baldosa y, aunque generalmente no es isostático, en algunos tipos de baldosa también puede compensarse isostáticamente. En la tabla 3.8 se da una **clasificación de punzones** para el prensado de baldosas.

Tipo				Descripción	Referencia MACER	Empleo más frecuente
Sin goma	Templados.			Punzones con superficie de acero templado.		Cara noble y costillas de los primeros moldes de prensas hidráulicas. En desuso.
	Templados y pulidos.			Punzones con superficie de acero templado y pulido.		Cara noble Gres porcelánico no esmaltado.
Con goma	Isostáticos	De cavidad única	Con sujeción de ranura.	Goma sujeta mediante ranura perimetral.		Primera solución de punzones isostáticos. Inicio de los '90. Actualmente con un uso minoritario.
			De cavidad única.	Una única cavidad en cada alvéolo para contener el aceite. Sin chapa.	MGPV	Costillas. Formatos pequeños y medios.
			De cavidad única con chapa libre.	Variante del anterior. En la cavidad se sitúa una pletina basculante de poco espesor	MGPVT	
			De cavidad única con chapa agujereada fija.	La chapa situada en la cavidad está sujeta a la goma, que a su vez se sujeta al punzón por el borde biselado perimetral.	MGV-1M MGV-2M	
	Cavidades interconectadas	Mixtos.	Compartimentos interconectados y goma adherida a un sistema de ranura perimetral y taladros o crucetas.		Costillas Uso generalizado. Buenos resultados en formatos medios y grandes.	
		De rejilla.	En la cavidad destinada al aceite se mecaniza un sistema de pequeños alvéolos intercomunicados que se rellenan con aceite.	MRPV		
	Sin compensación de aceite.				Punzones de acero revestidos con goma o con resinas sintéticas.	

(*) Las baldosas de grandes formatos pulidas no admiten el prensado con moldes isostáticos ya que éstos generan pequeñas diferencias de espesor que pueden originar manchas visibles tras el pulido.

Tabla 3.8. Clasificación de punzones.

Se aprecia en la tabla, que en un primer nivel pueden clasificarse los punzones según tengan revestimiento de goma o no. Los punzones con revestimiento de goma pueden, a su vez, equiparse con sistemas de compensación de aceite o carecer de éstos. En la tabla se da también una pequeña descripción de cada tipo de punzones, que será ampliada en sucesivos subapartados junto con las referencias de MACER para cada tipo de punzones y el empleo más frecuente que se da a éstos.

3.7.1. Punzones sin goma.

En estos punzones, el polvo de prensado entra en contacto directamente con el acero, que debe templarse a causa del mayor desgaste a que es sometido. De este tipo eran los punzones empleados en las prensas de fricción y en las primeras prensas hidráulicas durante los primeros años ochenta. También, en la actualidad, se fabrican algunos punzones sin goma, con la superficie pulida para obtener una textura muy lisa de alta calidad en ciertos productos muy específicos como por ejemplo cuando se emplean micronizados o escamas.

3.7.1.1. Punzones sin goma y templados.

Los punzones empleados en los moldes de las antiguas prensas de fricción y en las primeras prensas hidráulicas se fabricaban enteramente en acero, siendo, por tanto, de este material la superficie de contacto con la pasta. Estos punzones estaban sometidos a un continuo desgaste por el propio contacto con los elementos abrasivos de la pasta y las presiones a que estaban sometidos. El polvo húmedo se adhiere con facilidad al acero, lo que implica que, aparte de las posibles bajas de calidad provocadas por adherencias, la prensa debía detenerse con cierta frecuencia para limpiar los punzones lo que suponía una merma en la producción. Este problema es mayor en el prensado de polvos atomizados, que en el de polvos obtenidos por vía seca, y sería por tanto más importante en la actualidad de lo que lo fue con las prensas de fricción que prensaban polvos obtenidos mediante molienda en vía seca, debido a que en las prensas hidráulicas es mayor el tiempo de contacto de los punzones con el polvo [9]. También se acrecienta el problema en el prensado de modelos con algún tipo de relieve de prensa.

El pegado de moldes puede disminuirse de forma importante calentándolos. Como se ha dicho, los moldes disponen de un sistema de calefacción mediante resistencias eléctricas, que se describe en el apartado 3.11.

Algunos fabricantes de prensas aportaron vías de solución, o al menos de minimización del problema de los pegados de molde, mediante el empleo de espátulas o de rodillos limpiadores [32] [86]. Esta solución era sólo aplicable en los moldes lisos. Una solución más eficaz fue revestirlos con goma sintética, de baja adherencia goma-arcilla, unida al metal mediante un proceso de vulcanizado, que es la solución que ha llegado hasta nuestros días.

3.7.1.2. Punzones sin goma, templados y pulidos.

En la actualidad, a los moldes sin revestimiento de goma se les da un acabado de pulido mediante rectificación (figura 3.38), con el que se logra conferir a las baldosas prensadas una textura superficial de gran calidad, superior a la que se obtendría con revestimientos de goma de elevada dureza. Para mejorar su resistencia se someten también a un proceso térmico de templado. Este tipo de punzones son muy recomendables en el prensado de gres porcelánico no esmaltado, por su gran calidad en el acabado superficial de las piezas.

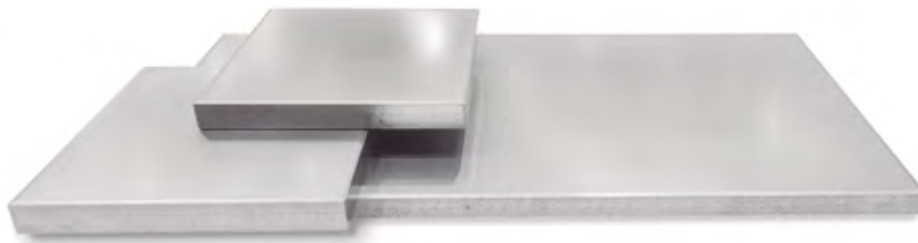


Figura 3.38. Punzones macizos, sin goma, templados y pulidos.

3.7.2. Punzones con goma.

El revestimiento con goma (figura 3.39) de los punzones evita el pegado del polvo húmedo a éstos, y por lo tanto elimina los defectos de pegado y permite el funcionamiento continuado de la prensa, eliminando las paradas para limpieza, y por lo tanto aumentando la producción. Estos punzones se generalizaron a partir de la década de los 80 del pasado siglo y, aunque requirieron acondicionar la tecnología entonces disponible para su fabricación, facilitaron la divulgación de relieves de prensa, ya que simplificaron el proceso para la obtención de los punzones con relieve.



Figura 3.39. Punzones con revestimiento de goma.

3.7.2.1. Punzones isostáticos.

Los punzones isostáticos (figura 3.40) incorporan entre el cuerpo del punzón y el revestimiento de goma una cámara de aceite que tiene la misión de compensar las posibles heterogeneidades en la distribución de la carga de los alvéolos, para repartir por igual la presión, manteniendo constante la compacidad en toda la pieza, a costa de compensar las diferencias de carga con ligeras diferencias de espesor.



Figura 3.40 Punzón isostático con orificio roscado para la válvula de llenado de aceite

La obtención de cargas homogéneas de los alvéolos es necesaria para la fabricación de baldosas, especialmente en los productos de gran densificación, como el gres y el gres porcelánico y para grandes formatos. Irregularidades en la carga suponen variaciones en la compactación que se traducen en diferencias de contracción lineal de la baldosa tras la cocción, lo que puede provocar defectos como descuadres o lunetas e incluso diferencias de espesor ^[9].

Una buena fluidez del polvo atomizado facilita la operación de carga del molde ^{[8] [15]} aunque es posible que se den situaciones en las que la carga presente ciertas irregularidades que, según su magnitud, sean susceptibles de generar defectos. Estas diferencias de carga pueden minimizarse mediante actuaciones de regulación en la prensa, como son las regulaciones de la velocidad del carro,

caída del punzón inferior durante la carga y su sincronización con la posición del carro, modificación de la distribución de regletas, sistemas de regletas enrasadoras de regulación múltiple e incluso actuaciones en los moldes como la corrección de superficies o la colocación de espesores [79].

Ha habido también propuestas en el sentido de realizar un control de la densidad aparente en tiempo real mediante la sensorización de los punzones [24] [69]. Por otra parte, MACER desarrolló un sistema para determinar variaciones significativas de la densidad aparente en tiempo real mediante la medida en línea del peso y del espesor de las baldosas, con el fin de establecer actuaciones correctoras en la prensa, a partir de variaciones de la compacidad, aunque este sistema ha quedado en la actualidad obsoleto.

Sin embargo, el problema de la mala distribución de cargas, especialmente dentro de un mismo alvéolo, resulta difícil de resolver de forma automática con los actuales mecanismos de regulación de las prensas. Se ha buscado una solución en el sentido de compensar automáticamente las diferencias de carga, y por lo tanto de compacidad en la pieza, mediante los punzones isostáticos. Esta técnica deriva del prensado isostático con contenedor en seco, o dry-bag [23] conocida y empleada en el conformado de algunos productos cerámicos, como vajillas, cerámicas avanzadas, etc., donde la presión se aplica a un molde elastomérico, que forma parte de la prensa, a través de un medio líquido incompresible, con lo que se transmite por igual en todas direcciones, de manera que las diferencias de carga se traducen en diferencias de espesor en la pieza prensada, pero no de compacidad.

Básicamente, los punzones isostáticos son unos punzones en los que se ha intercalado entre la goma y el metal un lecho de aceite, de forma que la goma, por ser deformable y el aceite incompresible, absorbe las diferencias de carga. En algunos modelos de punzón isostático el aceite puede estar repartido en pequeños alvéolos que están interconectados entre sí (figuras 3.51, 3.52 y 3.53), de manera que si durante el prensado, el punzón se encuentra con una carga repartida de forma desigual, ésta se iguala en todas las cavidades en el momento de la aplicación de la presión, de acuerdo con el principio de los vasos comunicantes. Así pues, la presión del aceite en los diferentes alvéolos del punzón isostático adquiere el mismo valor, y por tanto la presión específica aplicada a las zonas de la baldosa con cargas irregulares es la misma. En consecuencia, **la baldosa tenderá a mantener la misma compacidad en zonas donde la carga no es igual a costa de variar el espesor** (figura 3.41).

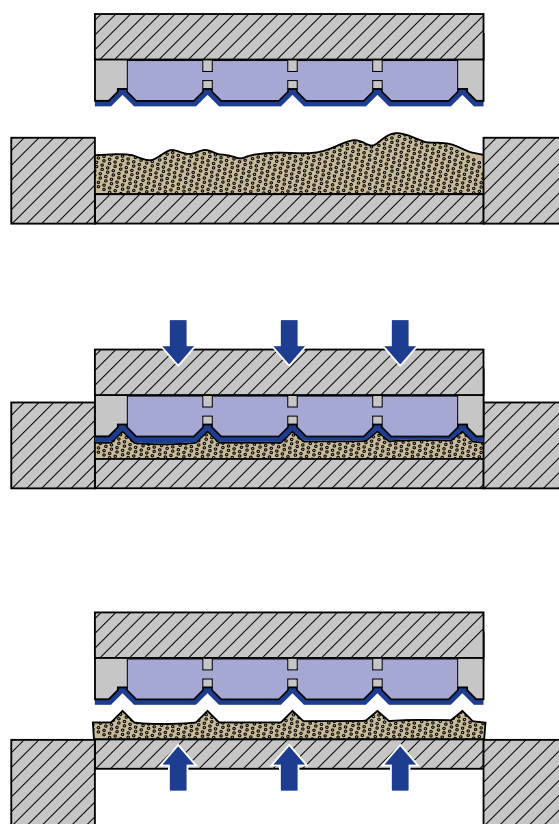


Figura 3.41. Proceso de prensado con punzones isostáticos

Para evitar que las pequeñas deformaciones debidas a las diferencias de espesor sean visibles en

la “cara noble” de la baldosa, este efecto se emplea casi siempre en los punzones de la “cara de las costillas”⁴⁰ aunque en la actualidad se emplea también en la cara noble para el conformado de algunos modelos de efecto piedra o con relieves muy pronunciados. En los moldes penetrantes, el relieve de dorso se suele conformar por los punzones superiores, por lo que son estos los isostáticos. Sin embargo en los moldes de doble matriz, empleados para la fabricación de gres porcelánico no esmaltado, la cara de las costillas corresponde al punzón inferior que es en este caso el de efecto isostático.

En la figura 3.42 se muestra el efecto de la compensación isostática sobre la distribución de la densidad aparente en comparación con la distribución obtenida en el prensado del mismo polvo a las mismas condiciones con punzones macizos, es decir, sin compensación isostática. Los mapas de densidad aparente representados se obtuvieron con un equipo de medida por absorción de RX DENSEXPLORER [56] (Ver anexo IV).

Se observa en los mapas obtenidos, la gran heterogeneidad en la distribución de compacidades en las baldosas prensadas con punzones sin compensación isostática en comparación con las obtenidas con punzones isostáticos. En cambio estas diferencias se invierten respecto al espesor, tal como se aprecia en la figura 3.43, ya que, como se ha dicho, las compensaciones de densidad aparente en los punzones isostáticos se logran a costa de diferencias de espesor.

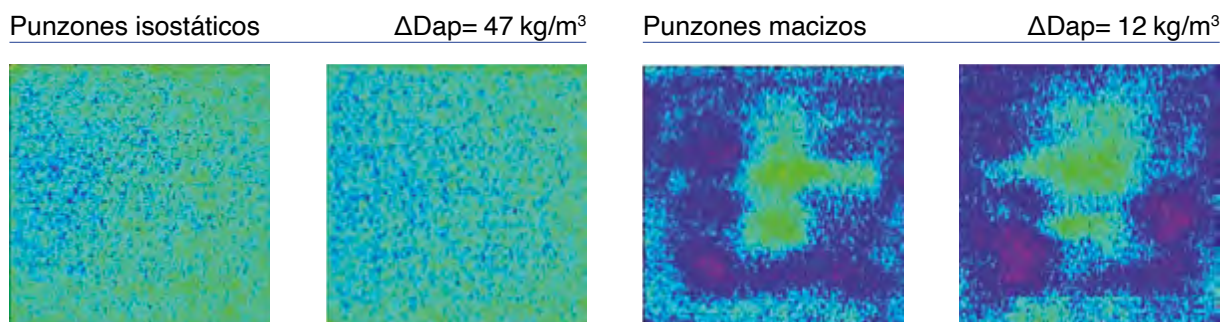


Figura 3.42. Distribuciones de densidad aparente en baldosas prensadas con punzones isostáticos y macizos según referencia [56]. Imagen: ITC-MACER

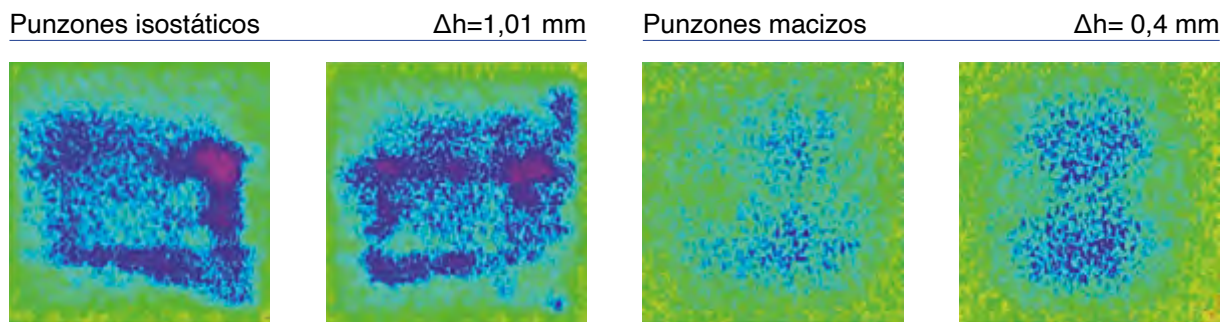


Figura 3.43. Distribuciones del espesor en baldosas prensadas con punzones isostáticos y macizos según referencia [56]. Imagen: ITC-MACER

⁴⁰ Si bien es cierto que las variaciones de espesor se manifiestan en la cara del relieve de dorso, grandes diferencias pueden provocar deformaciones claramente visibles en la baldosa, lo que hace que a veces sea preferible obtener pequeñas diferencias de compactación manteniendo el espesor constante frente a una compactación constante obtenida a costa de diferencias de espesor que se manifiestan en la cara noble de la baldosa.

Debe tenerse en cuenta que en algunos tipos de punzones isostáticos, los ciclos de prensado excesivamente rápidos pueden reducir la compensación isostática, ya que para que el aceite circule de unas celdas a otras del mismo punzón, debe existir entre ellos una diferencia de presión. El caudal de aceite que se transvasa depende de esta diferencia de presión y por tanto, en ciclos excesivamente rápidos, puede llegar a ser demasiado elevado para compensar las diferencias de presión. Naturalmente, el diseño de las conexiones entre estas celdillas adquiere entonces un importante papel.

En los punzones isostáticos, es muy importante el diseño de las costillas, debiendo asegurarse que el efecto de la compensación, es decir la variación del espesor, no supere nunca la altura de estas, ya que entonces se produce una pérdida de estabilidad de las baldosas en el apoyo. Algunos autores ^[1] recomiendan que la altura mínima de las costillas no sea inferior a 0,5 – 0,6 mm.

Las principales ventajas del uso de punzones isostáticos en el prensado son la drástica reducción de los defectos dimensionales achacables a la operación de prensado, la reducción de calibres y el aumento del rendimiento de las prensas ^[23].

Son muchos los tipos de punzones isostáticos que se pueden encontrar en la actualidad en el mercado. Las principales diferencias entre ellos estriban en la disposición de la cámara o cámaras de aceite, y en los sistemas de fijación de la goma, que están relacionados con el diseño del propio punzón. La sujeción de la goma al punzón es un aspecto técnico importante de éstos, ya que posibles desprendimientos parciales de la goma provocan defectos de abultamientos en la pieza.

Por otra parte, es conveniente señalar que la goma empleada en los punzones isostáticos tiene, por lo general, una dureza inferior a la de los punzones de la cara noble.

a) Punzones isostáticos con cavidad única.

Son los punzones isostáticos de estructura más sencilla. Sobre la superficie del punzón se practica un rehundido limitado por un marco perimetral (figura 3.44) donde se fija la goma, delimitándose entre ésta y el punzón una estrecha cámara que se rellena con aceite. Las diferentes técnicas de fijación de la goma dan origen a las tipologías de punzones de cavidad única. Esta fijación puede hacerse de forma sencilla, mediante un fuerte adhesivo, o pueden emplearse elementos mecánicos de sujeción como orificios roscados, ranuras o crucetas.



Figura 3.44. Punzón isostático de cavidad única.

Una variante de interés especial es el punzón con chapa libre o flotante, que consiste en un punzón de cavidad única en la que se introduce una chapa metálica para minimizar las ondulaciones provocadas por el aceite, que pueden hacerse visibles en la cara esmaltada de baldosas de formatos grandes, especialmente cuando se emplean esmaltes brillantes y claros.

Punzones tipo MGPV⁴¹.

Con una concepción similar, aunque mejorando sensiblemente la unión de la goma, se fabrican los punzones isostáticos de cavidad única del tipo MGPV, en los que la goma se adhiere a los biseles practicados en la cavidad del punzón. El aceite se carga en cada punzón inyectándolo a través de la válvula de llenado. Las válvulas de llenado son antirretorno y pueden ser de rosca o de enganche rápido (figura 3.54).

Cuando el espesor del punzón es tan pequeño que no permite alojar una válvula de llenado (generalmente en los inferiores a 40 mm), estos se fabrican sin válvula y se llenan de aceite por los tapones⁴².

Punzones de ranura.

Los punzones de ranura son los primeros isostáticos que aparecieron en el mercado, entre 1992 y 1993. Tenían un diseño muy sencillo, que consistía básicamente en intercalar una capa o lecho de aceite entre la goma y el metal en un recinto estanco. La goma se sujetaba en la ranura. La cantidad de aceite en cada punzón era, por tanto, constante.

Sin embargo este tipo de punzones no consiguieron solucionar completamente el problema de la descompensación de cargas, ya que en ellos la goma tiene poca superficie de unión con el punzón y si las diferencias de carga son muy acusadas las deformaciones pueden llegar a ser perceptibles a la cara noble de la baldosa ^[74].

Punzones con sujeción por orificios roscados.

Es una tipología de punzón isostático similar a la anterior, de cavidad única, que actualmente está en completo desuso. En ellos la goma se sujetaba al punzón mediante un adhesivo en los biseles perimetrales, y en los pequeños orificios roscados en la superficie del punzón tras la operación de prensado con calor ^[77].

La goma llenaba los orificios practicados en la cavidad hidráulica, de manera que, una vez solidificada, la parte retenida en los orificios roscados hacía de elementos de retención mecánicos con el cuerpo del punzón, a la vez que generaba una red de pequeñas cámaras interconectadas.

Como en todos los punzones isostáticos, el aceite se introducía a través de una válvula antirretorno y se distribuía, por canalizaciones internas, a todas las pequeñas cámaras generadas por el sistema de fijación de la goma.

⁴¹ Nombre comercial de este tipo de punzones de la empresa MACER S.L.

⁴² En realidad cualquier punzón isostático puede fabricarse sin válvula y llenar el aceite por los tapones, aunque esto no es aconsejable, ya que se trata de una operación engorrosa, por lo que, si el espesor del punzón lo permite, se fabrican con válvula.

Punzones de cavidad única con chapa flotante (TIPO MGPVT DE MACER).

En formatos grandes, los punzones isostáticos de cavidad única tienen tendencia a transferir una cierta ondulación superficial a la cara esmaltada, que resulta especialmente visible cuando se emplean esmaltes claros y brillantes. Una forma de minimizar este problema consiste en insertar una chapa metálica libre en la cavidad del aceite (figura 3.45) de forma que el basculado de la chapa reduzca el efecto de ondulaciones que provoca el aceite en las grandes cavidades.

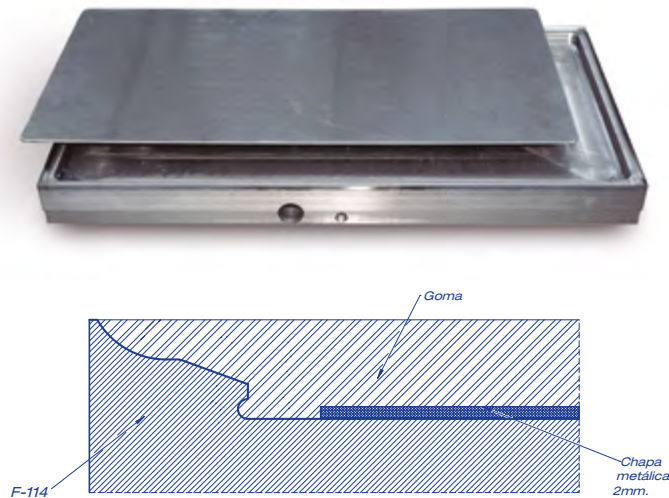


Figura 3.45. Punzones isostáticos de cavidad única con chapa.

Punzones de cavidad única con chapa fija agujereada.

En este tipo de punzones, una chapa agujereada se encaja en la cavidad destinada al aceite (figura 3.46) y sobre ella se sujeta la goma que se fija, por una parte al cuerpo del punzón por el borde biselado perimetral, y por otra a la chapa que queda, por la parte inferior, enfrentada al fondo de la cavidad. El aceite se aloja entre la chapa y el fondo de la cavidad.

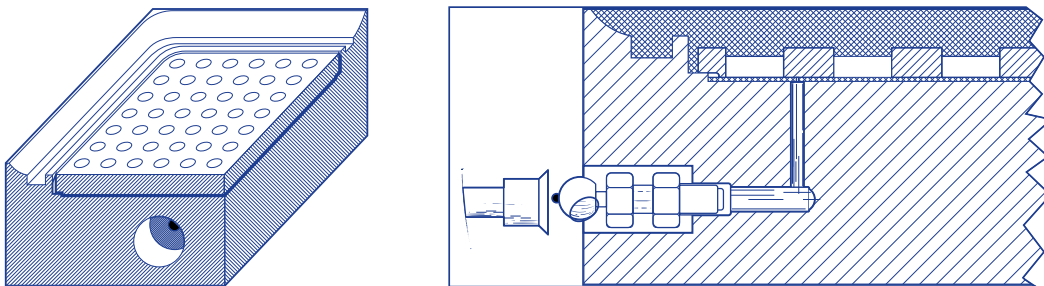


Figura 3.46. Punzones isostáticos de cavidad única con chapa fija agujereada.

Según el tipo de chapa utilizado, MACER fabrica dos tipos diferentes: los punzones MGV-1M (figuras 3.47 y 3.48) y los MGV-2M (figuras 3.49 y 3.50).

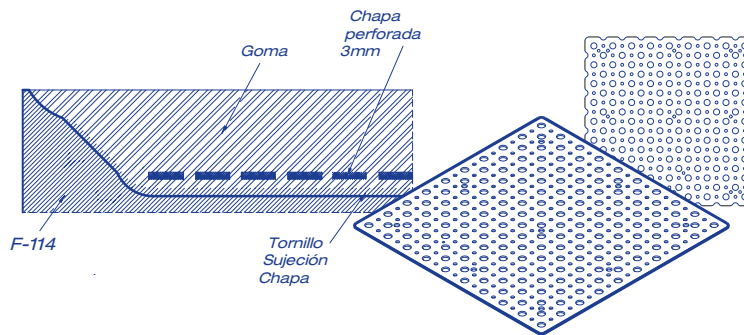


Figura 3.47. Punzones isostáticos con chapa fija MGV-1M (esquema).



Figura 3.48. Punzones isostáticos con chapa fija MGV-1M

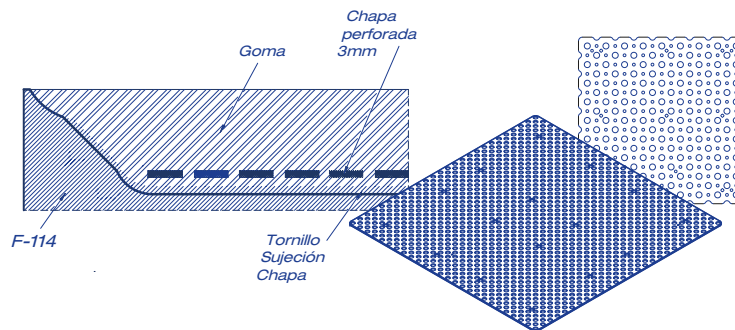


Figura 3.49. Punzones isostáticos con chapa fija MGV-2M (esquema).



Figura 3.50. Punzones isostáticos con chapa fija MGV-2M.

b) Punzones isostáticos de cavidades interconectadas.

Los punzones isostáticos de cavidad única están limitados por el formato, ya que en grandes superficies resulta difícil evitar que se manifiesten en la superficie esmaltada las ondulaciones procedentes del aceite. Aunque los punzones con chapa flotante pueden ser una buena solución, no es suficiente para los grandes formatos, por lo que se han desarrollado nuevas tipologías de punzones isostáticos que transforman la cavidad del aceite en un sistema de pequeñas cavidades o alvéolos interconectados entre sí.

Puede encontrarse en el mercado una amplia variedad de este tipo de punzones. Las diferencias entre ellos estriban en la solución que se aporte para construir la estructura de los alvéolos interconectados en los que se aloja el aceite.

Punzones mixtos.

Suponen una mejora de las anteriores tipologías de punzones, con una concepción mixta que hereda la forma de sujeción de la goma de los anteriores y la integra en un sistema de alvéolos interconectados.

La goma se sujeta a la ranura lateral y a taladros roscados o a crucetas. Durante el tratamiento térmico al que se somete la goma (endurecido), esta se fija sólidamente a la ranura y los taladros, o a las crucetas, y no a los alvéolos, ya que lo evita la aplicación de desmoldantes en estas zonas, creando una estructura suficientemente rígida que, sin embargo, permite el efecto isostático, ya que todos los compartimentos están, como se ha indicado, interconectados entre sí.

Punzones isostáticos de rejilla (TIPO MRPV DE MACER).

Los punzones de rejillas (figuras 3.51, 3.52 y 3.53) van provistos de una retícula mecanizada en el punzón que define un sistema de alvéolos que pueden tener formas diversas, aunque la más frecuente por su simplicidad constructiva y efectividad es la cuadrada. Las pequeñas cámaras que forma la retícula de alvéolos están interconectadas entre sí por diferentes procedimientos: canalizaciones, taladros a diferentes ángulos, etc.

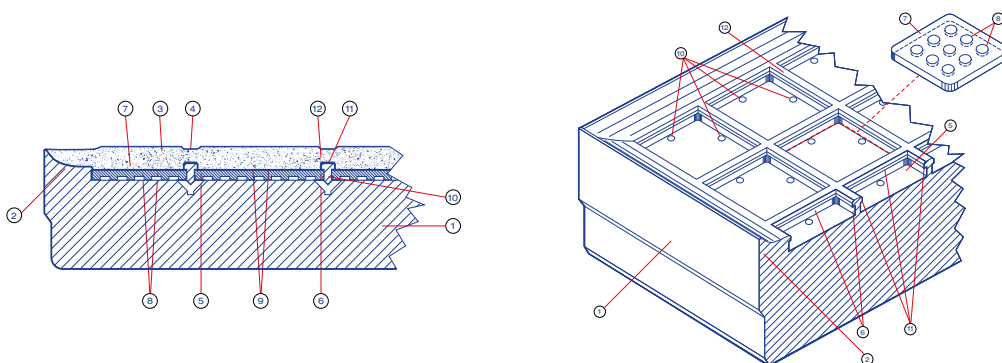


Figura 3.51. Estructura punzón isostático de alvéolos en rejilla.

1. Cuerpo del punzón.
2. Marco perimetral.
3. Goma.
4. Costillas.
5. Fondo de los alvéolos.
6. Tabiques de los alvéolos.

7. Piezas modulares elásticas.
8. Botones de las piezas elásticas.
9. Huecos ocupados por el aceite.
10. Orificios para el llenado de aceite.
11. Escalonamientos de sujeción de los topos.
12. Tramos superiores de los tabiques.

El diseño de la retícula se realiza de tal forma que las cajas formadas sean de menor tamaño que la costilla que se va a emplear y que los nervios coincidan con los de la costilla original (figura 3.52), no sufriendo estos compensación y formando un plano perfecto con la pieza. Esto es importante porque la baldosa debe poseer un plano de apoyo perfecto durante el almacenamiento y la manipulación en crudo, y sobre todo durante la cocción. En consecuencia, el diseño de los alvéolos puede reducir el efecto isostático del punzón para mantener un perfecto apoyo de las baldosas ^[1].

Alvéolos cegados con topes elásticos

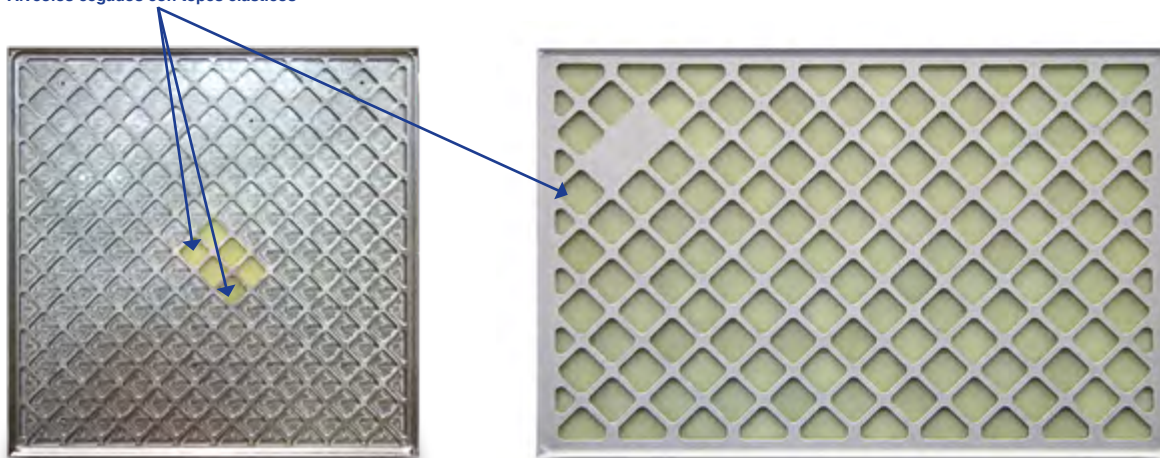


Figura 3.52. Estructura de alvéolos en rejilla y topes elásticos de cierre.

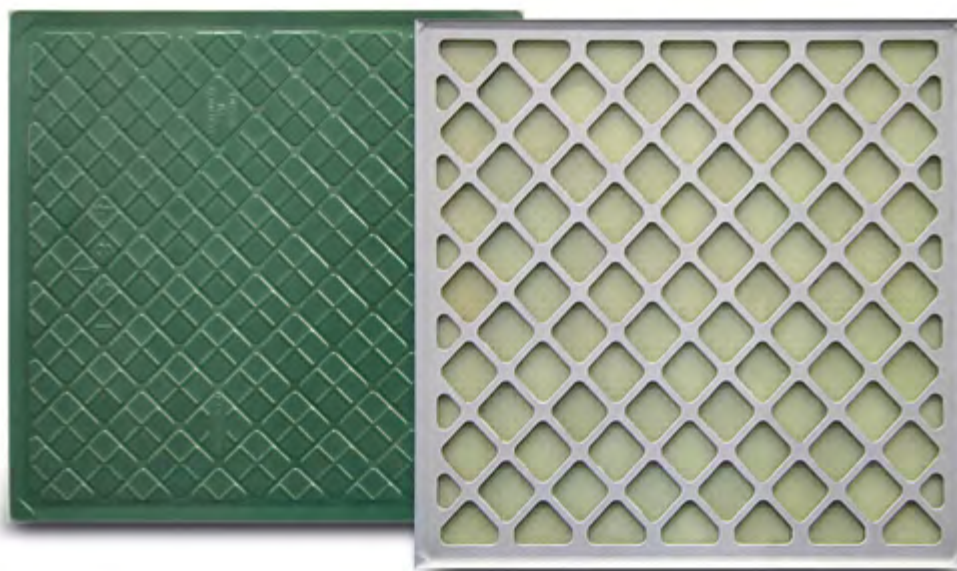


Figura 3.53. Punzones isostáticos con estructura en rejilla.

El aceite se introduce a través de la válvula de llenado antirretorno pilotada, y ocupa los alvéolos. Las válvulas (figura 3.54) pueden ser de enganche rápido o de rosca. Esta operación se facilita mediante unos pequeños conductos de desaireación practicados en la rejilla. El aceite no está nunca en contacto con la goma del punzón, ya que los alvéolos se cierran mediante piezas modulares elásticas que poseen en sus bases inferiores unos botones o resaltes que asientan sobre el fondo de la cavidad y que encajan perfectamente en cada uno de los alvéolos ^[77]. Unos resaltes o escalones perimetrales practicados en los tabiques de los alvéolos impiden su movimiento. Las caras superiores de estos topes están en contacto con la goma del punzón, de forma que son los topes quienes transmiten la presión del aceite y por lo tanto permiten mantener el efecto isostático ya que todos los alvéolos están interconectados, y el aceite puede circular libremente entre los resaltes inferiores de las piezas modulares.



Figura 3.54. Tipos de válvulas para punzones isostáticos.

En este tipo de punzón, se reduce mucho la cantidad de aceite necesaria y, además, no es necesario aplicar una presión adicional al fluido. Presentan, además, la ventaja de que, por su diseño, realizan la compensación hidráulica manteniendo prácticamente constante el espesor, con diferencias de apenas $\pm 0,1$ mm.

Cuando las baldosas se esmaltan con vidriados brillantes, como las cristalinas, estos punzones pueden dar el defecto conocido como “marcado de costillas”, es decir, las costillas pueden hacerse visibles en la superficie del esmalte a la luz reflejada. Para evitar esto, es conveniente diseñar las costillas del molde con poco espesor, aunque es preferible emplear este sistema de compensación hidráulica en baldosas mates y de elevado espesor.

Existen sistemas para controlar el circuito de carga. Se trata de un tubo de carga o latiguillo donde van enlazados en serie todos los punzones a un bloque con una válvula, un elemento lógico y finalmente un transductor de presión conectado a un display donde indica la presión de trabajo máxima y mínima del circuito. Este dispositivo permite detectar descargas del circuito.

Por otra parte, es posible conocer la presión de las cámaras de aceite durante la operación de prensado si se conecta un transductor de presión, bien de forma directa al cuerpo del punzón o por medio de un latiguillo.

La medida de la presión en cada uno de los punzones permite equilibrar la operación de prensado igualando la compactación en todos los platos. Por ejemplo, cuando se prensan grandes formatos, o formatos medianos con un número elevado de salidas, se emplean grandes moldes que requieren prensas con una elevada luz entre columnas. En estos casos, la presión se reparte desigualmente, de manera que las baldosas de los alvéolos centrales resultan más compactadas que las de los extremos. Esto significa que no siempre el volumen de aceite en cada punzón ha de ser el mismo, ya que varía en función de la carga del alvéolo, y ésta puede ser variable. El equipo descrito puede detectar estas diferencias, lo que nos permite modificar las presiones en la cámara de cada punzón inyectando o extrayendo aceite.

Una variante directa de este dispositivo consiste en un equipo para regular de forma independiente el llenado de la cavidad de cada uno de los punzones desde una centralita hidráulica con inyector, conectada a cada punzón mediante latiguillos y válvulas de control independientes, por lo que al iniciar la regulación del prensado, se vacían los punzones y se obtienen los valores reales de densidad aparente, sin compensación hidráulica. Posteriormente se ajusta la densidad aparente en cada plato inyectando mediante impulsos la cantidad de aceite necesaria en cada punzón para unificar las compactaciones en todas las salidas. En cada impulso se inyectan 2 ml de aceite. El sistema es accionado por el propio prensista ya que forma parte del sistema de regulación de la prensa que lo incorpora. La cantidad de aceite en cada punzón es, por tanto, regulable automáticamente mediante un microprocesador en el que se introducen datos de control de la densidad aparente.

c) Punzones isostáticos interconectados.

Hasta ahora nos hemos referido siempre a punzones estancos, en los que se inyecta una cantidad de aceite que puede ser diferente según la posición del punzón. Es posible, sin embargo, interconectar los punzones del molde mediante un sistema de latiguillos, lo que permite una cierta compensación de la carga de aceite de cada punzón, pero no resulta útil para compensar las diferencias de carga entre platos ^[1].

Para un correcto funcionamiento de los punzones, la transferencia de aceite entre un punzón y otro debe ser mínima. Si está resulta excesiva puede llegar a anularse el efecto equilibrante de la presión en el interior de las pequeñas oquedades o alvéolos de un punzón, comportándose este, por tanto, como un punzón tradicional sin compensación hidráulica.

3.8. PLACAS SUPERIORES.

Son las placas (figura 3.55), que sirven de sujeción a los punzones superiores, por lo que van atornilladas al travesaño móvil de la prensa. Aunque para el sistema de imantación pueden emplearse bobinas electromagnéticas, en los moldes actuales se tiende a dotarlas de un sistema de imantación permanente que sujeta los punzones superiores y evita su caída en el caso de cortes accidentales de suministro eléctrico. Estas placas están fabricadas en acero DIN CK45.

MACER comercializa una placa suplemento superior universal de magnetización permanente (figura 3.56) que tiene las mismas dimensiones que el travesaño de la prensa y se sujeta a este. Esta placa dispone de unos sistemas de centrado y seguridad que permite montar sobre ella una gran variedad de placas, tanto isostáticas como tradicionales, permitiendo con ello, cambios rápidos de formato.

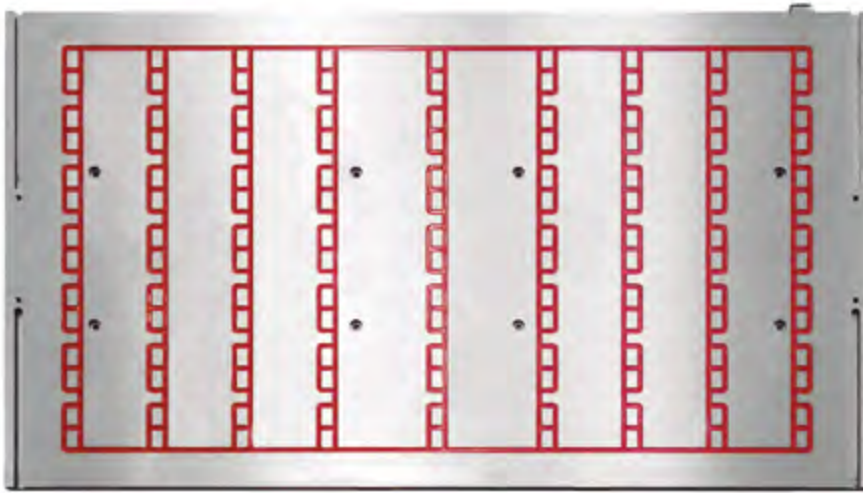


Figura 3.55. Placa suplemento superior universal de magnetización permanente

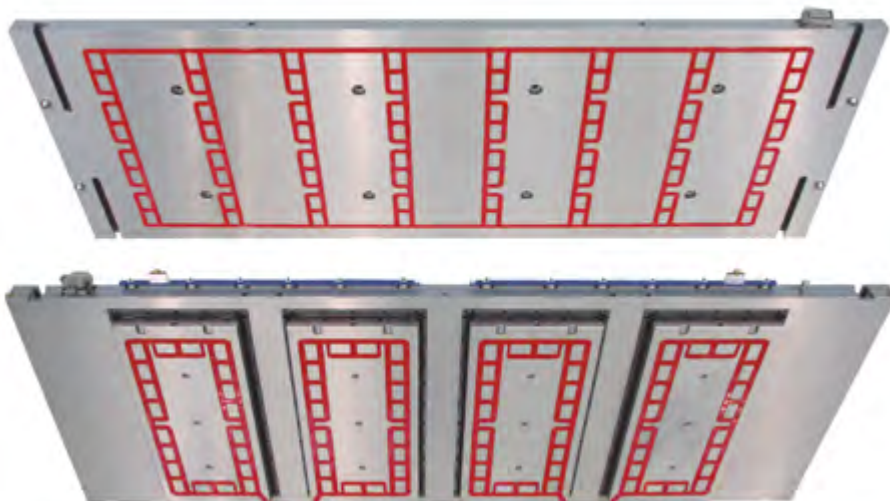


Figura 3.56. Placa superior isostática montada sobre placa suplemento superior universal de magnetización permanente.

3.9. PORTAPUNZONES ISOSTÁTICO.

Algunos moldes van equipados con una placa portapunzones isostática. Estas placas tienen un sistema hidráulico interno que conecta todos los punzones, con lo que se consigue la compensación hidráulica. Este sistema deriva de la compensación isostática y se emplea cuando se requiere una minimización del número de calibres producidos.

El portapunzones isostático puede instalarse en cualquier tipo de molde. En los moldes penetrantes la compensación isostática se instala en los punzones superiores, y en los moldes de conformado superior, o doble molde, se instalaban inicialmente en la parte inferior (figura 3.57), aunque en la actualidad debido a los problemas de descompensación de la carga de alvéolos detectados en moldes con placas portapunzones con compensación hidráulica, se prefiere instalar ésta en la placa superior (figura 3.58), pese a que se trata de una solución técnica mucho más compleja.



Figura 3.57. Molde de conformado inferior (doble molde)

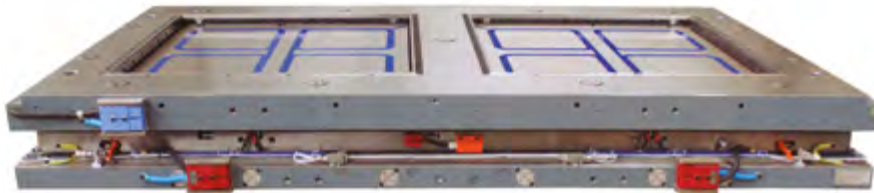


Figura 3.58. Molde de conformado superior (doble molde) con placa superior isostática.

En la 3.59 puede verse en esquema el efecto sobre la densidad aparente de una placa portapunzones superior instalada en un molde penetrante de tres salidas [25].

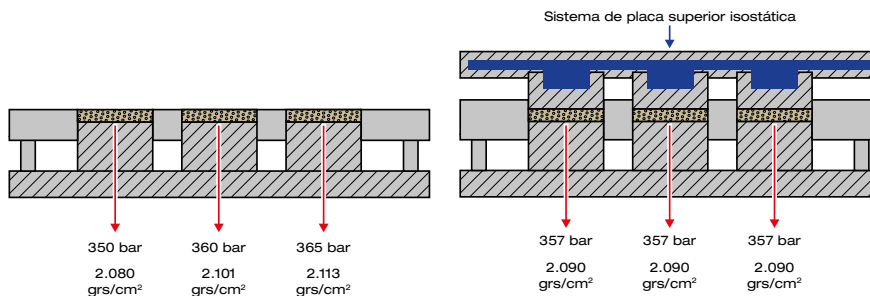


Figura 3.59.

3.10. SISTEMAS DE IMANTACIÓN.

Ya en la década de los ochenta del s XX se sustituyó la sujeción de los punzones mediante tornillería por la sujeción magnética. Este tipo de sujeción presenta notables ventajas respecto a la anterior, ya que permite un mejor centrado y un más rápido montaje de los punzones.

La sujeción magnética puede realizarse mediante imanes permanentes o con electroimanes. **Los imanes permanentes** se emplean en la sujeción de los punzones superiores a la placa portapunzones superior (figura 3.60). Este sistema consta de tres tipos de imanes: imanes de neodimio, con una polaridad fija por un lado e imanes AlNiCo con polaridad alterna, por el otro, alrededor de los cuales se ubica una bobina eléctrica. El campo magnético se invierte mediante un breve impulso de corriente alterna pulsatoria que orienta las moléculas de los imanes de AlNiCo de manera diferente. En la fase magnética (MAG), el campo magnético está doblemente concentrado en la parte superior del imán.

Las bobinas se alimentan a tensión de red a través de un cuadro eléctrico que transforma la tensión en pulsos positivos o negativos. En un caso se induce una polaridad a los imanes que provocan la imantación, sujetando los punzones; y en el otro se invierte la polaridad para desimantar y poder cambiarlos. No es necesario mantener la corriente eléctrica en la bobina para mantener el estado del imán; solo hay que proporcionar la corriente necesaria durante un tiempo para provocar el cambio de estado.

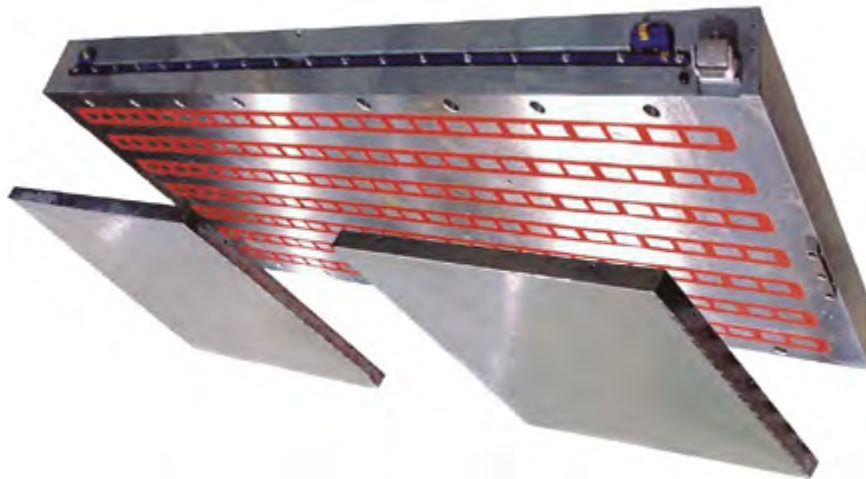


Figura 3.60. Sujeción magnética de los punzones superiores en un molde espejo

Los electroimanes se emplean para la sujeción de los punzones a los “bloquetos” (figura 3.61) y también, para la sujeción de los punzones superiores.

Este sistema está compuesto por bobinas (solenoides) que deben estar continuamente alimentadas a 24 o 48 Voltios en tensión continua. La corriente que circula por las bobinas genera un campo magnético que mantiene unidos los punzones a los “bloquetos” o a la placa portapunzones.

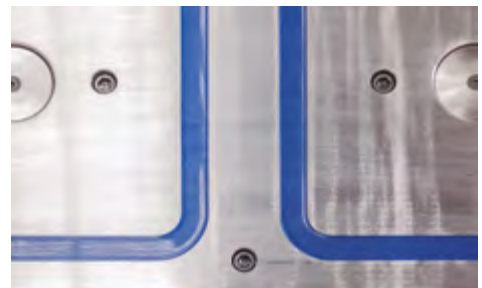


Figura 3.61. Electroimán en los boquetos (detalle).

3.11. SISTEMAS DE CALEFACCIÓN.

Los moldes van equipados con un sistema de calefacción que tiene por objetivo el calentamiento de los componentes que están en contacto con el polvo durante el prensado, es decir, cuchillas y punzones, con el objeto de reducir el pegado del polvo al molde y evitar las paradas para limpieza. El calentamiento de todos estos componentes permite también actuar sobre las holguras entre cuchillas y punzones controlando la dilatación de éstos.

La intensidad de corriente eléctrica que circula por las resistencias genera una energía calorífica (Q) igual a:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

Siendo,

Q: energía calorífica (J)

I: intensidad (A)

R: resistencia (Ω)

t: tiempo (s)

Esta energía calorífica generada en el núcleo de la resistencia es transmitida por conducción a través de las piezas metálicas, hasta las zonas del molde deseadas (interior de la cuchilla y gomas o caras de los punzones en contacto con la tierra), elevando la temperatura de las mismas hasta los valores de trabajo, que generalmente se encuentra entre 35 y 55 °C

En la actualidad se emplean dos sistemas de calefacción, según el tipo o componente del molde:

- **Resistencias calefactoras tubulares.** Este tipo de resistencias (figura 3.62) se montan en orificios practicados en la matriz y en las piezas del molde que están en contacto con los punzones (“bloquetos” y placas portapunzones).
- **Resistencias en perimetrales en L** (figura 3.63). Se montan en las esquinas y a lo largo de la matriz, siguiendo todo el perímetro de esta. Son más adecuadas para repartir el calor de manera homogénea en moldes de grandes dimensiones.

Aparte de estos dos tipos de resistencias es posible también encontrar **resistencias planas** (figura 3.64), aunque su uso es muy minoritario, debido a su escasa eficiencia.

En moldes pequeños, generalmente de longitud inferior a 1750 mm, las resistencias encargadas de calentar la matriz se han instalado habitualmente en la parte inferior, en contacto con ésta. Dado que en este tipo de moldes el espesor de la matriz no es muy grande, el calor se distribuye con cierta homogeneidad si la elección de resistencias y su distribución son adecuadas. Sin embargo, en grandes moldes empleados para el prensado de baldosas de grandes formatos, la matriz es muy grande y tiene un elevado espesor, por lo que esta disposición de las resistencias es insuficiente para lograr un reparto homogéneo del calor. MACER equipa sus moldes con resistencias en L de gran longitud que se instalan perimetralmente, según se muestra en la figura 3.63.



Figura 3.62. Resistencias calefactoras tubulares.



Figura 3.63. Resistencias calefactoras perimetrales en L.



Figura 3.64. Resistencias calefactoras planas.

En la tabla 3.9 se muestran los elementos calefactores empleados en función del tipo de molde.

Algunos modelos de molde emplean corriente trifásica a 380 V – 440 V lo que permite el empleo de cables de sección más pequeña y conectores rápidos que facilitan la sustitución de los moldes con rapidez y seguridad. Según el número de zonas de calefacción de la prensa se utilizan una o dos cajas de conexiones para calefacción e imantación del molde. En este tipo de molde, todos los elementos calefactores instalados son resistencias tubulares. Cada zona de calefacción está controlada por un termopar, y se han fabricado prensas con hasta 16 zonas, lo que ha permitido controlar cada alvéolo de manera independiente hasta en moldes de 6 salidas.

Tipo de molde	Componente	Elemento calefactor habitualmente empleado
Penetrante pequeño (*)	Punzón superior	Resistencias tubulares
	"Bloqueto" – Punzón inferior	Resistencias tubulares
	Matriz	Resistencias simples en L
Penetrante grande	Punzón superior	Resistencias tubulares
	"Bloqueto" – Punzón inferior	Resistencias tubulares
	Matriz	Resistencias dobles en L
Doble molde	Matriz superior	Resistencias tubulares
	Matriz inferior	Resistencias simples en L
Moldes 380 – 440 V		Resistencias tubulares

(*) Longitud inferior a 1750 mm

Fuente: MACER

Tabla 3.9. Elementos calefactores empleados según el tipo de molde.

3.12. CIRCUITO ELÉCTRICO Y CONECTORES RÁPIDOS.

En los circuitos eléctricos de los moldes, la tendencia actual es disponer en cavidades interiores del molde tapadas, de forma que todos los componentes en tensión, es decir, cableado, resistencias y bobinas, no sean fácilmente (o accidentalmente) accesibles. Esto facilita la protección del cableado y de los demás componentes, los aísla de la humedad y del polvo, y facilita el mantenimiento del equipo. La ubicación de dichos componentes se indica claramente mediante pictogramas y códigos de colores.

En la actualidad, MACER está equipando todos sus moldes con conectores rápidos, como los que se pueden ver en las figuras 3.65 y 3.66. Estos conectores aumentan la seguridad del molde, evitan errores, facilitan el montaje y disminuyen el tiempo empleado en el cambio de molde.



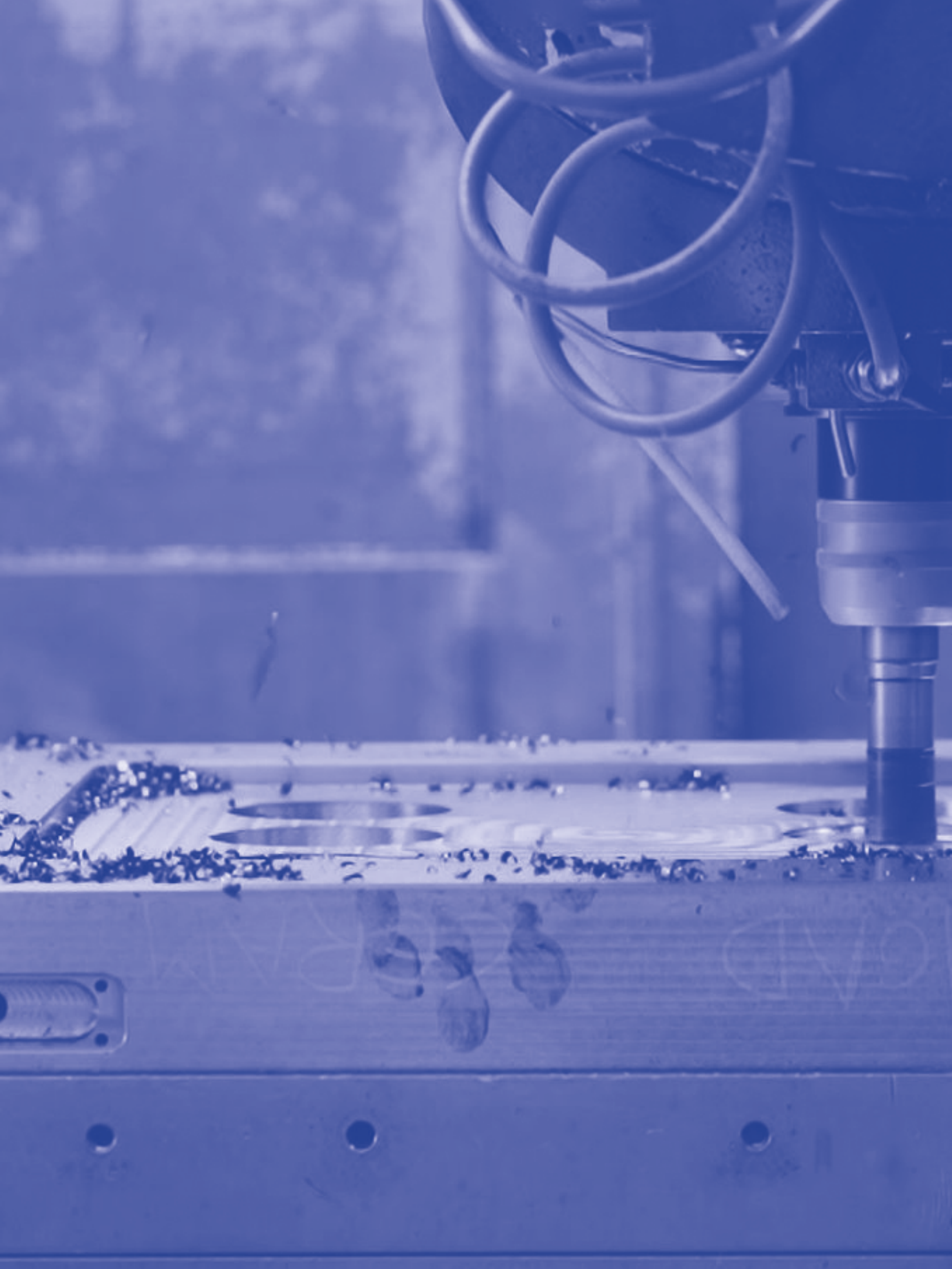
Figura 3.65. Conectores rápidos en la parte inferior del molde.



Figura 3.66. Conectores rápidos en una placa superior.

Procesos de fabricación.

Capítulo 4



4.1. MATERIALES EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN DE MOLDES.

En el capítulo anterior se han descrito los componentes del molde y en la tabla 3.1 se muestra información sobre los materiales empleados en su proceso de fabricación. Como se observa en esta tabla, la mayor parte de los elementos estructurales del molde se fabrican con acero (figura 4.1) y la mayor parte de punzones, excepto los templados y los templados-pulidos se revisten con goma. Estos dos materiales son fundamentales en la fabricación de moldes, a los que hay que añadir otros utilizados en menor medida para otros componentes, como los elastómeros empleados en los fuelles, etc.

4.1.1. Aceros.

El acero es cualquier aleación de hierro y carbono en las que el contenido de carbono en disolución sólida en el hierro esté por debajo del 2,1%. En general un aumento del contenido de carbono en el acero eleva su resistencia a la tracción, pero también aumenta su fragilidad en frío y disminuye la tenacidad y la ductilidad. Aparte de hierro y carbono, el acero puede contener otros elementos aleantes, entre los que destacan el manganeso, cromo, níquel, silicio, molibdeno y vanadio, que modifican sus propiedades.



Figura 4.1. Placas de acero en bruto.

Así pues, las distintas composiciones químicas de los aceros, junto con los diferentes tratamientos termo-mecánicos y la gran variedad de tratamientos superficiales existentes dan como resultado una enorme cantidad de aceros con propiedades y usos diferentes.

4.1.1.1. Clasificación.

Existe una gran variedad de criterios de clasificación y designación de aceros. Los aceros utilizados industrialmente se clasifican de acuerdo con normas nacionales e internacionales establecidas. Por ejemplo, en España los aceros se clasifican siguiendo la **Norma UNE-EN 10020:2001**, que sustituye a la norma anterior UNE-36010, aunque para los aceros estructurales, se siguen las normas europeas EN 10025-2: 2004 y EN-10025-4: 2004.

La norma **UNE-EN 10020:2001** los clasifica según la composición química, la calidad y el uso al que vayan destinados:

a) Clasificación según su composición química.

De acuerdo con su composición química los aceros pueden clasificarse en:

- **Aceros al carbono.** Son la mayor parte de los aceros. Contienen diversas cantidades de carbono, inferior al 1%, y menos del 1,65% de manganeso, el 0,60% de silicio y el 0,60% de cobre.

Los aceros al carbono suelen emplearse habitualmente, entre otros, en la construcción de estructuras y componentes de máquinas.

Según la cantidad de carbono pueden dividirse en **aceros de bajo carbono** (inferior al 0,25 %); **aceros de medio carbono** (comprendido entre 0,25 y 0,55 %) y **aceros de alto carbono** (superior al 0,55 %). También en función del contenido en carbono se pueden clasificar en acero **dulce, semidulce, semiduro y duro**. En la tabla 4.1 se muestran las características de estos tipos de aceros y la relación entre ambos criterios de clasificación.

Pueden modificarse sus propiedades mecánicas mediante tratamientos térmicos, como el recocido, temple y revenido (Anexo V).

Tipo de acero.		% C	Resistencia mecánica (Kg/mm ²)	Resistencia mecánica tras temple (Kg/mm ²)	Dureza Brinell (HB)	Dureza Brinell tras temple (HB)	Aplicaciones
Bajo carbono	Acero dulce	< 0,25	48 a 55		135 a 160		• Se puede soldar. • Piezas de resistencia media de buena tenacidad, deformación en frío, embutición, plegado, herrajes. • Perfiles estructurales, alambres, clavos, tornillos, barras, varillas.
Medio carbono	Acero semidulce	0,35	55 a 62	Hasta 80	150 a 170	215 a 245	• Elementos de maquinaria, pernos, tornillos, herrajes, etc.
	Acero semiduro	0,45	62 a 70	Hasta 90	180		• Ejes y elementos de máquinas, piezas bastante resistentes, cilindros de motores de explosión, transmisiones, etc.
Alto carbono	Acero duro	0,55	70 a 75	Hasta 100	200 a 220	276 a 300	• Ejes, transmisiones, tensores y piezas regularmente cargadas y de espesores no muy elevados.

Tabla 4.1 Características de los aceros según el contenido en carbono ^[54].

- **Aceros aleados.** Contienen vanadio, molibdeno y otros elementos, además de cantidades mayores de manganeso, silicio y cobre que los aceros al carbono. A su vez este grupo se puede subdividir en **aceros de baja aleación**, si el contenido de elementos aleantes es inferior al 5 %, y **aceros de alta aleación** si es superior.

b) Clasificación según su calidad.

Atendiendo a este criterio, la norma clasifica los aceros en tres grupos:

- **Aceros no aleados.** Se dividen en **aceros no aleados de calidad**, con especiales prestaciones mecánicas y en aceros **no aleados especiales**, que se caracterizan por un buen comportamiento en las operaciones de temple y revenido.

- **Aceros aleados.** Que se subdividen también en dos grupos, aceros aleados de calidad y aceros aleados especiales.
- **Aceros inoxidables.** Se subdividen de acuerdo con el contenido en níquel, ya sea este superior o inferior a 2,5 y según sus características físicas, en resistentes a la corrosión, resistentes a la oxidación en caliente y con buenas prestaciones frente a la fluencia.

c) Clasificación según su uso.

De acuerdo con este criterio de clasificación, los aceros se dividen en:

- **Aceros para la construcción,** caracterizados por tener un buen comportamiento en soldadura.
- **Aceros cementados.** Son aceros que se someten a un proceso termoquímico mediante el cual se aporta carbono a la superficie por difusión. Este tratamiento les confiere una mayor dureza, aunque también una menor resistencia a la rotura por impacto.
- **Aceros para temple y revenido.** El tratamiento de temple⁴³ (ver anexo V) endurece y aumenta la resistencia de los aceros. Los aceros templados pueden ser sometidos a revenido⁴⁴ con el objeto de eliminar las tensiones creadas en el temple, llevándolos a la dureza y resistencia deseada.
- **Aceros inoxidables para usos especiales.** Presentan una aleación de hierro con un mínimo del 10 % de cromo en masa.
- **Aceros para herramientas de corte y mecanizado.** Tienen una elevada dureza y una alta resistencia al desgaste.
- **Aceros rápidos.** Se emplean para maquinaria de corte, y generalmente van con aleaciones de wolframio, molibdeno y molibdeno-cobalto.

4.1.1.2. Designación de aceros.

Debido a la enorme variedad existente de aceros, ya comentada, nos encontramos con una gran cantidad de normativa y reglamentos para su designación, que varían de un país a otro. En España, la designación de los aceros se rige por las normas **UNE-EN 10027:2001**, aunque los aceros estructurales se designan conforme a las normas europeas EN 10025-2: 2004 y EN-10025-4: 2004⁴⁵. También son normativas de interés por su aplicación frecuente a nivel internacional, las americanas **AISI** (American Iron and Steel Institute) y **ASTM** (American Society for Testing and Materials), las normas alemanas **DIN**, la japonesa **JIS** (Japanese Industrial Standards) y la **ISO 3506**. Especial referencia merece también el sistema de denominación del **CENIM** (Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas), frecuentemente empleadas en la industria española.

En general, la identificación de aceros emplea unos códigos o designaciones establecidas en la normativa que pueden ser de dos tipos, simbólicos o numéricos.

⁴³ El tratamiento de temple consiste en el calentamiento del material a una temperatura ligeramente más elevada que la temperatura crítica y se somete a continuación a enfriamiento en un líquido, generalmente aceite.

⁴⁴ El revenido es un tratamiento similar al temple, aunque se realiza a unos 50 °C menos que éste y con enfriamiento con aire.

⁴⁵ Debe tenerse en cuenta que un número cada vez mayor de normas europeas nacionales (DIN, AFNOR, UNE, UNI, etc.) han sido sustituidas por normas europeas (EN). Esta tarea la lleva a cabo el Comité Europeo de Normalización

La **designación simbólica** hace referencia a las propiedades físicas, químicas y tecnológicas del material y, en algunos casos, a otras propiedades o características significativas que permitan su identificación de una forma más precisa.

La **designación numérica** es una codificación alfanumérica que permite la identificación y clasificación del material, pero no ofrece información sobre sus características.

En este texto, se hace referencia especialmente a la norma **UNE-EN 10027:2001** empleada en la industria de fabricación de moldes para prensas cerámicas, aunque, debido a la gran proliferación de normas mencionada, se hará necesario también conocer las equivalencias entre diferentes sistemas de designación de los aceros a los que hagamos referencia, como las que se muestran en las tablas 4.9 y 4.12, o como las que, con carácter general, se encuentran en el anexo VII.

Designación de aceros según norma UNE-EN 10027:2001

Esta norma establece dos tipos de designación:

- Designación numérica según norma UNE-EN 10027-1:2001.
- Designación simbólica según norma UNE-EN 10027-2:2001.

Designación numérica

La norma emplea la siguiente referencia numérica general para designar cualquier tipo de acero:

1. YY XX(XX)

En esta referencia:

- 1 corresponde al tipo de material (acero). Para otros materiales se emplean los números del 2 al 9 y vienen tabulados en la norma.
- YY indica el número de grupo del acero según una tabla de la propia norma.

En la tabla 4.2 se muestran los grupos de aceros descritos según la numeración YY de la norma y en el anexo VI se muestra la tabla completa.

YY	Aplicación
00 y 90	Aceros base no aleados
01 a 07	Aceros de calidad no aleados.
91 a 97	
10 a 13	
15 a 18	Aceros de calidad no aleados.
08 y 09	
98 y 99	
20 a 28	Aceros aleados para herramientas
32 a 39	Aceros aleados de grupos diversos.
40 a 49	Aceros inoxidables y refractarios.
50 a 89	Aceros para pretensado.

Tabla 4.2. Tipos de acero según numeración de la norma UNE-EN 10027-1:2001.

- XX(XX) representa el número de orden dentro del grupo. Los dígitos entre paréntesis corresponden a ampliaciones para necesidades futuras de numeración.

Así por ejemplo el acero 1.1191 es un acero especial no aleado y el acero 1.2080 un acero aleado para herramientas. Puede ampliarse esta información en ^[44].

- **Designación simbólica.**

Según la designación simbólica seguida por la norma UNE-EN 10027-2:2001 los aceros pueden identificarse siguiendo dos criterios:

- Según su uso y sus características mecánicas o físicas.
- Según su composición química.

Según su propósito de uso y sus características mecánicas o físicas se designan mediante una letra (**X**) que indica su aplicación (tabla 4.3) seguida de un número (**YYY**) que da el valor de una propiedad mecánica característica (generalmente el mínimo garantizado del límite elástico, expresado en N/mm²), y unos símbolos adicionales (**ZZZ**), opcionales y tabulados en la norma, que se emplean, si es necesario, para identificar el acero.

Designación general: **X YYY ZZZ**

Ejemplos:

- Según esta norma el acero **S250** es un acero para construcción metálica con un límite elástico mínimo garantizado de 250 N/mm², equivalente en el sistema numérico al acero 1.0715 (ver tabla “Aceros de fácil mecanización” del anexo VII).
- El acero **S235JRH** es un acero para construcción metálica con un límite elástico mínimo garantizado de 235 N/mm², para construcción ordinaria (JR) y de perfil hueco (H).

En general se emplea este tipo de designación para aceros de calidad no muy alta en los que la composición química no es estrictamente controlada.

X	Aplicación
B	Aceros para hormigón armado.
D	Productos planos para deformación en frío.
E	Aceros para construcción mecánica
H	Productos planos laminados en frío de acero de alta resistencia.
L	Aceros para tuberías.
M	Aceros para aplicaciones eléctricas.
P	Aceros para recipientes a presión.
R	Aceros para carriles.
S	Aceros para construcción metálica.
T	Productos para embalajes.
Y	Aceros para pretensado.

Tabla 4.3. Aplicaciones de aceros según norma UNE-EN 10027-2:2001.

Según su composición química, la designación comienza con una letra o código de tipo, que indica qué tipo de composición química define a este acero (tabla 4.4) seguida del porcentaje de carbono multiplicado por 100 y de los elementos de aleación. Finalmente le siguen símbolos de elementos y los valores numéricos que expresan su porcentaje en la composición.

Si en la designación no aparece al principio ningún código de tipo, se interpreta que está describiendo un acero no aleado con un porcentaje de manganeso superior al 1 % o un acero aleado con un porcentaje inferior al 5 % de todos los elementos de aleación.

Los elementos de aleación se ordenan de acuerdo con su concentración.

Símbolo	Tipo de composición del acero
C	Aceros no aleados con contenido medio de Mn inferior al 1%.
X	Aceros de alta aleación con contenido en peso de los elementos de aleación igual o superior al 5 %.
HS	Aceros rápidos.
S (+símbolo químico de los elementos aleados)	Productos planos laminados en frío de acero de alta resistencia.

Tabla 4.4. Tipo de composición química de aceros según norma UNE-EN 10027-2:2001.

4.1.1.3. Propiedades mecánicas de los aceros.

A efectos de cálculos y de diseño de estructuras, se toman algunos valores medios de propiedades de los aceros que se recogen en la tabla 4.5.

Propiedad física		Valor medio
Densidad.		7,85 t/m ³
Capacidad calorífica.		0,11 kcal/kg °C
Coeficiente de dilatación lineal.		120 x 10 ⁻⁷ °C ⁻¹
Temperatura de fusión.	Aceros de bajo carbono.	1510 °C
	Aceros de medio carbono.	1430 °C
	Aceros de alto carbono.	1370 °C
Temperatura de ebullición.		2500 °C
Índice de Poisson.		0,3
Módulo de elasticidad.		210.000 N/mm ²

Tabla 4.5 Propiedades medias de los aceros a efectos de cálculo y diseño (comunes a todos los aceros).

a) El diagrama “tensión – deformación” de los aceros.

Es la representación gráfica de la curva “esfuerzo de tracción – deformación”, obtenida cuando se somete a una probeta de acero normalizada a un esfuerzo de tracción (F/S) continuo y ascendente hasta la rotura de la misma. Este ensayo, normalizado en UNE-EN 10002-1, permite calcular algunas propiedades de los materiales.

La curva “esfuerzo de tracción – deformación” de los aceros (figura 4.2) es una excelente representación de su comportamiento cuando son sometidos a esfuerzos de tensión. En ella pueden identificarse los siguientes tramos y puntos:

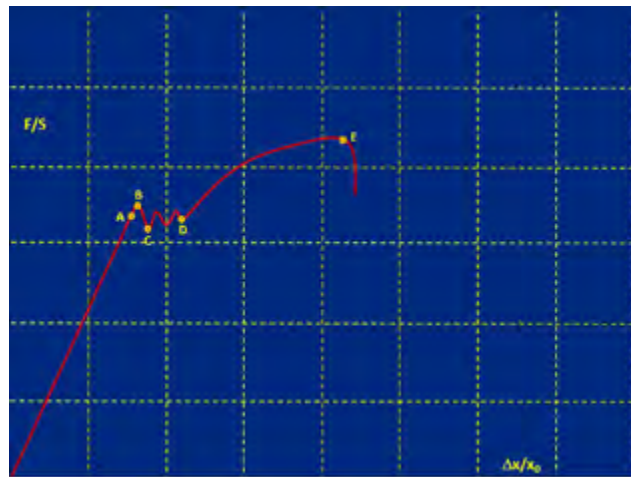


Figura 4.2. Aspecto general del diagrama tensión – deformación de los aceros.

- Hasta el **punto A**, denominado límite de proporcionalidad, el acero tiene un comportamiento elástico siguiendo la ley de Hooke, de manera que el alargamiento sufrido ($\Delta x/x_0$) es proporcional al esfuerzo de tensión por unidad de superficie aplicado (F/S) y es reversible, de manera que al cesar la fuerza deformante, el material vuelve a sus dimensiones iniciales.
- El **punto B es el límite superior de fluencia**. Antes de llegar a este punto (entre los puntos A y B) el material aún tiene un comportamiento elástico, si bien al cesar el esfuerzo deformante no recupera completamente su forma inicial. A partir de este punto, los aumentos de tensión se traducen en una deformación irreversible, es decir el material no vuelve a sus dimensiones originales y permanece una deformación remanente. Si se supera este valor, los componentes o las estructuras ya no podrán usarse de forma segura.
- El **punto C es el límite inferior de fluencia**. Es la tensión mínima en la zona de fluencia del material a continuación del límite superior de fluencia.
- En el **tramo entre B y D**, denominado estado de fluencia, o zona elastoplástica, la deformación aumenta rápidamente mientras la tensión fluctúa. Este tramo es característico de los aceros dulces, y no se da en los demás tipos de aceros.
- El **tramo comprendido entre D y E** se denomina zona de endurecimiento del material.
- Si **a partir del punto D** se sigue aplicando tensión, la deformación aumenta rápidamente hasta llegar al punto E donde rompe el material. La tensión necesaria (fuerza por unidad de superficie) se denomina “**carga de rotura**”.

La forma de la curva tensión – deformación de los aceros depende de su composición, ductilidad y fragilidad. Los aceros más deformables tienen la pendiente de la zona elástica (módulo de Young) mucho menor y los aceros más frágiles tienen una menor zona de endurecimiento. Los aceros dulces tienen, como se ha comentado, una zona elastoplástica y una elevada deformación antes de la rotura.

Este ensayo permite determinar diferentes características mecánicas de los materiales en general y de los aceros en particular, como son:

- **Módulo de elasticidad.** Cuantifica la proporcionalidad entre esfuerzo deformante y deformación. Es la pendiente de la recta tensión – deformación en la fase de comportamiento elástico del material.
- **Coefficiente de Poisson.** Describe la relación entre el alargamiento longitudinal experimentado por el material y la disminución de sección del material.
- **Límite de fluencia.** Se denomina también límite elástico aparente y es el valor de la tensión que soporta el material en el momento en el que alcanza el estado de fluencia. Este fenómeno tiene lugar en la zona de transición entre las deformaciones elásticas y plásticas y se caracteriza por un rápido aumento de la deformación sin que se aprecie un aumento de la carga aplicada.
- **Límite elástico.** Es la máxima tensión aplicable sin que se produzcan deformaciones permanentes en el material.
- **Carga de rotura.** Es la carga máxima que soporta el material sin romperse. Para su cálculo se considera la sección inicial de la probeta.
- **Alargamiento de rotura.** Incremento de longitud, expresado en porcentaje, que ha experimentado la probeta hasta su rotura.
- **Estricción.** Disminución de la sección, expresada también en porcentaje, experimentada por la probeta hasta su rotura.

b) Caracterización física.

La caracterización física de los aceros depende del uso al que vayan destinados, pero en general comprende las propiedades físicas indicadas en las tablas 4.5 y 4.6.

⁴⁶ La Ley de Hooke establece que, siempre y cuando las deformaciones producidas no pasen de un cierto límite, existe una proporcionalidad entre la tensión σ o fuerza aplicada por unidad de superficie, y la deformación producida ($\Delta x/x_0$):

$$\sigma = E \cdot (\Delta x/x_0)$$

siendo E un factor de proporcionalidad característico de cada material, que recibe el nombre de **módulo de elasticidad** o **módulo de Young**.

⁴⁷ El módulo de cizalla (G) está relacionado con el módulo de Young (E) y con el coeficiente de Poisson (ν) por medio de la ecuación:

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

⁴⁸ El índice de carbono equivalente (CEV) se calcula por medio de la siguiente expresión en la que [X] es el porcentaje presente en el acero del elemento X

$$CEV = [C] + \frac{[Mn]}{6} + \frac{[Cr] + [Mo] + [V]}{5} + \frac{[Ni] + [Cu]}{15}$$

Propiedad física	Unidades de medida	Ensayo	Descripción de la propiedad
Límite elástico.	Kg/mm ² Kg/cm ² N/mm ² MPa	Diagrama "tensión – deformación" Norma UNE-EN 10002-1 Norma ISO 6892-1 (ensayo a temperatura ambiente) Norma ASTM E8.	Es el punto del diagrama "tensión – deformación" en el que el acero deja de comportarse como un sólido elástico en el que, por tanto, la deformación es proporcional a la tensión aplicada y es reversible (deja de seguir la Ley de Hooke ⁴⁶). A partir de este punto, aumentos de la tensión se traducen en deformaciones permanentes (comportamiento plástico).
Resistencia a la tracción.			Carga de rotura por unidad de superficie tras ser sometido a un esfuerzo de tensión.
Módulo de elasticidad longitudinal (Módulo de Young).			Pendiente de la recta tensión – deformación en la fase de comportamiento elástico del acero. Propiedad intrínseca del material que da una idea de su rigidez estructural.
Módulo de cizalla. ⁴⁷			Mide la deformación que sufre el material cuando se somete a un esfuerzo de corte, es decir aplicado en dirección tangente a la superficie sobre la que actúa. Se conoce también como módulo de elasticidad transversal.
Coeficiente de Poisson.	Adimensional		Relación entre la disminución de sección de un material isótropo y lineal elástico con respecto al aumento de longitud del mismo cuando se somete a estiramiento. Se mantiene constante dentro del rango de comportamiento elástico.
Resiliencia.	J/mm ²	UNE EN ISO 148-1:2017 Ensayo de flexión por choque sobre una probeta entallada de medidas normalizadas.	La Resiliencia mide el grado de tenacidad o de ductilidad del acero a una determinada temperatura (generalmente temperatura ambiente, a 0°C, o a -20°C).
Tenacidad.	MPa.m ^{1/2}	ASTM E399-81.	La tenacidad define la medida de la resistencia que ofrece el material a la propagación de una grieta. La fractura del material se inicia en el lugar donde la concentración de tensión es lo más grande posible, y este lugar puede ser la punta de una microgrieta preexistente.
Dureza Brinell.	(HB)	EN ISO 6506-1:2005. Norma ASTM E10-08. Ensayo por indentación en el que se emplea una esfera de 10 mm de diámetro de acero o de carburo de wolframio. (Anexo III)	La dureza es una medida de la resistencia de un material a ser penetrado por otro.
Dureza Rockwell.	(HR)	EN ISO 6508-1:2017 Norma ASTM E10-08 Ensayo por indentación en el que se emplean tres tipos de indentadores: un cono de diamante; una esfera de acero de 1/16" de diámetro o una esfera de acero de 1/8" de diámetro. (Anexo III)	
Soldabilidad.			Evalúa la capacidad del acero para ser soldado. La soldabilidad depende tanto de las características del metal de base como de las características del aporte. Un parámetro que ofrece información sobre soldabilidad es el índice de carbono equivalente (CEV) ⁴⁸ que equipara las soldabilidades relativas de diferentes aleaciones de acero y las compara con las propiedades de un acero al carbono simple.
Índice de ductilidad.		Norma UNE-EN ISO 7438:2021	Informa sobre la capacidad para el doblado, es decir sobre la presencia o ausencia de grietas y fisuras tras el doblado del acero.

Tabla 4.6. Caracterización física de los aceros.

4.1.1.4. Propiedades de los aceros empleados en la fabricación de componentes de los moldes.

Los aceros más frecuentemente empleados en la fabricación de moldes son:

- Acero 1.2080
- Acero 1.1191 (CK45)

Acero 1.2080		
Clasificación.	Acero aleado para herramientas.	
Componentes del molde fabricados.	Punzones superiores e inferiores. Cuchillas. Placas "batentes".	
Composición química.	C 1,9 % a 2,2 %. Si 0,1 % a 0,6 %. Mn 0,2 % a 0,6 %. Cr 11,0 % a 13,0 %.	
Dureza Brinell (en suministro).	250 HB	
Resistencia a la tracción (N/mm ²).	850	
Densidad (g/cc).	7,70	
Calor específico a 20 °C (J/Kg °K).	460	
Resistividad eléctrica a 20 °C (Ω.mm ² /m).	0,65	
Módulo de Young a 20 °C (GPa).	215	
Conductividad térmica (W/m.°K).	Temperatura	Conductividad
	20	16,7
	350	20,5
	700	24,2
Coeficiente de dilatación (10 ⁶ °C ⁻¹).	Rango de temperaturas	Coef. dilatación
	20 – 100 °C	11,7
	20 – 200 °C	12,0
	20 – 300 °C	12,4
	20 – 400 °C	12,9
	20 – 500 °C	13,3
	20 – 600 °C	13,6
	20 – 700 °C	14
Aplicaciones	Herramientas de corte de alto rendimiento, herramientas de perforación, punzones, cuchillas de tijera, mandíbulas de cuchillo & punzones de cabeza, brochas, herramientas para estirar, matrices para estirar, rodillos anulares y fresas para madera.	

Tabla 4.7. Propiedades físicas del acero DIN 1.2080.

a) Acero 1.2080.

El acero 1.2080 es un acero para herramientas de tipo alto en carbono/cromo endurecido y con muy alta resistencia al desgaste. Se endurece al temple con baño de aceite con un cambio dimensional bajo. Posee una resistencia a la compresión muy alta.

En la tabla 4.7 se muestran las principales propiedades físicas del acero DIN 1.2080 y en la tabla 4.8 las equivalencias en diferentes sistemas de designación e identificación de aceros. identificarse los siguientes tramos y puntos:

Tratamiento	Temperatura	Enfriamiento
Recocido blando.	800 a 840 °C	Horno (enfriamiento lento)
Recocido para liberar tensiones.	650 a 700 °C	Horno
Temple.	930 a 960 °C	Aceite
	950 a 980 °C	Aire (*)
Revenido.	Temperatura	Dureza Rockwell (HRC)
	180 °C	61 - 63
	200 °C	61 - 63
	250 °C	60 - 62
	300 °C	59 - 61
	350 °C	58 - 60
	400 °C	57 - 59
	500 °C	53 - 55

(*) Hasta 30 mm de espesor

Tabla 4.8. Tratamientos térmicos del acero 1.2080.

España.	UNE 36011-12	F5212
Europa.	EN 10083	X210Cr12
Alemania.	DIN 17200	X210Cr12
	STAND N°	1.2080
Francia.	NF A35-552-86	X200Cr12
Italia.	UNI 7846	UX210Cr13KU
USA.	AISI/SAE	A681(D3)ASTM
Japón.	JIS	SKD-1

Tabla 4.9. Equivalencias internacionales del acero 1.2080.

b) Acero 1.1191.

En este texto nos referimos a este acero como **CK45**, porque es la denominación habitualmente utilizada en nuestro entorno industrial. Se trata de un acero templado y no aleado que suele emplearse frecuentemente en ingeniería mecánica general. Es adecuado para uso estructural de máquinas.

En la tabla 4.10 se muestran las principales propiedades físicas de este acero, en la tabla 4.11 sus tratamientos térmicos y en la 4.12 las equivalencias en diferentes sistemas de designación e identificación de aceros.

Acero 1.1191 (CK45)	
Clasificación.	Acero especial de calidad, no aleado.
Componentes del molde fabricados.	Placa Salvabanco. Placa expulsora. "Bloquetos". Matrices. Punzones inferiores con revestimiento de goma. Punzones superiores con revestimiento de goma. Placa superior magnética.
Composición química.	C 0,40 % a 0,50 %. Si 0,15 a 0,40 %. Mn 0,5 % a 0,8 %. P ≤ 0,035 %. S ≤ 0,035 %. C equiv. 0,4 %. Cr ≤ 0,4 %.
Dureza Brinell (en suministro).	172/242 HB
Dureza Vickers.	180/ 290 HV
Densidad (g/cc).	7,85
Calor específico (J/Kg °K).	460
Módulo de Young a 20 °C (GPa).	215
Conductividad térmica a 400 °C (W/m. °K).	41,0
Resistencia a la tracción (MPa).	640
Coefficiente de dilatación de 20 a 500 °C. (10 ⁻⁶ °C ⁻¹).	14,2
Soldadura.	Electrodo básico o hilo CO ₂ . Se recomienda precalentamiento entre 200 y 250 °C y enfriamiento lento.
Plegado.	Deficiente. Se puede mejorar la conformación aplicando recocido de ablandamiento o globular. Se recomienda conformar siempre en caliente.
Mecanización.	Precisa de tratamiento de recocido o estabilizado posterior al oxicorte para eliminar la dureza superficial resultante.
Templado.	Templa bien.
Aplicaciones.	Elementos de máquinas de buena resistencia. Bloques hidráulicos. Moldes y portamoldes. Se puede emplear para piezas templadas por inducción que requieran durezas superficiales de 55 HRC.

Tabla 4.10. Propiedades físicas del acero DIN 1.1191.

Tratamiento	Temperatura	Enfriamiento
Recocido de ablandamiento.	670 – 710 °C.	aire
Recocido globular.	710 °C 6 horas y	10 °C/hora hasta 650 °C
	670 °C 8 horas.	
Normalizado.	840 a 870 °C.	aire
Temple.	830 a 850 °C.	agua
	840 a 860 °C.	aceite
Revenido.	500 – 650 °C.	aire

Tabla 4.11 Tratamientos térmicos del acero 1.1191.

España.	UNE 36011-12	F1140
Europa.	EN 10083	C45E
Alemania.	DIN 17200	CK45
	STAND N°	1.1191
Francia.	NF A35-552-86	XC45
Italia.	UNI 7846	C45
USA.	AISI/SAE	SAE 1045
Japón.	JIS	S45C

Tabla 4.12. Equivalencias internacionales del acero 1.1191.

4.1.2. Gomas para punzones.

En la actualidad, se ha generalizado el uso de revestimientos de caucho vulcanizado para todo tipo de punzones, tanto los que conforman la cara noble de la baldosa como los que conforman las costillas que frecuentemente tienen compensación de aceite. Este tipo de punzones se denominan “isostáticos”.

Las gomas empleadas en el revestimiento de punzones son elastómeros uretánicos de gran resistencia a la tensión, elevada resistencia a la abrasión y elevado módulo de compresión, que se someten a un proceso de endurecimiento. En la actualidad se tiende a realizar este proceso a 100 °C en aplicaciones de gomas líquidas, independientemente del tipo de punzón de que se trate, y a 120 °C para láminas. En ambos casos se suele emplear un tiempo similar, cercano a 20 minutos. Las gomas empleadas se clasifican de acuerdo con su dureza SHORE, escala A⁴⁹, de acuerdo con las normas ISO 868; UNE 53130 y ASTM D 2240 medidas con durómetro Shore (Anexo VIII). Las gomas líquidas suelen dar un aspecto brillante, mientras que las gomas aplicadas en lámina presentan, tras el endurecimiento, un aspecto mate.

Las gomas utilizadas en el revestimiento de punzones (figura 4.3) tienen durezas Shore A comprendidas entre 85 y 100. Elevados valores de dureza dan comportamientos semejantes al metal en el proceso de prensado, es decir se obtienen texturas de gran calidad pero en cambio se ensucia el punzón con más facilidad, lo que dificulta el desmoldado. A medida que se desciende en la escala de dureza se aprecia una textura más rugosa, con un grano más marcado en la pasta prensada, pero sin embargo la adherencia del polvo de prensas es menor. Esta textura es muy visible cuando se emplean gomas con dureza inferior a 90 en la escala Shore A.

Por otra parte, a menor dureza se tiene una mayor elasticidad, por lo que para el prensado de baldosas con relieves pronunciados es aconsejable el empleo de gomas de menor dureza, más elásticas y por tanto de mejor desmoldado.

Algunos tipos de gomas pueden aplicarse sobre el punzón con espesores muy reducidos lo que aumenta considerablemente la rigidez y posibilita la consecución de mejores texturas en las piezas lisas. Este tipo de gomas tienden a desplazar a los punzones pulidos, pues con ellas es posible lograr la gran calidad de acabado de éstos, disminuyendo la adherencia del polvo.

Como ejemplo, en la tabla 4.13 se muestran las gomas que pueden ser empleadas en la elaboración de punzones, su dureza Shore A y su uso más frecuente. Estas gomas pueden aplicarse en láminas o en líquido (figura 4.4)

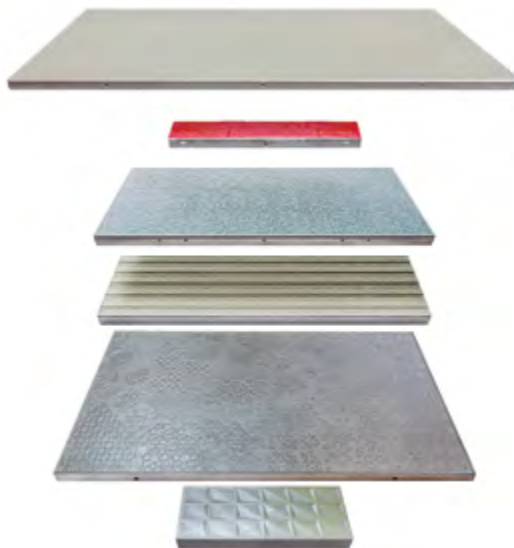


Figura 4.3. Punzones con revestimiento de goma de diferentes durezas.

⁴⁹ La dureza Shore es una dureza al rebote. El ensayo se realiza mediante un durómetro Shore tipo PB a una temperatura de 20 ± 2 °C en probetas recién vulcanizadas y tres días después del endurecimiento. En cada probeta se realizan tres ensayos en distintos puntos separados entre sí, y de los bordes, al menos 5 mm aplicando un peso constante de 1 Kg durante tres segundos.

Presentación		Color	Dureza Shore A	Usos más frecuentes	
Lámina ^[30] .		Azul.	95	Punzones no isostáticos, lisos o con relieve y piezas especiales.	
		Rojo.	90		
		Verde.	95		
		Roja.	85	Punzones isostáticos.	
		Gris.	85		
		Verde.	85		
Líquido.	Polímero (termoestable).	Incoloro (*)	95	Punzones de cara buena (liso o relieve).	
			92		
			90		
		Rojo.	92		
	Elastómero (termoplástico)	Verde.	88	Punzones de las costillas (compensación hidráulica).	Rígidos, MGPV; MGPVT; MRPV. MGV-1M; MGV-2M.

(*) Según el endurecedor empleado, las gomas incoloras pueden presentar, una vez vulcanizadas, una tonalidad amarilla muy marcada o tenue (champaña).

Tabla 4.13. Durezas y colores de gomas para punzones.

En general, se emplean dos tipos de gomas, **polímeros y elastómeros**. Los polímeros empleados son termoestables y se emplean en la cara noble de las baldosas, tanto en liso como en relieve. No son atacables por el aceite. Los elastómeros se emplean en la cara de las costillas, son termoplásticos y se reciben en diferentes durezas, pero se mezclan para obtener una dureza SHORE A de 88⁵⁰ que es la empleada en la cara de relieve de dorso.



Figura 4.4 Diferentes tipos de gomas para recubrimiento de punzones.

⁵⁰ Generalmente se mezclan dos gomas de durezas 90 y 83 para obtener la goma de dureza 88.

4.1.2.1. Gomas en lámina.

Algunos fabricantes sirven el caucho **en láminas** (figura 4.5) de diferentes colores según su dureza Shore . Estas láminas se sirven en formatos rectangulares, de 40 x 90 cm y de 2 mm de espesor, y se almacenan en arcones congeladores a temperaturas entre -10 y -15 °C, ya que a temperatura ambiente pierden rápidamente sus propiedades. Para su aplicación, deben descongelarse previamente de forma natural. Debe tenerse en cuenta que este proceso depende mucho de la temperatura ambiente, por lo que deben adaptarse los tiempos a ésta para evitar defectos de la goma en el endurecido como pliegues, ampollas, piel de naranja, etc.



Figura 4.5 Goma para punzones en lámina.

4.1.2.2. Gomas para aplicación en líquido.

Las gomas pueden aplicarse también **en líquido**. Se trata de mezclas de resinas sintéticas fundidas, con cuya dosificación es posible ajustar exactamente las propiedades de la goma. Este tipo de gomas se aplican con mayor frecuencia en moldes, especialmente en punzones de formatos medianos y grandes.

Las gomas de aplicación líquida se sirven sólidas en bidones de 200 kg o de 25 kg, en los que se almacena a temperatura ambiente (figura 4.6).



Figura 4.6 Bidones de almacenamiento de las gomas para aplicación en líquido.

4.2. PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA PLACA SALVABANCO Y DE LA PLACA EXPULSORA.

Tanto la placa salvabanco como la placa expulsora se fabrican (figura 4.7) a partir de láminas de acero DIN CK 45 de 48, 55 y 65 mm de espesor, como valores de fabricación más habituales, que se reciben con las dimensiones requeridas más creces. Estas placas se someten a un mecanizado de desbaste en las superficies superior e inferior; longitudinal y lateral, en la fresadora de control numérico (figura 4.8) de donde pasan al taladro, (figura 4.9) en el que se realizan los orificios necesarios, que son, entre otros, los requeridos para el asiento de los pistones de extracción, del fuelle, desaireación y sujeción de las pilastras y de las cajeras, etc. El último mecanizado a las dimensiones exactas tiene lugar en la rectificadora de abrasión superficial, y tiene por objeto el acabado de la superficie con el espesor y la planitud requerida.

Debe tenerse en cuenta que las placas pueden recibirse rectificadas, con lo cual el proceso se simplifica, siendo entonces innecesarias todas las operaciones de rectificado (enlaces 4.1 y 4.2) que se encuentran en el recuadro de la línea de puntos de la figura 4.7.

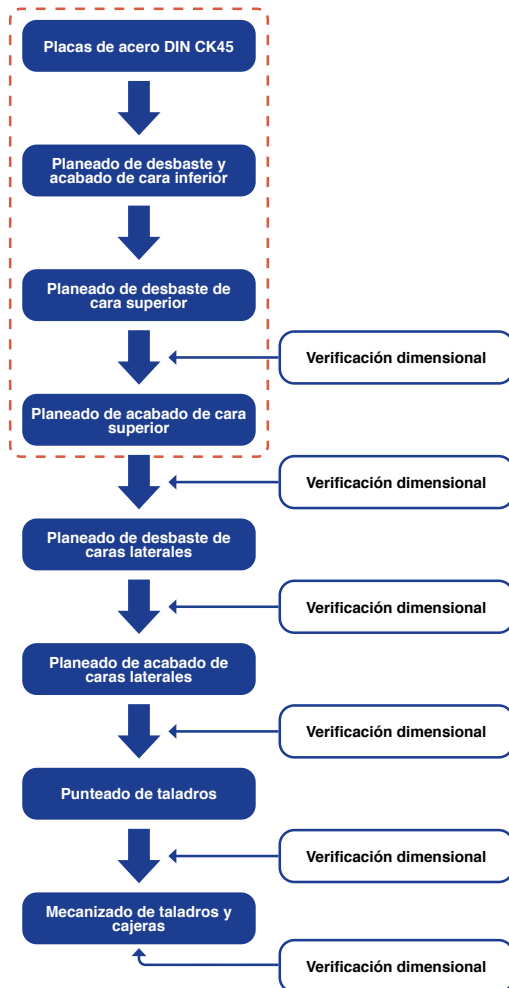


Figura 4.7 Proceso de fabricación de la placa salvabanco y de la placa expulsora.



Figura 4.8. Fresado de desbaste de una placa salvabanco.



Figura 4.9. Taladrado de la placa salvabanco con taladradora de control numérico.



En código QR adjunto tienes un enlace a un vídeo que muestra una fresadora puente mecanizando una placa salvabanco. Enlace 4.1



En código QR adjunto tienes un enlace a un vídeo que muestra el rectificado de una placa. Enlace 4.2



Figura 4.10. Taladro de cañón.

En los moldes actuales todas las conducciones neumáticas para la limpieza de moldes e hidráulicas, como por ejemplo el circuito de extracción de los dobles moldes, situado en la parte superior de éstos, se taladran en el interior de las placas que componen el molde. Esta operación se realiza mediante taladros especiales, denominados de cañón como el que se muestra en la figura 4.10. La principal diferencia entre este tipo de taladrado y el convencional está en la profundidad de taladrado que se puede alcanzar, para lo que se emplean brocas especiales de perforación profunda.

4.3. PROCESO DE FABRICACIÓN DE LOS “BLOQUETOS”.

El proceso de fabricación de los “bloquetos” (figura 4.11) comprende las operaciones descritas para las placas salvabanco y expulsora y, además, el mecanizado de las ranuras para el asiento de las bobinas magnéticas y el taladrado de los asientos de las resistencias de calefacción.

4.4. PROCESO DE FABRICACIÓN DE LOS MARCOS DE FUELLES.

El marco del fuelle (figura 4.13) se fabrica a partir de ángulos que se sueldan y taladran, según el proceso descrito en las figura 4.12.

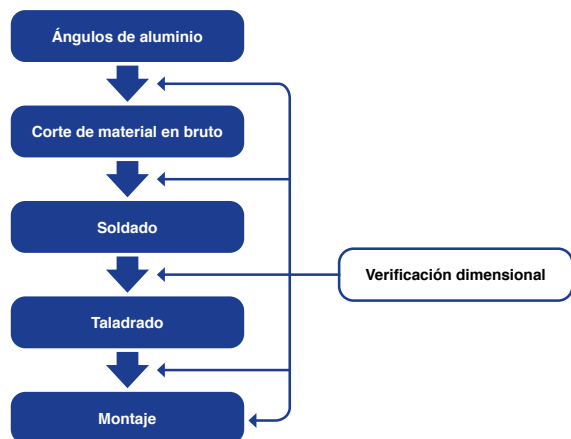


Figura 4.12. Proceso de fabricación del marco del fuelle.

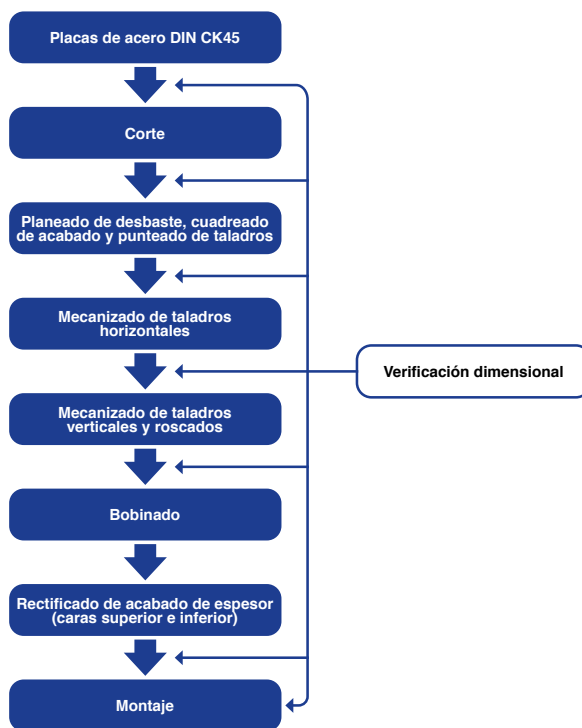


Figura 4.11. Proceso de fabricación de los “bloquetos”.



Figura 4.13. Montaje del fuelle.

4.5. PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA MATRIZ.

La mayoría de ellas se fabrican según el esquema que se muestra en la figura 4.14 a partir de láminas de acero DIN CK45 de diferentes espesores, según formato, que se reciben con las dimensiones requeridas, y en las que ya se han practicado los alvéolos por oxicorte. Estas placas se someten también al mecanizado de arranque de viruta en superficie, longitudinal y lateral en la fresadora de control numérico (figura 4.15); al taladrado y al mecanizado a las dimensiones exactas, de nuevo en la rectificadora de abrasión superficial (figura 4.16). El último paso en el proceso de elaboración de la matriz es el ajuste de las cuchillas, que es diferente si se trata de las cuchillas fijas tradicionales o del sistema implantado por MACER de cuchillas extraíbles.

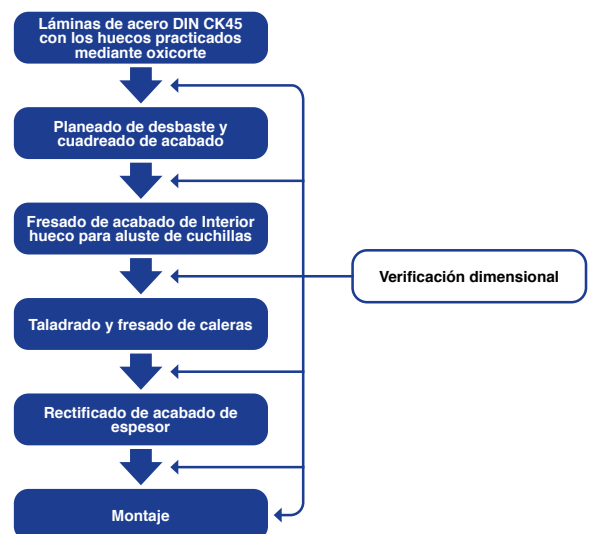


Figura 4.14. Proceso de fabricación de la matriz.



Figura 4.15. Fresado de la matriz.



Figura 4.16. Rectificadora de abrasión superficial.

4.6. PROCESO DE FABRICACIÓN DE LAS CUCHILLAS.

En el capítulo anterior se han descrito los diferentes tipos de cuchillas y se han clasificado. Puedes consultar esta clasificación en la tabla 3.5. Por su parte, en este capítulo vamos a describir los procesos de fabricación de cada una de estas tipologías de cuchillas.

4.6.1. Proceso de fabricación de las cuchillas fijas.

En la figura 4.18 se muestra el diagrama de flujo del proceso de fabricación y montaje de las cuchillas fijas.

Las cuchillas se fabrican a partir de barras o planchas de acero laminado DIN 1.2080 en bruto que se cortan con el equipo de corte automático con sierra a las dimensiones requeridas. Los cortes se realizan con creces mediante equipos de mecanizado por control numérico, que realizan posteriormente el taladrado de los orificios de sujeción. A continuación se procede al templado.

Hay que tener en cuenta que durante la operación de templado se pueden provocar variaciones en la geometría de la cuchilla, lo que provoca un cierto número de rechazos, dada la estricta precisión dimensional que se requiere en estos componentes del molde.



Figura 4.17. Cuchillas para una salida de 31 x 90

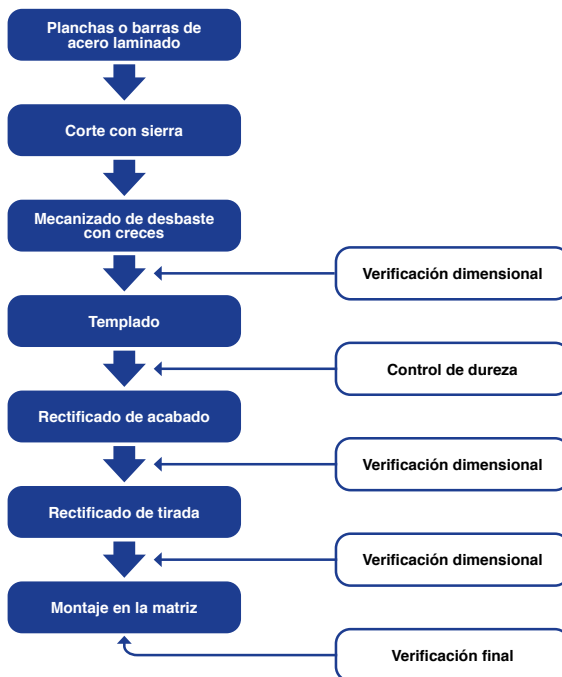
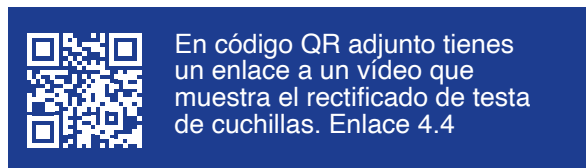
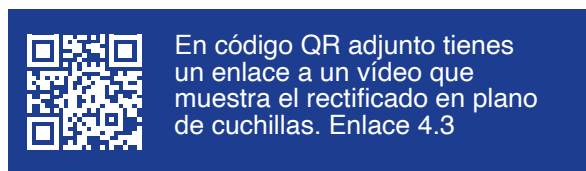


Figura 4.18. Proceso de fabricación de las cuchillas fijas.

Tras el templado, que tiene por objetivo mejorar las propiedades mecánicas del metal, las cuchillas se rectifican a las dimensiones nominales, y se les da la conicidad (“tirada”) y los radios requeridos, tras lo que se repasan las roscas, tarea necesaria tras el taladrado, y se procede a su laborioso anclaje en el marco. Naturalmente, es imprescindible que el mecanizado interior de los alvéolos se haga con extrema precisión.

Con posterioridad a cada operación es necesario realizar la verificación dimensional con la precisión exigida en los procedimientos, para asegurar que las dimensiones de las piezas semielaboradas se ajusten a los requerimientos dimensionales establecidos en los planos. La verificación se realiza habitualmente mediante equipos de medida de precisión, como micrómetros, pie de rey y palpadores digitales (Enlace 4.5.). Tras el temple, se realiza un control de dureza.



En código QR adjunto tienes un enlace a un vídeo que muestra una proceso de centrado mediante palpadores digitales. Enlace 4.5

4.6.2. Proceso de fabricación de las cuchillas intercambiables rectificadas.

Estas cuchillas se fabrican, según el diagrama mostrado en la figura 4.19, a partir de barras de acero laminado que se cortan en bruto. Mediante mecanizado – fresado se obtiene la preforma con los taladros. Este mecanizado se realiza con creces, es decir, con un ligero incremento para compensar la variación dimensional que tendrá lugar con el templado. Tras el mecanizado se realiza un control dimensional de las cuchillas y se procede al templado, con el que se consigue una dureza de 60-62 HRC. A continuación, es necesario un rectificado de espesor, que queda con 0,1 mm de creces, y también de anchura, que, en cambio, queda ya a la medida nominal. Se realiza el corte al hilo de las uniones en cola de milano y posteriormente se rectifica la conicidad (“tirada”), se montan y se rectifica el espesor. La unión mediante cola de milano sólo se realiza para las cuchillas extraíbles.

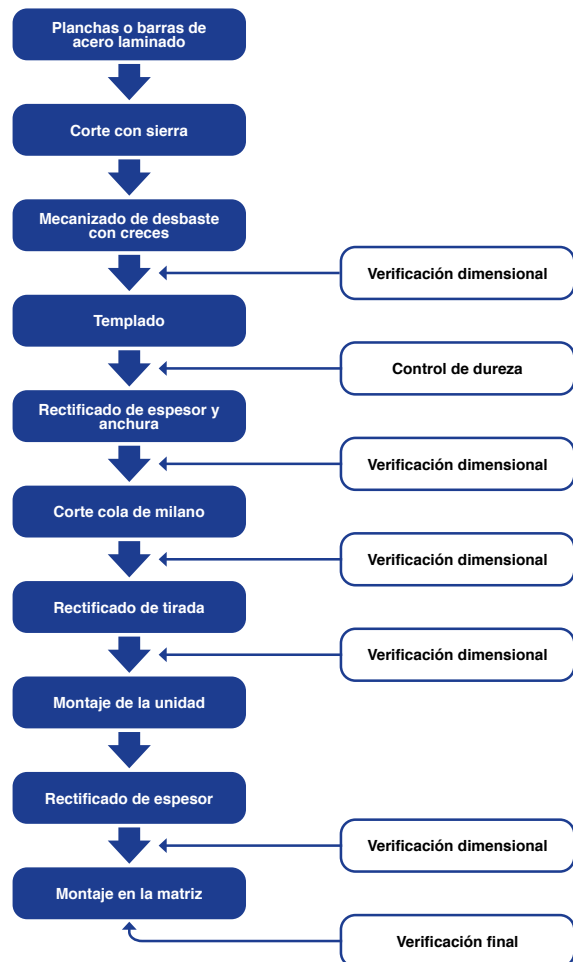


Figura 4.19. Proceso de fabricación de las cuchillas intercambiables rectificadas

Las figuras 4.20; 4.21; 4.22 y 4.23 muestran gráficamente el proceso de montaje de estas cuchillas al marco.

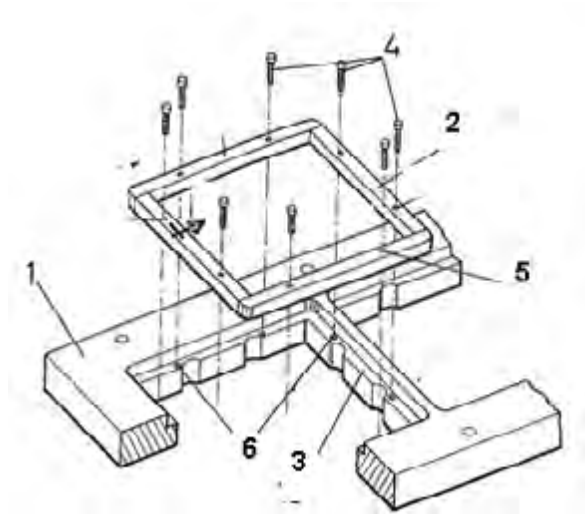


Figura 4.20. Montaje de cuchillas extraíbles en la matriz

- 1 Marco de las cuchillas
- 2 Cuchillas
- 3 Asiento de fijación
- 4 Tornillos de fijación
- 5 y 6 Orificios roscados



Figura 4.21. Proceso de montaje de las cuchillas intercambiables rectificadas (1).

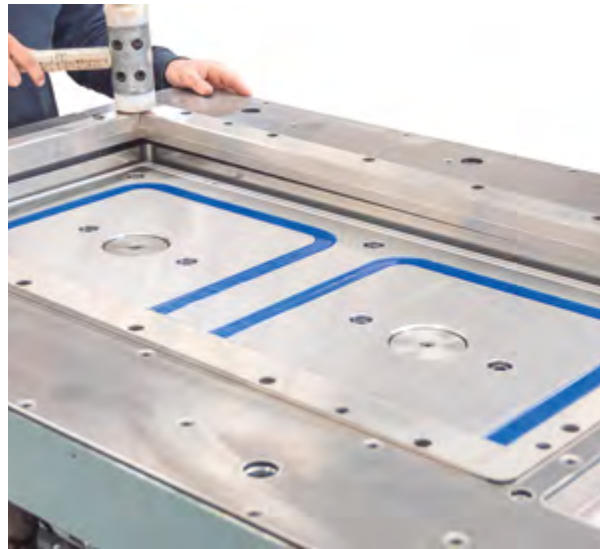


Figura 4.22. Proceso de montaje de las cuchillas intercambiables rectificadas (2).



Figura 4.23. Proceso de montaje de las cuchillas intercambiables rectificadas (3).

4.6.3. Proceso de fabricación de las cuchillas rectificadas – cortadas al hilo.

El proceso de fabricación (figura 4.24) es similar al de las cuchillas rectificadas. Las planchas o barras de acero laminado se cortan y mecanizan para elaborar la preforma con creces y luego se templan. Tras el posterior rectificado, se montan y se rectifica de nuevo el conjunto para ajustar el espesor a las medidas establecidas. La siguiente etapa de corte con hilo (figura 4.25, 4.27 y enlace 4.6) permite obtener los perfiles interiores irregulares. La tirada se obtiene por electroerosión (figura 4.26) o por fresado. Finalmente el conjunto se somete a granallado y se montan al marco. El granallado es una técnica de limpieza superficial por el impacto de partículas abrasivas proyectadas a gran velocidad (entre 65 y 110 m/s) sobre una superficie metálica, con la que es posible lograr un excelente acabado superficial.

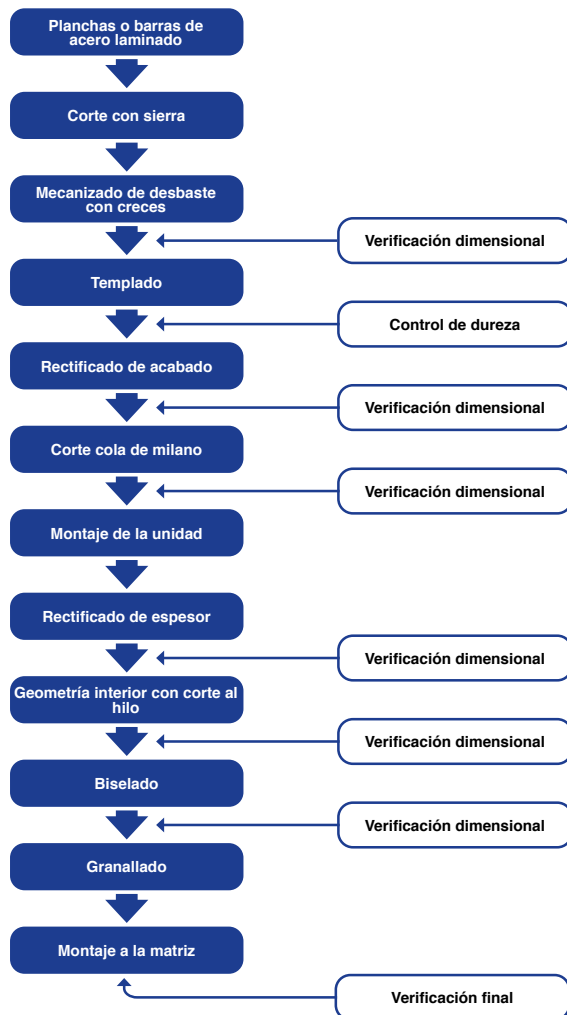


Figura 4.24. Proceso de fabricación de las cuchillas desmontables – extraíbles MRCMH.



En código QR adjunto tienes un enlace a un vídeo que muestra un proceso de corte con hilo de unas cuchillas extraíbles. Enlace 4.6



Figura 4.25. Corte con hilo.

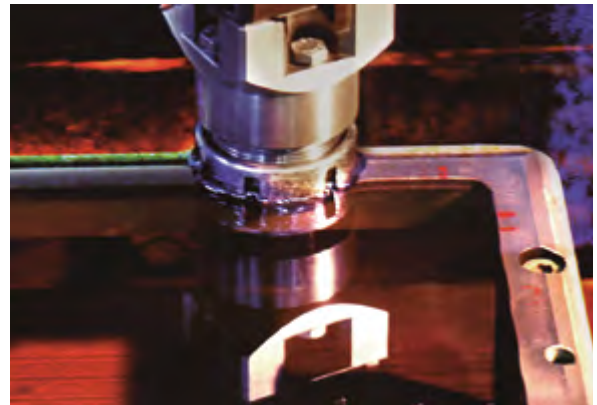


Figura 4.26. Electroerosión.



Figura 4.27. Máquina de corte con hilo.

4.6.4. Proceso de fabricación de las cuchillas cortadas al hilo.

Las denominadas “cuchillas cortadas al hilo” son cuchillas extraíbles formadas por una única pieza que limita cada uno de los alvéolos del molde. Estas cuchillas se fabrican a partir de una plancha cortada al hilo por su interior.

En la figura 4.28 se muestra el diagrama de flujo del proceso de fabricación de este tipo de cuchillas.

Se emplean planchas de acero laminado DIN 1.2080 que se cortan con el equipo de corte en sierra y se mecanizan mediante la fresadora de control numérico hasta unas dimensiones con creces. Se realiza después el taladrado de la pieza, según plano, ya que tras el templado será, como es sabido, mucho más difícil.

Tras el tratamiento al temple de estas cuchillas se obtiene una dureza Rockwell de 58-60 HRC, que es ligeramente inferior a la dureza obtenida en las cuchillas rectificadas (MRC), con el objeto de evitar su ruptura en el proceso de corte al hilo. Después del temple se procede al rectificado a las dimensiones establecidas de espesor, medida y cuadratura, con una precisión de $\pm 0,01$ mm.

La parte interior de la cuchilla se realiza en dos etapas. Se procede en primer lugar a la formación de la superficie interior mediante el equipo de erosión de hilo, y posteriormente el separador con erosión de penetración si lo requiere ya que, recordemos, no todas las cuchillas tienen separador.

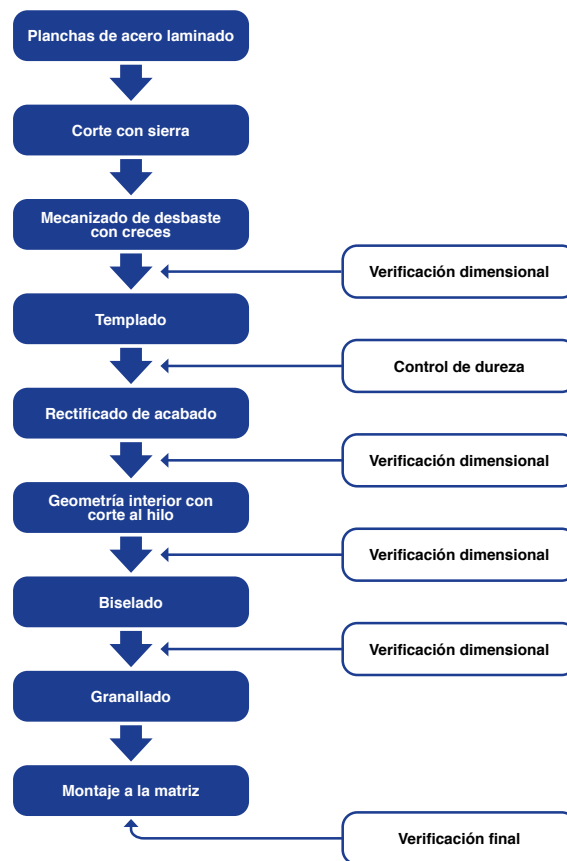


Figura 4.28. Proceso de fabricación de las cuchillas cortadas al hilo (MH).

4.6.5. Proceso de fabricación de las cuchillas antidesgaste.

Tal como se ha descrito en el capítulo 3, las cuchillas denominadas genéricamente “antidesgaste” se obtienen a partir del recubrimiento de sustratos de acero sin templar. De esta manera se tienen dos tipos de cuchillas: las “cuchillas con recubrimientos mediante HVOF” y las “cuchillas con insertos de carburo de tungsteno”.

Las “**cuchillas con recubrimientos mediante HVOF**” son también extraíbles, por lo que el proceso de fabricación es similar a las descritas en ese apartado, incorporando la etapa de aplicación de una capa de recubrimiento antidesgaste mediante proyección por hipervelocidad descrita en el capítulo 3. En este proceso se parte de planchas o barras de acero laminado en bruto que son cortadas y mecanizadas tal como se ha descrito, realizando un rebaje en las zonas sometidas a fricción, de profundidad igual o superior al máximo desgaste admisible.

Pueden fabricarse “**cuchillas antidesgaste con insertos de carburo de tungsteno (WC)**” tanto en **cuchillas fijas** como en **cuchillas extraíbles**. Las operaciones básicas del proceso son las mismas excepto en lo que se refiere a la unión de cuchillas, que en las extraíbles se realiza, como se ha comentado, mediante cola de milano, y en las fijas se montan a mano en el hueco mecanizado en el marco mediante tornillos en taladros horizontales y/o taladros en los extremos de las cuchillas largas, dependiendo del formato. En ambos procesos (figura 4.29 y 4.30), se parte también de planchas o barras de acero laminado en bruto que son cortadas, mecanizadas y templadas tal como se ha descrito, realizando un alojamiento para insertar las láminas de tungsteno y posteriormente se trata la superficie para mejorar la adherencia del recubrimiento de los insertos de carburo de wolframio rectificadas que se unen rígidamente a las cuchillas de acero. Tras la unión del recubrimiento se realiza el corte de la unión de cola de milano en las cuchillas extraíbles, se rectifican las medidas a los valores especificados en el plano y se rectifica el bisel, tras lo cual se realiza el rectificado de espesor y el montaje en la matriz.

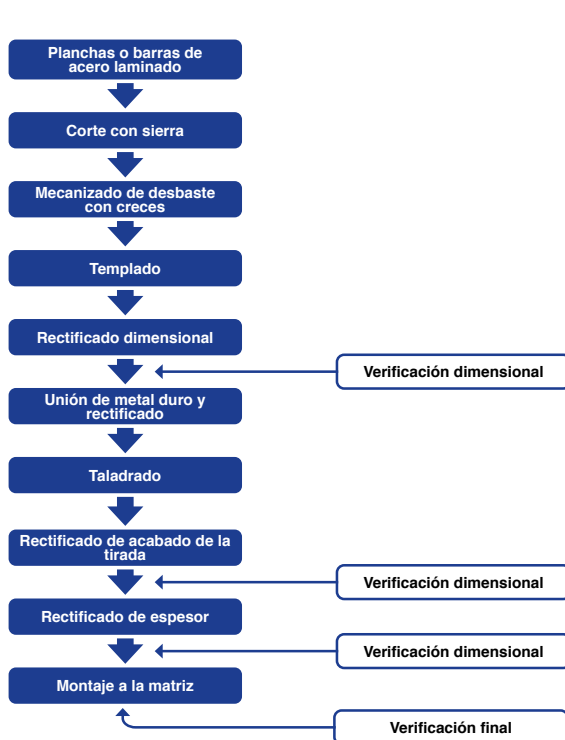


Figura 4.29. Proceso de fabricación de cuchillas fijas antidesgaste con insertos de carburo de tungsteno.

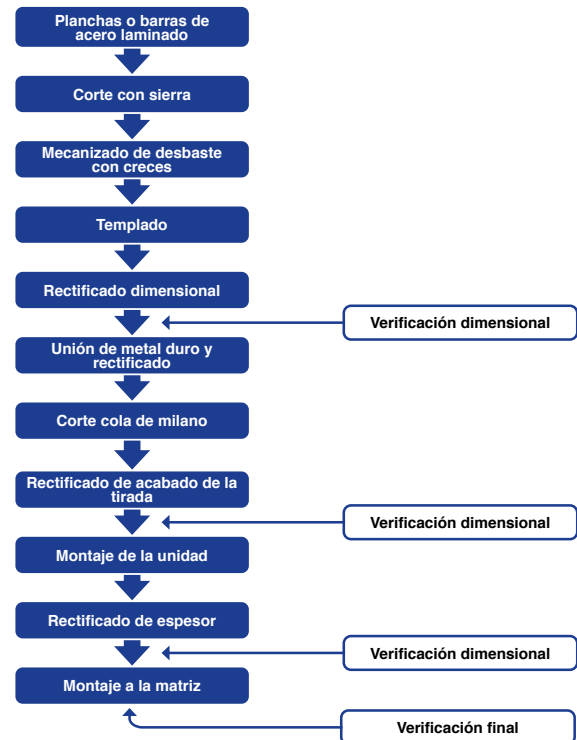


Figura 4.30. Proceso de fabricación de cuchillas extraíbles antidesgaste con insertos de carburo de tungsteno

4.7. PROCESO DE FABRICACIÓN DE LOS PUNZONES.

Los punzones (figura 4.31 y 4.32) se fabrican a partir de planchas de acero DIN CK45 o DIN 1.2080 en bruto que se cortan mediante oxicorte o mediante sierra (figura 4.33 y enlace 4.7) a las medidas nominales del punzón más creces de 4 a 5 mm en el espesor y 10 mm en los lados.



Figura 4.31. Punzones en proceso.



Figura 4.32. Punzones con perfil sin fin.

Las planchas se sirven con espesores estándar. Para la fabricación de los punzones se emplean los indicados en la tabla 4.14 eligiéndose los de mayor espesor para punzones de grandes formatos.

Tipo de molde.	Punzón.	Espesores de plancha (mm).
Penetrante.	Superior.	55
	Inferior.	30 - 35
Doble molde.	Superior.	30 - 35
	Inferior.	40 - 45
Espejo penetrante	Superior.	40 - 45
	Inferior.	40 - 45

Tabla 4.14. Espesores de las planchas de acero en bruto.



Figura 4.33. Corte de las planchas de acero en bruto con sierra.



En código QR adjunto tienes un enlace a un vídeo que muestra un proceso de corte de planchas de acero mediante sierra. Enlace 4.7

Las planchas cortadas se fresan para obtener la forma requerida del punzón. La operación se denomina mecanizado de desbaste, ya que en ella no se llega a las dimensiones finales de la pieza, que se deja con creces, y se realiza con una fresadora de control numérico. A continuación se taladran los orificios de roscado y de manipulación. Además en los punzones isostáticos deben taladrarse los orificios de la válvula de llenado y de desaireación.

Las tres operaciones anteriormente descritas son comunes a todos los punzones. A partir de este punto las operaciones del proceso de fabricación son diferentes según el tipo de punzón de que se trate y se describirán por separado.

4.7.1. Proceso de fabricación de los punzones templados y pulidos.

El proceso se muestra esquematizado en la figura 4.34. Estos punzones se fabrican con planchas de acero DIN 1.2080. Después de las operaciones de corte, mecanizado de desbaste y taladrado de las planchas de acero, se procede al vaciado y biselado de desbaste del punzón de la cara noble de la baldosa, mediante fresado. A continuación el punzón se temple. Esta operación consiste en un calentamiento controlado hasta 940 - 970 °C, seguido de un enfriamiento brusco en aceite o en baño de sal, con lo que el metal alcanza una dureza comprendida entre 56 y 58 HRC.

Tras el temple, le siguen las operaciones de acabado de espesor, mediante rectificado con muelas abrasivas, y de acabado de las medidas de los lados, es decir, acabado de cuadratura, con fresado de contorneado. Se da a continuación la forma definitiva al perfil interior del punzón con los acabados de vaciado y biselado mediante fresado. Finalmente se pule la superficie del punzón en la rectificadora.

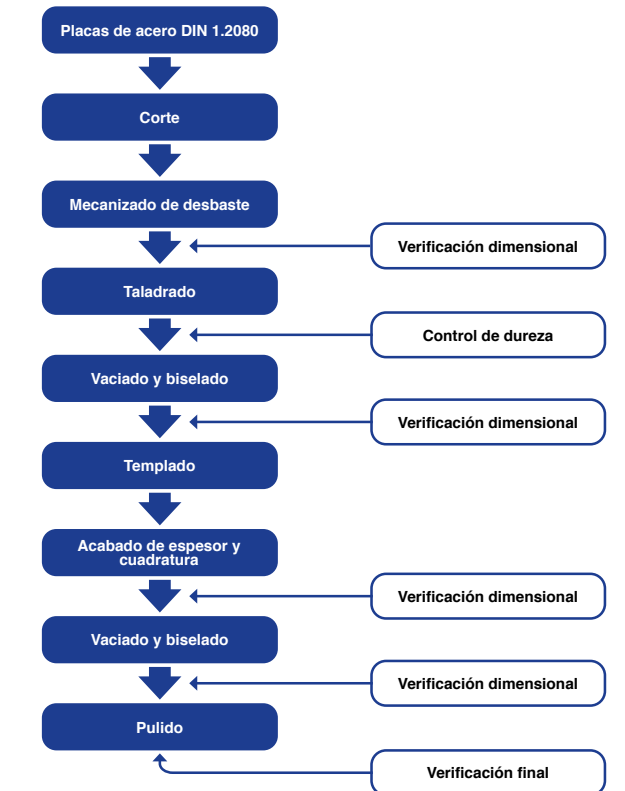


Figura 4.34. Proceso de fabricación de punzones templados y pulidos,

4.7.2. Proceso de fabricación de los punzones con goma.

El proceso de fabricación de los punzones revestidos con goma (figura 4.35) tiene un buen número de etapas comunes a todas las diferentes tipologías ya descritas, aunque presenta significativas diferencias si los punzones van equipados con un sistema de compensación (punzones isostáticos) o no, por lo que se describen por separado.

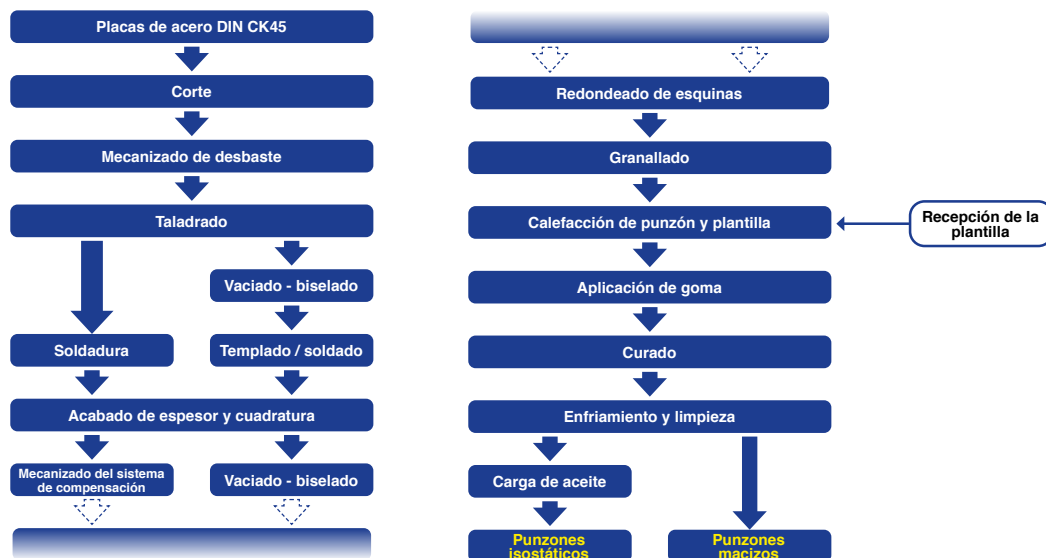


Figura 4.35. Procesos de fabricación de punzones con goma.

4.7.2.1. Punzones macizos con goma.

Los **punzones con revestimiento de goma y sin compensación de aceite**, que llamaremos “punzones macizos”, se emplean en la mayoría⁵¹ de los punzones de la cara noble de la baldosa y también en los punzones de las costillas de algunos revestimientos y de formatos pequeños, en los que no se considera necesario, o no es aconsejable⁵², el efecto isostático.



Figura 4.36. Cordón perimetral de soldadura.

⁵¹ Sin embargo, en la actualidad se tiende a instalar punzones isostáticos también en la cara noble de moldes para baldosas con efecto piedra o con relieves muy pronunciados.

⁵² No siempre es aconsejable utilizar punzones isostáticos si las baldosas van a recibir un tratamiento de lapado tras la cocción, ya que las pequeñas diferencias de espesor que provoca la compensación isostática se harán visibles tras el tratamiento.

Se fabrican también a partir de planchas de acero DIN CK45 que se cortan, fresan y taladran, tal como se ha descrito. Tras estas operaciones se procede al vaciado y biselado de desbaste.

Existen dos procedimientos para reforzar las partes expuestas a un mayor desgaste de estos punzones, dependiendo del tipo de acero empleado en su fabricación. En los punzones fabricados con acero DIN 1.1191 (es decir F-114 o CK45) puede añadirse un cordón de soldadura perimetral (figura 4.36) de un material de mayor dureza y nunca se templen. Por su parte, en los punzones fabricados con acero DIN 1.2080 se puede temprar el punzón según el procedimiento descrito pero nunca se añade el cordón de soldadura.

El tipo de soldadura utilizada para el endurecimiento del perímetro de los punzones de acero DIN 1.1191 es la soldadura MAG (Metal Active Gas). Este tipo de soldadura, con protección de gas y electrodo consumible, se aplica casi exclusivamente a los aceros al carbono y con baja aleación. El gas más comúnmente utilizado es argón con un porcentaje de CO_2 que varía de un 15 a 25 %.

Con independencia del procedimiento de reforzado que se emplee, el punzón debe rectificarse a continuación a las dimensiones nominales, mediante las operaciones de acabado de espesor, acabado de cuadratura y vaciado – biselado final. El punzón tendrá, tras estas operaciones, las dimensiones especificadas en el plano, con una tolerancia de $\pm 0,02$ mm. Sólo resta el acabado del bisel de las esquinas, donde no ha sido posible acceder con las herramientas empleadas en estas operaciones, para lo que se utilizan muelas de reducidas dimensiones. Tras estas operaciones el punzón está listo para recibir el recubrimiento de goma.

4.7.2.2. Punzones isostáticos.

Los punzones isostáticos tienen un proceso de fabricación análogo hasta llegar al punto descrito en el apartado anterior, pero no se templen, ya que se fabrican con acero DIN 1.1191. Así pues, la mejora de las características mecánicas de las partes expuestas a rozamiento se hace en estos punzones por adición de un cordón de soldadura. Debe tenerse en cuenta que tras el temple no es posible el mecanizado del sistema de compensación.

Tras las operaciones ya descritas de acabado de espesor y de cuadratura, se procede al mecanizado del sistema de compensación mediante la fresadora de control numérico (figura 4.37). En los punzones de rejillas tipo MRPV, debe realizarse también el taladrado de los conductos de interconexión de las cámaras. Posteriormente se realiza el acabado de las esquinas con muelas de menor tamaño.



Figura 4.37. Mecanizado del sistema de compensación de aceite en punzones isostáticos de rejilla tipo MRPV.

La superficie donde se aplicará la goma se somete a una limpieza abrasiva que recibe el nombre de “granallado”, arenado o chorreado. El negativo del relieve se realiza sobre la goma en el proceso de endurecimiento o curado en prensa. Es necesario, por tanto, el concurso de una plantilla metálica, de aluminio o de baquelita, con el positivo del relieve, para transferir la forma a la goma, que en un mismo proceso se vulcanizará y adherirá al punzón. Ya se vio en el capítulo 2 el proceso de elaboración de estas plantillas.

Una vez realizadas las operaciones de preparación, el punzón y la plantilla se calientan a temperaturas próximas a los 100 °C en una placa calefactora como paso previo a la aplicación de la goma.

4.7.2.3. Preparación y aplicación de las gomas.

Ya se ha indicado que existen dos tipos de aplicación de gomas para punzones: la **aplicación en lámina**, y la **aplicación líquida** de resinas sintéticas fundidas, que generalmente se emplea para los punzones isostáticos, punzones de grandes formatos y punzones con relieve, independientemente del formato, y presenta un magnífico pegado al metal. La máquina de dosificación de gomas líquidas (figura 4.38) es alimentada con un número limitado de gomas estándar, que se almacenan en depósitos calefactados a 85 °C, con una capacidad entre 50 y 200 litros, equipados con bomba de vacío para evitar la presencia de burbujas de aire ocluido en la goma y con circuitos independientes. Un programa permite la dosificación de diferentes recetas de gomas, preprogramadas a partir de mezclas de las composiciones estándar, de forma que es posible establecer exactamente las propiedades de la mezcla a partir de las propiedades individuales de cada una de las gomas que la forman.

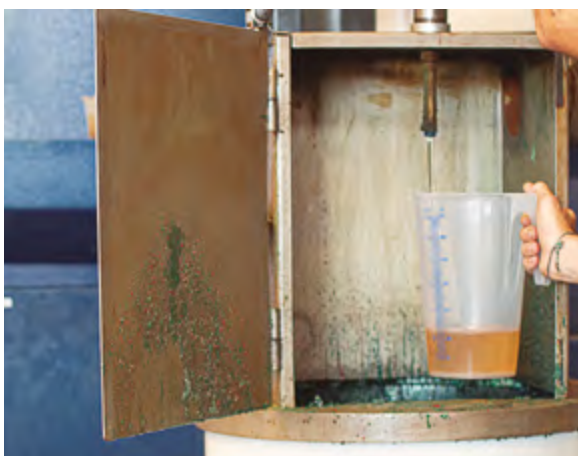


Figura 4.38. Dosificación de gomas líquidas para punzones.

a) Endurecedores para gomas aplicadas en líquido.

Las gomas aplicadas en líquido se dosifican con la adición de un agente endurecedor, llamado también “curativo” o “agente de curado” que actúa como expansor de las cadenas del polímero o del elastómero. Los agentes empleados son MOCA® y ETHACURE 300®. En la tabla 4.15 se muestran algunas de las propiedades fisicoquímicas de ambos agentes de curado.

Propiedades	MOCA	ETHACURE 300
Fórmula química.	$C_{13}H_{12}N_2Cl_2$	$C_9H_{14}N_2S_2$
Peso molecular.	267,16	214,36
Peso equivalente.	133,5	107
Presentación comercial.	Pellets amarillos.	Líquido amarillento claro.
Densidad (g/cc - 20 °C).	1,44 (sólido)	1,208 (líquido)
Densidad (g/cc - 107 °C).	1,26 (líquido)	-
Rango de fusión (°C).	98 a 102	-
Temperatura de ebullición (°C).	-	200 °C

Tabla 4.15. Propiedades de los endurecedores empleados para gomas líquidas.

En la actualidad el endurecedor MOCA® se encuentra en fase de sustitución total por ETHACURE 300® [4] (dimetiltoluidiamina) que es una diamina aromática líquida, de baja toxicidad y fácil manejo, muy conocida y empleada en la industria de los poliuretanos. Este material, en las proporciones adecuadas, actúa como un eficaz endurecedor. Los polímeros curados con ETHACURE 300® muestran una elevada resistencia mecánica y dureza así como una buena resistencia química. Durante el proceso de curado, presenta unos tiempos de trabajo compatibles con el proceso de fabricación de los punzones.

Ambos endurecedores requieren diferentes parámetros de trabajo (temperatura, tiempos de espera y de prensado y presión) y tienen diferentes efectos sobre la goma vulcanizada. ETHACURE 300® permite trabajar a menor temperatura y requiere diferentes tiempos de endurecimiento, y por tanto deben ajustarse para cada caso. Presenta una mejor definición de los relieves, por lo que es más adecuado para punzones con relieves, especialmente cuando son muy acentuados. Por su parte, MOCA® permite un desmoldado más rápido y colorea de amarillo las gomas incoloras (ver tabla 4.14).

Las gomas que se aplican en estado líquido se sirven en estado sólido, almacenadas en bidones. Para su uso, se someten a un calentamiento de 8 horas, entre 80 y 90 °C en horno, y luego se trasladan a la máquina dosificadora (figura 4.38) por medio de una bomba de vacío, donde se programa la dosificación de la mezcla del endurecedor y de la composición de la goma, o varias gomas, para lograr una dureza y propiedades determinadas. Estas máquinas son diferentes para cada tipo de endurecedor empleado, de hecho la MOCA® debe disolverse a 120 °C para luego mezclarla con el prepolímero en la cámara de mezclado de la máquina dosificadora y el ETHACURE 300®, por su parte, se trabaja a temperatura ambiente. La cantidad total de mezcla dosificada para cada punzón depende lógicamente de su formato, de la profundidad mecanizada en él, y de los relieves, si los hay, por lo que debe ser calculado para cada punzón teniendo en cuenta que la goma se deposita en éste con un pequeño excedente para facilitar la eliminación de gases ocluidos durante el prensado.

Los proveedores del endurecedor facilitan un parámetro, denominado NCO, que se emplea para el cálculo de la proporción de éste en la goma. Este dato es facilitado por el fabricante y se encuentra en la etiqueta del producto, aunque puede variar de una partida a otra por lo que debe ajustarse en cada partida. A título de ejemplo en [33] se muestra una ficha técnica para diferentes prepolímeros endurecidos con MOCA® en la que, entre sus propiedades, puede verse el NCO medio y su rango de oscilación según partidas, para cada uno de ellos.

El cálculo puede realizarse mediante una sencilla fórmula y es diferente para cada endurecedor. La fórmula general para el cálculo de la proporción de un endurecedor o agente curativo en un prepolímero es:

$$PPC(\%) = \frac{PE \times NCO \times RE}{42,02}$$

En esta fórmula:

PPC (%) Es el porcentaje de agente endurecedor por cada 100 partes de la goma.

PE Es el peso equivalente del endurecedor. Es 133,5 para MOCA® y 107 para ETHACURE 300®.

NCO Dato facilitado por el fabricante.

RE Relación estequiométrica expresada en tanto por uno. Generalmente es 0,95.

Habitualmente esta fórmula se transforma en una más sencilla sustituyendo los datos conocidos de los endurecedores comúnmente utilizados. En nuestro caso:

Para MOCA® (PE=133,5)
$$PPC(\%) = \frac{133,5 \times NCO \times RE}{42,02} = 3,18 \times NCO \times RE$$

Para ETHACURE 300® (PE=107)
$$PPC(\%) = \frac{107 \times NCO \times RE}{42,02} = 2,55 \times NCO \times RE$$

En la tabla 4.16 se muestran los valores de NCO de algunas gomas comúnmente empleadas, así como algunas de sus propiedades [33].

Tipo de prepolímero	Dureza Shore A	Gama NCO	Endurecimiento (80-90 °C) en min.
TDI – PTMEG	85	3,10 a 3,50	25 a 30
	90	4,00 a 4,40	
TDI – PPG	90	4,00 a 4,40	12 a 16
	95	5,30 a 5,70	8 a 10
TDI – Poliéster	80	2,90 a 3,30	7 a 8
	95	5,40 a 5,80	3 a 4

Nota:

- TDI es el acrónimo de diisocianato de tolueno.
- PTMEG es el acrónimo de politetrahidrofurano.
- PPG es el acrónimo de propilen glicol.

Tabla 4.16. Propiedades de algunos prepolímeros empleados para gomas líquidas.

Todos estos prepolímeros tienen un bajo contenido en TDI libre (inferior al 0,1 %). Los prepolímeros de muy bajo TDI libre reducen la exposición del operario a los vapores de TDI, presentan una menor viscosidad en la aplicación (85 °C) y aumentan el tiempo necesario para el endurecimiento.

b) Prensado de endurecimiento.

Antes de la aplicación de la goma se procede a la limpieza del punzón con chorro de arena y se limpia con cuidado hasta que esté completamente exento de partículas y de polvo. A continuación se aplica en la superficie del punzón un adhesivo o cola mediante aerografía manual, se deja secar al aire y se calientan la plantilla y el punzón durante unos 15 – 20 minutos a unos 100 °C si se va a aplicar la goma líquida o a 120 °C si se aplica en lámina. Aunque inicialmente se empleaba un único tipo de cola para cualquier punzón, en la actualidad se emplean dos colas diferentes según se trate de aplicaciones en lámina o en líquido.

Para evitar que tras el prensado, la goma líquida se pegue a los laterales del punzón se aplica también en ellos un desmoldante a pincel (figura 4.39).



Figura 4.39. Aplicación de desmoldante en laterales del punzón.

La **aplicación de la goma líquida** se realiza por vertido sobre el punzón limpio y a una temperatura de 100 °C, tal como se muestra la figura 4.40 y como puede verse en el enlace 4.8. Se observa en el vídeo que tras el vertido de la goma se aplica calor con el objeto de eliminar burbujas de aire ocluidas en la goma.

Posteriormente, se aplica también una lámina plástica de desmoldante entre la plantilla y la goma, con el fin de que la goma no se pegue a la plantilla.

Una vez enfriada la goma queda en tensión, ya que contrae, pero queda retenida en el punzón cubriendo homogéneamente toda su superficie.

Aunque el proceso de prensado de endurecimiento tiene un procedimiento estándar para todos los punzones, presenta algunas diferencias según se trate de punzones lisos, relieves suaves o relieves pronunciados (abrasivos o muy pronunciados). También presenta diferencias si son gomas aplicadas en líquido o en láminas, e incluso según el tipo de endurecedor empleado con las gomas líquidas. Como referencia de esto último en ^[33] se muestra una ficha técnica en la que pueden consultarse estos datos para una serie de prepolímeros comerciales endurecidos con MOCA®.

Debe tenerse en cuenta también, que el aluminio y el hierro tienen buena conductividad térmica, pero en cambio la baquelita actúa prácticamente como aislante por lo que su comportamiento es distinto, lo que obliga a emplear diferentes parámetros de proceso según se usen uno u otro tipo de plantillas.

Si la plantilla es de baquelita se centra manualmente con la ayuda de unos centradores que incorpora la propia plantilla y si es de hierro o de aluminio se fija mediante unos anclajes denominados “patas” (figura 3.43 y enlace 4.9) y a continuación el conjunto “plantilla – goma – punzón” rígidamente unido mediante las “patas”, se sitúa en la bancada de la prensa y se comprueban las dimensiones mediante calibres de profundidad o “sondas” para determinar la altura de los topes, conocidos como “paralelas”, necesarios para el prensado (figuras 4.41, 4.42 y 4.43 y enlace 4.10). Generalmente la altura de los topes es una décimas superior al espesor de plantilla más punzón.



Figura 4.40. Vertido de la goma líquida en un punzón.



En código QR adjunto tienes un enlace a un vídeo que muestra un proceso de aplicación de la goma a un punzón. Enlace 4.8



En código QR adjunto tienes un enlace a un vídeo que muestra el proceso de centrado de la plantilla para el conformado por prensado de la goma. Enlace 4.9



Figura 4.41. Prensa de seis pistones para aplicación de gomas a punzones de gran formato.

Las prensas automáticas empleadas en la operación desarrollan fuerzas que van desde las 40 a las 800 t en función del formato del punzón, con fuerzas de apertura del molde entre 6,5 y 35 t. Se elige la prensa adecuada para cada punzón teniendo en cuenta, sobre todo, la luz libre de la prensa y el formato del punzón. La fuerza máxima que es capaz de desarrollar cada prensa no juega un papel importante en su elección, ya que ésta no llega a ser muy elevada. Durante el ciclo de operación deben definirse los parámetros de operación: temperatura del punzón, tiempo, velocidad, presión, posiciones de los elementos móviles y tiempo del ciclo, según el tipo de punzón y de relieve.

Al término de la operación de prensado, y tras el enfriamiento, se procede a la limpieza y retocado manual del punzón, que queda ya listo para su montaje.



Figura 4.42. Prensado de lámina.

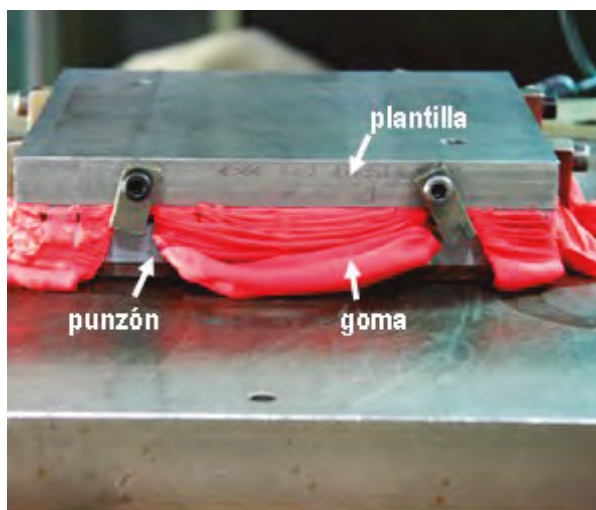


Figura 4.43. Aplicación de la goma a un punzón (prensado de lámina).



En código QR adjunto tienes un enlace a un vídeo que muestra el proceso de prensado del conjunto plantilla-goma-punzón. Enlace 4.10

En la figura 4.44 se muestra un punzón isostático de chapa fija sin la aplicación de goma y al lado otro de las mismas características en el que ya se ha realizado el proceso de vertido de la goma y de endurecido.

En ocasiones es necesario realizar punzones de relieve de dorso con alguna celda de identificación (marca, número de plato, etc.) libre (figura 4.45), de manera que puedan acoplarse a ella los sellos requeridos, según necesidades. Estos sellos se fabrican en diferentes colores y se adaptan en el hueco dejado exprofeso, como se observa en la figura 4.46.

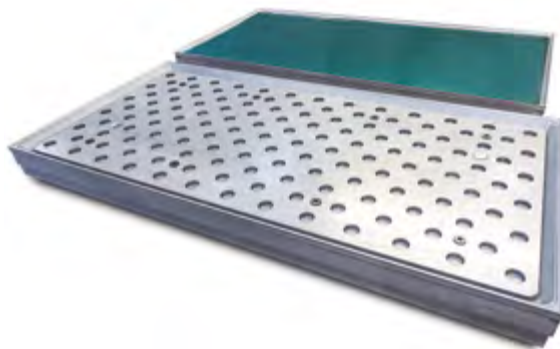


Figura 4.44. Punzón isostático de chapa fija antes y después de la aplicación de goma y su endurecimiento.



Figura 4.45. Punzón (y plantilla) con hueco anagrama.



Figura 4.46. Anagrama intercambiable.

c) Los topes o “paralelas”.

Durante el proceso de prensado, la goma líquida no ofrece una gran resistencia a la prensa y se va deformando adoptando la forma del punzón. Con la finalidad de regular la operación, se dispone de cuatro (o más) topes metálicos situados en la bancada de la prensa (figuras 4.47, 4.48 y 4.49), que tienen una altura ligeramente superior a la suma de las alturas del punzón y la plantilla, de manera que la deformación de la goma se detiene en este punto. La altura de estos topes depende del tipo de punzón, de la plantilla y del endurecedor empleado, y debe estar cuidadosamente elegida ya que un prensado excesivo a causa de una baja altura de topes podría “clavar” la plantilla, es decir hacer que esta penetrase en la goma e incluso sufrir daños. En cambio una altura excesiva, y por tanto un prensado insuficiente, repercutiría en la calidad de la goma y su pegado. Las paralelas disponibles son de diferentes espesores a partir de 0,05 mm (figura 4.47) y se adicionan hasta completar la altura deseada (figuras 4.48 y 4.49). Ha de tenerse en cuenta que estos suplementos pierden espesor con el uso, por lo que deben ser sustituidos cada cierto tiempo.

Para definir la altura de estos topes puede emplearse la información facilitada por el encoder de la prensa, que sitúa la posición del travesaño móvil, o realizar medidas manuales mediante un calibre de profundidad.

En grandes formatos, por ejemplo 60 x 120 cm con plantillas de baquelita, ésta puede descompensarse en el prensado, debido a su gran tamaño, y presentar ligeras diferencias de planitud que pueden ser compensadas también con las paralelas, ajustando la altura de cada tope para garantizar un perfecto ajuste entre plantilla, goma y punzón y, si es necesario, disponiendo dos paralelas más en la parte central del punzón. Para garantizar una correcta distribución de presiones, es preferible prensar estos punzones de formatos grandes con prensas de 6 pistones, como la mostrada en la figura 4.41 que garantizan una perfecta horizontalidad del travesaño móvil.

Ejemplos.

- Si la suma de las alturas del punzón y la plantilla es de 54 mm, pueden instalarse cuatro topes en la prensa a una altura de 54,8 mm, dando 0,8 mm de goma que estará ofreciendo resistencia a la prensa a medida que endurece.
- En moldes lisos con plantilla de hierro suelen dejarse los topes sobre 0,3 mm por arriba de la suma de las alturas del punzón y la plantilla.



Figura 4.47. "Paralelas".



Figura 4.48. Disposición de los topes o "paralelas" en la prensa (detalle).

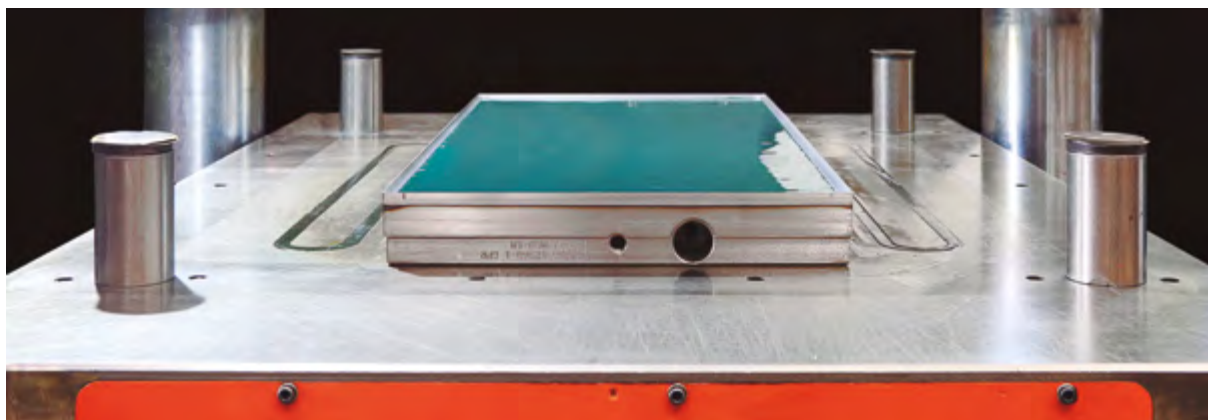


Figura 4.49. Disposición de los topes o "paralelas" en la prensa.

4.7.2.4. Variables de la operación de prensado de endurecimiento.

Por lo descrito hasta ahora, pueden reconocerse fácilmente las principales variables del proceso de prensado de endurecimiento, que se irán describiendo. El gran número de factores que influyen en el proceso, muchos derivados de la enorme variedad de punzones existentes en cuanto a formato, relieves y profundidad; los tipos de plantillas; el estado físico de la goma aplicada, ya sea líquida o láminas, etc. hace muy difícil una necesaria estandarización del proceso, descansando éste, muchas veces, en la experiencia y pericia del operario.

La **temperatura del punzón** influye marcadamente en la viscosidad de la goma cuando se deposita sobre éste, y por tanto, en la forma en la que cubre el punzón antes del prensado. Una temperatura insuficiente provoca que la goma no cubra bien el punzón, generándose burbujas de aire ocluido que pueden provocar el desgarro de la goma cuando el punzón esté en uso. Por otra parte, la viscosidad a la temperatura del punzón, depende de la **composición de la goma líquida** aplicada. En [33] se muestran viscosidades a temperaturas de trabajo de algunas gomas endurecidas con MOCA®.

Es importante establecer exactamente el **tiempo** que transcurre entre la deposición de la goma en el punzón y el prensado, ya que éste condiciona la viscosidad de la goma líquida y afecta directamente a su calidad tras el curado. Si el tiempo no es el adecuado, pueden aparecer defectos en la goma del molde como piel de naranja con relieve redondeado y poco definido, o incluso un endurecimiento excesivo que dificulta, o incluso impide, su prensado.

La **temperatura de prensado** y el **tiempo de prensado** son dos importantes variables del proceso, aunque tienen una más sencilla estandarización. Hasta hace menos de una década, los punzones de costillas se prensaban a 120 °C y el resto a 90 °C. En la actualidad se tiende a prensar todo tipo de punzones a la misma temperatura: 100 °C en aplicaciones líquidas y 120 °C para láminas; con tiempo de prensado similar sobre los 20 minutos, aunque este parámetro está condicionado por el tipo de endurecedor empleado.

En formatos grandes puede resultar difícil homogeneizar la temperatura de los punzones, puesto que por su propio tamaño tiende a presentar diferencias de temperatura de un punto a otro. Para evitar esto, las prensas grandes destinadas a estos formatos tienen placas de calentamiento divididas en zonas de regulación independiente, lo que permite compensar los gradientes de temperatura que puedan darse en un mismo punzón.

Durante el proceso de prensado de punzones con goma líquida es importante controlar las **velocidades de descenso de travesaño**. Una vez éste entra en contacto con el paquete “plantilla-goma-punzón” debe parar el descenso durante unos segundos para facilitar la desaireación, es decir, la eliminación de gases ocluidos en la goma, y continuar con un suave descenso hasta llegar a los topes. No debe hacerse la desaireación subiendo el travesaño, ya que esto provocaría la deformación de la goma. Ya se ha indicado al hablar de la dosificación de la goma líquida, que debe ponerse un pequeño exceso para facilitar la desaireación.

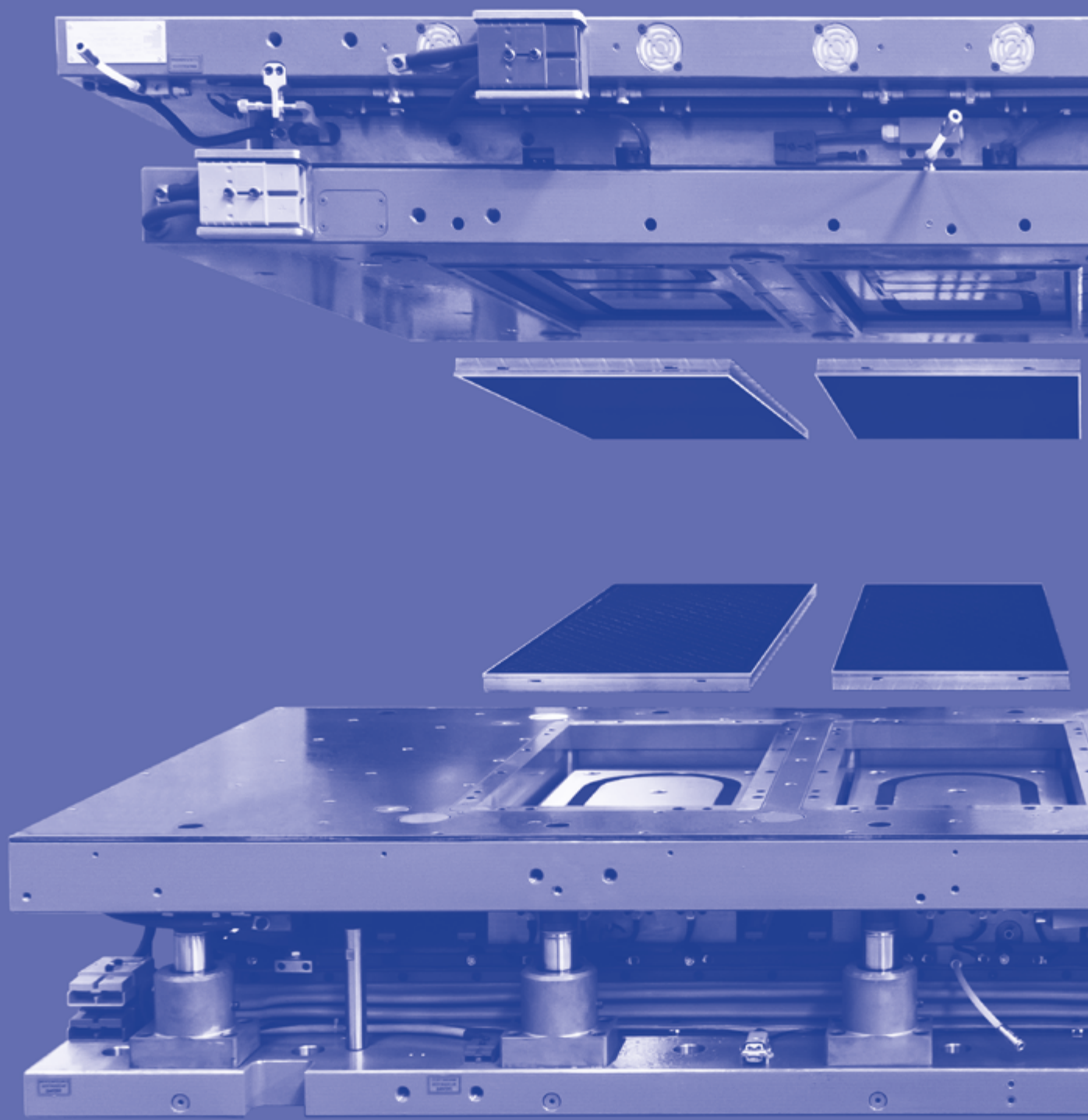
En las gomas aplicadas con lámina, ésta se prepara con unas dimensiones algo inferiores a las del punzón, y durante el prensado expande desde el centro hacia las puntas eliminando el aire. En el prensado de láminas, el descenso del travesaño puede realizarse a velocidad hasta alcanzar la presión de prensado establecida.

Otro parámetro que influye en el proceso de curado es la **profundidad del punzón**. En platos lisos, con una profundidad de 0,3 mm, la goma está en contacto directo con el punzón caliente y resulta sencillo obtener un endurecimiento homogéneo, en cambio, en espesores elevados para punzones con relieve, por ejemplo superior a 4 mm, puede existir un gradiente de temperaturas entre la capa de la goma en contacto con la superficie caliente del punzón y la parte superior en contacto con la plantilla, lo que hará difícil conseguir un endurecimiento homogéneo.

Algunos diseños, exigen relieves muy pronunciados, especialmente en piezas de grandes formatos, y de espesores superiores a los 11 mm. En este caso resulta muy problemática la construcción del relieve en goma según el proceso que hemos descrito, ya que requiere elevados espesores de goma, que pueden provocar deformaciones del relieve (“flejes”) durante el prensado. Este problema puede solucionarse mecanizando el relieve en la superficie del punzón, que en las anteriores tipologías siempre ha sido liso, y recubrirlo con una goma de espesor constante. Para ello es necesario definir la escala de grises e invertirla, es decir, construir su negativo, y a partir de éste, elaborar el programa de mecanizado. Recordar que en relieves de gran profundidad, si el diseño lo permite, se compensa la costilla de manera que el espesor se mantiene aproximadamente constante.

Tipos de moldes y su funcionamiento.

Capítulo 5



5.1. TIPOLOGÍAS DE MOLDES PARA PRENSADO.

Las tipologías de moldes para prensado han ido evolucionando con el tiempo según los condicionantes tecnológicos, estructurales, funcionales y económicos ligados a la propia evolución del sector. Algunas tipologías, como el molde penetrante, se mantienen casi sin cambios mientras que otras se han visto reducidas a un empleo casi testimonial, como el molde espejo, o han aparecido otras como el molde espejo penetrante que reúne las características y ventajas de otras tipologías.

Los moldes para el prensado unidireccional en semiseco de baldosas cerámicas pueden clasificarse en cuatro tipos:

- Molde penetrante.
- Molde espejo.
- Doble molde.
- Molde espejo penetrante.

Estas tipologías generales admiten algunas variantes como resultado de modificaciones que afectan tanto a sus componentes como a su funcionamiento, pero que, en esencia, no alteran las características generales descritas para cada tipología. Dentro de estas variaciones, se encuentran en la actualidad en el mercado el **molde de cambio rápido (CSR)** y el molde **380 - 440 V**.

En la tabla 5.1 se muestran las características más relevantes y los productos preferentemente prensados con cada una de estas tipologías.

Tipología	Características	Productos mayoritarios	Variantes
Penetrante.	El punzón superior penetra en el alvéolo. Cara noble hacia abajo: necesita volteador. Con separador.	Gres pasta blanca. Gres pasta roja. Monoporosa pasta blanca. Monoporosa pasta roja. Revestimientos de bicocción. Gres porcelánico esmaltado. Grandes formatos (con cara noble arriba).	Penetrante invertido: Las costillas se conforman por el punzón inferior y la cara a esmaltar por el superior. Baldosas con la cara noble hacia arriba. Sin separador o con separador invertido.
Espejo.	Punzón superior de mayor superficie que el alvéolo. El prensado se produce al descender la matriz. Cara noble hacia arriba. Sin separador. No necesita volteador.	Escasa utilización: mosaico.	Espejo invertido: Las costillas se conforman por el punzón superior y la cara a esmaltar por el inferior. Baldosas con la cara noble hacia abajo. Con o sin separador. Precisa volteador.
Doble molde.	Doble matriz. Conformado en la parte superior. Cara noble hacia arriba. Con o sin separador. No necesita volteador.	Revestimiento poroso. Gres porcelánico decorado en prensas. Gres porcelánico no esmaltado. Gres porcelánico de doble compactación. Gres porcelánico esmaltado.	
Espejo penetrante	Tiene características intermedias entre el molde penetrante y el molde espejo. Punzones superiores con un tamaño comparable al del molde penetrante y penetran solo hasta una cota definida. Unos empujadores desplazan la matriz hacia abajo. El punzón superior penetra en la matriz. La carrera del pistón superior se controla mediante unos topes situados en la placa superior. Cara noble hacia arriba. Puede llevar separador, o no. Matriz móvil comandada por pistones hidráulicos.	Grandes formatos (con posterior rectificado) de gres porcelánico.	

Tabla 5.1. Tipologías de moldes.

5.2. EL CICLO DE PRENSADO.

Para explicar las características y funcionamiento de las diferentes tipologías de molde para prensado, que se emplean actualmente en la fabricación de baldosas cerámicas, es necesario introducir y describir el concepto de ciclo de prensado. El **ciclo de prensado**, es un conjunto de operaciones y de movimientos sincronizados realizados por la prensa y el molde, que permiten el conformado y la expulsión de una pieza en cada uno de los alvéolos.

Un **ciclo estándar** comprende las siguientes etapas:

- Primera caída de platos.
- Carga de los alvéolos.
- Segunda caída de platos.
- Descenso del travesaño móvil.
- Primera prensada.
- Desaireación.
- Segunda prensada.
- Extracción de la pieza prensada.



Figura 5.1. Salida de la prensa.

En función del tipo de producto o de la tipología del molde, el ciclo de prensado puede presentar algunos cambios. Por ejemplo, el doble molde tiene una extracción de la pieza prensada dividida en dos fases diferentes o algunos ciclos incluyen tres prensadas con otra desaireación intermedia entre la segunda y tercera prensada⁵³.

En un ciclo estándar hay dos caídas de platos. La primera caída se realiza hasta una cota determinada, que se denomina “cota de la primera caída”. Esta cota regula la carga de polvo, y por tanto influye en el espesor de la pieza prensada. La segunda caída permite que la placa expulsora descansa sobre la placa salvabanco en el momento de recibir las prensadas, de manera que la presión es absorbida por

⁵³ Suele realizarse una tercera prensada (y por tanto dos desaireaciones intermedias) en piezas problemas de desaireación y/o con relieves muy pronunciados

la bancada de la prensa y no por los pistones del sistema de extracción. Por otra parte, esta segunda caída evita la pérdida de polvo tras el contacto de los punzones superiores.

El llenado del alvéolo del molde puede realizarse en una o varias cargas, si se desea realizar decoraciones en la operación de prensado, lo que puede hacer necesarias más de dos caídas de platos.

Por otra parte, en el doble molde, la extracción se realiza en dos fases, como se ha comentado. En la primera tiene lugar el ascenso de todo el conjunto formado por los punzones inferiores, la matriz inferior y la matriz superior y la separación de las baldosas de los alvéolos de la matriz superior, por la acción de un sistema de extracción hidráulico localizado en la parte superior del molde. En la segunda fase de la extracción, los punzones superiores y la matriz inferior recuperan de nuevo su posición lo que permite la expulsión de las baldosas hacia la rodillera y el inicio de un nuevo ciclo de prensado.

5.2.1. Duración del ciclo de prensado.

Es el tiempo empleado por la prensa en realizar un ciclo completo y tiene una importancia de primer orden, ya que define la producción de la prensa. En la práctica industrial, se prefiere utilizar, por comodidad, el número de ciclos que la prensa realiza por minuto, parámetro que comúnmente se denomina “golpes por minuto”. En cada “golpe” la prensa conforma tantas piezas como alvéolos o “salidas” tiene el molde. La relación entre estos parámetros y la producción es:

$$\text{Siendo:} \quad P = G \cdot N \cdot S_F \cdot t$$

P Producción de la prensa (m²/día).

G Número de ciclos por minuto.

N Número de salidas del molde (piezas producidas en cada ciclo).

S_F Superficie de una baldosa, definida por el formato⁵⁴ (m²).

t Tiempo real trabajado en un día (min/día).

La producción de la prensa depende, por tanto, de la duración del ciclo de prensado que, como se ha dicho, comprende un conjunto de movimientos que pueden ser simultáneos o estar condicionados entre sí mediante el establecimiento de sincronismos y consensos. La duración de cada una de estas operaciones depende de factores limitantes relacionados con las características técnicas de la prensa, del producto, como por ejemplo el formato o el tipo de producto (doble carga, decorado en prensa, etc.) o de factores que inciden en las características de calidad del producto prensado, como por ejemplo el tiempo de desaireación, el inicio de la caída de platos, etc. que condicionan el ciclo operativo. Se observa en la tabla 5.2 que las etapas de carga de alvéolos y desaireación son las que consumen la mayor parte de la duración del ciclo de prensado (67% entre ambas) [55], por lo que son dos etapas clave en los valores de producción alcanzados y, por supuesto, en la calidad del producto obtenido.

Todas las operaciones del ciclo de prensado pueden describirse atendiendo a la posición respecto al tiempo de los elementos móviles de la prensa [49] [69], es decir del travesaño móvil; del carro de alimentación y del equipo de extracción; y al valor de la presión específica en los alvéolos o en el circuito respecto al tiempo.

⁵⁴ Debe tenerse en cuenta que se trata del formato comercial. En este dato no se incluyen ni las medidas reales del alvéolo ni las variaciones de dimensiones que sufran las piezas durante el proceso de fabricación. Por tanto, el valor de la producción, expresado en m²/día, aunque muy útil no expresa con absoluta exactitud el valor de la superficie producida.

Etapas del ciclo de prensado	Tiempo (%)
Primera caída de platos y carga de alvéolos	39
Descenso del travesaño, segunda caída de platos y primera prensada	21
Desaireación	28
Segunda prensada	8
Extracción y posicionamiento del travesaño	4

Tabla 5.2. Tiempo empleado (%) de cada etapa del ciclo de prensado con molde penetrante [55].

5.3. EL MOLDE PENETRANTE.

Para explicar la estructura y el funcionamiento de cada tipología de moldes resulta muy útil partir del molde penetrante (figura 5.2) ya que tiene una concepción muy sencilla y la mayor parte de sus componentes se encuentran, de una u otra manera, en el resto de tipologías. Todos estos componentes ya se vieron con detalle en el capítulo 3 y en el capítulo 4 se abordaron sus procesos de fabricación.

En el molde penetrante, los punzones superiores penetran en los alvéolos en los que se aloja el polvo y transmiten a éste la fuerza de prensado. Los alvéolos están conformados por los punzones inferiores instalados sobre los bloquitos y delimitados por las cuchillas que se encuentran montadas en las paredes laterales de la matriz, rígidamente fijada a la placa salvabanco mediante pilares de sujeción. El sistema extractor de la prensa, se encarga de realizar las caídas de platos necesarias para la carga y prensado, y de expulsar la pieza de los alvéolos mediante un movimiento ascendente de los punzones inferiores.

Este tipo de moldes presan las baldosas en posición invertida (figura 5.3), es decir, con la cara noble hacia abajo, debido a la necesidad de dotar a las baldosas no rectificadas de un separador, que tiene la misión de proteger la cara esmaltada de posibles golpes laterales durante el proceso de fabricación. Se entiende, por tanto, que la extracción de la baldosa no sería posible si las costillas se conformaran en el punzón inferior. Así pues, en este tipo de moldes los punzones inferiores conforman la cara noble de las baldosas, mientras que las costillas son conformadas por los punzones superiores, por lo que la compensación hidráulica debe realizarse en estos punzones (punzones isostáticos).

Las baldosas se extraen, por tanto, en posición invertida y en la rodillera se les debe dar la vuelta, operación que efectúa un dispositivo mecánico denominado volteador. Cuando las baldosas son situadas fuera del área de prensado, empujadas por el tope elástico del carro de alimentación, la cara que recibirá el esmalte está expuesta al rozamiento provocado por el borde superior de las cuchillas y por la matriz. Estas rozaduras pueden ser visibles tras la cocción y, además, si en esta cara se tienen relieves decorativos de prensa, estos pueden verse dañados por el rozamiento. Estos posibles defectos pueden llegar a condicionar el uso de este tipo de molde en algunos tipos de productos.

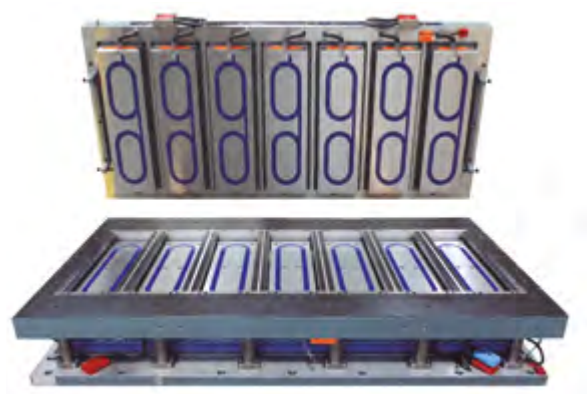


Figura 5.2. Molde penetrante de 7 salidas de 25 cm x 75 cm.

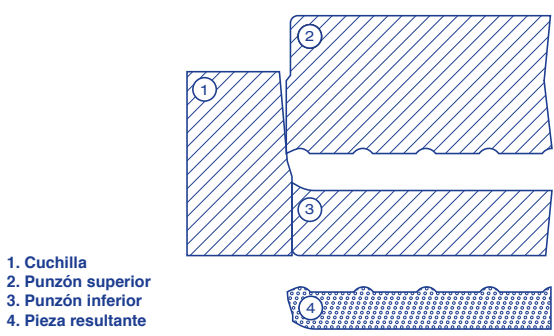


Figura 5.3. Molde penetrante: las baldosas se presan con separadores y con la cara noble hacia abajo.

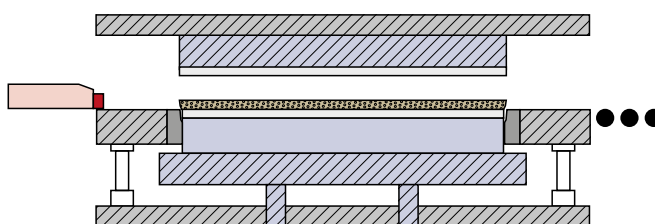
5.3.1. Las etapas del ciclo de prensado con molde penetrante.

0. Inicio de ciclo.

Con el objetivo de conseguir una mejor comprensión, se ha considerado que el ciclo de prensado, en todas las tipologías, se inicia cuando el travesaño móvil se encuentra en su posición más alta, que denominamos “**cota 0 del travesaño**” y el punzón inferior se encuentra también en su posición más elevada, y por tanto perfectamente alineado con el nivel de la matriz. El carro inicia entonces un pequeño movimiento de acercamiento a los alvéolos del molde.



En código QR adjunto tienes un enlace a una animación del ciclo de prensado con molde penetrante. Enlace 5.1



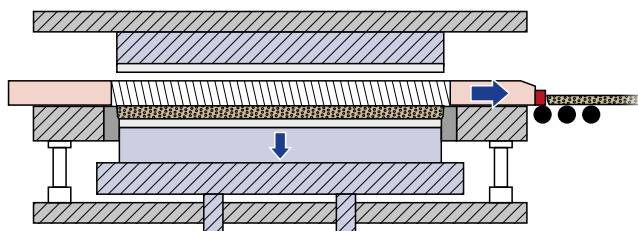
1. Expulsión de la pieza, primera caída de platos y carga del alvéolo.

El carro inicia el movimiento de acercamiento a los alvéolos del molde con el que empuja las piezas prensadas en el anterior ciclo y las sitúa sobre la rodillera y los punzones inferiores descienden hasta la “**cota de primera caída**” (primera caída de platos).

La rejilla del carro de alimentación se sitúa sobre los alvéolos y descarga el polvo en ellos. En un punto del avance del carro se inicia la primera caída de platos hasta la “cota de primera caída” que es la distancia en mm, a la que queda la placa expulsora de la placa salvabanco. La regulación de esta distancia establece la altura de la carga del polvo, lo que, combinado con la presión de prensado, determinará el espesor de la pieza.

La posición del carro en el momento en el que se inicia la primera caída se regula desde el panel de control de la prensa y tiene una gran importancia para lograr una buena carga de alvéolos.

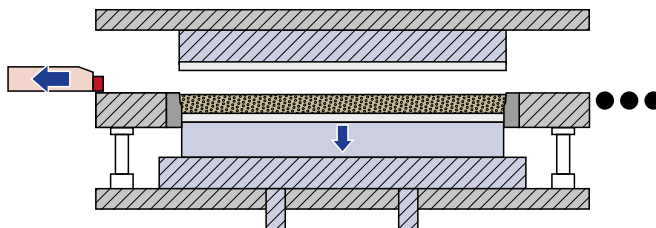
La función de la operación de llenado de los alvéolos es obtener una distribución homogénea de la carga en todo el molde y mantenerla constante en el tiempo. Un correcto llenado depende de las características tecnológicas del polvo, como son su fluidez y su distribución granulométrica, de las características del sistema de alimentación y de los parámetros de regulación de éste, es decir, de los desplazamientos, tiempos y velocidades de caída de platos, velocidad del carro, etc.



2. Segunda caída de platos.

Para iniciar el prensado, es necesario que el molde esté en posición de reposo y apoyado sobre la bancada de la prensa, por lo que los platos realizan una segunda caída hasta esa posición, lo que permite que el conjunto formado por los punzones, los “bloquetos” y la placa expulsora, descansen sobre la placa salvabanco, y que la presión ejercida en la primera y en la segunda prensada sea soportada por la bancada de la prensa y no por el equipo hidráulico encargado de los movimientos de los punzones.

Durante esta operación, el carro retrocede hasta su posición de partida y en este movimiento la regleta enrasadora nivela la carga. El enrasado de la carga es una operación importante ya que si se realiza a una velocidad excesivamente elevada puede marcar ondulaciones en la superficie que se traducen en diferencias de compacidad que en algunos modelos, como por ejemplo en revestimientos con cristalinas, pueden hacerse manifiestamente visibles.



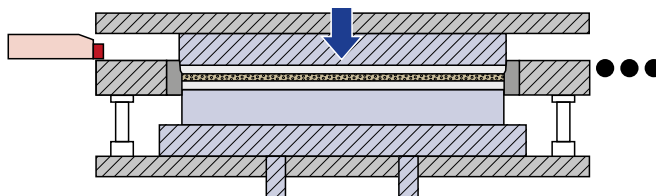
3. Primera prensada.

El travesaño móvil descende y es frenado a poca distancia de la carga para evitar que un impacto excesivo provoque la pérdida de polvo.

La primera prensada es la primera aplicación de presión a la carga depositada en los alvéolos y debe eliminar la mayor cantidad posible del aire contenido en el polvo mediante la densificación por aplicación de una presión moderada (entre 20 y 50 bar), en comparación con la presión de compactación.

Este primer contacto entre los punzones superiores y el polvo es muy importante, ya que de él dependen la desaireación y la primera compactación. Conviene, por tanto, que sea lo más suave posible para dar tiempo a la correcta extracción de aire.

Para que el travesaño móvil pueda iniciar el descenso, los punzones deben estar en posición de “molde bajo” (placas salvabanco y expulsora en contacto) y el carro en cota cero (“carro atrás”).



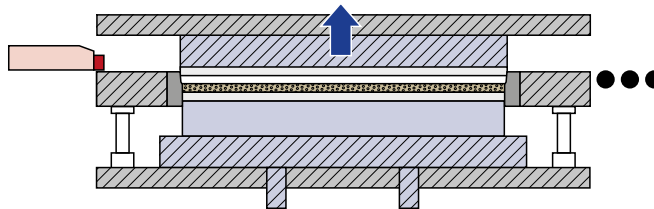
4. Desaireación.

El objetivo de las operaciones de primera prensada y de desaireación es eliminar la mayor cantidad de aire del polvo en su proceso de compactación, para evitar la aparición de laminaciones o ahojados.

En esta etapa se lleva a cabo la evacuación del aire ocluido en el alvéolo, que está comprimido por la presión ejercida por los punzones superiores, por lo que debe disminuir la presión sobre la pasta y producirse una ligera subida del pistón de unos pocos milímetros. En el molde penetrante, el aire se elimina principalmente por la holgura que existe entre los punzones y las cuchillas (aproximadamente el 80 % del aire evacuado se elimina hacia arriba y el 20 % restante hacia abajo).

El tiempo empleado en esta operación dependerá de la cantidad de aire que deba expulsarse, y por tanto de la densidad aparente del polvo en el alvéolo (densidad aparente por caída libre) y de las dimensiones de la pieza. Elevados tiempos de desaireación garantizan la total evacuación del aire pero alargan el ciclo de prensado, disminuyendo la producción. Un tiempo excesivamente corto puede llegar a provocar laminaciones o ahojados en las baldosas prensadas.

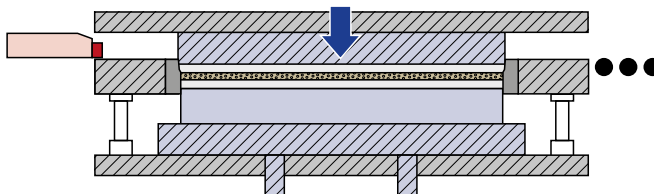
Debe tenerse en cuenta que algunos ciclos se realizan con tres prensadas, lo que implica una segunda desaireación, que se regula exactamente igual que la primera.



5. Segunda prensada.

El travesaño móvil vuelve a descender y se desarrolla la máxima presión del ciclo o presión de prensado. Esta es la etapa que configura la microestructura en crudo de la baldosa ^[13] y que, en consecuencia, le confiere a ésta sus propiedades en crudo e influye en su comportamiento en las siguientes etapas del proceso de fabricación y, por tanto, en las propiedades del producto acabado.

El punzón superior tiene la misión de transmitir la presión al lecho de polvo, por lo que de sus características constructivas dependerá en gran medida el reparto de presiones en el alvéolo y la homogeneidad en la distribución de la compactación en la pieza.

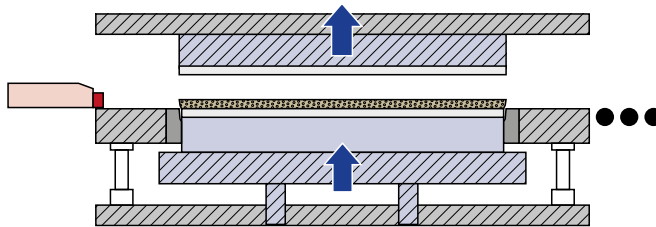


6. Extracción.

Tras la segunda prensada, el travesaño móvil inicia la subida hasta la cota 0, a la vez que los punzones inferiores inician un rápido movimiento ascendente que tiene por objeto la extracción de las baldosas prensadas de sus correspondientes alvéolos sin que sufran mermas inaceptables en su calidad, como grietas o despuntados.

Las baldosas prensadas se sitúan sobre la rodillera al ser empujadas por el tope elástico del carro en la fase de carga de los alvéolos, con la que se inicia el nuevo ciclo. Dado que el prensado tiene lugar en posición invertida, a la salida de la prensa es necesaria la instalación de un volteador.

Al cesar la fuerza deformante se libera progresivamente energía elástica, por lo que cuanto mayor sea el tiempo de permanencia de la pieza prensada en el alvéolo, es decir, el tiempo transcurrido desde el inicio del ascenso de los punzones superiores hasta la completa extracción de la pieza, menor será el esfuerzo de rozamiento. El esfuerzo de rozamiento aumenta ligeramente conforme se incrementa la velocidad de ascenso de los punzones, en cambio, la velocidad de aplicación de la carga durante la segunda prensada no influye en el rozamiento ^[12]. Para liberar de forma gradual las tensiones elásticas acumuladas por el polvo en el prensado y facilitar la extracción de la baldosa, las cuchillas de los moldes penetrantes se fabrican con un pequeño ángulo de salida o “conicidad”.



5.3.2. Tipos de extracción.

Según la posición relativa de los punzones inferiores y del travesaño, es posible realizar la extracción de la pieza de dos formas diferentes: la extracción libre (también llamada extracción con “retardo”) y la extracción en paquete.

- La **extracción libre** se realiza retrasando ligeramente el ascenso de los punzones inferiores respecto al ascenso del travesaño, de manera que punzones y travesaño ascienden separadamente. Para realizar este tipo de extracción se activa el retraso entre 0 y 4000 ms⁵⁵, con lo que el travesaño móvil inicia el movimiento de ascenso antes que los punzones.
- La **extracción en paquete** (figura 5.4.) se realiza sincronizando en velocidad y tiempo los movimientos de ascenso de los punzones inferiores y del travesaño móvil, de manera que la pieza realice el ascenso empaquetada entre ambos punzones. Para efectuar la extracción “en paquete” también conocida como “en sándwich”, debe desactivarse el retraso de la extracción o como mucho dejarlo en 50 ms, con lo que se inicia al mismo tiempo el ascenso del travesaño móvil y el de los punzones. Si se desea

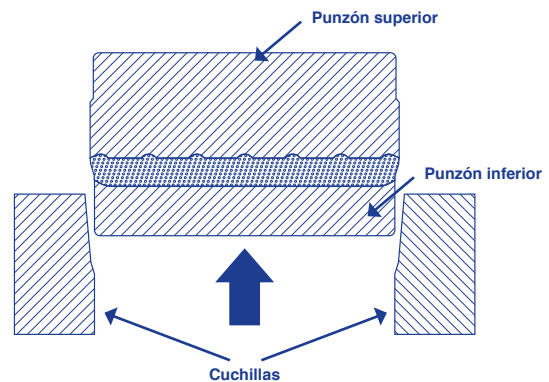


Figura 5.4. Extracción en paquete con un molde penetrante.

⁵⁵ Para prensas SACMI

asegurar que la extracción se realice de manera sincronizada, puede regularse el ascenso de los punzones inferiores de manera muy rápida (60 a 100%) de manera que el movimiento más lento del travesaño móvil forzará la extracción con la pieza empaquetada entre ambos punzones.

Esta extracción es recomendable en formatos grandes y también en cualquier formato si se prensan pastas con una excesiva expansión postprensado que pueden provocar pequeñas grietas de expansión.

5.3.3. Problemas asociados al molde penetrante.

El molde penetrante tiene la ventaja de su sencillez, bajo coste y elevada producción, pero presenta algunos inconvenientes que han motivado el desarrollo de otras tipologías de moldes:

1. Reprensados. Debido a que la cara noble se forma en los punzones inferiores, puede provocar defectos si pequeñas láminas de polvo reprensado, procedentes del polvo atrapado en las holguras existentes entre los punzones superiores y las cuchillas, caen al fondo del alvéolo arrastradas por el movimiento de descenso de los punzones inferiores durante la primera caída de platos. Esta holgura ha de ser, al menos de 0,1 mm para permitir el movimiento de éstos, y la desaireación tras la primera prensada.

2. Desgaste de cuchillas y punzones superiores. Tanto los punzones superiores como las cuchillas están sujetos a la intensa acción abrasiva de las partículas que componen el polvo de prensado, sufriendo, por tanto, un intenso desgaste. Este desgaste provoca un incremento de la holgura que, si no se compensa mediante calefacción de la matriz, puede provocar pérdidas de polvo, reprensados y pegados. También los punzones inferiores sufren desgaste debido al arrastre de las baldosas durante la extracción.

3. Rozaduras, rayas y arañazos de arrastre. Otro inconveniente importante del prensado en posición invertida en este tipo de moldes lo constituye el hecho de que las piezas son empujadas a la rodillera deslizándose sobre su cara noble, que puede ser lisa o con relieve, rozando con el borde de las cuchillas y la superficie de la matriz, lo que evidentemente puede provocar defectos como rayas y arañazos. Esto hace que estos moldes no sean adecuados para el conformado de baldosas con relieves muy pronunciados.

Según el tipo de relieve prensado con molde penetrante, podría darse incluso el caso de que éste durante el empuje hacia la rodillera, roce con los punzones inferiores rayando el relieve del punzón.

A modo de resumen, en la tabla 5.3 se citan las principales características de este tipo de moldes.

Características	
Las costillas se conforman en el punzón superior.	Compensación hidráulica: punzones isostáticos.
La cara a esmaltar se conforma en el punzón inferior.	• Posibilidad de rozaduras y arañazos en la cara noble. • Desgaste de los relieves. • Es necesaria la instalación de un volteador en la rodillera. • Posibilidad de reprensados.
La fuerza de prensado se aplica mediante los punzones superiores que penetran en el alvéolo.	• El punzón superior penetra en el alvéolo. • Posible expulsión de polvo durante la desaireación.
Matriz fija.	
Cuchillas siempre con conicidad aunque pueden llevar separador o no llevarlo.	

Tabla 5.3. Principales características del molde penetrante.

5.3.4. El molde penetrante invertido.

Es una variante del molde penetrante que se emplea para fabricar algunos tipos de baldosas, o piezas con relieves muy pronunciados. Se trata de moldes penetrantes en los que se invierten los punzones de manera que las costillas se conforman por el punzón inferior y la cara noble o cara a esmaltar por el superior.

Las cuchillas de los moldes penetrantes invertidos se mantienen en la misma posición que tenían en el molde penetrante, es decir con conicidad y separador, por lo que, al prensar en esta variante de molde con la cara noble hacia arriba el separador queda situado en una posición más baja, es decir, cerca de las costillas.

Una clara ventaja de este tipo de molde es su simplicidad constructiva, que permite un sencillo montaje y una fácil regulación, sumada a la elevada producción del molde penetrante, ya comentada. También son de destacar su óptima productividad y unos bajos costes de fabricación, comparados con otras tipologías más complejas que prensan con cara noble arriba, como el doble molde. Por otra parte, estos moldes suelen garantizar un buen acabado lateral de las piezas⁵⁶.

Esta variante del molde penetrante está experimentando en la actualidad un auge debido a la fabricación de grandes formatos, que suelen ir, casi siempre, rectificadas y que, por tanto, el acabado del perfil deja de tener importancia en la elección del tipo de molde.

5.3.5. El molde penetrante de matriz intercambiable.

Esta variación del molde penetrante (figura 5.5) dispone de un doble marco que permite la sustitución de todas las cuchillas de los alvéolos cambiando la matriz por otra en la que ya están incorporadas las nuevas cuchillas, permitiendo con ello un considerable ahorro de tiempo en el cambio de formato en moldes con un gran número de salidas.

El molde penetrante de matriz extraíble no es recomendable para el prensado de grandes formatos a elevadas presiones (porcelánico), debido a la deformación que experimentan los alvéolos, ya que los tabiques tienen un menor espesor. Su uso, por tanto, se debería restringir a formatos medianos y pequeños de porosa o gres, si bien se constata que en algunos casos se ha empleado para moldes multiformato, aunque esta aplicación puede generar algunos problemas de gestión de los marcos necesarios debido a que con el uso los marcos pueden necesitar un rectificado y esto a la larga hace que todos los marcos empleados no tengan exactamente el mismo espesor.

Aunque aquí se ha comentado la variante referida al molde penetrante, en realidad la matriz extraíble puede adaptarse a cualquier tipo de molde y los condicionantes para su uso siguen siendo los mismos.



Figura 5.5. Molde penetrante de matriz intercambiable.

⁵⁶ El mejor acabado lateral de las piezas se consigue con el doble molde. Con molde penetrante se consigue un buen acabado lateral realizando la extracción en paquete. Sin embargo, en extracciones con retardo se tiene, en general, un peor acabado lateral.

5.4. EL MOLDE ESPEJO.

El molde espejo (figura 5.6) se encuentra en la actualidad prácticamente en desuso, limitándose a la producción de mosaico, aunque en un principio tuvo utilidad para el prensado de baldosas con la cara noble hacia arriba, lo que permitía obtener una excelente calidad de prensado, debido a la ausencia de rebabas superiores, de rayados y de estrías provocadas por el rozamiento durante la extracción. El molde espejo ha sido paulatinamente sustituido por el doble molde y, en la actualidad, también por el espejo penetrante.

Se diferencia del penetrante en dos puntos: la matriz es móvil y los punzones superiores, que conforman la cara noble de la baldosa, son de mayor tamaño⁵⁷ que los correspondientes alvéolos, por lo que durante el prensado se sitúan sobre la matriz y esta inicia un movimiento descendente seguido por el punzón superior mientras que el punzón inferior se mantiene fijo. La matriz puede realizar este movimiento ya que, como se aprecia en la figura 5.8, se apoya en un conjunto de pistones o pies hidráulicos que permiten este descenso. Ocasionalmente este movimiento puede ser ayudado mediante unos topes o empujadores situados en la placa portapunzones.

El molde espejo permite prensar la cara noble hacia arriba (figura 5.7.) lo que mejora la calidad de la producción. Se trata, por tanto, de una ventaja respecto al molde penetrante, que sin embargo queda minimizada ya que no es posible fabricar las baldosas con separadores, y los bordes de la capa de esmalte crudo, tras su aplicación, están expuestos a golpes y rozaduras entre piezas o con elementos fijos de la línea de esmaltado o de carga del horno, lo que aumenta considerablemente las bajas.

Los punzones superiores del molde espejo están sometidos a menos desgaste que los del molde penetrante, por lo que su duración es mayor. Sin embargo, en la actualidad, este tipo de moldes, que llegaron a ser una alternativa válida para la fabricación de gres porcelánico no esmaltado y que eran capaces de soportar 2.000.000 de ciclos, tienen un uso minoritario en España limitándose su uso a la fabricación de mosaico.

Las cuchillas de este molde carecen de radios, es decir, del reborde o chaflán característico de las cuchillas de los moldes penetrantes y, aunque en formatos pequeños y mosaico pueden carecer de conicidad, en los formatos grandes siempre se dota a las cuchillas de una ligera tirada. Las cuchillas de este molde están también sometidas a un menor desgaste que las cuchillas de los moldes penetrantes. Lógicamente, en los punzones inferiores está grabado el relieve de dorso.

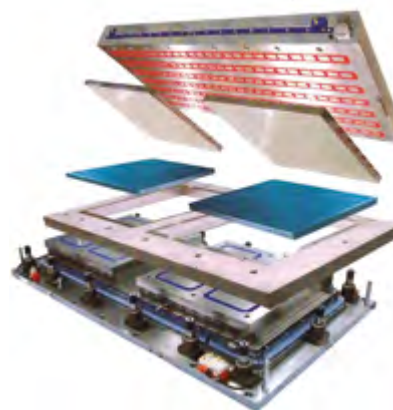
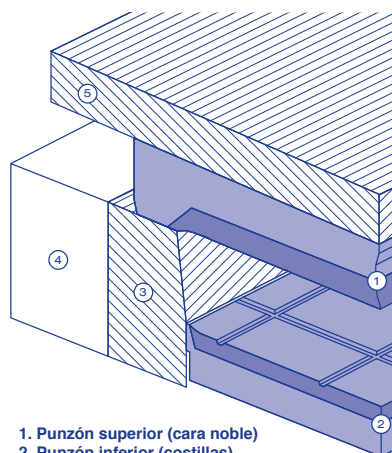


Figura 5.6. Molde espejo de dos salidas con punzones inferiores y superiores y placa portapunzones superior.



1. Punzón superior (cara noble)
2. Punzón inferior (costillas)
3. Cuchillas
4. Matriz
5. Placa portapunzones superiores

Figura 5.7. Modo de prensado con molde espejo.

⁵⁷ Sus dimensiones eran ligeramente superiores a las del alvéolo, fabricándose con creces que iban desde los 5 a los 10 mm por lado. No resultaba conveniente que las creces fuesen muy grandes ya que, en formatos pequeños y medianos, podían llegar a limitar el número de salidas con las que era posible fabricar uno de estos moldes.

La desaireación se realiza a través de las holguras existentes entre el punzón y la matriz, tanto en la parte inferior del molde como en la superior, y la extracción se realiza por el movimiento ascendente del punzón inferior. La desaireación con este tipo de molde es más difícil que la del molde penetrante.

En su momento, el molde espejo tenía la ventaja de presentar un mínimo desgaste del punzón superior y, como se ha dicho prácticamente ningún desgaste en los bordes, lo que daba a estos moldes una larga vida útil. Sin embargo, un problema asociado a este molde es el posible desplazamiento de los punzones superiores, lo que afecta a los biselés. Esto se corregía mediante la instalación de unos tetones que impedían este desplazamiento.

5.4.1. Las etapas del ciclo de prensado con molde espejo.

En esencia, las etapas del ciclo de prensado (Enlace 5.2 y figura 5.8) con este tipo de molde son las mismas que las descritas para el molde penetrante, con la diferencia que en la primera y segunda prensada la matriz móvil, que en el molde penetrante es fija, desciende acompañando al punzón superior que no penetra en el alvéolo y para la extracción de la pieza la matriz asciende hasta su posición inicial.

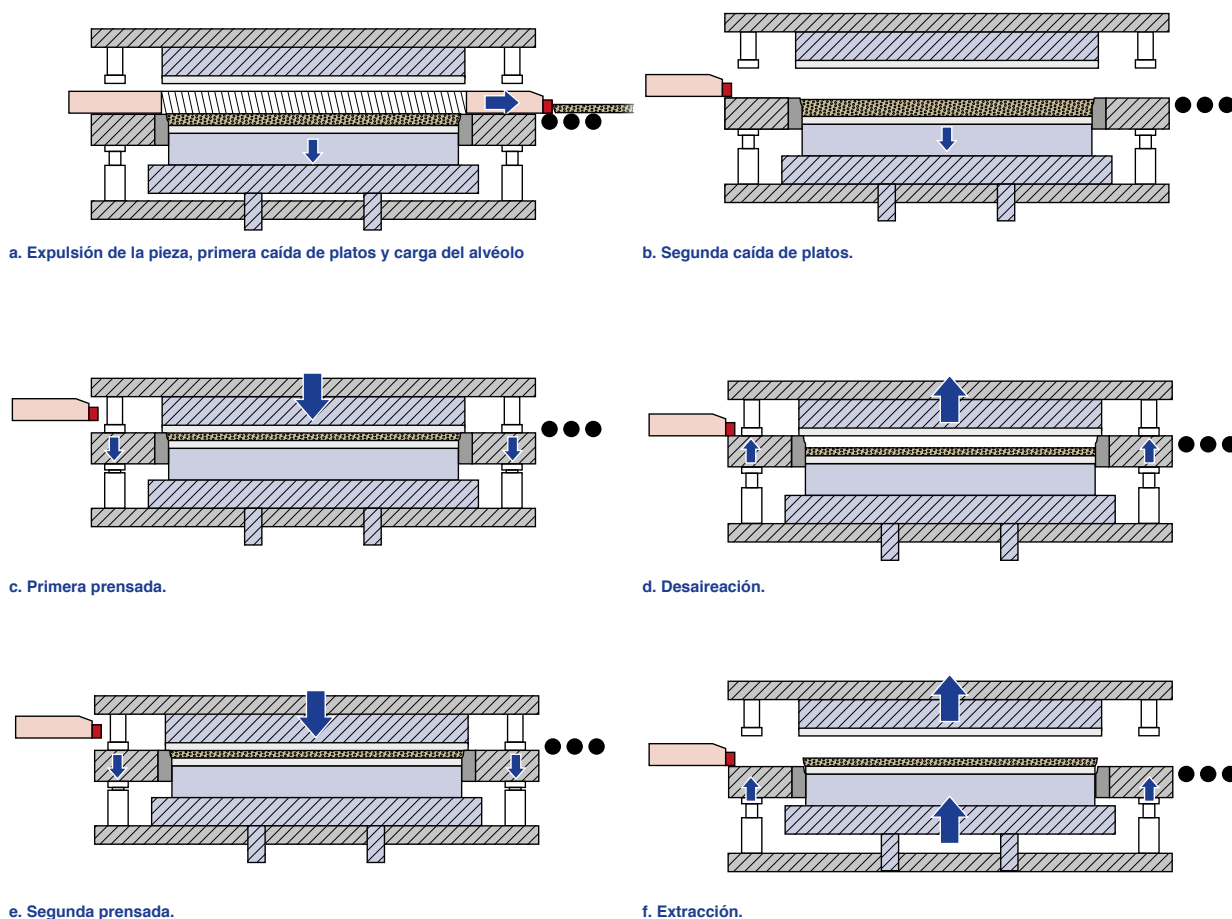


Figura 5.8. Ciclo de prensado con un molde espejo.

En la tabla 5.4 se citan, a modo de resumen, las principales características de este tipo de moldes.

Características	
Los punzones superiores se apoyan en la matriz.	Prensado con la cara noble arriba. Punzón superior: cara a esmaltar. Punzón inferior: costillas. No necesita volteador. Aumenta la vida útil del punzón superior.
La presión se aplica al realizar la matriz un movimiento vertical descendente.	

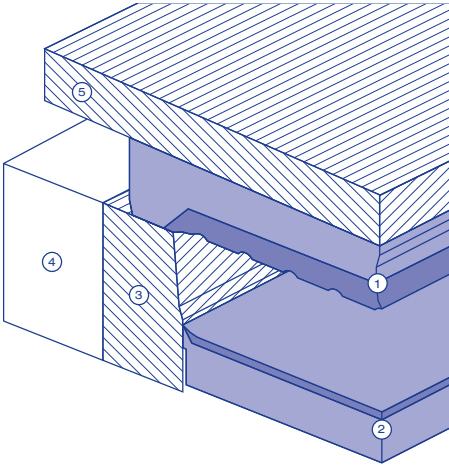
Tabla 5.4. Principales características del molde espejo



En código QR adjunto tienes un enlace a una animación del ciclo de prensado con molde espejo. Enlace 5.2

5.4.2. El molde espejo invertido.

Una variante de este molde es el espejo invertido, en el que se mantiene la forma de prensar del molde espejo, con el punzón superior de mayor superficie que el alvéolo y con la matriz dotada de movimiento ascendente y descendente, pero en el que se realiza el conformado de la baldosa con la cara noble en posición invertida y por tanto con baldosas dotadas de separadores (figura 5.9).



- 1. Punzón superior (costillas)
- 2. Punzón inferior (cara noble)
- 3. Cuchillas
- 4. Matriz
- 5. Placa portapunzones superiores

Figura 5.9. Modo de prensado con un molde espejo invertido.

5.5. EL DOBLE MOLDE.

Para prensar baldosas de gres porcelánico, gres o monoporosa, decoradas en prensa o no, es conveniente, e incluso en ocasiones necesario, que la cara noble de las baldosas esté situada en el punzón superior. Esto exigiría el empleo de los moldes espejo que se han descrito en el apartado 5.4. Sin embargo, ya se ha visto que con los moldes espejo no es posible fabricar baldosas con separadores y con la cara noble arriba al mismo tiempo, ya que éstos impedirían la extracción de la pieza. La solución tecnológica que se impuso en su momento fue el doble molde (figura 5.10); un molde mucho más complejo tecnológicamente, que se concibe como una síntesis entre el molde espejo y el molde penetrante. El diseño del molde permite el prensado de baldosas con separadores y con la cara noble hacia arriba, como puede verse en la figura 5.11.

Este tipo de molde consta de dos partes que presentan una cierta similitud formal: la parte inferior no tiene apenas diferencias con la de los moldes espejo tradicionales, es decir, tiene una placa salvabanco, placa expulsora, “bloquetos”, punzones inferiores y una matriz equipada con cuchillas sin radios y, a diferencia de los moldes espejo, sin conicidad. Normalmente llevan unos “tetones” de 0,1 mm para facilitar la desaireación por la parte inferior.

La matriz está sujeta a la placa salvabanco por medio de pistones hidráulicos que permiten su movimiento ascendente y descendente.

Las diferencias importantes con el molde espejo las encontramos en la parte superior del molde que es estructuralmente similar a la parte inferior del molde penetrante y en la que se incorpora una matriz con empujadores rígidamente unida a la placa superior mediante pilastras, y donde se instala un equipo de extracción a pistones.

Las baldosas se conforman en la matriz superior, por lo que este tipo de molde también recibe el nombre de “molde de conformado superior”⁵⁸ y son, por tanto, las cuchillas superiores las que dan forma a los perfiles laterales. Una vez realizado el prensado, es el propio molde quien realiza la extracción mediante un sistema de pistones hidráulicos situados en la parte superior, que permite el movimiento de la placa portapunzones superiores, y por lo tanto la extracción de las baldosas.

Los punzones isostáticos son los inferiores, aunque también es posible instalar punzones inferiores macizos, es decir no isostáticos, por ejemplo para el prensado de porcelánico pulido.

Las cuchillas instaladas en la matriz inferior pueden ser extraíbles aunque frecuentemente se instalan cuchillas convencionales. Así mismo, en la matriz superior se prefiere instalar también cuchillas convencionales.

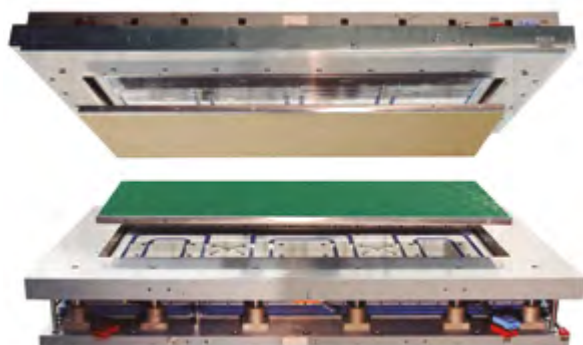


Figura 5.10. Doble molde para una placa de gran formato, 770 x 1950 mm.

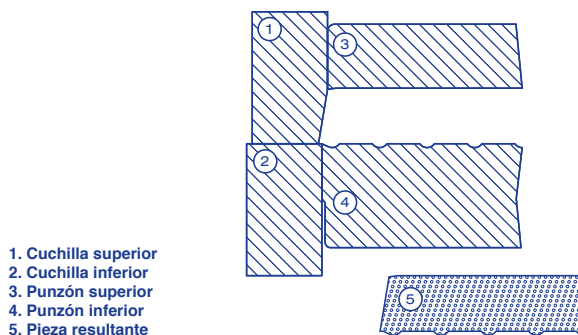


Figura 5.11. En el doble molde las baldosas se prensan con separadores y con la cara noble hacia arriba.

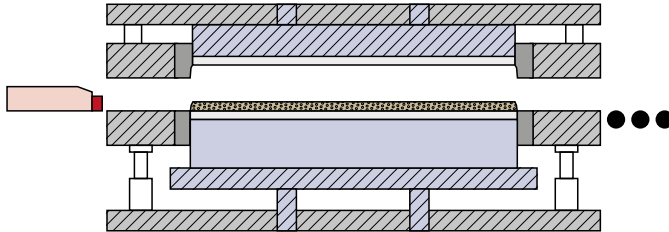
5.5.1. Las etapas del ciclo de prensado con el doble molde.

Las etapas de primera caída de platos, carga de alvéolos y segunda caída de platos son similares a las descritas en los anteriores moldes. Sin embargo en éste, el conformado de la pieza se realiza en la parte superior del molde que, recuérdese, tiene una matriz fija y los punzones superiores conforman la cara noble. La extracción debe realizarse en dos fases, una primera en la que tiene lugar el ascenso de todo el conjunto formado por los punzones inferiores, la matriz inferior y la matriz superior y las baldosas se separan de los alvéolos de la matriz superior, por la acción de un sistema de extracción hidráulico localizado en la parte superior del molde y la segunda fase en la que la parte superior del molde vuelve a su posición inicial y se expulsan las baldosas hacia la rodillera.

⁵⁸ Es también conocido por el acrónimo SFS de “Stampo a Formatura Superiore”.

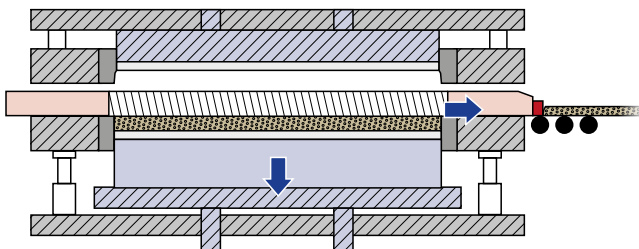
0. Inicio de ciclo.

Tal como se describió en el molde penetrante, el ciclo se inicia con el travesaño móvil en la cota 0 y el punzón inferior alineado con el nivel de la matriz. Los pistones extractores de la parte superior del molde se encuentran en cota 0.



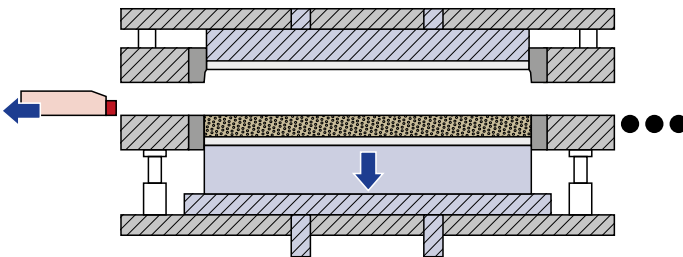
1. Expulsión de la pieza, primera caída de platos y carga del alvéolo.

La expulsión de la pieza y la carga de los alvéolos se realizan de manera idéntica a la descrita para el molde penetrante. La carga tiene lugar también con dos caídas de los punzones inferiores. Sin embargo, estos moldes permiten realizar decoraciones en prensa y doble carga, por lo que, en estos casos se efectúan tres caídas de los platos, la primera para recibir la carga del soporte, la segunda, que regula la capa superior y la tercera que apoya la placa expulsora sobre la placa salvabanco y dispone el conjunto para recibir la presión.



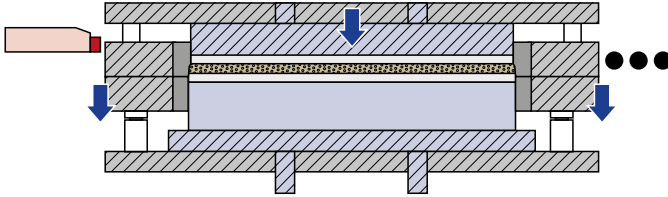
2. Segunda caída de platos.

Esta operación es idéntica a la descrita en las anteriores tipologías: el carro vuelve a la posición de inicio y el conjunto de punzones inferiores, bloquitos y placa expulsora descienden hasta que ésta última entra en contacto con la placa salvabanco.



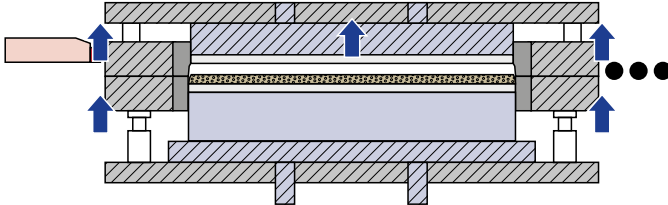
3. Primera prensada.

El travesaño móvil descende y este descenso se acompaña del descenso de la matriz inferior, de forma que la pieza se conforma en el alvéolo definido por la matriz superior, lo que hace posible prensar y extraer las piezas con separadores y en posición “cara noble arriba”. En esta posición se aplica la primera presión con objeto de eliminar la mayor cantidad posible de aire.



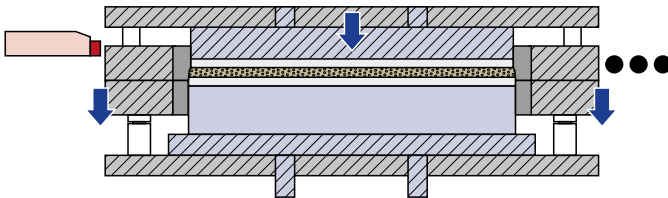
4. Desaireación.

La desaireación se realiza al cesar la presión de la primera prensada, a través de unas pequeñas ranuras practicadas en las cuchillas, y por la holgura entre punzones y cuchillas, para lo que es necesario un ligero movimiento ascendente del travesaño móvil y de la matriz inferior.



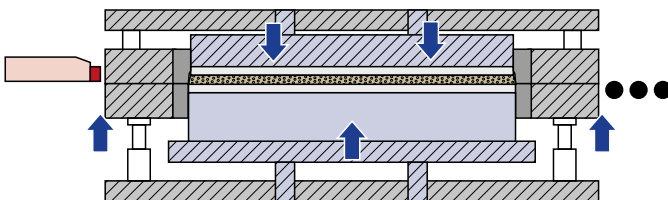
5. Segunda prensada.

El travesaño móvil vuelve a descender y se desarrolla la máxima presión del ciclo o presión de prensado. El conjunto placa expulsora-“bloquetos”-punzón inferior permanece en la posición abajo y la matriz inferior desciende levemente mientras la pieza alcanza la compacidad requerida.



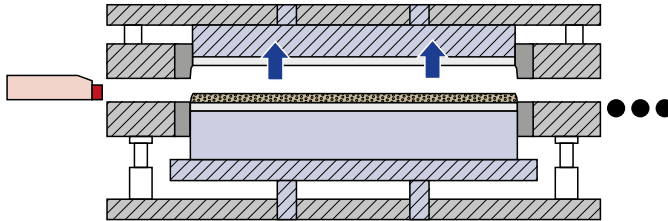
6. Primera fase de extracción.

La extracción de la pieza de la parte superior del molde tiene lugar en dos etapas o fases. En la primera, que es la que muestra la imagen adjunta, tiene lugar el ascenso de todo el conjunto formado por los punzones inferiores, la matriz inferior y la matriz superior. Las baldosas se separan de los alvéolos de la matriz superior, por la acción de un sistema de extracción hidráulico localizado en la parte superior del molde, que confiere a los punzones superiores un ligero movimiento descendente.



7. Segunda fase de extracción.

En la segunda fase de extracción, representado en la figura adjunta, el sistema hidráulico vuelve a su posición inicial y los punzones superiores y la matriz inferior recuperan de nuevo su posición, lo que permite la expulsión de las baldosas hacia la rodillera y el inicio de un nuevo ciclo de prensado. Debido a su sistema de extracción, este tipo de molde ha de trabajar siempre en paquete.



En código QR adjunto tienes un enlace a una animación del ciclo de prensado con doble molde. Enlace 5.3

5.5.2. Principales características del doble molde.

En la tabla 5.5 se citan, a modo de resumen, las principales características de este tipo de moldes.

Características	
Es una síntesis entre el molde espejo (parte inferior) y el molde penetrante (parte superior). El conformado de la pieza tiene lugar en la parte superior de molde.	Punzón superior: cara noble. Punzón inferior: costillas.
	No necesita volteador.
	Doble matriz.
	Piezas con separador.
	La extracción tiene lugar por el empuje de pistones situados en la parte superior.

Tabla 5.5. Principales características del doble molde.

El conformado superior con la cara noble de la baldosa en la parte de arriba, presenta la ventaja de eliminar los riesgos de reprensados, pegados y de rozaduras en la expulsión de las piezas del área de prensado, además de evitar el volteador en la rodillera a la salida de la prensa.

5.5.3. Productos fabricados.

Estos moldes se han empleado ampliamente para la fabricación de baldosas y grandes formatos de gres porcelánico con decoraciones en prensa, o para el realizar el segundo prensado de las baldosas obtenidas mediante las tecnologías de doble prensado con precompactación con prensa o con cinta compactadora. En la actualidad se emplean para todo tipo de productos y formatos. Son también adecuados para el prensado de baldosas con relieves sutiles ya que, debido al prensado con la cara

noble arriba, éstos no se dañan cuando se depositan las baldosas en la rodillera, como puede ocurrir con el molde penetrante. Sin embargo, deben evitarse los relieves muy pronunciados ya que pueden dificultar la extracción o provocar diferencias de compactación que pueden generar problemas en la absorción de los esmaltes y pinchados, especialmente en monoporosa.

5.5.4. Regulación del espesor en el doble molde.

En este tipo de moldes, en general es muy difícil regular a voluntad el espesor de las baldosas prensadas, viéndose este parámetro condicionado por las características constructivas de éste. Sin embargo, en la actualidad MACER ha introducido en ellos mejoras técnicas que permiten variar el espesor en un margen de 3 mm (figura 5.12).

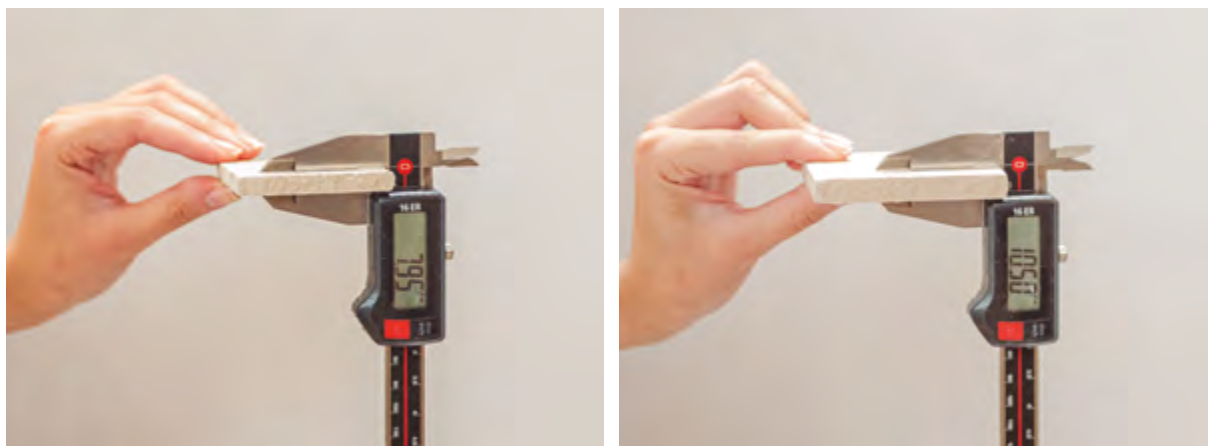


Figura 5.12. Regulación de diferentes espesores con el mismo doble molde MACER.

5.5.5. Placas de compensación hidráulica.

5.5.5.1. Placa portapunzones con compensación hidráulica.

Algunos moldes de esta tipología incorporaron una placa portapunzones isostática (figura 5.13). Estas placas tenían un sistema hidráulico interno que conectaba todos los punzones inferiores con lo que se conseguía su compensación hidráulica. Este sistema deriva de la compensación isostática en cada punzón y se empleaba con la intención de minimizar el número de calibres producidos. En este tipo de moldes la compensación hidráulica se realizaba en los punzones inferiores, ya que suponía una instalación más sencilla y son los punzones inferiores los que conforman la cara de la costilla. Sin embargo, con el uso se observó que el sistema podía llegar a descompensar la carga de alvéolos.

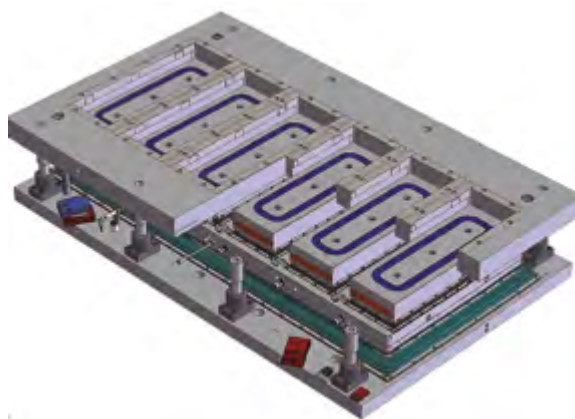


Figura 5.13. Molde equipado con placa portapunzones de compensación hidráulica (compensación inferior).

5.5.5.2. Placa superior con compensación hidráulica.

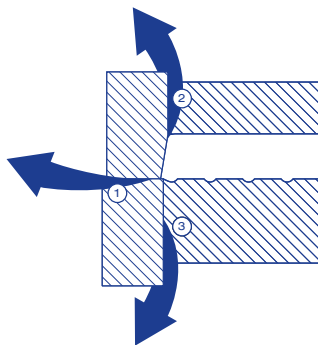
Debido a los problemas de descompensación de la carga de alvéolos detectados en moldes con placas portapunzones con compensación hidráulica, en la actualidad, en los doble molde se prefiere instalar la compensación hidráulica en la placa superior, pese a que se trata de una solución técnica mucho más compleja (figura 5.14) ya que de por sí, la parte superior de un doble molde se encarga de efectuar los movimientos de expulsión de la pieza, que es una función que, en otras tipologías, es encargada al hidráulico de la prensa. Por ello, este tipo de molde cuenta con pistones de doble efecto incorporados en el interior del mismo, con toda la mecanización y configuración de circuitos que esto implica. Por tanto, si además de esto se incorpora un sistema de compensación isostático, añade, necesariamente, otro tipo de circuito independiente del anterior con la complejidad que ello supone ya que se cuenta con un espacio reducido para ello.



Figura 5.14. Molde equipado con placa superior con compensación hidráulica.

5.5.6. El problema de la desaireación.

La estructura cerrada de este molde dificulta la etapa de desaireación, que con esta tipología se convierte en una fase extremadamente delicada, especialmente si se tiene en cuenta que generalmente se prensan en este tipo de moldes baldosas de grandes formatos y por tanto con grandes masas de aire que deben ser evacuadas. La desaireación se realiza principalmente entre las cuchillas superior e inferior y por las holguras entre punzones y cuchillas (figura 5.15).



1. Desaireación por las ranuras de las cuchillas
2. Desaireación por la parte superior
3. Desaireación por la parte inferior

Figura 5.15. Vías de desaireación en el doble molde.

5.5.7. Los topes en el marco y los elementos de centrado del doble molde.

Cuando se realizan decoraciones en la prensa, no es posible rasear o nivelar la carga, ya que esta operación difuminaría la decoración. Esto provoca que puedan quedar restos de polvo atomizado en la superficie de la matriz y de las cuchillas inferiores, que impiden el contacto perfecto entre las cuchillas en el momento del prensado, lo que puede dar lugar a problemas de falta de ajuste entre la parte superior e inferior del molde. Para evitar esto MACER ha incorporado a sus moldes unos **topes** en el marco inferior, enrasados con el marco, y otros en el superior, cuyo nivel sobresale unas décimas de milímetro por encima de las cuchillas, de forma que durante el prensado, el contacto entre ambos componentes del molde se produce en los topes y no entre las cuchillas como sucede habitualmente en este tipo de moldes. Por otra parte, los topes superiores poseen un sistema de soplado de aire que garantiza un contacto limpio. Los topes se fabrican en acero templado, lo que reduce considerablemente su desgaste.

En este tipo de moldes es importante garantizar un perfecto ajuste para evitar el conformado asimétrico de los biselos. Con este objetivo, MACER ha desarrollado un **sistema de centrado** de la parte superior e inferior del molde. El sistema consiste en unos casquillos acerados insertados en la matriz inferior y de sus simétricas en la matriz superior, de forma que coincidan cuando el molde esté perfectamente centrado. Para conseguir que las cajas estén encaradas se colocan, durante el ajuste, unas esferas apoyadas en los casquillos inferiores (figura 5.16), y posteriormente se apoya la matriz superior en las bolas de forma que estas se introduzcan en sus cajas. De esta forma se consigue un rápido centrado del molde.



Figura 5.16. Sistema de centrado del doble molde.

5.6. EL MOLDE ESPEJO PENETRANTE.

Ese tipo de molde (figura 5.17), también llamado “semiespejo” o “semipenetrante”, tiene unas características intermedias entre el molde penetrante y el molde espejo, y suele emplearse como sustituto del doble molde, debido a su mayor sencillez y menor coste.



Figura 5.17. Molde espejo penetrante.

La parte inferior del molde es similar a la del molde espejo tradicional. Sin embargo, las cuchillas de este molde son diferentes a las empleadas en el molde espejo, ya que tienen la misma morfología que las del molde penetrante, con la diferencia de que la conicidad y el separador se encuentran a una cota superior, debido a que, en este molde, el prensado se realiza más arriba (ver figura 5.18).

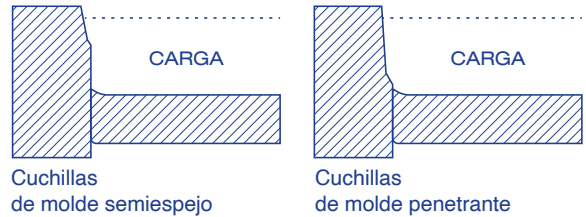


Figura 5.18. Comparación entre cuchillas del molde semiespejo y penetrante

La parte superior de este tipo de molde es diferente a la del molde espejo. Los punzones superiores tienen un tamaño similar a los del molde penetrante, pero se introducen solo hasta una cota definida, normalmente unos 3 mm, ya que su carrera está limitada por unos topes situados en la placa superior (figura 5.19 y 5.20). Esta medida no es fija. Así por ejemplo, en cuchillas de metal endurecido se debe evitar que el borde del punzón coincida en el prensado con la unión de los dos metales, lo que puede obligar a variar la carrera del punzón superior hasta un máximo de 6 mm.



Figura 5.19. Molde espejo penetrante con topes.

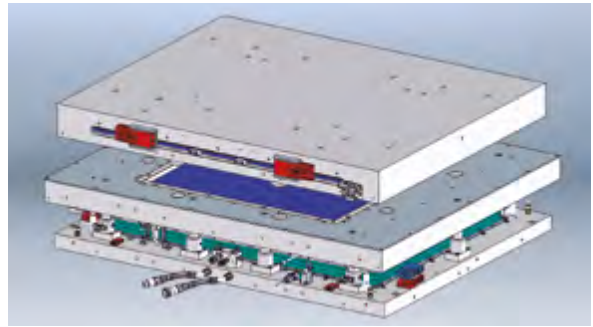
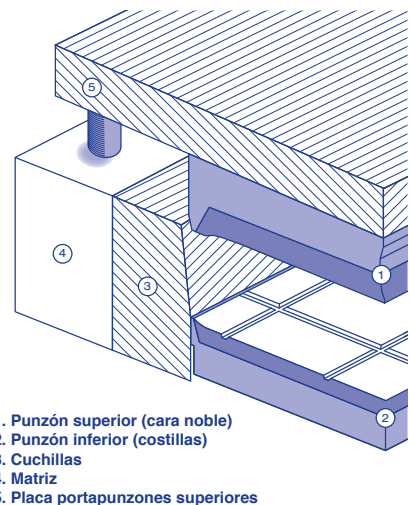


Figura 5.20. Disposición del molde espejo penetrante con topes.

Esta escasa penetración de los punzones superiores en los alvéolos reduce el estrés que sufre la pieza, y el desgaste de cuchillas y punzones, dado que en la extracción se retiene la matriz en la posición “abajo” y se libera la pieza con el mínimo arrastre y con la liberación progresiva de la fuerza de prensado.

El prensado habitual de este molde es con la cara noble hacia arriba (figuras 5.21 y 5.22).



1. Punzón superior (cara noble)
2. Punzón inferior (costillas)
3. Cuchillas
4. Matriz
5. Placa portapunzones superiores

Figura 5.21. Modo de prensado habitual de un molde espejo penetrante.

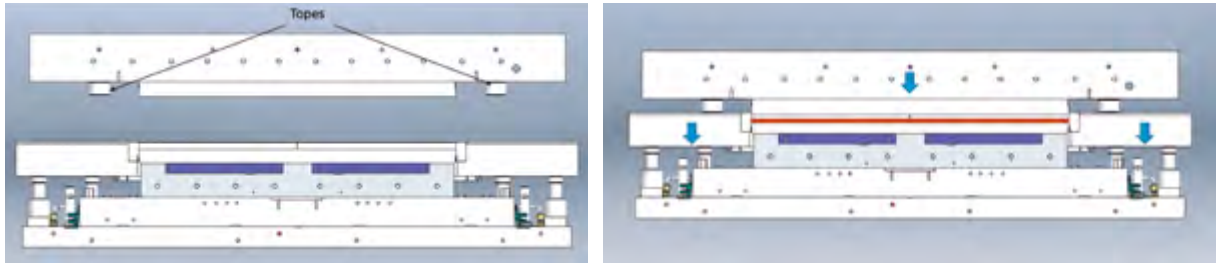


Figura 5.22. Prensado con un molde espejo penetrante.

5.6.1. El ciclo de prensado con el molde espejo penetrante.

El ciclo de prensado del molde espejo penetrante (Enlace 5.4), es bastante similar al del molde penetrante ya que la carga de alvéolos y caídas de platos ocurren igual que en esta tipología. Incluso las etapas de primera y segunda prensada son bastante similares aunque con una importante variación: el punzón superior penetra en los alvéolos, como lo hace el molde penetrante, pero sólo hasta una cota determinada, marcada por unos topes situados en la placa portapunzones superior y, dado que a diferencia del molde penetrante, la matriz es móvil esta puede descender hasta permitir que el conformado tenga lugar en la parte alta de las cuchillas, lo que permite una extracción fácil y sin tensiones y una mayor vida útil de los elementos del molde sometidos a desgaste, reforzado esto, por la posibilidad que tiene este tipo de molde de retener la matriz bajo, pues incorpora pistones de doble efecto que habilitan esta maniobra.

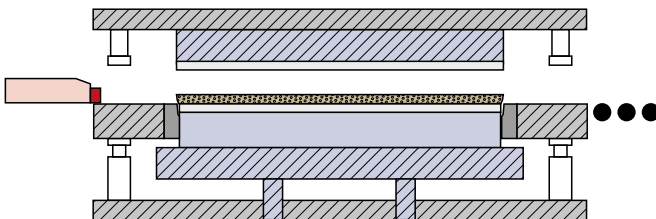


En código QR adjunto tienes un enlace a una animación del ciclo de prensado con molde espejo penetrante. Enlace 5.4

A diferencia de los moldes de conformado superior, o doble molde, que han de trabajar siempre en paquete, en este tipo de molde es posible trabajar también con retardo de extracción, es decir, liberando la presión del punzón superior y extrayendo o, si se desea, en paquete, es decir extrayendo de manera sincronizada con el movimiento del punzón superior. El molde presenta además una ventaja adicional, ya que pierde menos polvo que otros debido a que las cuchillas tienen menos conicidad y además ésta está situada en la parte superior.

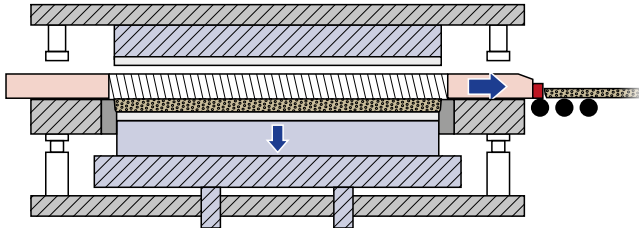
0. Inicio de ciclo.

El ciclo se inicia también con el travesaño móvil en la cota 0 y el punzón inferior alineado con el nivel de la matriz y el carro de alimentación.



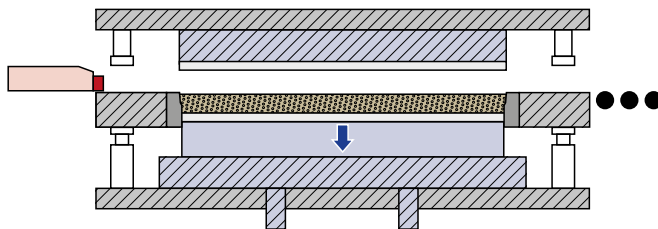
1. Expulsión de la pieza, primera caída de platos y carga del alvéolo.

De nuevo la pieza es depositada en la rodillera por el empuje del tope elástico del carro, mientras los platos realizan la primera caída hasta la cota correspondiente, regulada desde el panel de control de la prensa. Mientras se realizan estos movimientos el travesaño móvil permanece en la posición alta.



2. Segunda caída de platos.

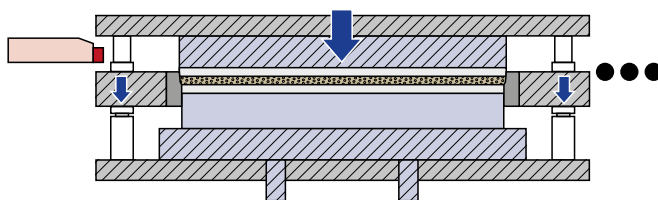
El carro vuelve a la posición de inicio y el conjunto de punzones inferiores, bloquitos y placa expulsora descenden hasta que ésta última entra en contacto con la placa salvabanco, preparada ya para recibir la fuerza de prensado.



3. Primera prensada.

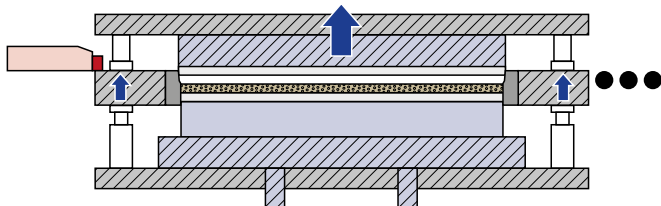
En este tipo de molde, la matriz también descende al hacerlo el travesaño móvil (notar la diferencia de nivel entre el carro de alimentación y la matriz) que sólo descende hasta donde le permite el tope anclado en la placa superior, y en esta posición se aplica la primera presión con objeto de eliminar la mayor cantidad posible de aire.

Debe tenerse en cuenta que en este molde, a diferencia del penetrante, el prensado tiene lugar en la parte superior de las cuchillas, lo que va a facilitar la extracción de las piezas.



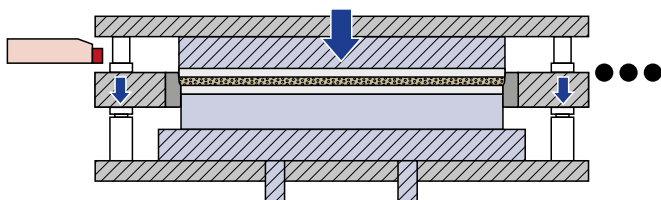
4. Desaireación.

Al cesar la fuerza de la primera prensada, la matriz y el punzón superior experimentan un ligero ascenso para facilitar la salida de aire ocluido a través de la holgura perimetral entre punzón y cuchillas y ranuras practicadas en las cuchillas superiores.



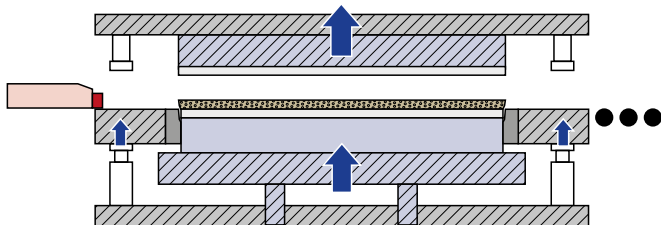
5. Segunda prensada.

La aplicación de una mayor fuerza de prensado en la segunda prensada provoca un descenso de la matriz y por tanto aumenta la compactación del polvo (recordar que el conjunto de placa portapunzones, “bloquetos” y punzones inferiores están en la posición baja con la placa portapunzones descansando sobre la placa salvabanco).



6. Extracción.

Las piezas prensadas se extraen del alvéolo y se llevan al nivel del carro de alimentación y de la rodillera con el movimiento ascendente de los punzones inferiores, acompañado del ascenso del travesaño móvil. Dado que el prensado ha tenido lugar en la parte superior de las cuchillas, la extracción resulta sencilla y con menos tensiones debidas a la expansión postprensado.



5.6.2. Características del molde espejo penetrante.

A modo de resumen, en la tabla 5.6 se citan las principales características de este tipo de moldes.

Características	
Matriz móvil apoyada sobre pistones hidráulicos.	Cara noble hacia arriba y costillas conformadas por el punzón inferior. No es necesario volteador. Cuchillas con perfil diferente a las de los moldes penetrantes (ver fig.5.18) Mínimo desgaste de cuchillas y punzones. Menor estrés de las piezas en su extracción. Posibilidad de retener matriz en parte baja.
El punzón superior penetra hasta una cota delimitada por unos topes situados en la placa portapunzones superior.	

Tabla 5.6. Principales características del molde espejo penetrante.

5.6.3. Productos fabricados.

Este molde se emplea en el prensado de piezas para rectificado, por lo que habitualmente la cara noble de las baldosas va, como se ha comentado, hacia arriba con lo que se evitan los pegados de molde, reprensados y las grietas que puedan producirse por el volteo de piezas de grandes dimensiones.

Estos moldes funcionan bien en el prensado de grandes formatos y elevados espesores. En la actualidad, pueden emplearse para sustituir el doble molde, ya que su coste es sensiblemente inferior, aunque, debido a la ligera conicidad invertida de las cuchillas, las baldosas deben ser rectificadas y debe adaptarse la línea de esmaltado para evitar el contacto entre baldosas crudas.

5.6.4. Desaireación.

El tamaño de los punzones de los moldes espejo penetrante, permite que, al igual que ocurre con los moldes penetrantes, quede una pequeña luz perimetral en la cavidad del molde, entre las cuchillas y el punzón superior, que favorece la desaireación. Debe tenerse en cuenta que en los grandes formatos con los que habitualmente se fabrica el gres porcelánico, la etapa de desaireación tiene una gran importancia ya que deben evacuarse grandes volúmenes de aire.

5.7. APLICACIONES ESPECÍFICAS DE MOLDES.

Las tipologías descritas en los apartados anteriores admiten algunas modificaciones que afectan tanto a sus componentes como a su funcionamiento, pero que, en esencia no alteran sus características generales ni su modo de funcionamiento. Dentro de estas variaciones, se encuentran en la actualidad en el mercado el **molde de cambio rápido (CRS)** y el **molde con alimentación a 380 - 440 V**.

5.7.1. Molde de cambio rápido.

También recibe el nombre de **molde CRS**, que es el acrónimo de “Cambio Rapido Stampo”. Se trata de moldes de cualquier tipología preparados para los sistemas de cambio rápido de molde de las prensas SACMI ^[78]. En la figura 5.23 se muestra un molde espejo penetrante con elementos de sujeción magnética y conectores adaptados para cambio rápido de molde.

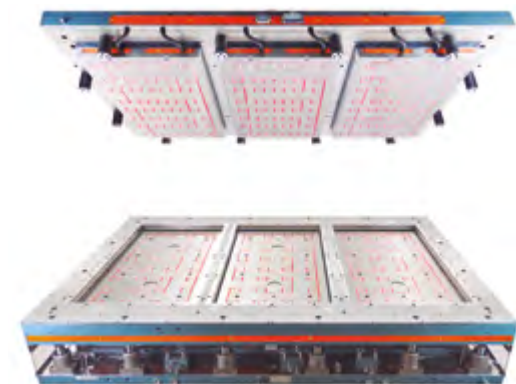


Figura 5.23. Molde espejo penetrante con dispositivos para cambio rápido de molde (CRS).



En código QR adjunto tienes un enlace a un vídeo sobre un molde de cambio rápido. Enlace 5.5

Los sistemas de cambio rápido reducen sensiblemente el tiempo de sustitución del molde simplificando todas las operaciones, y permiten adaptarse a una programación de la producción muy flexible, motivada por la creciente demanda de lotes pequeños, producciones personalizadas y gran variedad de formatos y relieves.

Se trata de moldes compatibles con el sistema integrado en las prensas SACMI, basado en sistemas magnéticos de sujeción y conexiones rápidas, disponible en prensas de elevada fuerza de prensado. Todos estos moldes tienen sistemas de calefacción a 380 – 440 V..

5.7.2. Moldes con alimentación a 380 – 440 V.

La mayor parte de moldes, especialmente los de formatos pequeños y medianos, van equipados con sistemas de calefacción de baja tensión (50 V). Sin embargo, a medida que aumenta el formato o en los moldes para prensas de altos tonelajes, se va haciendo necesario equiparlos con transformadores cada vez mayores para obtener esta tensión para los circuitos de calefacción.

Los moldes con alimentación a 380 – 440 V (figura 5.24) son moldes de cualquier tipología cuyo sistema de calefacción está alimentado con corriente trifásica 380 – 440 V, lo que representa la ventaja de evitar grandes transformadores en la prensa y de requerir un cableado de menor sección del que sería necesario. Naturalmente, trabajar a 380 o a 440 V requiere establecer sistemas de seguridad muy exigentes entre los que se incluye un diseño del molde con cableado interno supeditado a una serie de restricciones de seguridad y aislamiento, es decir, moldes muy cerrados, conectores y resistencias específicos, compensación de fases, etc. lo cual aumenta el coste del molde.



Figura 5.24. Molde con alimentación 380 -440 V.

5.8. CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL TIPO DE MOLDE.

La elección de un determinado tipo de molde está sujeta a un conjunto de criterios que pueden tener diferente peso específico en la decisión final. Los principales criterios para la elección del molde adecuado son:

- Tipo de producto a fabricar.
- Formato.
- Relieve y/o costillas
- Producción.
- Rectificado de lados.
- Tecnología de fabricación empleada.
- Precio.

a) Tipo de producto a fabricar.

En función de su aplicación, existen diferentes tipologías de baldosas cerámicas ^[85]. Aunque en un principio pudiera parecer que cualquier tipología de molde puede ser empleada para la fabricación de todo tipo de baldosas cerámicas, el tipo de producto (gres porcelánico esmaltado o no, gres, monoporosa, producto decorado en prensa, etc.) condiciona en gran medida la elección del molde adecuado. Por una parte porque la presión de prensado puede ser muy diferente de un producto a otro, como por ejemplo la diferencia de presión de prensado entre el gres porcelánico y el resto hace que sea preferible evitar los moldes de matriz extraíble en este tipo de productos. En algunos productos se prefiere también un molde en el que sea posible el conformado con la cara noble arriba, o incluso éste es absolutamente necesario, como por ejemplo si se emplea una tecnología de decoración en prensas.

b) Formato.

Los formatos habituales son cuadrados o rectangulares y existe una amplísima variedad de ellos en el mercado, desde los pequeños mosaicos enmallados hasta los grandes formatos actuales.

El prensado en molde penetrante con la cara noble abajo requiere de un volteo en la rodillera a la salida de la prensa. Esta no es una operación complicada en formatos pequeños y medianos, pero algunos fabricantes pueden tener reparos en voltear piezas de grandes formatos, ya que puede aumentar el riesgo de grietas por golpes.

c) Relieve y/o costillas.

En modelos con relieve, el tipo de costilla viene determinado por la morfología del relieve, de manera que se intenta, en la fase de diseño, minimizar las diferencias de compactación que puedan darse a causa de diferencias de espesor provocadas por el relieve y/o las costillas.

Relieves muy pronunciados pueden presentar problemas en los moldes de conformado superior (doble molde). Debe tenerse en cuenta que si se conforman piezas con un relieve muy pronunciado, su diseño debe ser de forma que permita una extracción fácil y limpia de la pieza.

Los mejores perfiles se obtienen con el doble molde. Sin embargo, la mejor compensación se obtiene con el molde penetrante.

d) Producción.

El doble molde tiene, en comparación con las demás tipologías, una menor producción ya que su ciclo de prensado es más complejo, especialmente en lo que se refiere a la fase de extracción de la pieza. A igualdad de formato y producto, un doble molde puede tener 1,5 golpes por minuto menos de media que las demás tipologías.

Cuando el criterio dominante es la producción, el molde penetrante es una buena alternativa ya que es el que nos permite realizar un ciclo más corto y, por tanto, alcanzar un mayor número de golpes por minuto.

Con el molde espejo penetrante se obtiene una producción intermedia entre molde penetrante y doble molde.

e) Rectificado de lados.

Como es bien sabido, el prensado con la cara noble hacia abajo, es decir con la cara buena conformada por los punzones inferiores, como se hace, por ejemplo en el molde penetrante, era en un principio necesario si se quería dotar a las piezas de separador. Sin embargo esta tipología presenta muchos problemas de arañazos, rozaduras, golpes de volteo, etc. lo que se ha intentado solucionar con la introducción de otras tipologías de molde que permiten el prensado con la cara noble arriba.

El prensado con la cara noble hacia abajo no es, sin embargo, necesario si se va a rectificar la pieza, ya que elimina los separadores.

f) Tipo de prensa e instalaciones de prensado-secado.

En las grandes prensas actuales se puede incorporar cualquier tipología de molde. Sin embargo, en prensas pequeñas puede ser imposible adaptar algún tipo, especialmente el doble molde si no tienen una **luz libre suficiente**.

La **longitud del travesaño** móvil determina también la posibilidad de instalación de un molde en una determinada prensa. Así por ejemplo, en los moldes de conformado superior (doble molde) los punzones superiores deben de estar en el espacio de la proyección del travesaño móvil (figura 5.25) para evitar curvaturas en los punzones. Sin embargo en un molde penetrante los punzones pueden ser un poco más grandes y sobresalir ligeramente las dimensiones del travesaño móvil ya que esto puede corregirse con una placa magnética de mayor espesor.

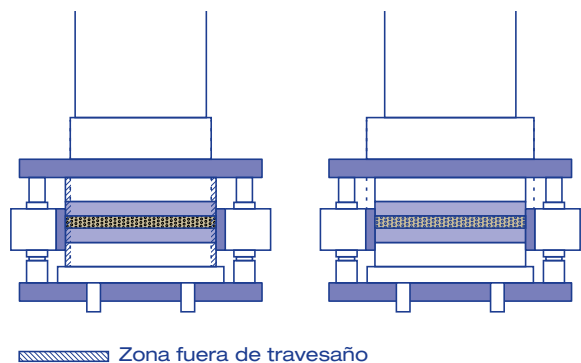


Figura 5.25. Relación entre las dimensiones del travesaño móvil y los punzones superiores de un doble molde.

Debe tenerse en cuenta también las instalaciones de la sección de prensado – secado, rodilleras, volteador, tipo de secadero y dimensiones etc. porque esto puede condicionar el formato a fabricar y, consecuentemente, el molde.

Algunas veces la elección de una tipología de molde puede venir condicionada por la necesidad de solucionar algún tipo de defecto en la fabricación que se presenta de forma recurrente. Por ejemplo, en algunos casos se ha sustituido los moldes penetrantes por doble molde para evitar la aparición de reprensados. Esto puede ser especialmente grave en formatos grandes por el elevado coste asociado al defecto y puede justificar económicamente la sustitución del tipo de molde.

Y, por último, no es infrecuente que la elección de un tipo de molde se haga en función de la propia experiencia de la empresa con esta tipología, y más aún si se trata del tipo mayoritariamente empleado en ésta. En todo caso, esta elección debe contar siempre con el asesoramiento de la empresa proveedora del molde.

Mantenimiento.

Capítulo 6



6.1. CONCEPTOS GENERALES DE MANTENIMIENTO.

En general, se entiende por mantenimiento industrial el conjunto de actividades que se llevan a cabo en equipos, máquinas o en la misma infraestructura de la empresa, para evitar su deterioro y reparar fallos o averías, con la finalidad de garantizar el correcto funcionamiento de éstos y alargar la vida de los equipos, máquinas e instalaciones con un rendimiento óptimo y en condiciones de seguridad y protección medioambiental a lo largo del tiempo.



Figura 6.1. Actividades de mantenimiento.

Cuando se habla de mantenimiento se suele hacer referencia habitualmente a tres tipos básicos: **mantenimiento preventivo**, **predictivo** y **correctivo**.

La finalidad del **mantenimiento preventivo** es, como dice su nombre, anticiparse a los futuros problemas que puedan dar los equipos, generalmente mediante una programación establecida que emana de las indicaciones de los propios fabricantes de los equipos. También se puede programar este mantenimiento en los periodos de parada, dependiendo del ciclo productivo de la empresa o del equipo en sí. Los resultados obtenidos en los controles de los equipos proporcionan una información valiosa, que convenientemente tratada, puede permitir conocer la probabilidad de fallo y anticipar un fallo de los equipos antes de que se produzca. Este tipo de mantenimiento se conoce como **mantenimiento predictivo** y a la larga suele ser más eficaz que el preventivo.

Por su parte, el mantenimiento **correctivo** consiste en dar solución al fallo cuando se produce, para devolver los equipos y máquinas a su estado operativo. La aparición de fallos en el equipamiento industrial, como se entenderá, tiene efectos negativos en el ciclo productivo de cualquier empresa.

Debe tenerse en cuenta que por “**estado operativo**” se entiende el estado de los equipos en condiciones de funcionamiento con la adecuada calidad, seguridad y protección medioambiental.

Por otra parte, la **vida útil** de las máquinas y equipos es el tiempo de trabajo real en que estas mantienen las condiciones exigidas de calidad, seguridad y protección medioambiental y con los costes de operación que la hacen rentable.

Así pues, el principal **objetivo del mantenimiento**, en general, es el de disponer de un sistema de producción en óptimas condiciones de funcionamiento, con todos los equipos, máquinas e instalaciones disponibles y en buen estado siempre que se requieran y al menor coste posible.

La división del mantenimiento industrial en los tres tipos citados, correctivo, preventivo y predictivo, es bastante habitual en la industria, aún con ciertos matices y adaptaciones a las condiciones específicas de cada empresa, por lo que es la descrita con más detalle en este texto. Sin embargo, una clasificación general, adaptable a cualquier realidad y que genera consenso es la descrita en la **norma UNE-EN 13306: 2018** de adopción obligatoria por los países que forman la Unión Europea y que establece un “cuadro terminológico estandarizado de mantenimiento” [2] con intención de llegar a un lenguaje común universal y establece un punto de referencia en términos y definiciones para el resto de los estándares europeos relacionados con el mantenimiento.

Por otra parte, hemos considerado de interés la clasificación de las actividades de mantenimiento que hace **la norma francesa AFNOR NF X 60-000 (2016)** [3] que divide estas actividades según el conjunto de competencias, habilidades y conocimientos desarrollados en cada una de ellas en cinco niveles.

En la tabla 6.1 se muestran las principales características de los tipos de mantenimiento descritos en nuestra primera clasificación.

Tipo de mantenimiento	Características
Correctivo.	Conjunto de actividades de mantenimiento que tienen por objetivo corregir fallos de funcionamiento en el momento en el que se producen. Es el tipo más básico de mantenimiento y consiste fundamentalmente en localizar las averías y repararlas. Se basa, por tanto, en la necesidad de corregir o reparar los fallos de funcionamiento de una forma puntual en un momento dado. Las actividades más frecuentes que se ejecutan en este tipo de mantenimiento son la reparación y el reemplazo de componentes averiados. Este tipo de mantenimiento sólo se realiza cuando el equipo es incapaz de seguir operando y, por tanto, no es un mantenimiento que pueda ser planificado. Debe realizarse con la mayor rapidez posible, para evitar costes, daños y/o contaminación, por lo que puede considerarse como un mantenimiento de emergencia que tiene los inconvenientes que supone unos costes que no pueden preverse con exactitud, no puede evitar las averías y obliga a disponer de un voluminoso almacén de recambios, lo que supone un importante coste para la empresa.
Preventivo.	Conjunto de actividades de mantenimiento que tienen por objetivo encontrar y corregir las causas de las averías, antes de que éstas se produzcan. Este tipo de mantenimiento pretende reducir las actividades de mantenimiento correctivo, y por tanto sus costes, mediante una rutina de inspecciones periódicas y acompañadas de la sustitución de elementos que puedan provocar averías. Las actividades de mantenimiento preventivo se realizan siguiendo un programa establecido que se denomina "programa de mantenimiento". Este plan indica las revisiones que deben realizarse en cada equipo y la frecuencia con la que deben realizarse. Tiene las ventajas de que implica una mejor conservación de las instalaciones industriales, reduce el número y el coste de las reparaciones, aumenta la calidad de la producción y mejora las condiciones de seguridad y de protección medioambiental de la planta industrial.
Predictivo.	Conjunto de actividades de mantenimiento que tienen por objetivo pronosticar el punto probable de fallo de las máquinas para actuar sobre estas antes de que fallen. Se basa en el conocimiento profundo del funcionamiento y del estado de las máquinas, equipos e instalaciones industriales. Este conocimiento se consigue a partir de la obtención de gran cantidad de datos que se procesan y con los que se obtiene información suficiente para anticiparse a las averías. Si se dispone de esta información se pueden programar actividades de mantenimiento que no afectan al proceso productivo, con las consiguientes optimizaciones en costes de producción, mano de obra y repuestos. Se evitan de este modo grandes y costosas averías agilizando las intervenciones.

Tabla 6.1 Tipos de mantenimiento.

En una línea parecida, más elaborada, está la clasificación de los tipos de mantenimiento descrita en la **Norma UNE-EN 13306: 2018 "Mantenimiento. Terminología del mantenimiento"** [2] [84]. Esta norma clasifica los tipos de mantenimiento según dos escenarios o condiciones generales: si las actividades de mantenimiento modifican o no, las características intrínsecas del diseño de la máquina, equipo o instalación objeto del mantenimiento, sin modificar su función original o si es posible programar la ejecución de las actividades de mantenimiento con anticipación.

- En el **primer escenario** (figura 6.2) las **actividades de mantenimiento que no modifican las características de máquinas y equipos** pueden subdividirse según tengan lugar antes de que se produzcan fallos de funcionamiento o si se realizan después. En cambio las que cambian características sin modificar la función se consideran actividades de mantenimiento de mejora. El concepto de tipo de **mantenimiento de mejora** es aplicable cuando el mantenimiento se orienta a crear un cambio positivo en alguna de las características definidas en el diseño del equipo, pero no cambia sus funciones originales.

El mantenimiento preventivo se subdivide según se observe degradación en las características del equipo, o no. En el primer caso, cuando se produce degradación, se denomina "**mantenimiento basado en la condición**" y si no se observa degradación se tiene el "**mantenimiento predeterminado**".

El denominado “**mantenimiento basado en la condición**” es un tipo de mantenimiento preventivo que incluye la evaluación de las condiciones físicas, el análisis y las posibles actuaciones posteriores. Se refiere, por tanto, a la evaluación del estado del equipo, máquina o instalación, que puede realizarse por un operador o por un equipo de operadores, mediante observación, pruebas o monitorización de los parámetros de funcionamiento del sistema. Esta actividad puede estar programada con anterioridad, o realizarse a petición.

El “**mantenimiento predictivo**” es definido en esta norma como un mantenimiento basado en la condición, es decir, basado en la predicción obtenida a partir de los resultados de la evaluación anteriormente descrita.

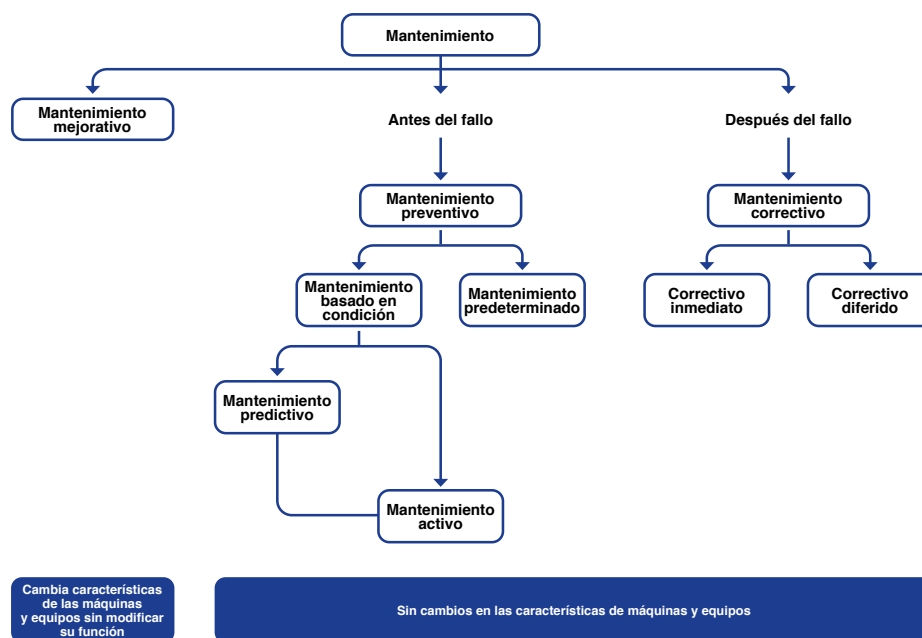


Figura 6.2. Tipos de mantenimiento según se modifiquen las características específicas de máquinas y equipos o no (Norma UNE-EN 13306: 2018).

El “**mantenimiento activo**”, puede formar parte, tanto del mantenimiento preventivo como del correctivo y se define como el conjunto de actividades que se llevan a cabo directamente sobre una máquina o equipo, para mantenerlo o restaurarlo en las condiciones de operación para que pueda realizar la función requerida.

- El **segundo escenario** contemplado por la norma UNE-EN 13306: 2018 hace referencia a la **posibilidad de programar el mantenimiento**, es decir, a la posibilidad de asignar fechas y recursos para la ejecución de las actividades de mantenimiento con anticipación. Divide el mantenimiento en “mantenimiento programado” y “mantenimiento no programado” (figura 6.3).

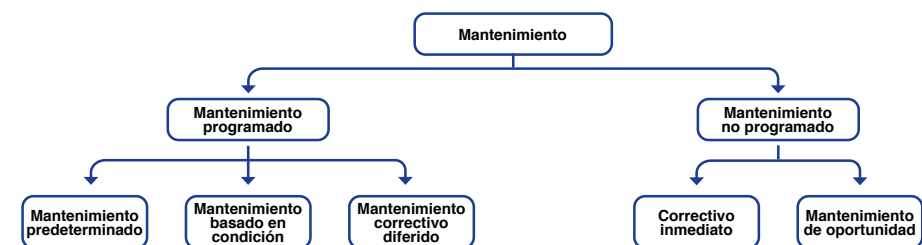


Figura 6.3 Tipos de mantenimiento según sea posible su programación o no (Norma UNE-EN 13306: 2018).

El **mantenimiento no programado** se subdivide, según esta norma, en “mantenimiento correctivo inmediato” y “mantenimiento de oportunidad”. El primero hace referencia a las actividades que son ejecutadas sin demora tras un fallo en la máquina con la finalidad de contrarrestar sus consecuencias y el segundo se refiere al conjunto de actividades de mantenimiento no programadas que puedan calificarse de mantenimiento preventivo y/o correctivo diferido.

Por su parte, el **mantenimiento programado** se subdivide en:

- **Mantenimiento predeterminado:** es un mantenimiento preventivo cíclico y sin previa evaluación de los equipos objeto de mantenimiento.
- **Mantenimiento basado en condición:** es un mantenimiento preventivo basado en una previa evaluación, o predicción, del estado de los equipos objeto del mantenimiento.
- **Mantenimiento correctivo diferido:** es un mantenimiento correctivo que no se ejecuta inmediatamente después de la detección del fallo y se programa su ejecución de acuerdo a criterios establecidos.

Un criterio complementario de los anteriores consiste en dividir las actividades de mantenimiento según su grado de complejidad, es decir según el conjunto de competencias necesarias para su desempeño, la formación requerida y el grado de complejidad de las operaciones realizadas, tal como describe la norma AFNOR NF X 60-000 (2016) ^[3] (tabla 6.2.)

Nivel de mantenimiento	Principales tareas	Ejemplos
Primer nivel.	Son un conjunto de actuaciones simples previstas por el fabricante sobre elementos accesibles, que no precisan de montajes y desmontajes complicados. Se utilizan siempre herramientas ligeras. No suponen un riesgo especial para la seguridad si se dispone de las instrucciones esenciales.	• Limpieza de punzones y moldes. • Limpieza por aspiración del molde.
Segundo nivel.	Reparaciones mediante cambio de elementos con el procedimiento establecido, que no requieren el desmontaje completo del equipo. Deben ser realizadas por un técnico cualificado que haya recibido formación sobre seguridad y riesgos.	• Reparación de terminales y conexiones eléctricas del molde, situadas a la vista.
Tercer nivel.	Identificación y diagnóstico de averías. Reparaciones por cambio de elementos funcionales. Intervenciones complejas precedidas de un diagnóstico y una identificación. Pueden realizarse in situ o en un taller de mantenimiento, y deben tener en cuenta el equipo en su conjunto, ya que la modificación de un elemento puede tener consecuencias en su funcionamiento general. Deben ser realizadas por técnicos especializados y con las herramientas indicadas en las instrucciones de mantenimiento de la máquina.	• Cambio de cuchillas fijas. • Cambio de cuchillas extraíbles. • Cambio de la chapa antidesgaste. • Desmontaje de punzones. • Montaje de punzones.
Cuarto nivel.	Operaciones complejas que requieren conocimientos técnicos específicos. Deben ser realizadas por un técnico especializado o un equipo de técnicos con una cualificación específica, bajo la supervisión de un responsable especializado. Operaciones importantes de mantenimiento preventivo.	• Montaje o desmontaje del molde.
Quinto nivel.	Acciones complejas llevadas a cabo por el fabricante del equipo o por una empresa autorizada por el propio fabricante del equipo. Comprende acciones similares a las realizadas en el proceso de fabricación del equipo. Trabajos de renovación o reconstrucción, que realiza el propio fabricante del equipo.	• Rectificado del molde.

Tabla 6.2. Niveles de mantenimiento según su grado de complejidad.

6.2. PROCEDIMIENTOS GENERALES DE MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE MOLDES.

Para describir los procedimientos generales de mantenimiento y conservación de moldes es necesario distinguir entre el molde completo y los componentes sustitutivos de éste, como son cuchillas (en caso de extraíbles), punzones superiores e inferiores, y otros elementos, como suplementos de acople, chapas antidesgaste, conectores, etc.

6.2.1. Almacenamiento y conservación de moldes y componentes.

Distinguiremos dos casos posibles: cuando el molde llega a la empresa fabricante de baldosas y cuando se sustituye un molde que ha estado trabajando, ya sea por un problema que requiera su traslado o para almacenarlo y sustituirlo por otro.

Cuando el molde llega a las instalaciones industriales, puede darse el caso de que se instale en la prensa inmediatamente o bien que se almacene para una posterior instalación. En este segundo caso, el molde debe ser desencajado o desembalado y ubicado en un lugar adecuado a su conservación⁵⁹

Los **moldes** deben almacenarse en estanterías situadas en espacios cubiertos, secos, exentos de polvo y de fácil acceso (figura 6.4 y 6.5). Nunca deben depositarse directamente en el suelo, ni muy próximos a zonas con elevadas temperaturas ambientales, como hornos o secaderos o con una elevada humedad. Lo más conveniente es que el almacén esté situado cerca de la sección de prensas pero aislado del polvo. Es completamente desaconsejable depositarlo en la misma sección de prensas sin aislamiento ni protección, ya que el polvo que en ella se genera puede penetrar por los mismos orificios de desaireación del molde.

Para su correcta conservación, debe protegerse el molde con una fina película de un lubricante adecuado que evite su oxidación, cubriendo la superficie de la matriz y las cuchillas.

En cuanto a los **consumibles** o elementos adicionales del molde como son las cuchillas, punzones, suplementos acople, etc. se pueden aplicar los mismos criterios en cuanto a ubicación, si bien es conveniente dotarse de procedimientos de identificación, localización y trazabilidad, para identificar con rapidez y exactitud la ubicación de todos los componentes. En este sentido, ya hay empresas que disponen de almacenes inteligentes para sus repuestos.

Debe tenerse en cuenta que las cuchillas y los punzones son los componentes de los moldes que conforman la pieza y que, por tanto, requieren la mayor precisión en su fabricación y una especial atención a sus condiciones de almacenamiento y conservación.



Figura 6.4. Movimiento y almacenamiento de moldes y componentes.

⁵⁹ Como se verá en este mismo capítulo, los moldes destinados a exportación van dispuestos en cajas de madera y los destinados a empresas del sector cerámico español, debido a su cercanía van depositados sobre pallets y convenientemente embalados.

Los punzones, tanto inferiores como superiores, suelen ir cubiertos con goma, por lo que deben ser limpiados cuidadosamente con esponja bañada en agua, y debe procurarse que el acero quede completamente seco. Después, si es posible, debe ser lubricado con un lubricante adecuado. Se deberán guardar en plano (figura 6.5), en un lugar apartado de la luz directa, en un ambiente seco o con la menor humedad posible y protegido en la cara de la goma en caso de poner elementos u otros punzones encima, a fin de evitar marcados. Si es posible, se recomienda no almacenar nunca los punzones unos sobre otros ni en vertical. El almacenamiento de los punzones debe ser muy cuidadoso, ya que incluso los que no se han utilizado nunca, pueden ver deteriorada la goma si permanecen almacenados un largo período de tiempo, ya que ésta pierde propiedades con la exposición prolongada al ambiente (luz, calor, polvo, humedad) y, por lo tanto, los punzones dejan de ser aptos para el trabajo, debiéndose engomar de nuevo para poder ser utilizados. Es importante también anotar el número de golpes realizados por los punzones que ya han sido utilizados.



Figura 6.5. Instalaciones de almacenamiento de punzones.

Cuando el número de punzones a almacenar es muy elevado, lo cual no es infrecuente en muchas empresas del sector, los módulos de almacenamiento suponen una solución óptima que ya han adoptado algunas empresas (figura 6.6). Los **módulos de almacenamiento** son dispositivos de almacenaje informatizado mediante bandejas dispuestas en torre que permiten un almacenamiento flexible e inteligente

Por otra parte, cuando se sustituye un molde deben seguirse una serie de pautas para asegurar la correcta conservación de sus componentes. En este caso resulta aconsejable desmontar los punzones y almacenarlos por separado. Una vez se tiene el molde sin punzones, es necesario **revisar** algunos de sus **componentes** para asegurarnos un óptimo funcionamiento en la siguiente puesta en máquina:

- Debe revisarse el **fuelle** y comprobar que no esté dañado o perforado. Para ello se debe limpiar de tierra para facilitar el acceso visual al mismo, y además en caso de que el fuelle sea de cuero poder aplicar una grasa protectora (tipo grasa de caballo) antes de su almacenamiento. Si el fuelle es de elastómero se comprueba de forma visual su estado general. Un



Figura 6.6. Módulo de almacenamiento

indicio de que el fuelle de elastómero se encuentra en un estado correcto es la uniformidad de su color.

- Se revisan también las **cuchillas**, comprobando en primer lugar que no haya roturas. Se comprueba también el desgaste sufrido por éstas. Estas comprobaciones se hacen, en un principio, de manera visual y al tacto, aunque es conveniente conocer el número de golpes del molde, como se ha indicado.
- Debe comprobarse también el desgaste sufrido por la superficie de la **matriz**. Si ésta va protegida por una chapa antidesgaste, se deberá comprobar su estado y el desgaste sufrido por el paso de las parrillas alimentadoras.
- Se revisa también todo el conexionado eléctrico así como los elementos eléctricos del molde, como resistencias de “bloqueto” y matriz y bobinas de los mismos “bloquetos”. Debe comprobarse que todo el cableado esté bien sujeto y no haya ningún cable suelto. En estos casos se deben comprobar que están todos en perfectas condiciones y, en su defecto, bien cambiar o enviar al taller para su reparación si fuera necesario.

6.2.2. Procedimientos de limpieza de los moldes.

Debe distinguirse entre los procedimientos de limpieza del molde o de alguno de sus componentes una vez que el molde ha sido desmontado y la limpieza de componentes con el molde instalado y en parada.

En el primer caso, se realiza una limpieza del molde antes de realizar actividades de mantenimiento en él o de almacenarlo, mientras que en el segundo caso, la limpieza es una actividad complementaria a las actividades de mantenimiento que se realizan con el molde en parada, como por ejemplo el cambio de cuchillas extraíbles.

Como norma general, debe tenerse en cuenta que, por cuestiones de higiene, hay que evitar siempre las limpiezas manuales por soplado si no se puede garantizar una correcta aspiración del polvo, por lo que la limpieza del molde, tanto en parada como con el molde desmontado, se realiza por aspiración empleando los elementos de protección individual (EPI) adecuados.

Cuando el molde está en funcionamiento, debe evitarse la suciedad y el polvo en general, y especialmente la acumulación de tierra entre el hueco de la matriz y la placa expulsora. El procedimiento de limpieza de esta zona, mientras el molde está trabajando, varía según el fabricante. MACER ha incorporado unos sopladores específicos en sus moldes que funcionan con aire comprimido y van instalados en la placa expulsora o en la placa portapunzones si la hay, tal como se ha descrito en el capítulo 3. El montaje se completa con un sistema de aspiración en la parte posterior del molde. Cuando se tiene un sistema de sopladores y aspiración instalada en el molde es muy conveniente cerrarlo a tres caras para optimizar la aspiración. El sistema de soplado – aspiración en moldes cerrados es eficaz si se tiene una aspiración suficiente, pero esto no siempre se puede garantizar. Si se usa para ello el sistema de aspiración de la planta, éste puede ser eficaz cuando hay muy pocas prensas instaladas, pero se muestra insuficiente cuando hay muchas, lo que aconsejaría, en este caso, la instalación de sistemas de aspiración individuales para cada una de las prensas, por parte de los fabricantes de éstas.

Por otra parte, la limpieza manual de esta zona con el molde en parada o desmontado puede ser difícil. Generalmente se realiza un aspirado de polvos mediante un aspirador con una boquilla adecuada para llegar a todos los rincones. Es importante proteger esta boquilla para evitar dañar el fuelle durante el proceso de limpieza. En general, la limpieza manual de la parte posterior de los moldes, con el molde montado en prensa y en parada, es más complicada debido a la inaccesibilidad de esta zona. Esta limpieza aún se podía realizar con dificultad en pequeñas prensas equipadas con carros de alimentación tradicionales, pero los actuales carros de alimentación impiden el acceso a la parte posterior del molde sin quitar el carro, por lo que se debe programar una limpieza de mantenimiento periódica en la que se quite el carro de alimentación y se limpie la zona por aspiración.

En las prensas equipadas con cambio rápido de molde de SACMI, la parte trasera va cerrada y equipada con un sistema de aspiración que permite la limpieza de esta zona del molde mientras la prensa está en funcionamiento.

6.3. PROCESOS DE REPARACIÓN O SUSTITUCIÓN DE COMPONENTES.

Los principales procesos de reparación o sustitución de componentes en los moldes son la sustitución de cuchillas, tanto fijas como extraíbles, y la sustitución de punzones. Otras actividades menos frecuentes que conviene citar son el cambio de la chapa antidesgaste o la revisión de conexiones eléctricas.

6.3.1. Sustitución de cuchillas fijas.

Las cuchillas empleadas en los moldes para prensado de baldosas cerámicas pueden dividirse en dos grandes grupos, como se vio en el capítulo 3, atendiendo al modo de instalación en la caja marco: las **cuchillas fijas** y las **cuchillas extraíbles** (tabla 3.5).

Las cuchillas fijas fueron durante mucho tiempo la única tipología de cuchillas disponible, hasta el la introducción en el sector, por parte de MACER, en 2003, de las cuchillas extraíbles ^[71].

Se denominan “cuchillas fijas” porque se montan y ajustan en la caja marco o matriz en el taller de moldes, y por lo tanto no se pueden desmontar en prensa, ni en planta, y debe trasladarse el molde a un taller de moldes para su desmontaje y sustitución. En un sector industrial muy concentrado como el sector cerámico español, esta operación es viable debido a las cortas distancias entre empresas fabricantes y auxiliares, aunque es también costosa, pues exige el desmontaje y transporte del molde. En cambio, en sectores muy dispersos, como por ejemplo en países de América Latina, esta sustitución obliga a la empresa a disponer de personal cualificado para ello, así como el acceso a los medios tecnológicos necesarios.

Las cuchillas deben cambiarse cuando han sufrido un excesivo desgaste que ya no puede compensarse con el sistema de calefacción del molde y, por tanto, generan defectos de prensado, como se verá en el capítulo 7. Las cuchillas desgastadas se pueden desmontar y rectificar un número determinado de veces, como mucho hasta que hayan perdido por desgaste entre 2 y 3 milímetros de espesor. En el taller de moldes se procederá a su rectificado de caras y, posteriormente, se mecanizará el perfil, dotándolas del separador y de la conicidad necesaria.

Para realizar el cambio de las cuchillas en el taller de moldes, debe desmontarse la caja marco o matriz. La extracción de las cuchillas cortas se realiza con la ayuda de unos tornillos de extracción, atornillados en taladros horizontales, que al ser roscados hacen tope con el marco y empujan la cuchilla

hacia el lateral. Cuando se extraen las cuchillas cortas, las largas, que son sujetadas por éstas, quedan libres. A continuación, una vez desmontadas las cuchillas, se procede a su rectificado de caras para dejar acero donde poder realizar la conicidad y el separador requeridos en el siguiente proceso de rectificado, y después se vuelven a montar y ajustar en la caja marco. Dado que las cuchillas han perdido espesor por desgaste durante el proceso de rectificado, deberán ser suplementadas con láminas en las caras de contacto con la matriz hasta conseguir las dimensiones del alvéolo requeridas.

Las cuchillas se fijan al hueco del alvéolo, mecanizado en el marco, mediante tornillos en taladros horizontales, y/o mediante taladros en los extremos de las cuchillas largas, e incluso de las cortas, dependiendo del formato. Este montaje se realiza a mano y requiere una gran precisión.

Las cuchillas centrales, es decir las cuchillas que separan alvéolos cuando por falta de espacio no se montan tabiques de separación entre éstos, no pueden ser rectificadas y deben montarse siempre nuevas, ya que si se rectifican deben suplementarse las cuchillas del lado opuesto para mantener las dimensiones del formato y, por tanto, se pierden los centros de los huecos, lo que provoca un descentrado de los punzones.

6.3.2. Sustitución de cuchillas extraíbles.

Pueden darse diferentes casos en los que se requiera un cambio de cuchillas extraíbles:

- *Cambios de formato en moldes multiformato.* Para este tipo de moldes se dispone de tantos tipos diferentes de cuchillas como formatos o figuras permita el molde, por lo que cuando debe realizarse un cambio de formato o de figura, se debe realizar el consiguiente cambio de cuchillas. Si las cuchillas sustituidas aún están aptas para la producción, deberán reservarse para próximas producciones.
- *Sustitución de cuchillas extraíbles cuando el molde no es multiformato.* En este caso la sustitución se realiza cuando las cuchillas llegan al final de su ciclo de vida, bien sea por desgaste o por una posible rotura, y en este caso se debe efectuar también la extracción de las mismas para sustituirlas por otras. En cualquier caso, siempre es preferible realizar este cambio en la propia prensa, ya que nos va a facilitar las operaciones de sustitución.

Las cuchillas extraíbles, están diseñadas para ser desmontadas en la propia fábrica, bien dentro de prensa como fuera de ella, sin necesidad de llevar el molde al taller, como se requiere con las cuchillas fijas o convencionales. En ambos casos, cuando las cuchillas se deben desmontar del molde, es preferible hacerlo con el molde montado en la prensa, ya que nos podemos ayudar del mecanismo de extracción de la misma para sacar las cuchillas de forma más sencilla que si el molde está desmontado y, por tanto, situado fuera de ella.

6.3.2.1. Cambio de cuchillas extraíbles en la propia prensa.

Las cuchillas se cambian con el molde instalado en la propia prensa. Para este caso, se sigue la siguiente pauta:

1. Para realizar un cambio de cuchillas el molde debe estar completamente limpio, por lo que se aspira bien, especialmente en el espacio entre “bloquetos” donde puede acumularse polvo. A continuación se procede a la limpieza de cada cuchilla, sobre todo en su parte superior, a fin de dejar a la vista los tornillos que la sujetan a la matriz.
2. Desatornillar cada uno de los tornillos mencionados en el punto anterior, dejando la cuchilla libre para continuar con el siguiente paso.

3. A continuación se procede a la extracción de las cuchillas, para lo cual deben emplearse unos elementos extractores adecuados (figura 6.7). Los extractores se colocan de manera que sus extremos se ubican en el espacio que queda entre la cuchilla en su parte inferior y el hueco interior del alojamiento de la matriz donde se queda instalada la cuchilla; y la parte media de los extractores se queda encima del “bloqueto” inferior. En esta posición de los extractores y con la prensa en modo manual, se realiza una subida del conjunto placa expulsora y “bloquetos” que provoca que estos extractores empujen la cuchilla hasta fuera del hueco que las aloja (figura 6.8). Nótese que hablamos de extractores y no de extractor, ya que mínimo deberemos utilizar 2 unidades por alvéolo para poder efectuar una maniobra efectiva.



Figura 6.7. Extractores de cuchillas.



Figura 6.8. Extracción de cuchillas extraíbles.

4. Una vez que la cuchilla a desmontar está fuera del hueco de la matriz o caja marco se procede a la limpieza de todo el alojamiento para dejarlo listo para instalar la cuchilla que se va a montar.
5. Con ayuda de los mismos extractores empleados para la extracción de la cuchilla anterior, se procede a deslizar la cuchilla en el hueco de la matriz, y con el movimiento de la placa expulsora se acopla perfectamente la cuchilla en el hueco.
6. A continuación se procede a atornillar las cuchillas con tornillos que estén en condiciones; si es preciso se ponen nuevos, ya que un tornillo en mal estado puede provocar en el futuro demoras en el proceso de desmontado.

Cabe resaltar la importancia de realizar esta maniobra con mucha atención, sobre todo cuando se introduce la cuchilla en el hueco de la matriz, ya que al tener ésta un ajuste mínimo, puede provocar que se quede trabada si su posición no es paralela y si se fuerza se puede dañar el alojamiento de la misma.

Se aconseja mantener la caja marco con calor para que el hueco dilate, ya que la cuchilla que está para montar estará más fría y por lo tanto será un poco más pequeña que cuando llegue a la misma temperatura que la matriz, obteniendo de esta manera una holgura que facilita su montaje.

6.3.2.2. Cambio de cuchillas extraíbles fuera de la prensa.

En caso de tener que desmontar las cuchillas fuera de la prensa, el método es diferente ya que no se cuenta con la ayuda que ofrece la prensa y por lo tanto no es posible el uso de los elementos extractores. En estos casos el procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Dado que el molde no está instalado en la prensa, se da por hecho que ya fue aspirado y está limpio como se requiere para realizar cualquier operación de mantenimiento. En todo caso se comprueba su estado de limpieza y si es necesario, al igual que en el caso anterior, se procede a

la limpieza de cada cuchilla, especialmente en su parte superior a fin de dejar a la vista los tornillos que la sujetan a la matriz.

2. Se desatornilla cada uno de los tornillos mencionados en el punto anterior, dejando la cuchilla libre para continuar con el siguiente paso.
3. Las cuchillas extraíbles están diseñadas con unos alojamientos donde se instalan unos pernos ciegos que sirven para realizar su extracción. Estos elementos se van roscando de manera que irán saliendo por la parte inferior de la cuchilla, la cual al hacer apoyo en la base del alojamiento hace que la cuchilla empiece a elevarse de esta base. Hay que tener especial cuidado en esta operación, ya que son varios pernos ciegos los que deben ir ajustándose durante esta operación, de manera que debe hacerse por intervalos iguales para extraer las cuchillas en posición paralela ya que, en caso contrario, puede provocarse que la cuchilla quede trabada en su salida.
4. Una vez la cuchilla a desmontar está fuera del hueco de la matriz o caja marco, se procede a la limpieza de todo el alojamiento para dejarlo listo para instalar la nueva cuchilla.
5. Dado que, como se ha indicado, estas operaciones se están realizando fuera de la prensa, no se cuenta con su ayuda mecánica, por lo que la colocación de las nuevas cuchillas requiere una pericia mayor por parte del operario, que deberá ajustar la cuchilla en el hueco de manera manual (figura 6.9). Esta operación puede ser sencilla para formatos pequeños, pero para las cuchillas de mayor tamaño debe hacerse uso de los pernos ciegos los cuales servirán de apoyo a las cuchillas y se deben esconder con la llave Allen en intervalos iguales, es decir, el movimiento inverso que se explicó en el punto 3, donde se describía su extracción.
6. Finalmente se procede a atornillar las cuchillas. Es muy importante emplear tornillos que estén en perfectas condiciones, ya que un tornillo en mal estado puede provocar en el futuro demoras en el proceso de desmontado. Se aconseja emplear siempre tornillos nuevos cuando el cambio lo aconseje.



Figura 6.9. Cambio de cuchillas fuera de la propia prensa.

6.3.3. Extracción e instalación de punzones.

En el cambio de punzones nos vamos a encontrar con diferentes posibilidades, ya que va a depender del tipo de molde, del formato en cuestión, o de la posición de los mismos, que pueden ser superiores de relieve o superiores de costilla; así como inferiores de relieve o costilla.

Montaje de punzones.

Independientemente del tipo de molde, los **punzones inferiores** se insertan en el molde siempre del mismo modo, que consiste en desplazarlos al interior del hueco. Para que esta operación sea más sencilla se eleva la placa expulsora y los “bloquetos” para recibir el punzón a unos 3 o 4 mm del filo para facilitar su acople.

El **montaje de los punzones superiores** es diferente y su procedimiento operativo depende de la tipología del molde:

- En el **molde espejo** el punzón superior está provisto de un sistema de guiado con la placa o la matriz, que facilita su centrado.
- En el **molde penetrante** el montaje y centrado de los mismos se hace con el punzón inferior montado, ya que sobre este punzón inferior se pondrá un soporte, a ser posible un tipo de elastómero rígido, que no dañe la goma de ninguno de los dos punzones, ya que sobre este soporte se colocará el punzón superior. El soporte deberá tener el espesor de la pieza a prensar con un margen de 1 mm por arriba o por abajo. De esta manera tendremos el punzón superior a la altura de su posición de trabajo, y es ahí donde debemos centrarlo con las cuchillas. Para este centrado se utilizan láminas de metal o de papel, que se insertan en la holgura existente entre el punzón y las cuchillas ya que como el ajuste en ese punto es de entre 2 y 3 décimas de mm, este tipo de láminas nos permite ajustar la posición de centrado.
- En el **molde espejo-penetrante** el procedimiento operativo es el mismo que el que se ha descrito para el molde penetrante, con la diferencia de que el soporte que se emplea debe tener el doble de espesor que la pieza a conformar, ya que si no es así podemos dañar las cuchillas al realizar la operación de montaje o desmontaje de los punzones superiores, porque su posición quedaría por debajo del separador (si tuviera) y/o de la conicidad.
- El procedimiento operativo en el **doble molde** es similar a los anteriores, con alguna pequeña diferencia. El punzón inferior se monta exactamente igual que se hace en el molde penetrante. Con el punzón superior se sigue un procedimiento similar al seguido en este molde teniendo en cuenta que en el movimiento del travesaño y la placa superior es acompañado por el descenso de la matriz hasta hacer tope. En este tipo de molde, la matriz superior facilita el centrado del punzón, por lo que no es necesario realizar las operaciones de centrado descritas para el molde penetrante.

Las operaciones descritas resultan relativamente sencillas cuando se realizan con punzones de peso y formatos pequeños ya que éstos son manejables. Sin embargo con el aumento de los tamaños y por tanto del peso, se dificulta la tarea pudiendo incluso llegar a entrañar un riesgo para la seguridad e integridad del operario. Ya se ha visto en el capítulo 3 que para facilitar estas operaciones, los “bloquetos” de grandes formatos se equipan con unos pistones anclados que permiten levantar el punzón hasta una altura superior al nivel de la matriz para facilitar el montaje y desmontaje del punzón que se traslada mediante un sistema de deslizamiento (figuras 6.10 y 6.11 y enlace 6.1).



Figura 6.10. Sistema de deslizamiento de punzones

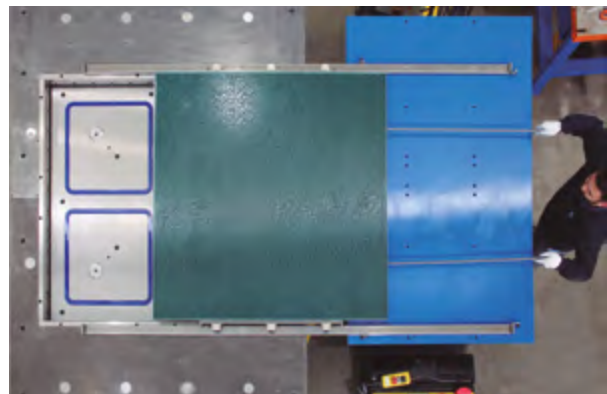


Figura 6.11. Montaje de un punzón de gran formato.



En código QR adjunto tienes un enlace a un vídeo en el que puedes ver el procedimiento de desplazamiento y montaje de un punzón inferior en un molde penetrante de gran formato. Enlace 6.1

Todas estas operaciones deben realizarse por el personal debidamente formado para ello y respetando todas las indicaciones de seguridad establecidas. A partir de 25 kg todas las cargas (punzones, placas, etc.) se levantan con ayuda de polipastos o cualquier otro tipo de ayuda mecánica (figura 6.12), y el transporte y movimientos para el montaje de los punzones deben realizarse con el carro portapunzones. Éste puede ser hidráulico manual (figura 6.13) o eléctrico (figura 6.14).



Figura 6.12. Levantamiento y manejo de grandes cargas con ayuda de polipasto e imanes.



Figura 6.13. Carro hidráulico manual para el cambio de punzones.



Figura 6.14. Carro hidráulico manual para el cambio de punzones.

6.4. EL PROCESO DE CAMBIO DE MOLDE.

El proceso de sustitución de un molde en la prensa, comprende el desmontaje del molde activo y el montaje de uno nuevo. Es una operación compleja que debe ser realizada por personal con la formación adecuada siguiendo un estricto protocolo y respetando todas las especificaciones de seguridad y protección medioambiental.

La sustitución de un molde instalado en una prensa debe realizarse cuando por exigencias de la producción se debe efectuar un cambio de formato; por desgaste o por algún tipo de avería en el molde, como una rotura de fuelle, etc. Con menor frecuencia, pueden darse también algunas situaciones coyunturales que obliguen a un cambio de molde, como por ejemplo averías graves en una prensa que nos obligan a cambiar el molde a otra, etc.

El cambio de molde consta de una serie de operaciones comunes a cualquier tipo de molde y prensa, con algunas importantes variaciones en el procedimiento que dependen fundamentalmente del tipo de prensa y, en menor medida, del tipo de molde.

Los cambios de molde pueden realizarse con ayuda de la carretilla elevadora o bien empleando un carro específico para cambio de moldes, como el que se puede ver en la figura 6.15.

Según el tipo de prensa y la propia instalación de ésta, el molde puede cambiarse operando por la parte delantera de la prensa o por la parte trasera. La mayoría de prensas modernas van equipadas con carros de alimentación extraíbles lo que permite que el molde se cambie fácilmente por la parte trasera, retirando previamente el carro.

En general, en todas las prensas equipadas con un sistema de extracción tradicional con pistones y candelas se cambia el molde por la parte delantera, y por lo tanto todas las prensas antiguas de SACMI hasta la prensa PH 1400⁶⁰ se cambian así, quitando previamente la rodillera. También se cambia el molde por la parte delantera en todas las prensas equipadas con molde de cambio rápido, como por ejemplo las prensas de última generación de SACMI, como la PH10000, que ya todas vienen equipadas con este dispositivo, ya que existen nuevos elementos que lo permiten, como nuevos carros para el cambio de molde, además de los ya mencionados moldes de cambio rápido.

La mayor parte de prensas modernas de SITI B&T permiten el cambio de molde por la parte trasera de la prensa. También se cambia el molde por la parte trasera en todas las prensas de la serie 2000, de SACMI, hasta la PH 3590, y, en cambio, la nueva generación de prensas de menor tonelaje, también de SACMI, pasó de nuevo a cambiar el molde por la parte delantera.

El cambio de molde por la parte trasera suele hacer las operaciones de sustitución cómodas ya que, por lo general, suele haber más espacio para maniobrar, aunque esto no siempre es así, especialmente en las instalaciones más antiguas. Por supuesto, esta operación obliga a retirar el carro de alimentación, como se ha comentado, lo que suele aprovecharse para realizar actividades de mantenimiento en él, como limpieza, sustitución de elementos desgastados, revisión de rodamientos, etc.



Figura 6.15. Transporte del molde para instalación o cambio.

⁶⁰ Estas prensas se conocen en el sector cerámico como “prensas verdes”.

Respecto al tipo de molde, no existen diferencias en el procedimiento operativo del cambio entre los moldes penetrante, espejo y espejo-penetrante. En cambio el procedimiento es diferente para el doble molde.

En primer lugar, se debe **desanclar la placa expulsora del molde del sistema de carga y extracción de la prensa**. Este procedimiento varía en función del tipo de sistema de extracción instalado que, como se sabe, en las prensas actuales es diferente según el fabricante:

- SACMI actualmente equipa sus prensas con el sistema SPE[®], en el que los movimientos del conjunto placa expulsora – “bloquetos” se consiguen mediante el concurso de cuatro pistones sincronizados, que son capaces de realizar hasta cinco caídas de platos. En este sistema, el anclaje se realiza mediante collarines como los mostrados en la figura 3.7.
- Por su parte las prensas SITI B&T tienen los sistemas SYNCRO[®] o E-SYNCRO[®] formados por un pistón central que mueve la placa portapunzones en el sentido descendente, y de cuatro cilindros hidráulicos que realizan el movimiento ascendente y acompañan el descendente. En su anclaje se emplean rodamientos de rótula como el mostrado en la figura 3.9.
- Además de estos sistemas, muchas prensas van equipadas con el equipo tradicional de carga y extracción de pistones y candelas, y en ellos el anclaje se realiza mediante una placa “batente”. También hay prensas equipadas con el antiguo sistema SMU[®] de SACMI, en las que el desanclaje consiste sólo en desatornillar los tornillos que unen la placa salvabanco a la bancada de la prensa ya que en este equipo, el sistema hidráulico de extracción va incorporado al molde.

Tras el desanclaje, se desconectan todas las conexiones eléctricas y se desatornillan los tornillos que unen la placa salvabanco a la prensa, excepto en los moldes de cambio rápido que no llevan estos tornillos. Una vez quitados, debe repasarse la rosca con un macho y si la rosca está en buenas condiciones, los tornillos se limpian y pueden volver a ser utilizados, a menos que se observe algún defecto en la rosca o no atornille bien. En este caso deben ser sustituidos.

6.4.1. El cambio de los moldes penetrante, espejo y espejo-penetrante.

El desmontaje y la secuencia de operaciones en estos moldes pueden variar según éstos vayan equipados con una placa superior fija o con una placa superior isostática.

Por lo general, **se quita primero la parte inferior del molde**, lo que permite disponer de suficiente espacio para, con la prensa en modo manual, bajar la placa superior, isostática o fija y depositarla sobre un pallet para retirarla a continuación con la ayuda de una carretilla elevadora.

- Si el molde va equipado con una **placa superior fija** y las dimensiones de ésta son compatibles con el nuevo molde que se va a instalar, es recomendable dejarla montada. Algunas empresas optan por instalar en las prensas, placas fijas de imantación de grandes dimensiones, compatibles con cualquier formato que se vaya a fabricar, y no cambiarlas nunca. Aunque es una solución que permite ahorrar tiempo en el cambio de molde, es posible que en algún formato se pierdan golpes por minuto con esta solución, porque el tamaño de la placa limita la posición del carro cuando está en la posición atrás en el ciclo de prensado. Placas muy grandes obligan al carro a partir de una posición más alejada de los alvéolos y, por lo tanto, a aumentar el tiempo invertido en la carga de éstos durante el ciclo de prensado, con la consiguiente pérdida de producción de la prensa.
- En cambio, si el molde desmontado tenía una **placa superior isostática**, ésta será incompatible con el nuevo molde y deberá ser desmontada a continuación, siguiendo el procedimiento descrito.

Para el **montaje del molde** se opera de la siguiente manera:

- Si se quiere montar un **molde con placa superior fija**, puede instalarse ésta primero y no es necesario que quede perfectamente centrada, ya que son los punzones superiores los que deberán quedar centrados. A continuación se instala la parte inferior del molde, centrando los punzones superiores de acuerdo con el procedimiento descrito.
- Si se pretende instalar un **molde con placa superior isostática**, se instala primero ésta, pero no se aprieta completamente ya que, a diferencia de la placa superior fija, esta placa debe estar correctamente centrada. A continuación se instala el molde inferior y se realiza el centrado de los punzones superiores y de la placa, sobre el molde inferior. En este sentido, debe tenerse en cuenta que las placas isostáticas más modernas van equipadas con centradores que facilitan esta operación. Este centrado se realiza descendiendo el travesaño móvil y ajustando el punzón en el interior del alvéolo con la ayuda de los centradores anteriormente mencionados. Después del centrado se procede al atornillado final de la placa.

6.4.2. El cambio del doble molde.

El procedimiento para el cambio del molde de conformado superior o doble molde, varía también según el fabricante de la prensa. El proceso requiere, en primer lugar, del desmontaje del molde instalado para, a continuación, instalar el nuevo molde.

6.4.2.1. Proceso de desmontaje del molde instalado en la prensa.

El procedimiento general para el desmontaje de un molde instalado en la prensa consiste en retirar en primer lugar la parte inferior del molde y a continuación la parte superior. Por supuesto, es posible hacerlo al revés, pero el procedimiento descrito es preferible porque con la retirada de la parte inferior primero se genera un gran espacio en la prensa y se hace más sencilla la operación de desmontaje y retirada de la parte superior.

En las prensas SITI B&T es posible retirar el molde completo, con la parte superior encajada en la inferior, disponiendo en los punzones inferiores una capa protectora para evitar su deterioro, aunque hay que tener en cuenta que esto no es aconsejable si se pretende revisar las partes interiores del molde, ya que entonces no es posible. Tampoco resulta fácil hacerlo en moldes muy grandes, ya que con el molde completo su peso es mucho mayor y no siempre se dispone de carretillas elevadoras que puedan soportarlo.

6.4.2.2. Proceso de montaje del nuevo molde.

El proceso presenta de nuevo algunas diferencias según el fabricante de la prensa, debido a los diferentes sistemas de carga y extracción instalados en ella.

Para realizar el montaje del doble molde de las prensas SACMI, se instala primero la parte inferior de éste⁶¹ y a continuación se monta la parte superior.

⁶¹ Aunque este es el procedimiento recomendado, también es posible realizar el montaje del nuevo molde instalando primero la parte inferior y después la parte superior.

Para montar la parte inferior del molde debe anclarse el sistema SPE a la placa expulsora. Para realizar esta operación es necesario que la placa expulsora esté frenada, para lo cual se presiona sobre la parte inferior del molde con la ayuda de unos elementos de presión específicos facilitados por el fabricante de la prensa, ejerciendo presión sobre éstos a través del movimiento de descenso del travesaño móvil de la prensa, dispuesta en modo manual, lo que permite apretar el collarín de anclaje.

A continuación se instala la parte superior del molde, para lo cual se atornillan los tornillos de sujeción al travesaño móvil de manera que queden tensos, pero sin llegar a hacer un apriete completo como se hace con otras tipologías de molde equipadas con placa superior isostática.

Con el molde inferior anclado y apretado se procede al centrado del molde.

Para realizar la **operación de centrado del doble molde**, en primer lugar se aflojan los tornillos de sujeción de la parte superior y se colocan las bolas de centrado del molde en los huecos previstos para ello en la parte inferior. Estas bolas forman parte del sistema de centrado con el que equipa MACER sus moldes de conformado superior y que se ha descrito en el apartado 5.5.7.

Con la prensa en modo manual, se desciende el travesaño móvil apoyando la matriz superior con la matriz inferior, mientras las bolas ajustan el centrado, ya que se ha aflojado previamente la parte superior, tal como se ha comentado. Esta maniobra se repite dos o tres veces hasta que se tiene la certeza de que el centrado es perfecto y en este momento, con el travesaño en posición baja y la parte superior encajada en las bolas de centrado, se aprietan al menos cuatro tornillos de sujeción de la parte superior del molde, se sube el travesaño móvil. Finalmente se aprietan el resto de tornillos y se retiran las bolas.

El montaje de los moldes de conformado superior en las **prensas SITI B&T**, sigue unas operaciones similares, aunque para anclar el sistema de carga y extracción SYNCRO al molde no es necesario presionar sobre la parte inferior, tal como se ha descrito para las prensas SACMI.

En estas prensas, en primer lugar se instala la parte superior del molde y se deja sin apretar a una distancia de uno o dos milímetros del travesaño móvil. A continuación se monta la parte inferior, para lo que debe anclarse el sistema SYNCRO con los rodamientos de rótula ya descritos en el apartado 3.2, y se deja rígidamente sujeto a la bancada esta parte del molde mediante los correspondientes tornillos de sujeción. A continuación se realiza el centrado del molde siguiendo el procedimiento descrito y se procede al apriete del molde superior.

6.5. Embalaje y transporte de moldes.

Tanto en el embalaje como en el transporte debe diferenciarse entre moldes, o componentes de moldes que se trasladan a distancias cortas (transporte local) y los moldes destinados a exportación.

6.5.1. Transporte local.

El sector cerámico español dedicado a la fabricación de baldosas está muy concentrado geográficamente. En la provincia de Castellón se produce el 94 % de la producción total del sector y en ella se ubican el 80 % de las empresas, sobre todo en el área delimitada por L'Alcora, Onda, Nules y Castelló ^[20]. Así pues la mayor parte de las distancias entre empresas son muy cortas y las comunicaciones excelentes, por lo que el transporte de moldes puede realizarse fácilmente por carretera con medios propios de la empresa fabricante de moldes (figura 6.16).

Cuando se realiza el transporte de un molde entre empresas del sector, éste se deposita lubricado en un pallet con las dimensiones adecuadas al tamaño del molde y se plastifica. A su llegada a destino, el molde se descarga con una carretilla elevadora adecuada y, si no se va a montar inmediatamente, se almacena en estanterías apropiadas tal como se recibe. En el apartado 6.2.1 de este capítulo se han descrito las condiciones adecuadas de almacenaje y conservación.

Cuando se trasladan punzones a nivel local, se depositan también sobre pallet, en plano y si es necesario depositarlos apilados, se protegen adecuadamente para evitar deterioros durante el transporte.

6.5.2. Exportación.

Todos los moldes o componentes destinados a exportación deben ir embalados y depositados en cajas de madera (figuras 6.17, 6.18 y 6.19). La caja se fabrica exprofeso para cada molde y se diseña calculando las medidas exactas para que el molde encaje perfectamente y no se desplace. Cuando es necesario se sitúan topes de madera en su interior para la completa inmovilización de la carga.

Cuando se encajan punzones o cuchillas debe calcularse exactamente las dimensiones de la caja, que también debe fabricarse exprofeso. A tal fin, MACER dispone de un programa de cálculo para optimizar el diseño de las cajas en función de los elementos a encajar, de sus dimensiones y cantidad.

Los moldes siempre se exportan en cajas de madera. En la madera pueden vivir y proliferar microorganismos y éstos podrían generar plagas o problemas sanitarios, por lo que existe una reglamentación internacional para el tratamiento de la madera de embalaje para exportación.

La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) desarrolló en 2002 una reglamentación para los embalajes de madera utilizados en el comercio internacional, para todo tipo de mercancías, y se crearon las Normas Internacionales de Medidas Fitosanitarias (NIMF 15 o ISPM 15 en inglés) ^[65]. Según esta normativa, la madera que se emplea en las cajas debe ser tratada mediante un tratamiento térmico convencional a 56 °C durante 30 minutos en secadero, o a un tratamiento de bromuro de metilo. Nuevas disposiciones publicadas con posterioridad establecen otros tipos de tratamientos. La madera empleada en los embalajes debe estar descortezada y exenta de orificios de más de 3 mm de diámetro. Están exentos de tratamiento el aglomerado, la fibra de madera procesada, las chapas de madera de menos de 6 mm de espesor y el contrachapado.



Figura 6.16. Carga de camión para el transporte local de moldes.



Figura 6.17. Embalaje de un molde para exportación.

Los moldes, o los componentes de éstos, se introducen plastificados en las cajas para protegerlos de posibles filtraciones de agua.

El transporte a América, Asia, África o Australia se realiza con barco y a los países europeos por carretera.



Figura 6.18. Caja de un molde para exportación.



Figura 6.19. Carga de moldes para exportación.

Defectos de prensado relacionados con el molde.

Capítulo 7



En el anterior libro editado por Macer, “Prensas, moldes y prensado” ^[49] el lector tiene una amplia relación de defectos de prensado, su identificación, evaluación, causas y posibles soluciones. En el citado texto se estudia la operación de prensado en su conjunto y se describe pormenorizadamente los defectos cuyo origen se encuentra en esta operación, considerando todas las variables de proceso relacionadas con el producto de entrada, generalmente polvo atomizado, las variables de la prensa y las del producto de salida, es decir, baldosas en verde. Se describen también defectos que, teniendo su origen en la operación de prensado, se manifiestan en otras operaciones de fabricación o bien atañen a la calidad del producto acabado. En este nuevo texto que tiene el lector en sus manos, dedicado al molde para prensado de baldosas, se amplía parcialmente este capítulo poniendo el foco exclusivamente en aquellos defectos o no conformidades de la operación de prensado que están, de una u otra manera, provocados o condicionados por el molde, relacionándolos con los parámetros de diseño del mismo, con sus componentes y con su proceso de fabricación y montaje.

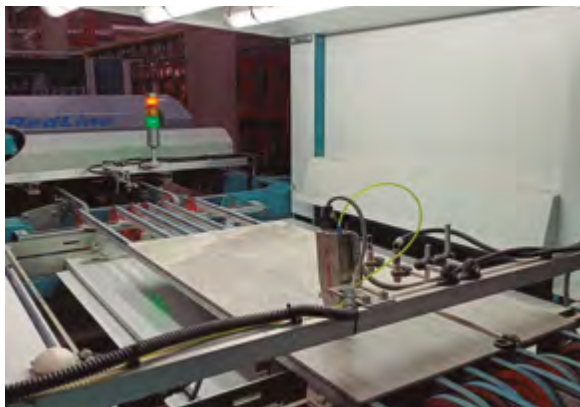


Figura 7.1. Selección de baldosas.

7.1. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LOS DEFECTOS DE FABRICACIÓN.

Un defecto se puede definir como una carencia o falta de cualidades propias de un producto respecto a un patrón o estándar adoptado como referencia ^[66]. La fabricación de piezas defectuosas supone un coste importante, que repercute en el precio del producto y por tanto en la competitividad de la empresa.

Es incuestionable que el trabajo diario en la producción requiere la toma de decisiones rápidas y la solución de los problemas que se presentan, como la aparición de defectos de fabricación, con la mayor eficacia y en el menor tiempo posible. Sin embargo, esto no es posible si no se ha acumulado previamente una importante base teórica y práctica.

La solución de los defectos de fabricación, es una de las tareas que requieren un conocimiento profundo del proceso productivo, ya que implica la identificación de los defectos y la evaluación de su gravedad; el análisis de sus posibles causas, muchas veces interrelacionadas; y, por último, la propuesta y realización de actividades de corrección o de prevención y su seguimiento.

El estudio sistemático de los defectos de fabricación debe abarcar la evaluación de su gravedad, de su naturaleza y de la causa o causas que lo motivan. Debe identificar claramente cómo se manifiesta el defecto y en qué manera se alteran las propiedades técnicas y/o estéticas, de la baldosa y, por supuesto, proponer las posibles soluciones con los equipos, instalaciones y recursos disponibles. En el esquema de la figura 7.2 se muestra de forma resumida una metodología para el estudio y solución de un determinado defecto, aplicable para la identificación y corrección de defectos de prensado, en especial los relacionados con el molde. Esta metodología debe interpretarse como una forma de ordenar los conocimientos sobre un problema y actuar en consecuencia.

1. Cuando aparece un defecto de fabricación, debe **identificarse** claramente y **recopilar** toda la información que se posea sobre él. En este sentido es de gran utilidad la creación y mantenimiento de una base de datos donde se recoja la información gráfica y técnica sobre los defectos de fabricación. Es conveniente, por tanto, realizar fotografías y dejar por escrito todos los datos de interés, acciones correctivas realizadas y resultados obtenidos etc. para su consulta futura cuando se presente de nuevo el problema.
2. Se debe **cuantificar la gravedad del defecto**. Es conveniente identificar para cada defecto su **frecuencia**, es decir, la asiduidad con la que el defecto aparece, su **amplitud**, o incidencia del defecto y su **intensidad**, que puede estimarse como la pérdida de valor de la pieza. Este estudio debe complementarse con metodologías de control preventivo de las variables relacionadas con los principales defectos o no conformidades del proceso.
3. **Identificar la causa o causas** probables del defecto. Es posible que para ello sea necesario realizar algún ensayo o proceder al descarte de posibles causas a partir de algunas evidencias de fabricación. En los casos en los que la gravedad del defecto lo aconseje, puede hacerse un estudio más profundo de las causas que requiera otro tipo de ensayos más complejos e incluso su reproducción a escala de laboratorio o de planta industrial.
4. Una vez identificada la causa del defecto, **se proponen las posibles soluciones**, que deben ir en dos sentidos; por una parte la solución de los defectos que se detectan en producción y, por otra parte, el establecimiento de medidas preventivas que eviten o al menos minimicen el riesgo de aparición del defecto o que reduzcan sus consecuencias.
5. El resultado de este proceso es por tanto doble. Por una parte la adopción de las medidas correctivas y por otra, de las medidas preventivas. Naturalmente, esto exige el seguimiento de todas estas medidas y la evaluación de los resultados obtenidos. Si los resultados no son positivos, debe reiniciarse el proceso, bien en la identificación de las causas o bien en la propuesta de nuevas soluciones. Si, en cambio, el resultado es positivo, deben mantenerse en el tiempo las medidas preventivas tomadas.

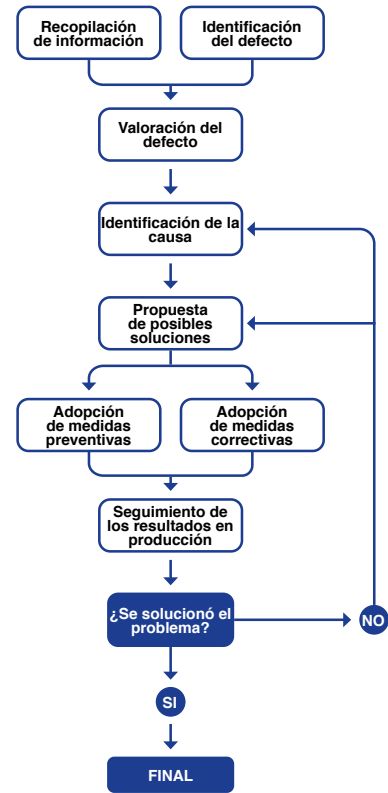


Figura 7.2. Metodología para el análisis de defectos de fabricación.

7.2. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE DEFECTOS. DEFECTOS DE PRENSADO.

En la industria cerámica, los defectos suelen clasificarse atendiendo a diferentes criterios, como son su aspecto físico, causa, etapa del proceso de fabricación en la que se produce el fallo, etc. A efectos prácticos, es bastante frecuente el empleo del criterio de clasificación de defectos según la etapa del proceso productivo en la que se generan. Este criterio es empleado frecuentemente en la bibliografía, aunque no de forma excluyente ^{[9][21][22][53][61][62][66]}, y, como es lógico, requiere localizar con exactitud la causa del defecto, lo que en algunos casos puede llegar a tener una cierta dificultad, ya que muchas veces un defecto no se debe a una única causa, sino a una coincidencia de factores que conducen a la aparición del mismo. En este capítulo, se ha adoptado un criterio mixto para la clasificación de defectos o no conformidades relacionadas con la operación de prensado, combinando los criterios de causa del defecto con los de aspecto físico de éste (tabla 7.1). En esta tabla se han destacado los defectos relacionados directamente con el molde.

Defectos producidos por la deficiente carga del molde o por la ausencia de paralelismo entre los punzones .	Descuadres.
	Lunetas.
	Acuñados.
	Ondulaciones y marcas de carga.
	Marcas de la rejilla.
	Cuadro periférico.
Defectos producidos por una deficiente extracción.	Curvaturas y abombamientos.
	Grietas de extracción.
Defectos cuyo origen está en el molde.	Rebabas.
	Reprensados.
	Pegados de punzones.
	Pegados de tierra.
	Rozaduras, rayas y arañazos de expulsión.
	Puntas flojas. Despuntados.
	Espesores y perfiles incorrectos en baldosas prensadas endoble molde.
	Serretas y “reventado”.
	Uñas.
	Defectos ocasionados por descentrado del molde.
Grietas y roturas (con causas diversas).	Grietas de impacto causadas por una compacidad insuficiente.
	Grietas causadas por heterogeneidades en el polvo.
Ahojados.	
Defectos causados por gotas de aceite e impurezas.	
Calibres.	

Tabla 7.1. Clasificación general de defectos relacionados con la operación de prensado.

Como puede observarse en esta tabla, se incluyen los calibres como un “defecto”. En un sentido estricto, los calibres no pueden ser considerados como defectos sino como un criterio para la selección, clasificación y comercialización de baldosas, en función de su tamaño real. Sin embargo, es evidente que la producción de piezas con diferentes calibres en un mismo formato resulta un problema importante y un coste adicional, ya que su gestión requiere un mayor espacio para el almacenamiento, un mayor esfuerzo y coste en la comercialización de producciones con calibres y, desde luego, se tiene una difícil comercialización de los “picos” o producciones residuales, de unos pocos m², lo que frecuentemente hace disminuir el margen de beneficios. Por otra parte, debe recordarse que la producción de calibres está relacionada con la variación en la contracción lineal de las baldosas y puede tener su origen en las operaciones de prensado y/o de cocción. En ^[49] se puede encontrar más información sobre calibres.

7.3. DEFECTOS PRODUCIDOS POR UNA DISTRIBUCIÓN IRREGULAR DE COMPACIDADES.

Una de las causas comunes de los defectos dimensionales de las piezas prensadas, como son los **descuadres, lunetas y calibres** es la distribución heterogénea de compacidades en la pieza o entre piezas. Aunque el origen de estos defectos puede ser diverso, una de las causas más frecuentes se encuentra en una **carga irregular de los alvéolos del molde**. A título de ejemplo, en la figura 7.3 se muestra un mapa de densidades aparentes de una baldosa con descuadre en la que se adjunta el valor de la densidad aparente según el color, y en la figura 7.4 se ve el mapa de densidades aparentes de dos baldosas correspondientes a los alvéolos de un molde de dos salidas, que refleja las diferencias de compacidad existentes entre la parte central y las laterales^[58]. Estas diferencias conducen a la obtención de baldosas descuadradas, o con lunetas, dado que, en ambas piezas, el lado que se compacta en la parte central tiene una mayor densidad aparente que el opuesto, cargado en la parte exterior del molde.

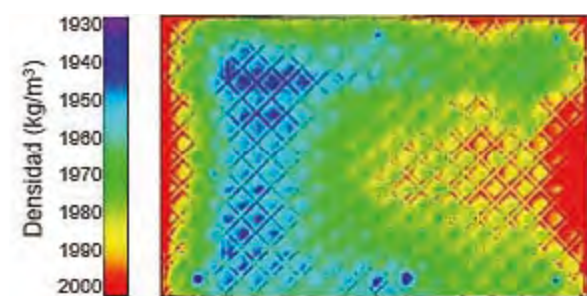


Figura 7.3. Mapa de densidades aparentes de una baldosa obtenido con un equipo de absorción de RX DENSEXPLORER.^[58]

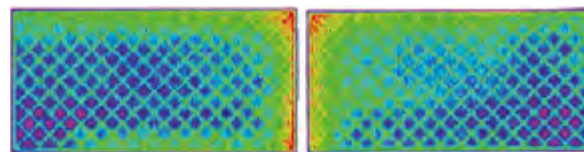


Figura 7.4. Mapa de densidades aparentes de dos baldosas obtenido con un equipo de absorción de RX DENSEXPLORER.^[58]

Por otra parte, una deficiente carga de los alvéolos del molde puede provocar también ondulaciones visibles a través de la capa de esmalte; marcas de la rejilla del carro o el defecto conocido como “cuadro periférico”.

La carga de los alvéolos, junto con las variables de las operaciones de preparación de la pasta y de prensado, condiciona la compacidad; y este importante parámetro determina a su vez las propiedades de la pieza en crudo^{[8][18]} y en cocido^{[6][7][11][14][17][40][83]}. La compacidad está relacionada con la contracción lineal tras la cocción, de manera que diferencias significativas de ésta en zonas de una misma baldosa pueden provocar diferencias de contracción que se traducen, tras la cocción, en pérdida de ortogonalidad (descuadres, lunetas, etc.). Si las diferencias de compacidad se producen entre baldosas de un mismo lote, pueden obtenerse piezas con diferencias inaceptables de tamaño dentro de un mismo formato, lo que obliga a clasificarlas en lotes diferentes denominados “calibres”.

Para garantizar una compacidad homogénea en toda la pieza debe realizarse una carga de alvéolos y una distribución de presiones que también lo sea. Se comprende, por tanto, que el estricto control de la carga homogénea y constante de los alvéolos sea una condición necesaria para mantener los estándares de calidad en la operación de prensado. Sin embargo, no siempre resulta fácil conseguir y mantener una carga homogénea, especialmente en formatos muy grandes y en relieves pronunciados, ya que son muchos los parámetros que la condicionan. Algunos, como la fluidez, dependen de operaciones anteriores al prensado. Otros están relacionados directamente con la regulación del ciclo de prensado, como son el tipo de rejilla empleada; la regulación de los sincronismos de caída de platos; la posición del carro en los momentos de apertura de la tolva de carga o de inicio de la primera caída y la regulación de las velocidades de caída de los platos y del carro en los movimientos de ida y de regreso. Además, es también muy importante mantener constantes los parámetros de funcionamiento

de la prensa, tales como la nivelación del carro o la verticalidad del eje del travesaño móvil. Así pues, la medida de la compacidad, o su medida indirecta a través de la densidad aparente, reviste una gran importancia en el control de la operación de prensado. En el anexo IV se describe la técnica de medida de la compacidad en baldosas cerámicas mediante absorción de RX, DENSEXPLORER y la construcción de mapas de densidad aparente que describen la distribución de compacidades en una misma pieza y en todos los alvéolos.

Las diferencias de compacidad en verde o en seco en una misma pieza suelen estar relacionadas mayoritariamente con deficiencias en la carga de los alvéolos, como se ha explicado, aunque ocasionalmente pueden tener su origen en deficiencias de montaje o de diseño del molde como son la **ausencia de paralelismo entre los punzones** superior e inferior; al **desgaste de los punzones superiores** que puede provocar pérdidas de polvo en alguno de los lados de las baldosas o a la **distribución irregular de presiones**, especialmente en baldosas de gran formato, debido a una inadecuada relación entre las dimensiones de la prensa, especialmente el travesaño móvil y las dimensiones del molde (ver figura 5.25).

7.3.1. Defectos producidos por la ausencia de paralelismo entre punzones.

La falta de paralelismo entre punzones provoca el defecto conocido como “cuña” o “acuñado”. Este defecto se da cuando se tiene una marcada diferencia de espesor entre dos partes de la baldosa (figura 7.5). Estas diferencias pueden atribuirse a un prensado deficiente originado por la falta de paralelismo entre los punzones superior e inferior. También puede darse la cuña por una mala nivelación del carro, por deficiencias en la distribución del polvo o, en grandes formatos, las cuñas provocadas al flectar el travesaño móvil si la prensa está desarrollando una fuerza excesiva⁶².

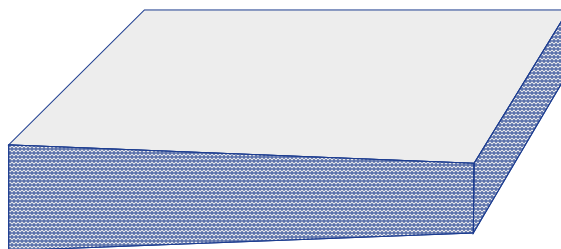


Figura 7.5. Baldosa acuñada (no a escala).

Los modernos equipos de extracción (SYNCRO®, SPE®) permiten realizar algunas correcciones de la carga para corregir diferencias de espesor. Así por ejemplo, el sistema SPE® de SACMI permite realizar cinco correcciones de carga durante el retorno del carro para compensar diferencias de espesor de las baldosas en el sentido de avance del carro (adelante – atrás).

Aunque la ausencia de paralelismo entre punzones puede deberse a un mal montaje de éstos, una causa más probable puede ser una eventual rotura del fuelle (figura 7.6), que provoca la deposición de polvo entre la placa salvabanco y la placa expulsora del molde (figura 7.7), con lo que los punzones pierden paralelismo durante el prensado, provocando el acuñado y el descuadre de la baldosa además de una leve inclinación del sistema placa expulsora-“bloquetos”-punzones inferiores que se acaba traduciendo en un desgaste prematuro de éstos.

⁶² En general, los fabricantes de prensas aconsejan no superar el 80 % de la fuerza máxima de prensado.



Figura 7.6. Rotura de un fuelle de cuero (detalle).



Figura 7.7. Tierra entre placa salvabanco y placa expulsora debida a la rotura del fuelle.

7.3.2. Defectos producidos por una distribución irregular de presiones provocada por el molde.

Si la fuerza de prensado se transmite por un sólo pistón central, lo que es el caso generalizado en las prensas empleadas para baldosas de grandes formatos equipadas con moldes de grandes dimensiones, la presión puede distribuirse de forma irregular, concentrándose en el centro de la superficie de prensado y disminuyendo hacia los extremos ya que el travesaño móvil, de gran tamaño, puede tender a flectar, debido a sus dimensiones y a la presión soportada. Los fabricantes de prensas han aportado diferentes soluciones a este problema. Así, por ejemplo, WELKO ha proyectado prensas equipadas con dos cilindros de prensado (serie WK2) para grandes formatos, como la WK2 4800. Por su parte, en prensas para grandes formatos de SACMI, el pistón está fijo e invertido y es el cilindro el que transfiere la fuerza de prensado a los punzones superiores, constituyéndose en el elemento prensador, lo cual permite una mejor distribución de las presiones en las grandes superficies de las baldosas de grandes formatos.

7.3.3. Curvaturas y abombamientos.

La aparición de curvaturas y otros defectos de planitud suele considerarse como un problema característico de la etapa de cocción, ya que es frecuente que estas curvaturas se produzcan durante las fases de calentamiento y de cocción como, por ejemplo, las curvaturas asociadas a la expansión – contracción térmica y las deformaciones pirolásticas; o que se produzcan durante la etapa de enfriamiento, debido a un deficiente acuerdo dilatómico entre el esmalte y el soporte. Sin embargo, algunas curvaturas pueden tener su origen en la operación de prensado, si existen grandes diferencias en la distribución de la compacidad, y por tanto de la contracción lineal, entre los bordes con respecto a la cara. Estos defectos se hacen más patentes a medida que disminuye el espesor de las baldosas ^[62] aunque pueden minimizarse en parte con un diseño adecuado del relieve de dorso.

7.3.4. Ondulaciones.

Son pequeñas variaciones de espesor visibles claramente en la cara noble de la baldosa, especialmente en las esmaltadas con esmaltes brillantes, cristalinas, satinados o en baldosas lapadas.

Son debidas a una irregular distribución de la carga y su origen puede estar en una velocidad de retroceso excesiva del carro de alimentación; vibraciones o movimientos bruscos provocados por una deficiente programación por tramos de la carga. Puede solucionarse el problema reprogramando, si es posible, la carga a una velocidad constante y no excesiva (si las demandas de producción de la prensa lo permiten) y rectificar o cambiar el rascador ^[25].

7.4. DEFECTOS PRODUCIDOS POR UNA DEFICIENTE EXTRACCIÓN.

En la etapa de extracción, el travesaño y los punzones ascienden hasta la posición inicial liberando la baldosa prensada del alvéolo. Durante el prensado la pieza almacena energía elástica por acción de la fuerza deformante de prensado. Esta energía se disipa cuando cesa la fuerza deformante, provocando un aumento de las dimensiones de la baldosa que puede provocar algunos defectos, como curvaturas y abombamientos y grietas de extracción. Como se sabe, la extracción puede realizarse de dos formas, la extracción libre, que se realiza retrasando ligeramente el ascenso de los punzones inferiores respecto al ascenso del travesaño, de manera que punzones y travesaño ascienden separadamente y la extracción en paquete, también llamada “en sándwich”, que se realiza sincronizando en velocidad y tiempo los movimientos de ascenso de los punzones inferiores y del travesaño móvil de manera que la pieza realice el ascenso empaquetada entre ambos punzones. La experiencia práctica parece mostrar que, a igualdad de condiciones de prensado y para un mismo tipo de pasta, la expansión post prensado es mayor cuando la extracción se realiza en paquete, lo que justificaría que en los formatos sin fin siempre se realice la extracción libre para evitar la aparición de grietas en los ángulos de los perfiles.

Una extracción defectuosa puede provocar dos tipos de defectos, la curvatura de extracción y las grietas de extracción.

7.4.1. Curvaturas de extracción.

Es un tipo de curvatura asociada a la operación de prensado, que puede generarse en el interior del alvéolo si se retrasa excesivamente la extracción de la pieza en la extracción libre. Esta curvatura se da por efecto de la energía elástica acumulada por las partículas durante el prensado, de manera que las baldosas curvan en el interior del alvéolo de forma convexa, lo que puede provocar su rotura en los cepillos de la rodillera situada a la salida de la prensa. Esta curvatura puede remitir bastante tras el secado. Por otra parte, si se detiene la prensa sin finalizar el ciclo y la baldosa queda confinada en el interior de la matriz, la expansión postprensado sólo puede realizarse hacia arriba, por lo que la pieza curvará, pudiendo llegar a romper.

Para evitar el curvado de la pieza en el interior de los alvéolos debe sincronizarse adecuadamente la extracción actuando sobre el parámetro de regulación “retraso de extracción” ^[49].

Las curvaturas muy pronunciadas debidas al retraso en la extracción pueden ir acompañadas también de la aparición de grietas en el centro de la pieza.

7.4.2. Grietas originadas en la extracción.

Durante la extracción, las tensiones generadas en los bordes pueden llegar a provocar pequeñas grietas en esta región en las piezas prensadas. Estas grietas se originan en los bordes superiores de las piezas (nos referimos a los bordes en contacto con los punzones superiores) durante la eliminación de la carga o durante la extracción de la pieza del molde [5].

Cuando cesa la carga aplicada mediante el punzón superior, la cara de la baldosa que está en contacto con éste expande axialmente si el punzón se retira, lo que ocurre cuando se realiza la extracción libre (figura 7.8). Sin embargo, en los bordes superiores de la pieza esta expansión es impedida por las cuchillas del molde, lo que genera tensiones que pueden llegar a convertirse en grietas en los laterales de la pieza si superan el valor de su resistencia mecánica en esta zona.

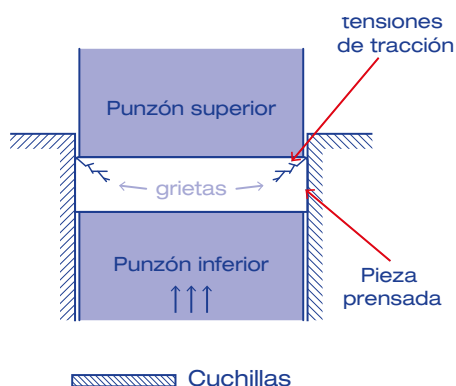


Figura 7.8. Formación de grietas durante la eliminación de la carga según [5].

Otro tipo de grietas de extracción pueden producirse a medida que la pieza se extrae del molde y su sección va aumentando de tamaño (figura 7.9), es decir se genera cuando aún parte de la pieza está en el interior del alvéolo y parte ya ha salido y expande. Esta expansión conlleva la aparición de tensiones a lo largo del borde superior provocando grietas longitudinales cuando el valor de estas tensiones supera el de la resistencia mecánica en la zona. Este tipo de grietas es poco frecuente en las prensas actuales, en las que puede regularse mucho mejor la extracción, actuando a voluntad sobre el frenado en ascenso del travesaño móvil para realizar la extracción en paquete de manera controlada.

Para solucionar ambos tipos de grietas debe reducirse la expansión postprensado de la baldosa, lo que puede conseguirse prensando a mayor humedad y menor presión, o aumentar su resistencia mecánica. Cuando las grietas se generan al cesar la presión ejercida a través del punzón superior, puede solucionarse el problema realizando una extracción en paquete. En última instancia, en ambos casos puede recurrirse a revisar el ángulo de extracción o “conicidad” de las cuchillas para mejorar la extracción de la pieza.

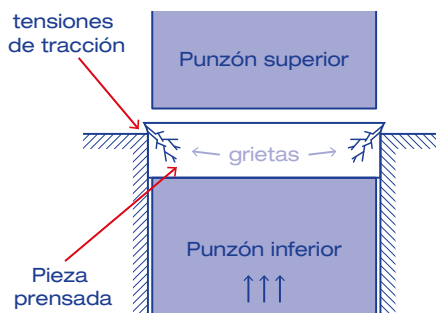


Figura 7.9. Formación de grietas durante la expansión de la pieza, según [5].

Es aconsejable que la extracción de las baldosas de formatos grandes se realice siempre en paquete; en cambio en las baldosas con formato “sin fin” debe evitarse su extracción en paquete, ya que este tipo de extracción puede provocar pequeñas grietas en los pronunciados ángulos del perfil.

7.5. DEFECTOS CUYO ORIGEN ESTÁ EN EL MOLDE.

Algunos defectos de prensado pueden ser causados por los moldes empleados. Entre las posibles causas están el uso de materiales inadecuados en algunos componentes del molde, especialmente en los sometidos a mayor desgaste como los punzones o las cuchillas o el propio desgaste de estos elementos.

7.5.1. Rebabas.

Las **rebabas** consisten en pequeñas láminas de polvo que se compacta en las holguras existentes entre los punzones y las cuchillas. Estas finas láminas de polvo compactado, quedan adheridas a los laterales de la baldosa (figura 7.10).

En los moldes penetrantes, las rebabas se presentan siempre en la cara del relieve de dorso y se producen, sobre todo, cuando el molde está muy desgastado por el uso y por tanto las holguras son mayores. En este caso, puede minimizarse el defecto calentando los punzones, aunque cuando están muy desgastados la única solución es su sustitución y rectificado. Esto, lógicamente tiene un límite y debe hacerse con mucho cuidado para evitar deterioros en los punzones, por lo que debe decidirse un número máximo de ciclos para cada molde, para que, una vez rebasado éste, se proceda a su sustitución y rectificado.

En los moldes que prensan con la cara noble arriba, pueden formarse, mediante el mismo mecanismo, rebabas en la cara noble de las baldosas (figura 7.11) que deben ser eliminadas a la salida de la prensa mediante cualquier dispositivo mecánico habitual como cepillos, rascadores, etc.



Figura 7.10. Rebabas en la cara del relieve de dorso.



Figura 7.11. Rebabas en la cara noble de la baldosa.

7.5.2. Reprensados.

Los **reprensados** (figura 7.12) son pequeñas porciones de material compactado, generalmente procedente de rebabas situadas en la matriz, que se depositan en la superficie del punzón inferior antes de la carga, arrastrados por la succión generada en ellos durante la primera caída de platos o por el movimiento del carro de alimentación. Este problema suele presentarse con frecuencia en la parte delantera de las baldosas según su posición en el molde. En este caso puede minimizarse actuando sobre el retraso de la primera prensada. Una vez prensados, estas porciones son fácilmente detectables puesto que han sufrido dos compactaciones.



Figura 7.12. Reprensado. .

Este problema es característico de los moldes que operan con la cara noble en el punzón inferior, como el penetrante o en algunas ocasiones el espejo penetrante y por tanto los reprensados se manifiestan en esta cara y se traducen en bajas de calidad. El doble molde opera siempre con la cara noble en los punzones superiores y, por tanto, nunca presenta este defecto.

El problema puede minimizarse dificultando la formación de rebabas mediante la instalación de bocas de aspiración de polvos en la parte delantera de la matriz y sopladores para la limpieza de éste. Otra posible vía de actuación es reducir la velocidad de descenso del travesaño móvil poco antes del impacto con el polvo contenido en el alvéolo. Algunos fabricantes ^[82] recomiendan una velocidad de entre 25 y 30 mm/s.

7.5.3. Pegados de punzones.

El pegado de punzones (figura 7.13) se manifiesta como una irregularidad en la superficie de la cara noble de la baldosa, que se produce cuando se adhiere polvo al punzón de la cara noble (o de las costillas) que la conforma. No debe confundirse con los reprensados.

Se trata de un defecto característico de los antiguos punzones que tenían la superficie de acero. Este defecto provocaba frecuentes paradas de producción para que el operario de prensas tuviera tiempo de limpiar los moldes. Con el fin de que no se interrumpiera la alimentación al secadero, entre la prensa y éste se instalaba un compensador, con el objetivo de mantener constante el flujo de baldosas en el secadero, ya que las continuas paradas en la prensa provocaban cortes en la entrada del secadero y, por tanto, importantes cambios en la temperatura superficial de las piezas a su salida, con el consiguiente quebranto para la siguiente operación de esmaltado. Aun así, resultaba difícil mantener el flujo del secadero constante.

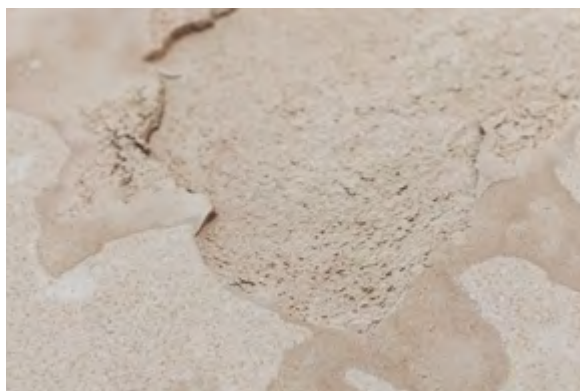


Figura 7.13. Pegado de punzones.

La implementación de los moldes de goma a principios de los años 80 del siglo pasado, supuso la casi total eliminación de este defecto, e incluso en algunos casos hizo innecesario el compensador. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que este defecto puede aparecer cuando se emplean punzones pulidos para obtener grandes calidades de superficie en el gres porcelánico o si se emplean punzones con gomas de durezas superiores a Shore A 92. Las gomas muy duras ofrecen una magnífica definición de detalles pero en el prensado se comportan prácticamente como el metal pulido, acrecentando la posibilidad de aparición del defecto. Para evitarlo se emplean gomas de menor dureza aplicadas con menos espesor, con lo cual no se pierde nitidez en la reproducción de los detalles y se evita el pegado.

Favorece la aparición de este defecto el empleo de pastas muy plásticas que tienen una mayor tendencia al pegado ^[61].

7.5.4. Pegado de tierra.

Este defecto no debe ser confundido con el anterior. Se trata de porciones de tierra o polvo presente en la superficie de la matriz durante la operación de prensado, que se adhieren a la cara noble de las

baldosas prensadas en molde penetrante, cuando se depositan en la rodillera empujadas por el tope del carro de alimentación.

Estos pegados pueden eliminarse instalando un rascador de matriz (figura 7.14), que es un sistema que rasca y elimina la tierra pegada en la cara noble de las baldosas antes del volteador. El dispositivo consta de barra metálica con un soporte en la que se integra un labio de goma, que se coloca en la salida de la matriz del molde.

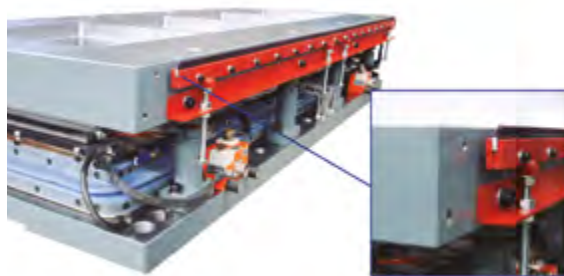


Figura 7.14. Rascador de matriz de MACER

7.5.5. Rozaduras, rayas y arañazos de expulsión.

Se trata también de un defecto derivado de la forma de prensar del molde penetrante. Cuando el tope del carro de alimentación empuja a las baldosas recién extraídas de los alvéolos y los deposita en la rodillera de salida de la prensa, éstas arrastran su cara noble sobre la matriz y en este movimiento pueden sufrir rozaduras y arañazos que pueden ser visibles tras la cocción. Estas rozaduras son más evidentes cuando las baldosas se conforman con relieve en la cara noble.

7.5.6. Puntas flojas. Despuntados.

Los “despuntados” (figura 7.15) son el resultado de la pérdida parcial de alguno de los vértices de la baldosa como consecuencia de algún golpe. Hacemos aquí referencia a los despuntados que se generan con la pieza cruda, ya sea en verde o en seco, debidos fundamentalmente a una baja compacidad en los extremos, que provoca una baja resistencia mecánica. Esta baja compacidad puede deberse a un excesivo desgaste de los punzones superiores en los moldes penetrantes y/o las cuchillas, lo que provoca una expulsión de polvo al exterior de la matriz; o por la tensión generada entre la baldosa y el molde ^[57]. Pueden deberse, también a una baja humedad del polvo para prensado, lo que provoca una compacidad insuficiente de la pieza.

Un excesivo ajuste del punzón superior en algún ángulo o esquina de la pieza hace que se compacte polvo en el ángulo y quede allí adherido provocando despuntados en la extracción de la pieza. El problema puede solucionarse momentáneamente parando la prensa y eliminando manualmente el polvo adherido con un pequeño punzón, pero la solución definitiva se encuentra en el diseño, situando en el punzón superior una pequeña pestaña para eliminar el polvo adherido.



Figura 7.15. Despuntado.

Otra causa posible del despuntado es un excesivo desgaste de las cuchillas cerca de los ángulos (figura 7.16). Aunque ésta no es una zona en las que las cuchillas sufran mucho desgaste, en comparación con la zona central de los alvéolos, sí pueden sufrir un desgaste apreciable cuando se prensan piezas de gran espesor, provocando entonces el despuntado en la extracción.

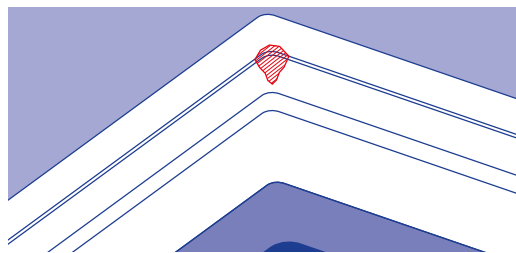


Figura 7.16. Zona de desgaste de las cuchillas, en el ángulo.

7.5.7. Espesores y perfiles incorrectos en baldosas prensadas en doble molde.

El diseño del doble molde permite el prensado de baldosas con separadores y con la cara noble hacia arriba. Como ya se ha visto en el capítulo 5, en este tipo de moldes las baldosas se conforman en la matriz superior y son, por tanto, las cuchillas de los punzones superiores las que conforman sus perfiles laterales. La extracción de la pieza de los alvéolos superiores se realiza mediante un sistema de pistones hidráulicos situados en la parte superior.

El doble molde tiene una regulación bastante restringida del espesor de las baldosas. En la práctica, depende casi por completo de las características constructivas del molde. En este sentido MACER ha introducido en ellos mejoras técnicas que permiten variar el espesor en un margen de 3 mm.

Un incorrecto ajuste del recorrido de los pistones de extracción de la parte superior del doble molde puede provocar irregularidades en el perfil de las baldosas prensadas. Los punzones superiores deben ser siempre del mismo espesor para evitar que en la extracción de la pieza prensada, la baldosa quede retenida en el alvéolo superior y haga un reventado (apartado 7.5.8). Debe tenerse en cuenta que los pistones de extracción del doble molde tienen un recorrido constante y si cambia el espesor de los punzones cambia la posición en la que se sitúa la pieza en la extracción.

El prensado de baldosas con un **espesor mayor que el permitido por el molde**, puede provocar que una parte del perfil lateral de la baldosa se conforme por las cuchillas inferiores (figura 7.17.a), lo que da irregularidades en el perfil que pueden derivar en despuntados y ocasionalmente roturas en la extracción.

Si el **espesor es menor que el permitido por el molde**, el punzón inferior penetra en el alvéolo definido por las cuchillas superiores, que es, como se sabe, donde se conforma la baldosa (figura 7.17.b). Esto puede poner en riesgo el molde y de nuevo da lugar a irregularidades en el perfil, que pueden derivar en despuntados.

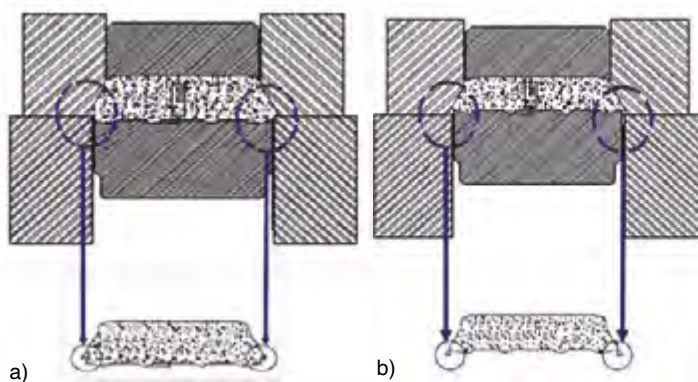


Figura 7.17.

- Defectos derivados de la incorrecta regulación del espesor en el doble.
- a) Espesor regulado superior al permitido.
 - b) Espesor regulado inferior al permitido.

7.5.8. Serretas y “reventado”.

Las serretas son pequeñas roturas del bisel de las baldosas, producidas por rozaduras durante la etapa de extracción. Estas rozaduras pueden deberse a una holgura inapropiada, a una mala regulación de la calefacción del molde, o a una incorrecta extracción de la pieza.

Si en el ciclo de prensado con molde penetrante se produce un ascenso muy rápido del travesaño móvil, y este no es seguido por el sistema de extracción, las piezas pueden iniciar la expansión en el interior del alvéolo produciéndose un defecto semejante a las serretas, conocido como “reventado” [25] del perfil.

7.5.9. Uñas.

El defecto aparece en el borde de las piezas tras el rectificado y se presenta como una pequeña grieta profunda y ascendente que se propaga a lo largo de todo el perfil lateral de la pieza. Este defecto se acentúa mucho en los formatos grandes y puede comprometer la integridad de los bordes de la pieza. Puede venir provocado por un desgaste excesivo de las cuchillas, por lo que es recomendable el empleo de cuchillas antidesgaste para prevenir la aparición de este defecto.

A falta de un estudio riguroso que aborde este problema característico de las baldosas rectificadas, parece comprobarse que el defecto se relaciona con la expansión postprensado, de manera que la experiencia en producción indica que se manifiesta más frecuentemente con valores altos de ésta, especialmente cuando se prensa a elevadas presiones.

7.5.10. Defectos ocasionados por descentrado del molde.

La operación de montaje del molde en la prensa (ver apartado 6.4), debe realizarse por operarios cualificados y con gran precisión, ya que pequeños desajustes en el montaje pueden ocasionar defectos importantes en las baldosas e incluso poner en riesgo la propia máquina.

Los parámetros más importantes que deben ser controlados en el montaje del molde son el perfecto centrado de los elementos móviles, es decir, de los punzones superiores y superiores, respecto de los alvéolos, las holguras entre los punzones y las cuchillas y el paralelismo entre los punzones superiores e inferiores.

Un mal centrado del molde provoca diferentes defectos según el tipo de molde:

- En el **molde espejo**, el descentrado de los punzones superiores provoca el desplazamiento lateral de los bisel de la baldosa, que, por tanto, se conforman asimétricamente (figura 7.18).

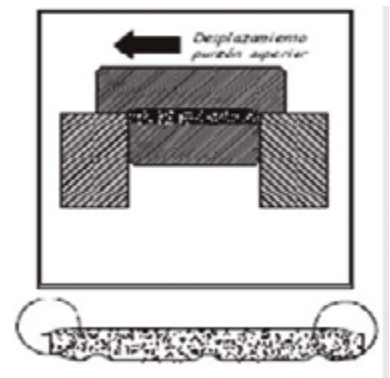


Figura 7.18. Defecto causado por un molde espejo descentrado.

- En el **molde penetrante** y en el molde espejo penetrante, un mal centrado de los punzones superiores, o incluso su desgaste, provoca una desaireación irregular con zonas en las que el aire ocluido tiene más dificultad para salir, lo que puede conducir a la aparición de ahogados y también rayados por rozaduras en lateral de la pieza (figura 7.19). Por otra parte, el descentrado del molde también genera zonas por las que se expulsa preferentemente el aire, lo que puede conducir también el arrastre de partículas y aglomerados, especialmente los más finos y, por tanto, a la aparición de un gradiente de compacidades que genere defectos dimensionales como lunetas o descuadres e incluso grietas, especialmente en productos de monoporosa (ver apartado 7.6.4).
- En el **doblo molde**, en cambio, un eventual descentrado en la instalación, no supone nunca la aparición de ahogados, ya que el descentrado afectaría a toda la parte superior, y no sólo a los punzones. Si éste se produce, se manifiesta con rozaduras en algún lateral de las piezas similar al comentado en el molde penetrante (figura 7.19).



Figura 7.19. Rozaduras laterales causadas por molde descentrado.

7.6. GRIETAS.

En las baldosas cerámicas prensadas pueden aparecer grietas en verde o en seco, o bien producirse durante las siguientes etapas de fabricación, especialmente durante la cocción. Sus causas pueden ser muy variadas e incluso presentarse combinaciones de ellas.

Algunas de las tipologías más frecuentes, relacionadas con la operación de prensado, tienen su causa en una baja resistencia mecánica y se producen habitualmente por golpes en el transporte. En otros casos, las grietas aparecen en los bordes superiores o en los laterales tras la extracción del molde, relacionados con una excesiva expansión postprensado o con una deficiente regulación de esta operación. También pueden aparecer grietas en el esmalte debidas a heterogeneidades en la distribución de la humedad en el polvo.

7.6.1. Grietas ocasionadas por golpes y debidas a una compactación insuficiente.

Una disminución de la presión de prensado o una humedad insuficiente, como consecuencia de la alimentación a las prensas de fracciones de polvo accidentalmente más seco; o por el secado parcial del polvo contenido en la tolva de alimentación durante una parada de la prensa, provoca una disminución de la compacidad de las piezas prensadas con ella y, por tanto, una disminución de su resistencia mecánica. Si las baldosas con una baja resistencia mecánica reciben algún golpe lateral durante las operaciones de esmaltado o durante el transporte o almacenamiento, presentarán con toda probabilidad grietas próximas a los ángulos (figura 7.20).

En este caso las grietas se pueden presentar sobre todo en la salida o entrada del secadero, en ocasionales choques en la línea de esmaltado debidos a una mala regulación de las velocidades de los diferentes tramos, en las máquinas de carga de boxes o en la entrada del horno. Si se producen por golpes a la entrada del secadero, son fácilmente detectables aplicando gasóleo o keroseno a pincel sobre la pieza caliente (figura 7.21). Otro procedimiento para detectar grietas a la salida de prensas o de secadero consiste en impregnar la zona con azul de metileno y posteriormente observarla con la ayuda de luz ultravioleta.

Para evitar este tipo de grietas es imprescindible que la resistencia mecánica a la flexión de la pasta, sea adecuada (superior a 25 Kg/cm²).

Es frecuente que este tipo de grietas vayan acompañadas de defectos de despuntados originados, también, por golpes antes de la cocción.



Figura 7.20. Grieta ocasionada por un golpe (en piezas con una compactación insuficiente).



Figura 7.21. Procedimiento de detección de grietas a la salida del secadero

7.6.2. Grietas ocasionadas por heterogeneidades en la compactación.

La compactación no uniforme en las baldosas conduce a la aparición de los defectos de falta de ortogonalidad que se han descrito. Por otra parte, diferencias importantes de compacidad en zonas próximas de la baldosa, provocan tensiones que determinan el comportamiento de la pieza frente a los esfuerzos mecánicos y físicos que sufre tras el prensado, lo que puede llevar a la aparición de fisuras, grietas o incluso la rotura de la pieza, especialmente en productos de monoporosa.

Un llenado irregular de los alvéolos, con la carga distribuida de forma que se llenen más los laterales que el centro, conlleva al prensado de piezas con una zona central de baja compactación respecto de los laterales, lo que puede provocar la aparición de una grieta central que va extendiéndose hacia los lados de la pieza (figura 7.22).



Figura 7.22. Grieta central debida a desuniformidades en la carga del alvéolo.

En formatos del tipo “sin fin” pueden presentarse pequeñas grietas localizadas en los ángulos muy pronunciados de los bordes [56] debidas a diferencias de densidad aparente provocadas por deficiencias en la carga derivadas de la dificultad de realizar un llenado homogéneo de un alvéolo con perfiles irregulares. En la figura 7.23 se muestran estas diferencias de densidad, medidas con un equipo de medida por absorción de RX DENSEXPLORER (ver anexo IV). Como se observa, en las puntas se localizan las zonas de menor compacidad y las diferencias entre puntas y ángulos son grandes, lo que provoca diferencias en la contracción durante la cocción, que están señalizadas con flechas, y la aparición de tensiones que provocan las grietas. Para evitar este problema, debe realizarse el diseño de este tipo de formatos rebajando ligeramente



Figura 7.24. Microgrieta en la zona redondeada de un formato sinfín.

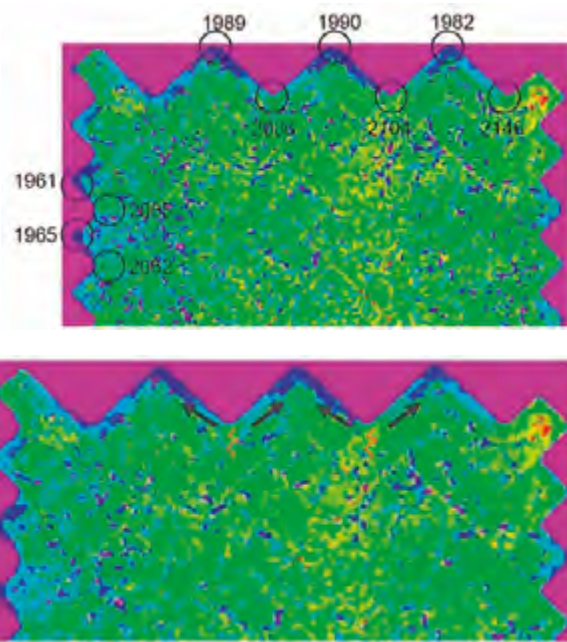


Figura 7.23. Diferencias de densidad aparente y grietas que provocan en los perfiles de un formato “sinfin” según referencia [56].

los ángulos dándoles un pequeño radio (pequeña curvatura). Esta actuación sobre los ángulos evita que actúen como punto acumulador de tensiones, aunque hay que tener en cuenta que esto en algunas ocasiones puede que no solucione completamente el problema si las diferencias de densidad aparente son muy grandes (figura 7.24).

7.6.3. Grietas ocasionadas por heterogeneidades en el polvo.

Si en el polvo atomizado existen gránulos o aglomerados con una humedad muy diferente a la del resto, pueden provocar pequeñas grietas en la superficie esmaltada, especialmente si se trata de gránulos de tamaños superiores a 750 μm [62].

Gránulos muy húmedos o muy secos, situados cerca de la superficie de la baldosa, formarán zonas de porosidad desigual, ya que fueron prensados a la misma presión que el resto pero tienen una humedad sensiblemente diferente, por lo que la absorción de agua procedente del esmalte será desigual, así como también será diferente su comportamiento durante la cocción. Tanto en un caso como en otro, estas diferencias puntuales de humedad provocan grietas superficiales en la superficie esmaltada. Así, por ejemplo, gránulos muy húmedos cerca de la superficie provocan tras el prensado, zonas de baja porosidad muy localizadas, y por tanto de baja absorción del agua de esmalte, que seca más lentamente dando defectos de falta de homogeneidad puntual en el estirado del esmalte y grietas.

Si existen gránulos muy secos cerca de la superficie procedentes, probablemente, de desprendimientos secos del propio atomizador; de las cintas y cangilones o de los silos, provocarán también la aparición de grietas superficiales, en este caso por falta de compactación puntual ^[62], o ahojados.

La presencia durante el prensado de grandes gránulos de polvo atomizado, poco deformados, puede generar pequeñas microfisuras que podrían ser el origen de la fractura de la baldosa.

7.6.4. Grietas ocasionadas por fuga de polvo.

Se conoce como “fuga de polvo” la migración de partículas finas hacia la periferia del alvéolo en el momento del prensado. Se manifiesta en forma de unas pequeñas grietas en la parte central de los lados de la pieza orientadas perpendicularmente al borde, conocidas como “peine” o “grietecita de bisel” (figura 7.25). Esto puede ocurrir si el polvo atomizado tiene partículas no aglomeradas procedentes de los ciclones, está más seco o tiene una granulometría muy fina. Potencia el defecto una velocidad excesiva del travesaño móvil en el momento de la primera prensada (o una frenada de éste insuficiente) y una excesiva holgura entre los punzones superiores y las cuchillas provocado por el desgaste de ambos. Las pequeñas grietas aparecen en el centro de los lados de la pieza, ya que es la zona en la que más puede abrir la cuchilla. Cuando se presenta este defecto es aconsejable bajar la temperatura de calefacción de la matriz.



Figura 7.25. Peine o grietecitas de bisel.

7.7. AHOJADOS.

El defecto conocido como ahogado o laminado, consiste en la aparición de capas o bolsas de aire atrapado, alternadas entre capas de material compactado (figura 7.26 y 7.27). Este defecto es fácilmente detectable en las baldosas a la salida de la prensa, aunque puede pasar desapercibido cuando es de pequeña magnitud y manifestarse muy claramente tras la cocción. En todos los casos se trata de un defecto grave, ya que invalida completamente la baldosa.

El defecto se presenta cuando queda aire atrapado en el polvo y resulta imposible su eliminación en las etapas de primera prensada y de desaireación del ciclo de prensado, que son precisamente las que tienen esta función.

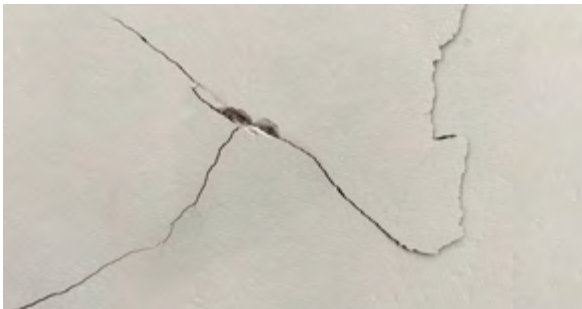


Figura 7.26. Ahojado (superficie de la baldosa).



Figura 7.27. Ahojado (corte).

Se trata de un defecto muy estudiado y profusamente descrito ^{[1] [9] [21] [22] [61] [62] [80]} en el que intervienen muchos factores y son muchas las causas que pueden provocarlo, aunque no todas tienen el mismo peso, ni son todas fácilmente solucionables. Algunas causas se localizan en las características físicas de los polvos para prensado, como son su humedad y su distribución granulométrica, tanto la de partículas primarias y agregados como la del atomizado; y otras en su composición y plasticidad. Evidentemente estos factores deben tenerse en cuenta en la fase de desarrollo del producto, porque una vez lanzada la producción tienen una difícil solución.

Todas estas causas pueden verse descritas en la bibliografía citada y el lector puede encontrar una recopilación de ellas en ^[49]. Por otra parte, en este libro vamos a centrarnos en las causas que afectan de forma directa al molde o indirectamente a través del ciclo de prensado.

En lo que respecta al ciclo de prensado, la primera prensada y la desaireación tienen por objetivo evacuar la mayor cantidad de aire posible y deben de hacerse de forma que esto sea posible, aunque muchas veces sea a costa de aumentar ligeramente la duración del ciclo (y disminuir, por tanto, la producción). La prensa debe tener los mecanismos de regulación y control que permitan actuar fácilmente sobre el ciclo de prensado sin que ello implique que se resienta la calidad. También el molde tiene un papel importante, ya que **debe poseer los suficientes canales de evacuación del aire**, para que esta operación se realice de forma rápida.

7.7.1. Influencia del ciclo de prensado.

El objetivo de la primera prensada es extraer la mayor cantidad de aire del lecho del polvo. Para que ello sea posible es conveniente que éste tenga una gran densidad de llenado para que la cantidad de aire a extraer sea la menor posible, y que la primera prensada y la desaireación se realicen de forma que permita extraerlo.

Como se recordará (Capítulo 5), la primera prensada debe realizarse a bajas presiones, generalmente entre 20 y 50 bares, para que la baldosa sea lo suficientemente permeable para permitir la difusión del aire. Debe evitarse un impacto excesivamente fuerte de los punzones sobre el lecho de polvo, para lo que se suele efectuar un frenado del travesaño móvil antes del impacto y, generalmente se realiza la prensada directamente con la presión del circuito y con el tiempo suficiente para facilitar la extracción de aire. Tras la primera prensada, un ligero ascenso del travesaño móvil permite la extracción de aire (etapa de desaireación). Un tiempo excesivamente corto de esta etapa o una insuficiente holgura entre los punzones y las cuchillas puede provocar ahogados.

Por otra parte, una incorrecta regulación del movimiento de ascenso del travesaño móvil tras la primera prensada, puede provocar también laminaciones o ahogados en las baldosas, pues si el ascenso es excesivo, los punzones pueden atrapar aire que empujan de nuevo al alvéolo.

Naturalmente, también puede provocar ahogados una duración excesivamente corta de la primera prensada, ya que esto dificulta la desaireación del polvo.

Como orientación, podemos decir que el tiempo de desaireación en un ciclo estándar en formatos medios puede estar sobre los 300 ms, aunque dependiendo del formato puede variar, ya que cuanto mayor sea éste, mayor es el volumen de aire que debe ser desalojado. Y, por supuesto, depende también del tipo de molde empleado, ya que los moldes penetrantes y espejo penetrante tienen una mayor facilidad para la desaireación que los moldes de conformado superior. Cuando se presentan problemas de ahogado por la dificultad de evacuar el aire en la etapa de desaireación, puede aumentarse

el tiempo de esta etapa hasta los 700 ms ^[82], aunque hay que tener en cuenta que, como ya se ha repetido en otras ocasiones, esto conlleva un aumento del tiempo del ciclo de prensado y, por tanto, una disminución de la producción.

En algunas prensas antiguas de pequeño tonelaje, el ascenso del travesaño móvil tras la primera prensada se realiza mediante amortiguadores, por lo que, en caso de problemas de desaireación debe procederse a la correcta regulación de estos.

7.7.2. Influencia del molde.

En los **moldes penetrantes** el aire se extrae por la holgura existente entre los punzones superiores y las cuchillas, por lo que ésta debe ser lo suficientemente grande para permitir la correcta evacuación, pero no tanto que provoque rebabas y reprensados. Por tanto, un centrado incorrecto de los punzones o una deficiente regulación del calentamiento del molde pueden provocar ahogados, ya que provocan desaireaciones preferenciales en las zonas con mayor holgura y dificultad para desairear en zonas de poca holgura. Los ahogados se darán, lógicamente, en las proximidades de las zonas donde se da una menor holgura entre cuchilla y punzón.

En el **doble molde**, la desaireación se realiza en todo el perímetro de las baldosas entre las ranuras de las cuchillas superior e inferior y por las holguras entre punzones y cuchillas (figura 5.15) y resulta una etapa del ciclo de prensado un poco más complicada. Esto se debe en parte a que con estos moldes se suelen prensar grandes formatos en los que, en consecuencia, la cantidad de aire a extraer es mayor. Pero sobre todo se debe a que la concepción cerrada del molde, con dos matrices y conformado en la parte superior, dificulta la construcción de adecuadas vías de desaireación. MACER ha mejorado la desaireación de sus moldes de conformado superior mediante la instalación de topes, de forma que durante el prensado, el contacto entre los componentes superior e inferior del molde se produce en los topes, y no entre las cuchillas.

Mediante el calentamiento del molde es posible regular y modificar las holguras entre punzones y cuchillas y, por tanto, actuar sobre la desaireación. Cuando el molde es nuevo, o en moldes con poco desgaste, ante un problema de ahogados se calienta la matriz y se mantiene la temperatura de los punzones para mejorar la desaireación, aumentando la holgura. A medida que aumenta el desgaste de los elementos sometidos a mayor abrasión, como son los punzones y las cuchillas, se mantiene, o incluso se disminuye, la temperatura de la matriz, aumentando la de los punzones para paliar en parte el desgaste de estos componentes, pero si esta operación se realiza incorrectamente puede provocar ahogados al dificultar la salida del aire.

Frecuentemente, ante problemas de ahogados, se realiza una disminución de la temperatura de los punzones para aumentar ligeramente la holgura facilitando con esto la desaireación. Sin embargo hay que tener en cuenta que esto puede facilitar la producción de rebabas, y además puede provocar reprensados en los moldes penetrantes o en los espejo penetrante invertidos, como ya se ha comentado.

7.8. CALIBRES.

El “calibre” es una denominación comercial que define un lote de un determinado formato, caracterizado porque todas las piezas que lo componen tienen las mismas dimensiones reales dentro de unos límites aceptados.

Para definir el lote o calibre, es necesario establecer los límites de las dimensiones de las baldosas o tolerancias superior e inferior que hacen que estas sean consideradas un mismo calibre. La diferencia máxima aceptada entre el tamaño superior y el inferior o “tolerancia de calibre” viene especificada en la norma UNE-EN 14411:2016 en un 0,6 % del lado, aunque su observancia es voluntaria. En la práctica, esta tolerancia es más estricta y se decide por la propia empresa de acuerdo con consideraciones de tipo comercial y técnico o de política de calidad, y suele oscilar alrededor del 0,15 %, que según formatos puede ir desde 0,5 a 1 mm. Piezas con diferencias en el tamaño real superiores a la tolerancia establecida se consideran y clasifican en diferentes calibres.

La producción de calibres está relacionada con la variación en la contracción lineal de las baldosas o con diferencias en las temperaturas o ciclos de cocción y puede tener su origen en las operaciones de prensado y/o de cocción (tabla 7.2).

Cuando el **origen** de los **calibres** se encuentra en el prensado, puede deberse a una deficiente carga o a un mal enrase de los alvéolos, y ocasionalmente irá acompañada de descuadres. Puede deberse también a otro tipo de no conformidades, como suciedad debajo de uno de los platos, punzones mal montados, rotura del fuelle, etc. Si el origen de la producción simultánea de calibres se localiza en la prensa, es probable que exista una relación entre los platos de la prensa y los calibres y será, por tanto, relativamente sencillo comprobar si existe un predominio de piezas de uno o varios platos de la prensa con un calibre determinado, lo que, sin duda, ayudará a resolver el problema.

Sin embargo, la mayor parte de baldosas con calibres diferentes al que se pretende fabricar se produce, no de forma simultánea sino a lo largo del tiempo de producción de un formato y modelo, debido a la variabilidad del proceso, incapaz, cuando esto ocurre, de mantener las dimensiones finales de todas las baldosas dentro del mismo calibre.

Origen.	Producción de piezas con diferentes calibres.	Causa.
Prensado.	Las baldosas con diferentes calibres se producen simultáneamente.	Deficiencias en la carga de los alvéolos que provoca diferencias de compacidades. Puede ir acompañada de descuadres.
	Las baldosas con diferentes calibres se producen a lo largo de la producción de un formato.	Elevada variabilidad del proceso que provoca diferencias de compacidad entre baldosas.
Cocción.	Las baldosas con diferentes calibres se producen simultáneamente.	Diferencias en la temperatura de cocción, en el tiempo de permanencia o gradientes transversales de temperaturas (gres de pasta roja y de pasta blanca). Diferencias en el ciclo de cocción, en la etapa de calentamiento, entre los 800 y los 950 °C (revestimientos).
	Las baldosas con diferentes calibres se producen a lo largo de la producción de un formato.	Elevada variabilidad del proceso (revestimientos y gres).

Tabla 7.2. Causas de la producción de calibres.

Anexos.



**PELIGRO RADIACIÓN /
X-RAY HAZARD**
No gire la protección. No manipule.
Do not rotate the protection. Do not
manipulate.

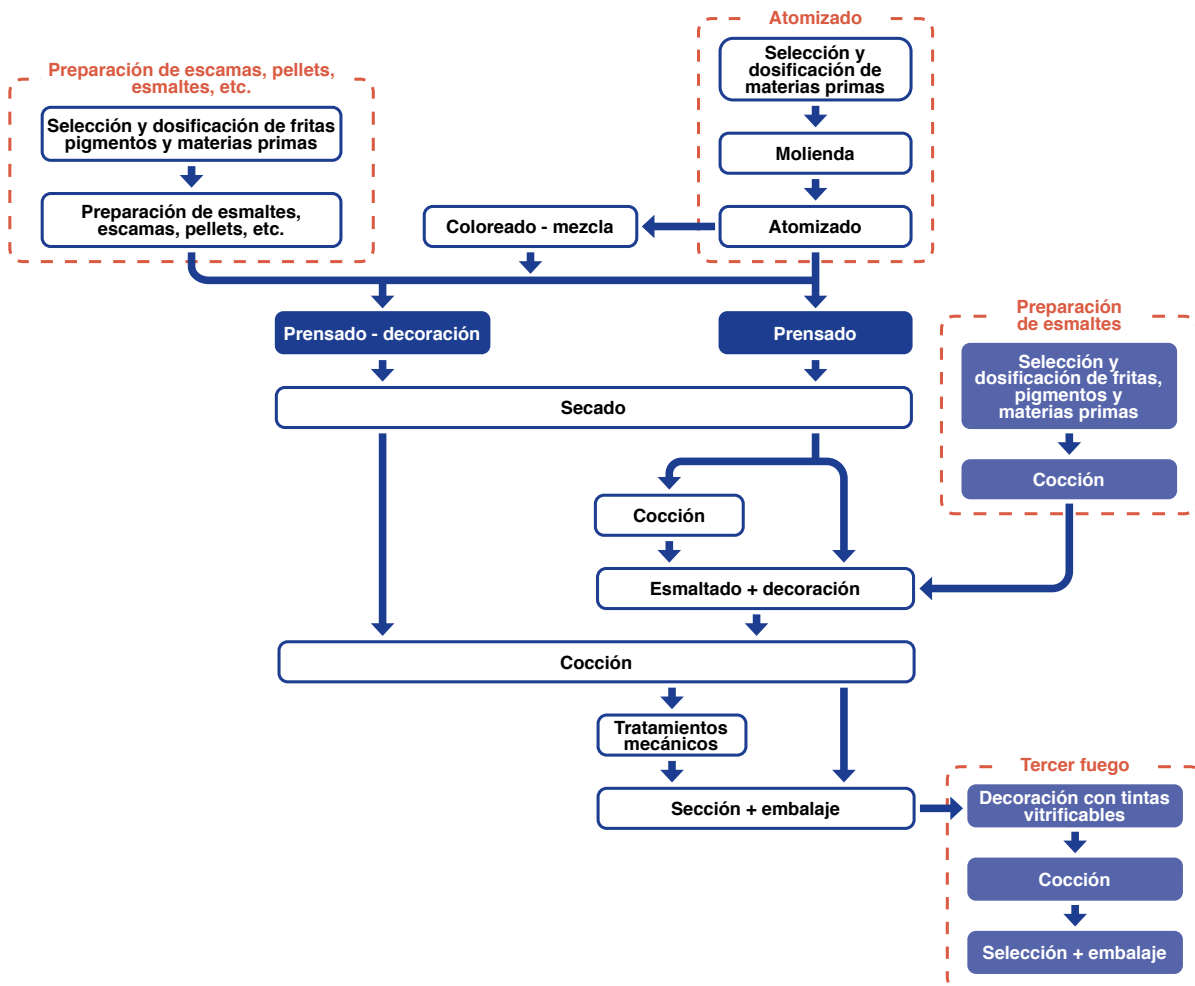
macer

PRECAUCIÓN / CAUTION:
No gire la protección. No manipule.
Do not rotate the protection. Do not
manipulate.

DENSEXPLORER

ANEXO I.

Proceso de fabricación de baldosas y placas cerámicas.



ANEXO II.

Técnicas de conformado de productos cerámicos.

Existen diferentes técnicas de conformado de productos cerámicos, que se caracterizan por emplear una tecnología similar y tener un conjunto común de variables de proceso, basadas en principios similares. Estas técnicas se clasifican en función de la cantidad de agua con la que se prepara la pasta.

Algunos materiales se conforman mediante la combinación de diferentes técnicas; por ejemplo, algunos tipos de tejas se fabrican extruyendo placas planas a las que se da forma prensándolas en húmedo. Por su parte, los aisladores eléctricos se fabrican extruyendo cilindros que se cortan a las dimensiones requeridas y a los que se da forma mediante calibrado.

Estado.	% de agua.	Técnicas de conformado.	Algunos productos obtenidos.
Semiseco.	5 a 10	Prensado unidireccional.	Baldosas. Placas cerámicas. Placas de refractarios. Platos y bandejas
		Prensado isostático.	Cerámicas tenaces.
Plástico.	15 a 20	Moldeado manual o semiautomático.	Alfarería.
		Extrusión.	Materiales para la construcción.
		Calibrado.	Aisladores eléctricos. Vajillas.
		Prensado en húmedo.	Tejas.
Suspensión.	30 a 50	Colado.	Decoración y ornamentación. Vajillas. Sanitarios. Cerámicas tenaces y para uso técnico y de laboratorio.

Tabla II.1. Técnicas de conformado.

ANEXO III. Ensayos de dureza.

Definición:

La dureza es una medida de la resistencia de un material a la deformación permanente en su superficie.

Se entiende, por tanto, que la dureza es una propiedad de la capa superficial de un material y no una propiedad característica del material.

Medida:

Existen diferentes métodos para medir la dureza de los materiales. Todos ellos consisten en producir una deformación local en la superficie del material a través de un penetrador aplicado con una determinada carga. Es decir, en todos ellos se aplica una carga conocida sobre la superficie del material y se mide la deformación permanente provocada por ésta. Los valores de dureza que se obtienen dependen de la carga, del tipo de penetrador, de sus dimensiones y del tiempo de aplicación de la carga, por lo que los valores obtenidos deben ir siempre acompañados de la indicación del método utilizado y de las condiciones del ensayo.

Los ensayos de dureza pueden clasificarse en dos grandes grupos, ensayos estáticos y dinámicos (tabla III.1).

En todos los ensayos estáticos se cumple que la dureza de un material es inversamente proporcional a las medidas de la huella que queda en su superficie al aplicarle una fuerza de deformación.

El penetrador empleado en el ensayo ha de tener una dureza superior al material ensayado y no sufrir ninguna deformación.

Tipo de ensayo	Descripción	Ensayos
Estáticos	La carga se aplica de forma estática. Un penetrador presiona contra la superficie del material aplicando una carga de manera relativamente lenta. La medida de dureza resulta del cociente de la carga aplicada y el área de la huella que deja el penetrador en la superficie o bien de la medida de la profundidad de la indentación.	Brinell. Vickers. Knoop. Rockwell.
Dinámicos	La carga se aplica en forma de impacto. Se lanza un penetrador con una energía conocida sobre la superficie a ensayar y se mide la energía de rebote tras el impacto.	Shore. Leeb.

Tabla III.1 Clasificación de ensayos de dureza.

Ensayos de medida.

a) Dureza Brinell.

El ensayo se encuentra normalizado. Normas UNE-EN ISO 6506-1:2015 y ASTM E 10-78. Se emplea un durómetro y los valores se expresan en una escala como **BHN**.

Se aplica una carga **P** empleando como penetrador una bola de acero muy duro de diámetro

Moldes para prensado de baldosas cerámicas

conocido (**D**) durante un tiempo t . El penetrador deja una huella de casquete esférico en el material medido cuya medida permite determinar la dureza del material (figura III.1).

El tamaño de la bola se elige en función del espesor de la probeta a analizar. Y el valor de la carga a aplicar en el ensayo (**P**) se determina en función del diámetro de la bola (**D**), teniendo en cuenta los límites en los cuales la deformación de la bola por acción de la carga no influye en el resultado obtenido. La expresión es $P = k \cdot D^2$. Los valores de k se encuentran tabulados, de manera que para hierros y aceros $k = 30$, por lo que la carga aplicada para bolas de 10 mm es de 3000 kg. En la siguiente tabla se muestran los valores de la carga a aplicar para hierros y aceros y del diámetro de bola, en función del espesor (**e**) de la probeta a ensayar

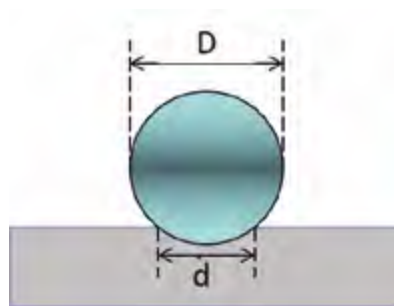


Figura III.1. Ensayo de dureza Brinell (esquema).

Espesor de la probeta (mm)	Diámetro de la bola (mm)	Carga a aplicar (kg) (hierros y aceros $k=30$)
Superior a 6 mm	10	3000
Entre 3 y 6 mm	5	750
Inferior a 3 mm	2,5	187,5
	1,25	46,9
	0,625	11,7

Tabla III.2. Ensayo de dureza Brinell. Parámetros.

El valor de dureza obtenido (número **HB**) se obtiene simplemente de dividir la carga por la superficie de la huella, que ya que es un casquete esférico, puede determinarse a partir de la medida del diámetro de la bola (**D**) y de su altura, que es la profundidad de la huella (**h**):

$$HB = \frac{P}{\pi \cdot D \cdot h}$$

La altura de penetración puede ponerse en función del diámetro de la bola (**D**) y del diámetro de la base del casquete esférico (**d**), resultando la expresión:

$$HB = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Ambas fórmulas son equivalentes, en la primera se mide la profundidad de indentación (**h**) y en la segunda el diámetro de la huella dejada (**d**), aunque es preferible emplear la segunda ya que la medida de **d** ofrece mucha más seguridad que la de **h**. En las medidas dimensionales se requiere una precisión de 0,01 mm.

El tiempo de aplicación de la carga (**t**) también puede influir en el resultado del ensayo. En medidas de aceros suele estar entre 15 y 30 segundos.

Algunos durómetros modernos están equipados con sistemas electrónicos que determinan el valor de la dureza de forma directa sin que sea necesario realizar mediciones ni utilizar tablas.

En la práctica pueden emplearse tablas o programas de cálculo en los que sólo es necesario introducir alguno de estos datos para obtener el número Brinell.

En la expresión del resultado, la dureza Brinell ha de ir acompañada de las condiciones de ensayo, es decir, del diámetro del penetrador (**D**), carga aplicada (**P**) y tiempo de aplicación (**t**), de la siguiente manera: “**HB_{D,P,t}**”.

b) Dureza Vickers.

Este ensayo se recomienda para materiales muy duros. El procedimiento empleado es similar al visto para la dureza Brinell, sin embargo en este ensayo se emplea una carga pequeña y el penetrador empleado es una pirámide regular de diamante de base cuadrada cuyas caras laterales forman un ángulo de 136°. En la penetración del indentador contra la probeta, éste dejará una impresión cuadrada sobre el material de la probeta.

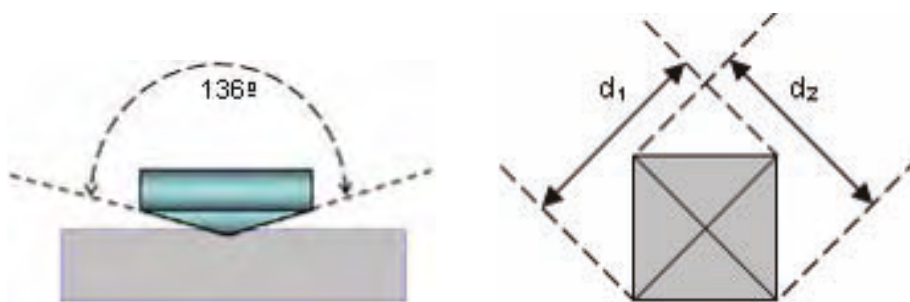


Figura III.2. Ensayo de dureza Vickers (esquema).

Como parámetros de ensayo de referencia, suele emplearse una carga de 30 kg, aplicada durante 15 segundos. Una vez realizado el ensayo, se miden las diagonales (**d₁** y **d₂**) de la impresión cuadrada que resulta sobre la superficie de la probeta ensayada.

La dureza Vickers (HV) se calcula aplicando la expresión:

$$HV = \frac{1,854 \cdot F}{d^2}$$

En la medida de **d₁** y **d₂** se requiere una precisión $\pm 0,001$ mm y el valor de **d** resulta del promedio de ambas diagonales.

Las cargas pueden variar de 1 a 100 kg según el espesor y tipo de material. En general las de 30 y 50 kg son las más usadas.

En la expresión de resultados debe indicarse la carga empleada. Por ejemplo si se ha empleado una carga de 30 kp y se ha obtenido una dureza de 570, debe expresarse como **570 HV 30**.

El ensayo de dureza Vickers proporciona valores similares a Brinell para materiales hasta dureza 300 HB (ver tabla al final de este anexo). Se considera un método más exacto que Brinell debido a la menor deformabilidad del penetrador

c) Dureza Rockwell.

Es el método más utilizado, ya que se considera más sencillo de realizar que los ensayos Vickers y Brinell, y es apto para todo tipo de materiales. Las cargas son menores y los penetradores empleados son más pequeños por lo que la huella provocada en el material es menor y menos profunda. Es un procedimiento de ensayo normalizado (norma ASTM E-18).

Se basa también en la medición de la profundidad de penetración en la muestra de un penetrador o indentador, bajo la acción de una carga predeterminada. Los valores determinados se expresan en una escala HR.

Se emplean dos tipos de penetrador según la dureza del material a ensayar:

- Para materiales duros ($HB > 200$) se emplea un diamante en forma de cono de 120° de punta redondeada y radio de $0,20 \pm 0,01$ mm.
- Para materiales blandos ($HB < 200$) se emplea una bola de acero templado. Según el tipo de material a ensayar pueden emplearse bolas de $1/8"$, $1/16"$, de $1/2"$ y $1/4"$ de diámetro.

El procedimiento de ensayo con durómetro de laboratorio es el siguiente: la probeta asciende hasta tocar el penetrador generando una carga inicial 10 kg que produce una pequeña deformación (punto **a** de la figura III.3). En este punto el equipo se pone a cero y se aplica una segunda carga de 50, 60, 90 o 140 kg, de acuerdo al material a ensayar. Al aplicar la carga adicional el material fluye plásticamente, resultando una penetración total **b**. y posteriormente, se retira la carga adicional, permitiendo la recuperación elástica del material resultando finalmente una penetración final **c**. Una vez cesa la carga, el valor de la dureza se lee en el indicador del equipo y depende directamente de la distancia **a-c** (figura III.3).

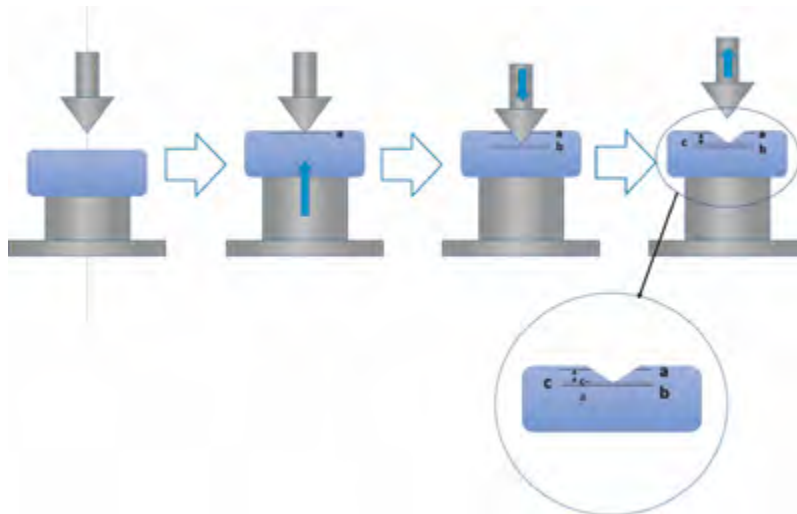


Figura III.3. Procedimiento de medida de la dureza Rockwell.

Los resultados obtenidos se expresan en diferentes escalas, según el tipo de penetrador empleado y la carga aplicada.

Escala	Indentador	Carga (kgf)	Aplicaciones
A	Diamante	60	Aceros tratados y sin tratar. Materiales muy duros. Chapas duras y delgadas.
B	Esfera 1/16"	100	Aceros recocidos y normalizados.
C	Diamante	150	Aceros tratados térmicamente.
D	Diamante	100	Aceros cementados.
E	Esfera 1/8"	100	Metales blandos y antifricción.
F	Esfera 1/16"	60	Bronce recocido.
G	Esfera 1/16"	150	
H	Esfera 1/8"	60	
K	Esfera 1/8"	150	

Fuente: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn218.html>

Tabla III.3. Ensayo de dureza Rockwell. Parámetros.



Figura III.4. Ensayo de dureza Rockwell (esquema).

Resumen de los ensayos

En la tabla III.4 se muestra un resumen esquemático de los ensayos de dureza Brinell, Vickers y Rockwell.

Ensayo.	Penetrador.		Carga.	Fórmula para determinar el índice de dureza.	Comentarios.
Brinell.	Esfera de 10 mm de diámetro de acero o de carburo de wolframio.		P	$BHN = \frac{2P}{\pi D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}$	Poco exacta para materiales duros, aunque de procedimiento muy sencillo.
Vickers.	Pirámide de diamante.		P	$VHN = \frac{1,72P}{d_1^2}$	Recomendada para materiales muy duros.
Rockwell.	Cono de diamante.	A	60 Kg	$R_{(A,C,D)} = 100 - 500 \cdot t$	Son los ensayos más difundidos, ya que la dureza se obtiene por medición directa y es un ensayo apto para todo tipo de materiales. Se suele considerar como un ensayo no destructivo a causa del pequeño tamaño de la huella.
		C	150 Kg		
		D	100 Kg		
	Esfera de acero de 1/16" de diámetro.	B	100 Kg	$R_{(B,F,G,E)} = 130 - 500 \cdot t$	
		F	60 Kg		
		G	150 Kg		
	Esfera de acero de 1/8" de diámetro.	E	100 Kg		

Tabla III.4. Ensayos de dureza.

Moldes para prensado de baldosas cerámicas

En la siguiente tabla se muestra la relación aproximada entre durezas y resistencia a la tracción.

Rockwell			Vickers	Brinell		Resistencia a la tracción
HRB	HRC	HR 15 N	HV	P= 3000 kg D = 10 mm	HB	N/mm ²
52,0			95	6,15	90,2	305
56,2			100	6,00	95,0	320
			105	5,90	99,8	335
62,3			110	5,75	105	350
			115	5,65	109	370
66,7			120	5,55	114	385
			125	5,45	119	400
71,2			130	5,35	124	415
			135	5,25	128	430
75,0			140	5,15	133	450
			145	5,10	138	465
78,7			150	5,00	143	480
			155	4,95	147	495
81,7			160	4,85	152	510
			165	4,80	156	530
85,0			170	4,72	162	545
			175	4,65	166	560
87,1			180	4,59	171	575
			185	5,53	176	595
89,5			190	4,47	181	610
			195	4,42	185	625
91,5			200	4,37	190	640
92,5			205	4,32	195	660
93,5			210	4,27	199	675
94,0			215	4,22	204	690
95,0			220	4,19	209	705
96,0			225	4,13	214	720
96,7			230	4,08	219	740
			235	4,05	223	755
98,1	20,3	69,6	240	4,00	228	770
	21,3	70,1	245	3,96	233	785
99,5	22,2	70,5	250	3,92	238	800
	23,1	71,1	255	3,90	242	820
(101)	24,0	71,6	260	3,86	245	835
	24,8	72,1	265	3,82	252	850
(102)	25,6	72,5	270	3,78	257	865
	26,4	73,0	275	3,75	261	880
(104)	27,1	73,4	280	3,72	266	900
	27,8	73,8	285	3,68	271	915
(105)	28,5	74,2	290	3,66	276	930
	29,2	74,5	295	3,63	280	950
	29,8	74,9	300	3,60	285	965
	31,0	75,6	310	3,54	295	995
	32,2	76,2	320	3,49	304	1030
	33,3	76,8	330	3,44	314	1060
	34,4	77,4	340	3,39	322	1095
	35,5	78,0	350	3,34	333	1125
	36,6	78,6	360	3,30	330	1155
	37,7	79,2	370	3,25	352	1190
	38,8	79,8	380	3,21	361	1220
	39,8	80,3	390	3,17	371	1255

Rockwell			Vickers	Brinell		Resistencia a la tracción
HRB	HRC	HR 15 N	HV	P= 3000 kg D = 10 mm	HB	N/mm ²
	40,8	80,8	400	3,13	380	1290
	41,8	81,4	410	3,09	390	1320
	42,7	81,8	420	3,06	399	1350
	43,6	82,3	430	3,02	409	1385
	44,5	82,8	440	2,99	418	1420
	45,3	83,2	450	2,95	428	1455
	31,0	75,6	310	3,54	295	995
	32,2	76,2	320	3,49	304	1030
	33,3	76,8	330	3,44	314	1060
	46,1	83,6	460	2,92	437	1485
	46,9	83,9	470	2,89	447	1520
	47,7	84,3	480	2,87	(456)	1555
	48,4	84,7	490	2,84	(466)	1595
	49,1	85,0	500	2,81	(475)	1630
	49,8	85,4	510	2,78	(485)	1665
	50,5	85,7	520	2,76	(494)	1700
	51,1	86,0	530	2,73	(504)	1740
	51,7	86,3	540	2,70	(513)	1775
	52,3	86,6	550	2,68	(523)	1810
	53,0	86,9	560	2,66	(532)	1845
	53,6	87,2	570	2,63	(542)	1880
	54,1	87,5	580	2,61	(551)	1920
	54,7	87,8	590	2,59	(561)	1955
	55,2	88,0	600	2,57	(570)	1995
	55,7	88,2	610	2,54	(580)	2030
	56,3	88,5	620	2,52	(589)	2070
	56,8	88,8	630	2,50	(599)	2105
	57,3	89,0	640		(608)	2145
	57,8	89,2	650		(618)	2180
	58,3	89,5	660			
	58,8	89,7	670			
	59,2	89,8	680			
	59,7	90,1	690			
	60,1	90,3	700			
	61,0	90,7	720			
	61,8	91,0	740			
	62,5	91,2	760			
	63,3	91,5	780			
	64,0	91,8	800			
	64,7	92,1	820			
	65,3	92,3	840			
	65,9	92,5	860			
	66,4	92,7	880			
	67,0	92,9	900			
	67,5	93,0	920			
	68,0	93,2	940			

Nota: Los valores entre paréntesis indican valores de dureza fuera de la zona definida en el ensayo normalizado
Fuente: RAZYA. <https://www.ayzar.com/calidad-pdf/TABLA%20dureza%20-%20resistencia%20RAZYA.pdf>

Tabla III.5. Relación entre resistencia a la tracción y valores de dureza Rockwell, Brinell y Vickers.

ANEXO IV.

Medida de la compacidad por absorción de RX. DENSEXPLORER.

Compacidad y densidad aparente.

La **compacidad** (Φ) se define como la relación entre el volumen real ocupado por el sólido

(V_s) y el volumen aparente (V_a), de forma que

$$\Phi = \frac{V_s}{V_a}$$

y sus valores oscilan también entre 0 y 1

$$0 < \Phi \leq 1$$

La compacidad es una importante propiedad de las piezas prensadas ya que está relacionada con el comportamiento de éstas en las siguientes etapas del proceso de producción, especialmente la cocción; y con las propiedades y características de calidad del producto acabado. Sin embargo, dada la complejidad que supone su control industrial, es habitual determinar experimentalmente otro parámetro relacionado directamente con ella y de más fácil medida, como es la **densidad aparente en seco** (ρ_a) que se define como el cociente entre el peso de una pieza seca (w_s) y el volumen que ocupa, o volumen aparente (V_a).

$$\rho_a = \frac{w_s}{V_a}$$

Por lo que se deduce fácilmente que

$$\Phi = \frac{\rho_a}{\rho_s}$$

Expresión en la que ρ_s es el peso específico del sólido y que relaciona la compacidad con la densidad aparente.

Procedimientos de medida de la densidad aparente.

El control industrial de la compacidad tiene una gran importancia dada la influencia que este parámetro tiene en el desarrollo de las operaciones de fabricación y en la calidad de las baldosas cocidas. Este control, como todos los que se realizan en la planta industrial, deberá ser sencillo, rápido, fiable, razonablemente económico, no perjudicial para la salud, respetuoso con el medio ambiente, y fácil de realizar e interpretar. A nivel industrial se prefiere, por su gran sencillez, rapidez y economía, la medida indirecta de la compacidad, mediante la determinación de la densidad aparente, en seco o en verde, ya que, como hemos visto, existe una relación directa entre compacidad y densidad aparente en seco, a través del peso específico del polvo para prensado.

Los métodos de medida de la densidad aparente se suelen dividir en tres grupos [38], medida de alguna propiedad directamente relacionada con la densidad aparente, medida del volumen de poros y medida de la masa y del volumen de la pieza por separado. En [49] se muestra una descripción de cada uno de estas técnicas de medida, siendo la medida de la densidad aparente por inmersión en mercurio la más empleada hasta hace relativamente pocas fechas. Sin embargo esta técnica, desarrollada y patentada por la Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas (AICE) [19][39], pese a ser rápida, fiable y económica tiene el inconveniente del empleo del mercurio, de elevada toxicidad, por lo

que han sido numerosos los intentos de desarrollar una técnica alternativa.

Medida de la densidad aparente por absorción de RX: DENSEXPLORER.

El Instituto de Tecnología Cerámica (ITC) ha publicado varios trabajos ^[10] ^[16] ^[46] en los que ha desarrollado un método de medida de la densidad aparente de probetas y baldosas cerámicas mediante la absorción de RX. A partir de estos trabajos, y como fruto de la colaboración entre el citado ITC, MULTISCAN y MACER se ha desarrollado un equipo industrial (DENSEXPLORER) que permite la medida rápida de la densidad aparente y la construcción de mapas de densidad aparente por absorción de rayos X ^[10] apto para su empleo en planta industrial (figura IV.1).



Figura IV.1. Equipo de medida de la densidad aparente por absorción de rayos X.

Los principales elementos del equipo^[58] son un sistema de generación de RX; dos telémetros láser; un sensor lineal de RX que crea una imagen con la señal de rayos X que recibe y un sistema de transporte para el movimiento de las baldosas en la operación de medida compuesto por una banda lisa de PVC movida por un servomotor.

En la figura IV.2 se muestra un esquema ^[63] con todos los componentes del equipo y su ubicación y en la tabla IV.1 se describen brevemente.

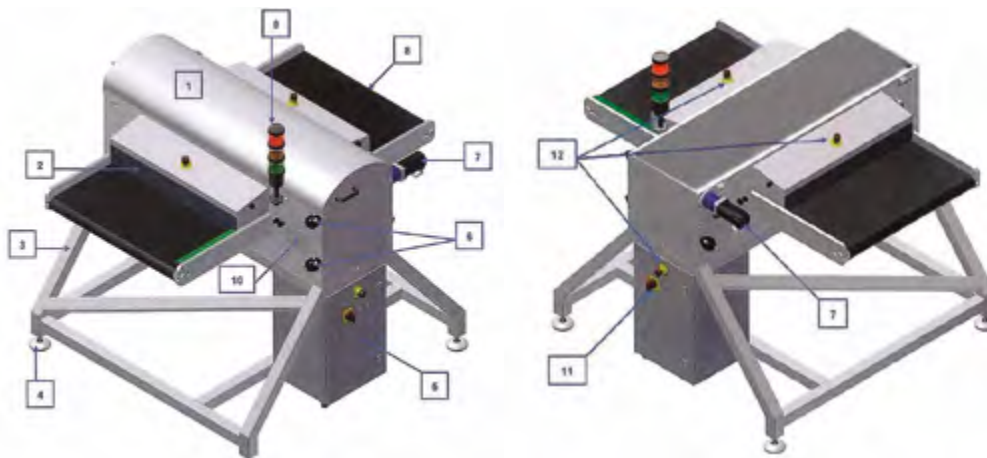


Figura IV.2. Componentes de un equipo de medida de la densidad aparente por RX DENSEXPLORER. Fuente: MULTISCAN TECHNOLOGIES.

Moldes para prensado de baldosas cerámicas

Nº (fig IV.3.)	Componente.	Descripción/Función.
1	Zona de inspección.	En este espacio se ubica el sistema de generación de RX, los telémetros láser, el sensor lineal de RX y el sistema de transmisión de movimiento.
2	Cortinillas antirradiación.	Son elementos de seguridad situados a la entrada y a la salida de la zona de inspección. Su misión es contener la radiación dispersa.
3	Soporte.	
4	Soportes de pie.	Son regulables para facilitar la nivelación del equipo.
5	Panel de control.	En él se encuentran un pulsador de emergencia; la llave de permiso de emisión de RX; un indicador luminoso de tensión y el interruptor general.
6	Rodamientos.	Permiten el giro de los ejes de transmisión del movimiento del generador de RX y de la banda transportadora.
7	Servomotores.	Actúan sobre los sistemas de transmisión de movimiento de la banda.
8	Banda transportadora.	Banda lisa de PVC movida por un servomotor para el movimiento de entrada y de salida de las piezas en la zona de inspección.
9	Baliza luminosa.	Es un indicador luminoso con un código de colores que da información sobre el estado del equipo en todo momento.
10	Placa de características.	Da información sobre características técnicas del equipo.
11	Interruptor general.	Situado en el panel de control.
--	Llave de permiso de emisión de RX	El equipo solo puede emitir radiación si esta llave acciona el dispositivo de emisión. Esta llave ha de estar, en todo momento, en posesión de la persona responsable del equipo.
12	Pulsadores de emergencia.	Se emplean para bloquear completamente el equipo en caso de emergencia.
--	Fotodiodo	Es el sensor que recibe la radiación tras atravesar esta la baldosa medida. Transmite esta información al ordenador.
--	Telémetros láser.	El equipo dispone de dos telémetros láser, que miden el espesor en cada punto de medida de las baldosas. El espesor en cada punto (e) se obtiene descontando de la distancia entre ambos telémetros (L), que es conocida, la suma de las distancias medidas por ambos láser (x1 y x2) a las correspondientes superficies de la baldosa (figura IV.3).
--	Protecciones de plomo.	Todas las partes del equipo que puedan estar expuestas a radiación están recubiertas por una capa de plomo.

Fuente: MULTISCAN TECHNOLOGIES.

Tabla IV.1. Componentes del DENSEXPLORER ^[63].

Las baldosas cerámicas que se desean analizar se introducen en la zona de inspección (1) mediante una banda transportadora (8). A su paso, el generador de RX emite una radiación que, una vez colimada, incide sobre un punto de la baldosa. Al mismo tiempo, los dos telémetros láser miden el espesor según se muestra en la figura IV.3. Estas dos medidas se realizan en un sólo punto cada una de ellas, pero el movimiento de vaivén del cabezal, inducido por la correa de transmisión, al tiempo que la baldosa recorre la zona de inspección, permite realizar un escaneo completo.

La radiación atraviesa la pieza y es medida por el sensor lineal o fotodiodo y la información se transmite al ordenador para que sea procesada. De acuerdo con la ley de Lambert-Beer, conocida la intensidad de las radiaciones incidente y transmitida y el espesor de la muestra, es posible, previo calibrado del equipo, conocer la densidad en cada punto del material medido.

La precisión de la medida depende de la velocidad de avance, que varía entre 1 y 10 mm/s. A su vez, el tubo emisor de RX se desplaza transversalmente escaneando la baldosa a una velocidad máxima de 1000 mm/s. La radiación que la atraviesa es medida por un sensor de radiación situado en la parte inferior.

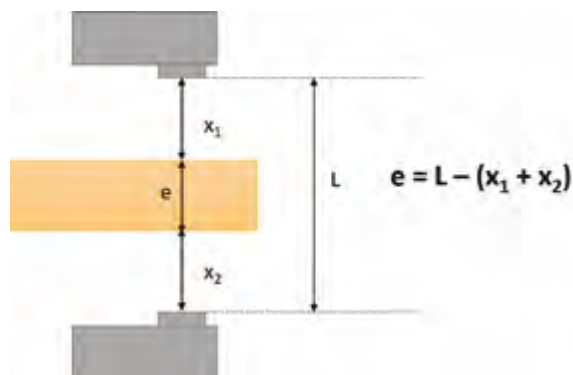


Figura IV.3. Medida del espesor en un punto con telémetros láser.

El equipo puede obtener valores de densidad aparente, espesor y carga en áreas de 1 mm² de material por lo que se obtienen mapas de densidad aparente de una gran precisión.

Edición de mediciones - Equipo 3

NO ENTRENANDO

Indicador de estado de los RX

Visor de mensajes de aviso.

Formulario de datos de ensayo.

Iniciar o cancelar ensayo.
Mover cinta manualmente.

Análisis de resultados.

Acceso a la configuración.
Apagar equipo o bloquear.

Punto	Medición	Resultado	Punto	Punto	Punto	Punto	Punto

Imagen: Cortesía de MULTISCAN TECHNOLOGIES.

239

Moldes para prensado de baldosas cerámicas

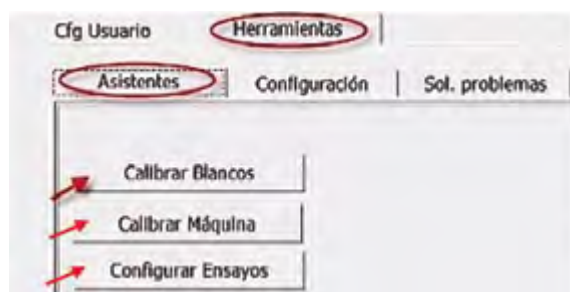


Figura IV.5. Pantalla de “asistentes” para activar el calibrado y la configuración de ensayos.

Imagen: Cortesía de MULTISCAN TECHNOLOGIES.

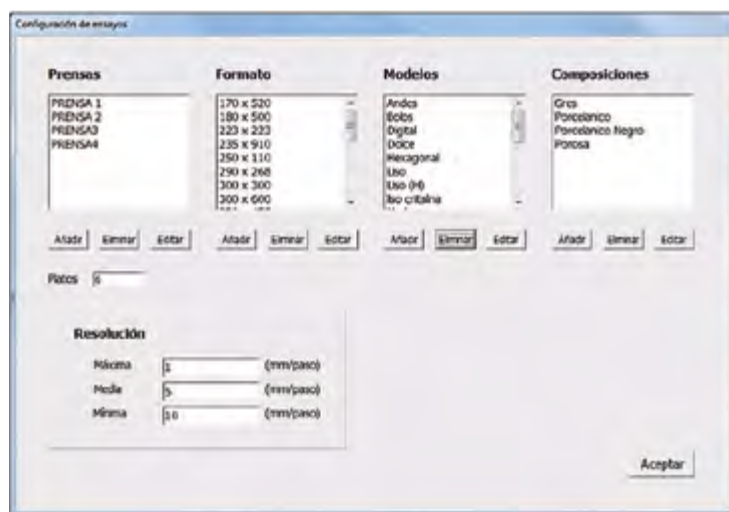


Figura IV.6. Pantalla de configuración de ensayos.

Imagen: Cortesía de MULTISCAN TECHNOLOGIES.

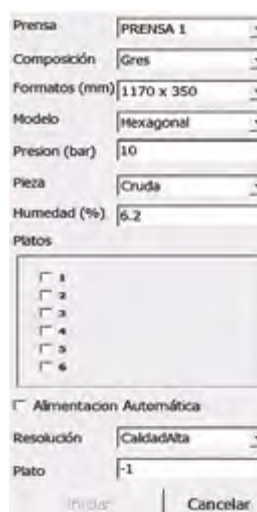


Figura IV.7. Pantalla para iniciar el ensayo.

Imagen: Cortesía de MULTISCAN TECHNOLOGIES.

El ensayo es muy rápido ya que la construcción de un mapa completo de densidades aparentes en una baldosa de 60 x 60 cm dura unos 5 minutos. Para prensas con varias salidas, es posible obtener una visión global de la distribución de la densidad aparente y, por lo tanto, de la carga de alvéolos. El programa puede facilitar los resultados obtenidos numéricamente o, para facilitar su interpretación, mediante un código de colores. A título de ejemplo, en la figura IV.8 puede apreciarse el mapa de densidades aparentes completo de las siete salidas de un molde de 22 x 85 cm.

Como se observa en figura, el equipo proporciona información sobre la distribución de densidades aparentes en las baldosas. Esta distribución es, como se ve, muy heterogénea y no es posible apreciarla con esta nitidez mediante los procedimientos de medida por inmersión en mercurio o en agua. También pueden obtenerse mapas de la distribución de espesores y de carga de alvéolos (figuras IV.9 y IV.10).

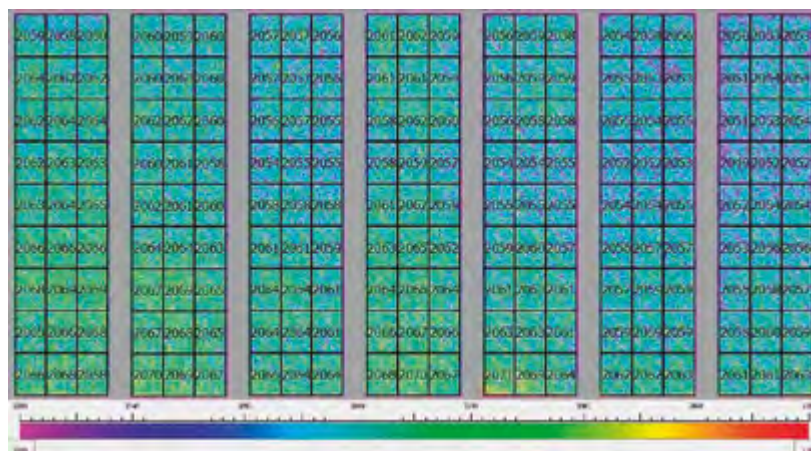


Figura IV.8. Mapa de la distribución de densidades aparentes, en kg/m³, obtenidas mediante absorción de RX para un molde de siete salidas de 22 x 85 cm. Fuente: MACER – ITC.

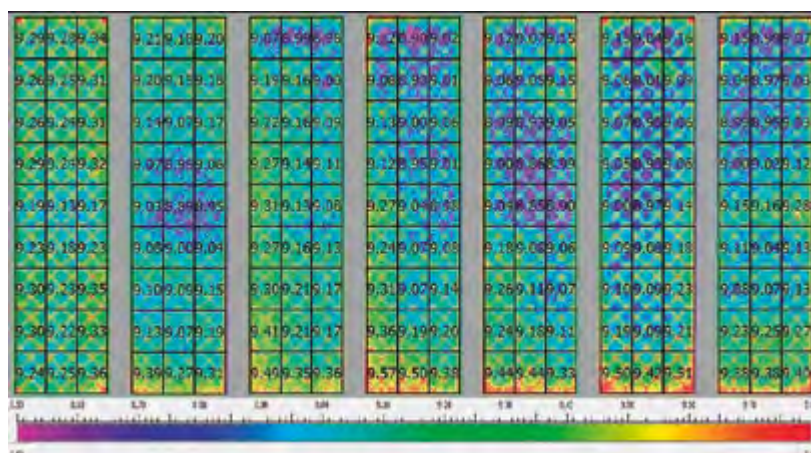


Figura IV.9. Mapa de distribución de espesores, en mm obtenidas por el equipo DENSEXPLORER para un molde de siete salidas de 22 x 85 cm. Fuente: MACER – ITC.

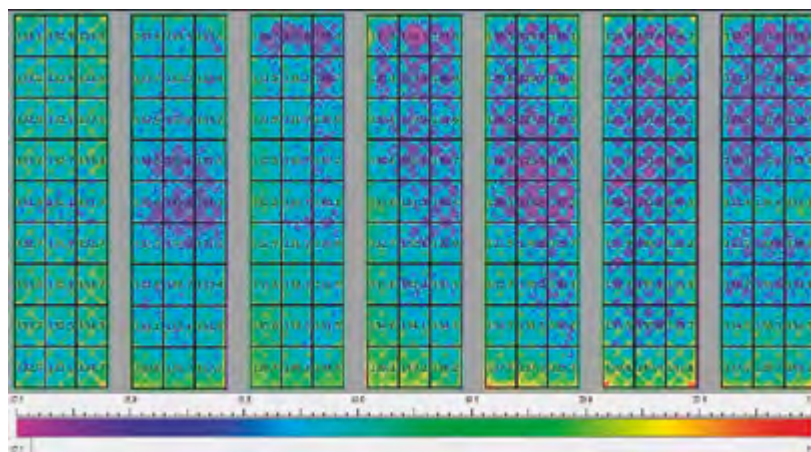


Figura IV.10. Mapa de distribución de cargas, en kg/m², obtenidas por el equipo DENSEXPLORER para un molde de siete salidas de 22 x 85 cm. Fuente: MACER – ITC.

Moldes para prensado de baldosas cerámicas

El programa informático del equipo permite también estudiar secciones de la pieza seleccionadas a voluntad y obtener datos de la distribución lineal de la carga, del espesor (figura IV.11) o de la densidad aparente en una determinada dirección. Por otra parte, los telémetros laser pueden dar información gráfica y numérica de las alturas de relieve por las dos caras, lo que permite estudiar la planitud del producto cocido y relacionar las posibles deformaciones con variaciones de la densidad aparente, espesor o carga.

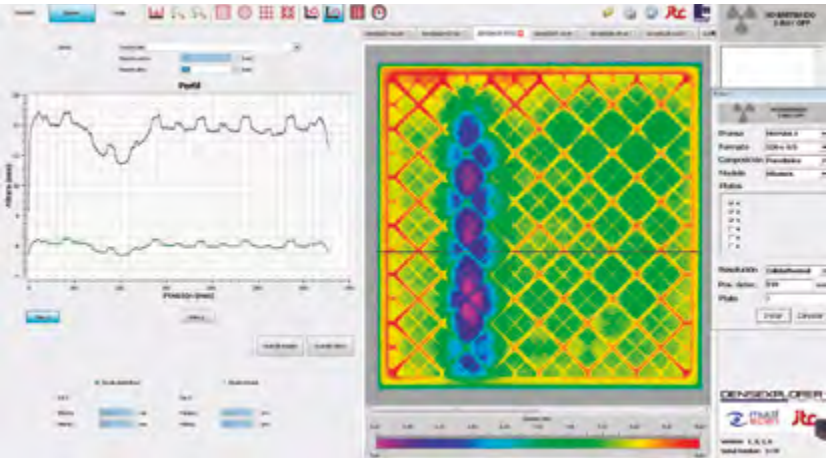


Figura IV.11. Mapa de distribución de espesores, en mm, (a) perfil de espesores a lo largo de la dirección señalada obtenidas por el equipo DENSEXPLORER.
Fuente: MACER – ITC.

La precisión de la medida es idéntica al método de inmersión en mercurio con la ventaja de su rapidez, seguridad y protección medioambiental. Por otra parte, y a diferencia de la inmersión en mercurio, se trata de un método no destructivo, por lo que después de establecer el mapa de densidades aparentes de baldosas crudas, estas pueden cocerse y realizar nuevamente la medida sobre las mismas piezas ya cocidas.

En la tabla IV.2 se muestran los equipos de medida de la densidad aparente por absorción de RX disponibles

Con este equipo es posible, por tanto, construir rápidamente mapas de densidad aparente, espesor y carga de baldosas y placas de grandes formatos. En la figura IV.12 se muestran las medidas de densidad aparente, en código de colores, de las baldosas prensadas en un molde de dos salidas de 75 x 75 cm.

Equipo.	Dimensiones máximas de baldosasa medir (mm).		
	Largo.	Ancho.	Espesor.
Densexplorer 750	Sin límite	750	24
Densexplorer 1100	Sin límite	1100	24

Fuente: MACER – ITC.

Tabla IV.2. Equipos de medida de la densidad aparente.

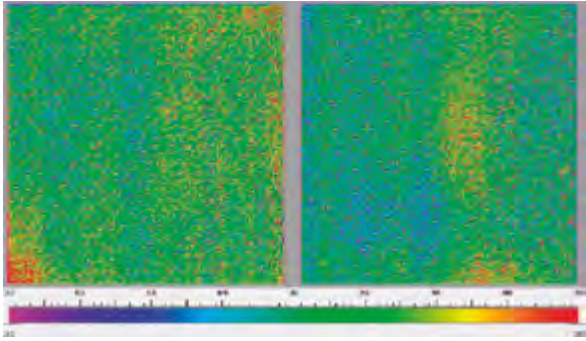


Figura IV.12. Mapa de la distribución de densidades aparentes, en kg/m³, obtenidas mediante absorción de RX para un molde de dos salidas. Fuente: MACER – ITC.

ANEXO V.

Tratamientos térmicos de los aceros.

Los tratamientos térmicos de los aceros, son procesos de calentamiento y enfriamiento en los que se modifica su estructura interna y, por tanto, sus propiedades, pudiéndose modificar, o no, su composición química según el tipo de tratamiento. Pueden ser tratamientos que afecten a toda la pieza y se denominan **tratamientos totales** o que afecten sólo a las propiedades de la superficie y se denominan **tratamientos termoquímicos**. Por su parte, los tratamientos totales pueden ser tratamientos térmicos continuos o isotérmicos. En este anexo nos ocupamos de los primeros. Existen cuatro tratamientos térmicos continuos: **temple, revenido, normalizado y recocido**.

Temple

Calentamiento del metal seguido de un rápido enfriamiento. El enfriamiento puede realizarse por diferentes medios (frecuentemente aceite, agua o aire).

Con el temple se consigue un endurecimiento del metal

Un tratamiento de temple propio de los aceros es la **austenización**, que consiste en el calentamiento hasta una temperatura superior a la de austenización (727 °C), seguido de un rápido enfriamiento. Con este tratamiento se consigue una estructura martensítica (*)

El temple del acero nunca constituye un tratamiento final debido a que la estructura martensítica obtenida, pese a ser muy dura, es al mismo tiempo muy frágil. Por este motivo, una vez templado el acero, se le somete a tratamiento térmico de revenido con objeto de obtener una estructura más dúctil y tenaz. El tratamiento completo de temple más **revenido** recibe el nombre de **bonificado**.

El bonificado es un tratamiento adecuado para aceros aleados o aquellos con un alto contenido en carbono.

(*) La martensita es una solución intersticial sobresaturada de carbono en hierro a que se obtiene enfriando rápidamente en la zona austenítica. Cristaliza en la red tetragonal centrada en el cuerpo. Es el constituyente más duro del acero después de la cementita.

Revenido

Calentamiento del metal templado hasta una temperatura inferior a la crítica (*), permanencia y enfriamiento.

Es un tratamiento complementario del temple. Su objetivo es reducir las tensiones internas originadas tras el temple y con ello disminuir la fragilidad del acero templado.

Se realiza en tres fases: calentamiento hasta una temperatura inferior a la crítica (en aceros al carbono se calienta entre 450 °C y 650 °C); permanencia a esta temperatura con el fin de homogeneizar la temperatura en toda la pieza y enfriamiento a una velocidad no muy rápida.

(*) La **temperatura crítica** o AC1 es la temperatura a la que comienza a aparecer austenita (723 °C).

Normalizado

Calentamiento a temperatura próxima a la de endurecimiento (800 °C a 920 °C) hasta la total transformación en austenita con enfriamiento al aire.

Este tratamiento elimina tensiones internas y uniformiza el tamaño de grano confiriendo al acero una estructura y propiedades que se consideran como normales y características de su composición.

Suele emplearse en piezas en las que se desea eliminar los defectos producidos por un tratamiento anterior defectuoso o en piezas que han sido sometidas a trabajos de forja, laminado en caliente o fundición. Es un tratamiento adecuado para los aceros con bajo contenido en carbono pues mejora sus propiedades mecánicas.

Recocido

Calentamiento a una temperatura similar a la del normalizado seguida de un enfriamiento muy lento (*).

El recocido se realiza con la finalidad de ablandar el acero y conferirle ductibilidad y maleabilidad para el conformado o para mecanizado.

(*) La diferencia entre los tratamientos de temple, normalizado y recocida radica en la velocidad de enfriamiento que determina la dureza y resistencia mecánica de la pieza.

ANEXO VI.

Designación numérica de aceros según norma UNE-EN 10027:2001.

Aceros no aleados		
Aceros base		Acero especial
0	90 Aceros bases	10 Aceros con propiedades físicas especiales
	1 91 Aceros estructurales en general con $R_m < 500 \text{ N/mm}^2$	11 Aceros estructurales, para recipientes a presión y otros $C < 0.50\%$
	2 92 Otros aceros estructurales no indicados para tratamiento térmico con $R_m < 500 \text{ N/mm}^2$	12 Aceros estructurales, para recipientes a presión y otros $C = 0.50\%$
	3 93 Aceros con $C > 0.12$ y/o $R_m < 400 \text{ N/mm}^2$	13 Aceros estructurales, para recipientes a presión y otros con requerimiento especial
	4 94 Aceros con C entre 0.12 y 0.25% y/o R_m entre 400 y 500 N/mm^2	14 Aceros para herramientas
	5 95 Aceros con C entre 0.25 y 0.55% y/o R_m entre 500 y 700 N/mm^2	15 Aceros para herramientas
	6 96 Aceros con $C = 0.55\%$ y/o $R_m = 700 \text{ N/mm}^2$	16 Aceros para herramientas
	7 97 Aceros con alto contenido en P o S	17 Aceros para herramientas
		18 Aceros para herramientas
		19 Aceros para herramientas

Tabla VI.1. Aceros no aleados. Norma UNE-EN 10027:2001

Metales aleados							
Calidad del acero	Aceros especiales						
	Acero de herramientas	Otros aceros	Aceros inoxidables y resistentes a temperatura	Aceros estructurales para recipientes a presión y otros			
	20	30	40 Acero inoxidable con Ni <2.5% sin Mo, Nb y Ti	50 Mn, Si, Cu	60 Cr, Ni con Cr entre 2 y 3%	70 Cr Cr, B	80 Cr-Si-Mo Cr-Si-Mn-Mo Cr-Si-Mo-V Cr-Si-Mn-Mo-V
	21 Cr-Si Cr-Mn Cr-Mn-Si	31	41 Acero inoxidable con Ni <2.5% con Mo, sin Ni y Ti	51 Mn-Si-V Mn-Cr	61	71 Cr-B Cr-Mn Cr-Mn-B Cr-Si-Mn	81 Cr-Si-V Cr-Mn-V Cr-Si-Mn-V
	22 Cr-V Cr-V-Si Cr-V-Mn Cr-V-Mn-Si	32 Aceros rápidos con Co	42	52 Mn-Cu Mn-V, Si-V Mn-Si-V	62 Ni-Si Ni-Mn Ni-Cu	72 Cr-Mo con Mo<0.35% Cr-Mo-B	82 Cr-Mo-W Cr-Mo-W-V
	23 Cr-Mo Cr-Mo-V Mo-V	33 Aceros rápidos sin Co	43 Acero inoxidable sin Mo, Nb y Ti	53 Mn-Ti Si-Ti	63 Ni-Mo Ni-Mo-Mn Ni-Mo-Cu-Ni-Mo-V Ni-Mn-V	73 Cr-Ni-Mo con Mo <0,4% + Ni>2,0%	83
	24 W Cr-W	34	44 Acero inoxidable con Mo, pero sin Nb y Ti	54 Mo Nb, Ti, V W	64	74	84 Cr-Si-Ti Cr-Mn-Ti Cr-Si-Mn-Ti
	25 W-V Cr-W-V	35 Aceros de cojinetes	45 Acero inoxidable con adiciones especiales	55 B Mn-B Cr<1.65%	65 Cr-Ni-Mo con Mo<0.4% + Ni<2.0%	75 Cr-V con Cr<2.0%	85 acero para nitruración
	26 W Excluyendo grupos 24, 25 y 27	36 Materiales con propiedades magnéticas sin Co	46 Aleaciones al Ni resistentes a químicos y a elevadas temperaturas	56 Ni	66 Cr-Ni-Mo con Mo<0.4% + Ni entre 2,0 y 3,0%	76 Cr-V con Cr>2.0%	86
	27 Con Ni	37 Materiales con propiedades magnéticas con Co	47 Aceros resistentes a temperatura con Ni<2.5%	57 Cr-Ni con Cr<10%	67 Cr-Ni-Mo con Mo<0.4% + Ni entre 3.5 y 5% o Mo=0.4%	77 Cr-Mn-V	87 Aceros aptos para tratamiento térmico
8 98 Aceros con propiedades físicas especiales	28 Otros	38 Materiales con propiedades físicas especiales sin Ni	48 Aceros resistentes a temperatura con Ni=2,5 %	58 Cr-Ni con Cr entre 1.0% y 1,5 %	68 Cr-Ni-V Cr-Ni-W Cr-Ni-V-W	78	88 Aceros no aptos para tratamiento térmico Aceros soldables alta resistencia
8 99 Aceros para otras aplicaciones	29	39 Materiales con propiedades físicas especiales con Ni	49 Materiales con propiedades a elevadas temperatura	59 Cr-Ni con Cr entre 1.0% y 1,5 %	69 Cr-Ni excepto los grupos 57 a 68	79 Cr-Mn-Mo Cr-Mn-Mo-V	89 Aceros no aptos para tratamiento térmico Aceros soldables alta resistencia

Tabla VI.2. Aceros aleados. Norma UNE-EN 10027:2001

ANEXO VII.

Equivalencias internacionales de aceros.

Aceros al carbono							
Europa EN 10083	España UNE 36011-12	Alemania DIN 17200	Alemania STD N°	Francia NF A35-552-86	Italia UNI 7846	USA AISI/SAE	Japón JIS
	F1110	CK15	1.0401	XC15	C15	SAE 1015	C15C
C25E	F1120	CK25	1.1158	XC25	C25	SAE 1026	S25C
C30E	F1130	CK30	1.1178	XC30	C30	SAE 1030	S30C
C45E	F1140	CK45	1.1191	XC45	C45	SAE 1045	S45C
C55E	F1150	CK55	1.1203	XC55	C55	SAE 1055	S55C
C60E		CK60	1.0601	C60	C60	SAE 1060	S58C
S355	AE355	S355	1.0045	E36-2	FE510	SAE 1024	SCC3
		C21	1.0432			ASTM A105	

Tabla VII.1. Equivalencias internacionales de aceros al carbono

Aceros aleados para temple y revenido							
Europa EN 10083	España UNE 36011-12	Alemania DIN 17200	Alemania STD N°	Francia NF A35-552-86	Italia UNI 7846	USA AISI/SAE	Japón JIS
28Mn6	28Mn6	28Mn6	1.1170	28Mn6	28Mn6	SAE 1027	
38Cr2	F1200	38Cr2	1.7003	38C2	38Cr2		
46Cr2		42Cr2	1.7006	46C2	46Cr2		
34Cr4		34Cr2	1.7033	32C4	34Cr4	SAE 5132	SCR430
37Cr4	F1201	37Cr2	1.7034	38C4	38Cr4	SAE 5135	SCR435
41Cr4	F1202	41Cr2	1.7035	42C4	41Cr4	SAE 5140	SCR440
25CrMo4	F222	25CrMo4	1.7218	25CD4	25CrMo4		SCM420
34CrMo4	F1250	34CrMo4	1.7220	34CD4	34CrMo4	SAE 4135	SCM435
42CrMo4	F1252	42CrMo4	1.7225	42CD4	42CrMo4	SAE 4140	SCM440
	F1282				39NiCrMo5		
34CrNiMo6	34CrNiMo6	34CrNiMo6	1.6582	34CrNiMo6	34CrNiMo6		
30CrNiMo8	30CrNiMo8	30CrNiMo8	1.6580	30CND8	30CrNiMo8		
40NiCrMo7	F1272	40NiCrMo8-4	1.6562		40NiCrMo7	SAE 4340	SNM439
36NiCrMo16	F1260	36NiCrMo16	1.6773	35NCD16	35NiCrMo15		
51CrV4	F1430	50CrV4	1.8159	50CrV4		SAE 6150	SUP10
20MnB5	F1293			20MB5	20MnB5	SAE 15B21H	SWRCHB620
30MnB5					30MnB5	SAE 15B28H	
38MnB5		38MnB5	1.5532	38MB5		SAE 15B41H	SWRCHB737
27MnCrB5		27MnCrB5-2	1.7182				
39MnCrB6		39MnCrB6-2	1.7189				

Tabla VII.2. Equivalencias internacionales de aceros aleados para temple y revenido.

Aceros para muelles							
Europa EN 10083	España UNE 36011-12	Alemania DIN 17200	Alemania STD N°	Francia NF A35-552-86	Italia UNI 7846	USA AISI/SAE	Japón JIS
		38Si7	1.5023	40Si7			
	F1451	46Si7	1.5024	46S7	48Si7		
	F1450	51Si7	1.5025	51S7	50Si7	SAE 9250	
	F1440	55Si7	1.5026	55S7	55Si7	SAE 9255	
	F1441	60Si7	1.5027	60S7	60Si7	SAE 9260	SUP 16
		54SiCr6	1.7102	54SiCr6	54SiCr6	SAE 9254	SUP 12
		55SiCr7	1.7106	56SC7	55SiCr7	SAE 9261	
	F1442	60SiCr7	1.7108	61SC7	60SiCr8	SAE 9262	
		46SiCrMo6.3	1.8062	45SCD6	45SiCrMo6		
	F1431	55Cr3	1.7176	55C3	55Cr3	SAE 5155	SUP 9
51CrV4	F1430	50CrV4	1.8159	50CrV4		SAE 6150	SUP 10
	F1460	1.7701	1.7701	51CDV4	51CrMoV4		

Tabla VII.3. Equivalencias internacionales de aceros para muelles.

Aceros nitruración							
Europa EN 10083	España UNE 36011-12	Alemania DIN 17200	Alemania STD N°	Francia NF A35-552-86	Italia UNI 7846	USA AISI/SAE	Japón JIS
		15CrMoV5.9	1.8521				
	F1711	25CrMo12					
	F1712	31CrMo12	1.8515	30CD12	31CrMo12		
	F1721	31CrMoV9	1.8519		31CrMOV10		
	F1741	34CrAlMo5	1.8507				
		34CrAlNi7	1.8550				
	F1740	41CrAlMo7	1.8509	40CAD6.12	41CrAlMo7		SACM645

Tabla VII.4. Equivalencias internacionales de aceros nitruración.

Aceros para rodamientos							
Europa EN 10083	España UNE 36011-12	Alemania DIN 17200	Alemania STD N°	Francia NF A35-552-86	Italia UNI 7846	USA AISI/SAE	Japón JIS
100Cr6	F1310	100Cr6	1.3505	100Cr6	100Cr6	6440K ASTM	SUJ2
100CrMn6	F1312	100CrMn6	1.3520	100CrMn6		A485(2)ASTM	
100CrMo7	F1313	100CrMo7	1.3537	100CrMo7.2	100CrMo7	A485(3)ASTM	SUJ4
100CrMo7.3	F1314	100CrMo7.3	1.3536	100CrMo8.3		A485(3)ASTM	

Tabla VII.5. Equivalencias internacionales de aceros para rodamientos.

Moldes para prensado de baldosas cerámicas

Aceros para cementación							
Europa EN 10083	España UNE 36011-12	Alemania DIN 17200	Alemania STD N°	Francia NF A35-552-86	Italia UNI 7846	USA AISI/SAE	Japón JIS
C10E	F1510	CK10	1.1121	XC10	C10	SAE 1010	S10C
C15E	F1511	CK15	1.1141	XC12	C15	SAE 1015	S15C
C16E		C16E	1.1148	XC18		SAE 1016	
	F1515	20Mn5	1.1133	20M5	G22Mn3	SAE 1024	SMn420
17Cr3		17Cr3	1.7016	18C3		SAE 5117	
		20Cr4	1.7027				SCr420
16MnCr5	F1516	16MnCr5	1.7131	16MC5	16MnCr5	SAE 5115	
20MnCr5	F150.D	20MnCr5	1.7147	20MC5	20MnCr5	SAE 5120	SMnC21H
	F1551	15CrMo5	1.7262	12CD4FF			SCM21
18CrMO4	F1550	18CrMO4	1.7242	18CD4	18CrMO4		SCM418
20MoCr3		20MoCr3	1.7320	20MoCr3			
20MoCr4	F1523	20MoCr4	1.7321	20MoCr4		4118	SCMV1
16NiCr4	F1581	16NiCr4	1.5714	16NiCr4	16NiCr4		
18NiCr5-4	F1580	18NiCr5-4	1.5810	20NC6			
17CrNi6-6		15CrNi6	1.5919				
15NiCr13	F1540	14NiCr10	1.5732	14NC11	16NiCr11	SAE 3415	SNC21
20NiCrMo2KD	F1522	20NiCrMo2-2	1.6523	20NCD2	20NiCrMo2	SAE 8620	CNCM220
17NiCrMo6-4		17NiCrMo6-4	1.6566	18NCD6	18NiCrMo5		
18CrNiMo7-6		17CrNiMo6	1.6587	18CrNiMo7-6			
	F1560	14NiCrMo13-4	1.6657		15NiCrMo13		9310RH

Tabla VII.6. Equivalencias internacionales de aceros para cementación.

Aceros de herramientas para trabajar en frío							
Europa EN 10083	España UNE 36011-12	Alemania DIN 17200	Alemania STD N°	Francia NF A35-552-86	Italia UNI 7846	USA AISI/SAE	Japón JIS
	F5238	120W4	1.2516		U115W4KU	F1	
55WCrV8	F5242	60WCrV8	1.2550	45WCrV8	U55WCr8KU	S1	SKS-41
	F5247	58SiMoCr8	1.2103		U58SiMoKU+V	S5	
90MnCrV8	F5229	90MnCrV8	1.2842	90MnV8	U88MnV8KU	A681(O2)ASTM	
95MnWCrV5	F5220	100MnWCrV5	1.2510	90MnWCrV5	U95MnWCr5KU	A681(O1)ASTM	SKS-3
X210Cr12	F5212	X210Cr12	1.2080	X200Cr12	UX210Cr13KU	A681(D3)ASTM	SKD-1
X160CrMoV121	F5211	X155CrVMo12	1.2379	X160CrMoV12	UX155CrVMo12.1KU	A681(D2)ASTM	SKD-11

Tabla VII.7. Equivalencias internacionales de aceros de herramientas para trabajar en frío.

Aceros de herramientas para trabajar en caliente							
Europa EN 10083	España UNE 36011-12	Alemania DIN 17200	Alemania STD N°	Francia NF A35-552-86	Italia UNI 7846	USA AISI/SAE	Japón JIS
35CrMo8	F5307	56NiCrMoV7	1.2714	55NiCrMoV7	55NiCrMoV7KU	L6	STK-4
40NiCrMoV16	F5305	X45NiCrMo4	1.2767	40NiCrMoV16	40NiCrMoV16KU	6437 E ASTM	
X38CrMoV5.1	F5317	X38CrMoV5.1	1.2343	X38CrMoV5 X	X37CrMoV51KU	6437E ASTM	SKD-6
X40CrMoV511	F5318	X40CrMoV5.1	1.2344	X40CrMoV5	X40CrMoV5.11KU	6408A ASTM	SKD-61
32CrMoV12-28	F5313	X32CrMoV3.3	1.2365	32CrMoV12-28	X30CrMoV1227KU	H10	SKD-7

Tabla VII.8. Equivalencias internacionales de aceros de herramientas para trabajar en caliente.

Aceros de fácil mecanización							
Europa EN 10083	España UNE 36011-12	Alemania DIN 17200	Alemania STD N°	Francia NF A35-552-86	Italia UNI 7846	USA AISI/SAE	Japón JIS
11SMn30	F2111	9SMn28	1.0715	S250	CF9SMn28	SAE 1213	SUM22
11SMnPb30	F2112	9SMnPb28	1.0718	S250Pb	CF9SMnPb28	SAE 12L13	SUM22L
11SMn37	F2113	9SMN36	1.0736	S300	CF9SMn36	SAE 1215	SUM25
11SMnPb37	F2114	9SMnPb36	1.0737	S300Pb	CF9SMnPb36	SAE 12L14	
15SMN13		15S10	1.0710	13MF4		SAE 1115	SUM31
10S20	F2121	10S20	1.0721	12MF4	CF10S20		
10SPb20	F2122	10SPb20	1.0722		CF10SPb20		
36SMN14	F2131			35MF6	CF35SMn10		SUM41
36SMnPb14	F2132			35MF6Pb	CF35SMnPb10	SAE 1137	
35S20		35S20	1.0726	35MF4			
35SPb20		35SPb20	1.0756				
46S20		45S20	1.0727	45MF4			
46SPb20		45SPb20	1.0757				
44SMn28	F2133	44SMn28	1.0762	45MF6	CF44SMn28	SAE 1144	SUM 43
44SMnPb28		44SMnPb28	1.0763	44SMnPb28	CF44SMnPb28	SAE 1144	SUM 43
		60S20	1.0728				
		60SPb20	1.0758				
		C45PB	1.0504				

Tabla VII.9. Equivalencias internacionales de aceros de fácil mecanización.

ANEXO VIII. Dureza Shore. Escalas.

Definición:

La dureza de una goma es una medida de su rigidez frente a los esfuerzos deformantes. Se expresa en valores empíricos, (escalas Shore) aunque estos están relacionados con su módulo de elasticidad.

Medida:

Se trata de un ensayo normalizado (*Norma UNE-ISO 7619-1:2011. "Caucho vulcanizado o termoplástico. Determinación de la dureza de indentación. Parte 1: Método del durómetro (dureza Shore)."*).



Figura VIII.1. Control de dureza Shore A.

La medida de la dureza Shore se realiza mediante un durómetro. El instrumento se basa en la medida de la penetración de una punta troncocónica en contra de la reacción de un resorte metálico calibrado.

Cuando con el durómetro Shore A se obtiene lecturas superiores a 90°, se recomienda el empleo del durómetro Shore D, que dispone de un resorte más rígido. Ambos métodos están descritos en la norma española UNE 53130, la americana ASTM D2240 y la alemana DIN 53505.

En los diversos tipos de durómetros de bolsillo la fuerza se aplica a mano (figura VII.1), y por consiguiente es indeterminada. Se obtiene mayor precisión y reproducibilidad mediante durómetros fijos en soportes, en los que la fuerza aplicada es siempre de 1 Kgf para el durómetro A (Shore A) y de 5 Kgf para el D (Shore D).

Escalas Shore:

Las escalas Shore son escalas de dureza de materiales flexibles. En la tabla VIII.1 se muestran diferentes escalas Shore, adaptadas a las durezas de cada material y en la tabla VIII.2 algunas equivalencias.

Escala	Materiales	Penetrador	Carga
Shore A	Gomas blandas, plásticos, elastómeros	Cono truncado 35° de ángulo.	822 g
Shore B	Elastómeros, plásticos duros, papel y material fibroso.	Cono 30° de ángulo.	822 g
Shore C	Revestimientos de yeso o perlita, elastómeros y plásticos de dureza media.	Cono truncado 35° de ángulo.	4536 g
Shore D	Gomas duras y termoplásticos.	Cono 30° de ángulo.	4536 g
Shore DO	Materiales granulares densos y bobinas textiles.	Bola 3/32 pulgadas	4536 g
Shore O	Elastómeros muy blandos, bobinas textiles, materiales granulares blandos.	Bola 3/32 pulgadas	822 g
Shore OO	Espumas ligeras, esponjas.	Bola 3/32 pulgadas	113 g
Shore OOO	Geles y esponjas.	Bola 1/2 pulgada	113 g

Tabla VIII.1. Escalas de dureza Shore.

Shore A	Shore D	Shore O	Shore OO
100	58		
95	46		
90	39		
85	33		
80	29	84	98
75	25	79	97
70	22	75	95
65	19	72	94
60	16	69	93
55	14	65	91
50	12	61	90
45	10	57	88
40	8	53	86
35	7	48	83
30	6	42	80
25		35	76
20		28	70
15		21	62
10		14	55
5		8	45

Tabla VIII.2. Equivalencias entre algunas escalas de dureza Shore.

Preguntas frecuentes.

¿Cuándo se debe compensar el relieve de la cara noble con un relieve de costillas?

Un relieve muy pronunciado da lugar a diferencias importantes de compacidad en una misma pieza que se traducen en mermas de calidad. Para compensar las diferencias de compacidad es habitual diseñar el relieve de dorso compensado, de manera que se reproduzca el relieve en la parte posterior de las baldosas, manteniendo el espesor de éstas, aproximadamente constante y combinándolo con un diseño de costillas que garantice una base de apoyo estable.

¿Qué puede ocurrir si las dimensiones del punzón inferior son mucho más grandes que la superficie del “bloqueto”?

Una excesiva diferencia entre las dimensiones del "bloqueto" y las del punzón inferior, es decir, un excesivo “vuelo” del punzón puede provocar un marcado del punzón, visible en la pieza acabada, o incluso la deformación del punzón inferior. Para prevenir esto se instala un suplemento perimetral en el bloqueto denominado “camisa”.

¿Por qué no son reversibles las chapas antidesgaste que protegen la matriz?

Porque el carro de alimentación, en su movimiento de carga de alvéolos, desgasta la chapa y si se le da la vuelta, con el uso continuado, penetra tierra en algunos puntos donde el desgaste es mayor entre la chapa y la matriz. La pequeña deformación que esto ocasiona es suficiente para que la carga de los alvéolos no sea uniforme.

¿Qué tipo de cuchillas es conveniente instalar en el doble molde?

Los moldes dobles tienen, como es sabido, cuchillas en la matriz superior y en la matriz inferior y en ambas matrices puede instalarse cualquier tipo de cuchillas. Sin embargo es conveniente hacer las siguientes puntualizaciones:

- Generalmente en la matriz inferior se instalan cuchillas fijas, aunque si el fabricante de baldosas lo pide pueden instalarse cuchillas extraíbles que, en la parte inferior, ofrecen una mayor facilidad para su sustitución, lo que es un factor importante en empresas que tienen el proveedor de moldes a una gran distancia.
- Sin embargo, en la parte superior se suele preferir instalar cuchillas fijas, ya que ofrecen una mayor seguridad para los operarios cuando realicen las operaciones de sustitución de éstas en la propia prensa. Hay que tener en cuenta la dificultad de manejo que pueden presentar las cuchillas de una sola pieza, especialmente en grandes formatos, cuando se han de retirar o instalar en la parte superior del molde, lo que hace que, en este caso, se prefieran las cuchillas fijas.

¿Pueden utilizarse cuchillas extraíbles de cualquier formato?

En un principio el formato no es un factor limitante para el uso de cuchillas extraíbles, aunque su montaje puede ser un poco más complicado. Es posible instalar en condiciones de calidad y seguridad cuchillas extraíbles de grandes formatos, con la ayuda de útiles que permiten su transporte e instalación. Sin embargo, a igualdad de condiciones de calidad en el prensado, es aconsejable el uso de cuchillas fijas para grandes formatos.

¿Pueden utilizarse las cuchillas reversibles en cualquier formato?

No. Deben emplearse sólo en formatos pequeños o medianos, ya que su uso exige que la matriz deba desmontarse en la propia fábrica y montarse de nuevo, lo cual es una operación muy difícil, de realizar en la propia fábrica en prensas equipadas con grandes moldes, por lo que para estas grandes prensas y formatos, este tipo de cuchillas carecen de utilidad.

También debe tenerse en cuenta que en formatos grandes estas cuchillas debilitan la matriz, dado que las cuchillas, tanto fijas como extraíbles, se encuentran encastradas y el marco, en la parte inferior, conserva su anchura. Sin embargo estas cuchillas van atornilladas al marco en todo su espesor, lo que limita la anchura de éste y, por lo tanto, limita su resistencia.

¿Pueden utilizarse punzones isostáticos en la cara noble de las baldosas?

Técnicamente es posible, pero no es recomendable ya que el efecto isostático de los punzones consiste en compensar las diferencias de compacidad con diferencias de espesor, que en la cara de las costillas son menos visibles que en la cara noble.

Sin embargo, algunos moldes se equipan con punzones isostáticos para la cara noble, especialmente para el conformado de algunos modelos de efecto piedra o con relieves muy pronunciados, ya que las pequeñas diferencias de espesor provocadas por la compensación isostática no son visibles en estos modelos.

¿Puede el número de golpes por minuto del ciclo de prensado influir en el efecto isostático de los punzones?

La etapa del ciclo de prensado que puede influir en el efecto isostático de los punzones es el tiempo de aplicación de presión de conformado, es decir, la duración de la segunda prensada. Cualquier otra etapa del ciclo de prensado no tiene ningún efecto sobre la compensación isostática, como es lógico.

En punzones isostáticos de rejilla (punzones tipo MRPV de MACER) la velocidad a la que se realice la segunda prensada puede influir en el efecto isostático, ya que para que el aceite circule de unas celdas a otras del mismo punzón, debe existir entre ellos una diferencia de presión. El caudal de aceite que se transvasa depende de esta diferencia de presión y por tanto, si se aumenta la velocidad de la segunda prensada puede llegar a ser demasiado elevado para compensar las diferencias de presión. Naturalmente, el diseño de las conexiones entre estas celdas adquiere entonces un importante papel.

¿Pueden dar problemas los punzones isostáticos en baldosas de gran formato que van a ser pulidas tras la cocción?

Dado que el efecto isostático consiste en mantener la compacidad constante a costa de variar ligeramente el espesor, puede darse que se manifiesten defectos visibles tras el pulido de baldosas prensadas con punzones isostáticos, especialmente en los formatos muy grandes. Debido a esto, en la práctica se prefiere instalar siempre punzones macizos para baldosas de gran formato que van a ser pulidas tras la cocción.

¿En qué casos puede no ser aconsejable el prensado con punzones isostáticos?

Puede que no sea aconsejable utilizar punzones isostáticos si las baldosas van a recibir un tratamiento de lapado tras la cocción, ya que las pequeñas diferencias de espesor que provoca la compensación isostática se pueden hacer visibles tras el tratamiento.

¿Es conveniente el prensado de piezas con relieves muy pronunciados con un doble molde?

No es aconsejable si el relieve es muy pronunciado, ya que en este tipo de relieves debe compensarse la cara del relieve de dorso (costillas) lo que hace difícil la extracción con este tipo de molde e incluso puede quedar la pieza encajada. Este problema puede además, agravarse en el prensado de monococción porosa, ya que las diferencias de compactación pueden hacerse visibles en algunos tipos de esmaltes e incluso provocar defectos.

¿Es posible regular el espesor a voluntad con un doble molde?

En los moldes de conformado superior es muy difícil regular a voluntad el espesor de las baldosas prensadas, de manera que el espesor queda condicionado por las características constructivas del molde como el espesor de los punzones. En la actualidad MACER ha introducido en ellos mejoras técnicas en la construcción que permiten variar el espesor en un margen de 3 mm.

¿Cuándo es aconsejable emplear un molde penetrante invertido?

Se suele emplear el molde penetrante invertido cuando se pretenden aprovechar las ventajas del molde penetrante (sencillez, bajo coste, elevada productividad) pero no se quiere voltear las piezas a la salida de la prensa, generalmente en formatos muy grandes y/o espesores muy finos.

No se aconseja realizar con moldes penetrantes algunos relieves que, por sus características, se dañen fácilmente cuando tras la extracción se expulsan de la zona de prensado y se depositen en la rodillera, como por ejemplo los relieves puntiagudos tipo pirámides, relieves con aristas muy pronunciadas, etc. y, por tanto, el molde penetrante invertido puede ser para ellos una buena opción.

¿Pueden obtenerse baldosas con separador prensando con un molde penetrante invertido?

Si. En el molde penetrante invertido se invierten los punzones y las cuchillas se mantienen en la misma posición que tenían en el molde penetrante y, por tanto, tienen conicidad y separador. En consecuencia, en el prensado con la cara noble hacia arriba las piezas también tienen separador, aunque éste se encuentra en una posición más baja, es decir, cerca de las costillas.

¿Por qué se aconseja realizar la extracción de piezas de formatos grandes en paquete?

Porque el aumento de dimensiones de la pieza tras el prensado y la extracción, en valor absoluto, siempre supera el valor que se le pueda dar de conicidad a las cuchillas. Por lo tanto, si la extracción se realiza con “retardo” (“extracción libre”) las piezas rozan excesivamente las cuchillas, provocando rozaduras grietas o arañazos en los bordes.

En general, a partir de un lado de 60 cm se aconseja realizar la extracción en paquete.

¿Cuándo es conveniente prensar con tercera prensada?

Suele realizarse una tercera prensada en piezas especiales, como rodapiés, listelos, cenefas, etc. o piezas con mucho relieve. También como posible solución a la aparición recurrente de ahogados.

¿Cuándo es conveniente realizar la extracción en paquete?

Es recomendable en formatos grandes (con al menos un lado superior a 60 cm) y también en cualquier formato si se prensan pastas con una excesiva expansión postprensado que pueden provocar pequeñas grietas de expansión.

¿Con qué molde se consigue un mejor acabado lateral de las piezas?

Con el doble molde. Con molde penetrante se consigue un buen acabado lateral realizando la extracción en paquete. Sin embargo, en extracciones con retardo se tiene, en general, un peor acabado lateral.

¿Puede realizarse el cambio de cuchillas a pie de prensa?

Pueden cambiarse a pie de prensa las cuchillas extraíbles de cualquier tipo. En cambio para sustituir las cuchillas fijas debe desmontarse el molde y trasladarlo al taller.

¿Se pueden aprovechar las cuchillas centrales, es decir las cuchillas que separan alvéolos sin tabique de separación, cuando se realiza un cambio de cuchillas?

No es conveniente. Estas cuchillas no deben ser rectificadas y por lo tanto deben montarse siempre nuevas. Si se quieren aprovechar hay que tener en cuenta que en el rectificado se pierden dimensiones, por lo que deben suplementarse las cuchillas del lado opuesto para mantener las dimensiones del formato. Esto implica que se pierdan los centros de los huecos y, por tanto, que se provoque un descentrado de los punzones.

¿Puede desmontarse y almacenarse un molde todo de una pieza, es decir, con la parte superior encajada en la inferior?

Puede hacerse si se toma la precaución de proteger los punzones inferiores del contacto con los punzones superiores. Esto puede hacerse colocando sobre el punzón inferior láminas de algún material elástico resistente.

Sin embargo, esta forma de desmontar el molde tiene el inconveniente que casi todos sus componentes resultan inaccesibles para realizar cualquier actividad de mantenimiento en ellos.

¿En qué orden se desmonta un molde? ¿Por qué?

No hay un procedimiento general establecido, aunque en general, se quita primero la parte inferior del molde y a continuación, con la prensa en modo manual, se baja la placa superior, isostática o fija, y se deposita sobre un pallet para retirarla con la ayuda de una carretilla elevadora.

Aunque esta es la forma de operar comúnmente empleada por muchas empresas, puede hacerse a la inversa, pero el procedimiento descrito es preferible porque con la retirada de la parte inferior primero, se genera un gran espacio en la prensa y se hace más sencilla la operación de desmontaje y retirada de la parte superior.

¿Es grave una eventual rotura de fuelle? ¿Qué defectos puede provocar?

Una rotura de fuelle es un problema grave, ya que provoca la deposición de polvo entre la placa salvabanco y la placa expulsora del molde y, por tanto, los punzones pierden paralelismo durante el prensado, provocando el acuíado y el descuadre de la baldosa además de una leve inclinación del sistema placa expulsora-"bloquetos"-punzones inferiores que se acaba traduciendo en un desgaste prematuro de éstos.

Una rotura del fuelle puede provocar también roturas en los componentes de los moldes, como candelas, finales de carrera en los SMU, collarines, pistones, etc.

¿Es necesario emplear gomas de una elevada dureza como Shore A 95 para obtener una buena nitidez de los relieves aunque esto aumente el riesgo de pegados de punzón?

Pueden emplearse este tipo de gomas, aunque para evitar los pegados de punzón puede aplicarse una goma de menor dureza con menor espesor, con lo cual no se pierde nitidez en la reproducción de los detalles y se evita el pegado.

¿Qué defectos puede causar el descentrado de los punzones superiores de un molde penetrante o de un molde penetrante invertido?

Un mal centrado de los punzones superiores provoca una desaireación irregular con zonas en las que el aire ocluido tiene más dificultad para salir, y zonas de expulsión preferente del aire. Esto puede conducir a la aparición de ahogados en las zonas donde es más difícil evacuar el aire y/o al arrastre de partículas y aglomerados finos en las zonas con evacuación preferente del aire. Esto último puede conducir a la aparición de un gradiente de compacidades que genere defectos dimensionales como lunetas o descuadres e incluso grietas, especialmente en productos de monoporosa.

¿Qué factores deben considerarse para decidir si es posible fabricar un determinado formato con una prensa dada?

El principal parámetro que determina la idoneidad de una prensa dada para fabricar un determinado formato es su fuerza máxima de prensado ($F_{\max}$). Con este dato es posible calcular el número de salidas (N) que se pueden prensar con la expresión

$$N = \frac{0,8F_{\max}}{P \cdot S_A} \cdot 1000$$

En la que P es la presión de prensado y S_A la superficie de un alvéolo.

Una vez calculado el número de salidas hay que comprobar si hay espacio suficiente en el molde para ellas, para lo cual es necesario conocer la luz libre de la prensa (espacio para el molde) y la anchura máxima de carga del carro de alimentación instalado. Si las medidas son compatibles con el molde, debe comprobarse la compatibilidad con otros datos como las dimensiones del travesaño móvil y la profundidad de la bancada de la prensa. Por último es conveniente comprobar la compatibilidad del nuevo formato con el resto de instalaciones de producción, como secadero, distancia entre correas en las líneas, boxes, etc.

Conocida la fuerza máxima de prensado que es capaz de desarrollar una prensa, ¿Cuál es la máxima fuerza de trabajo aconsejable? ¿Qué puede ocurrir si se supera esta fuerza recomendable?

Los fabricantes de prensas suelen aconsejar no superar el 85 % de la fuerza máxima de la prensa.

Si las condiciones de fabricación lo exigen, ocasionalmente se puede superar este valor. Por ejemplo cuando se prensa una partida de polvo más seco, lo que obliga a aumentar la presión para mantener la compacidad establecida. Pero si se fuerza a la prensa a trabajar continuamente en valores muy próximos a su límite puede resentirse el circuito hidráulico.

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 2.1. Tipos de plantillas para elaboración de punzones.	47
Tabla 2.2. Expansión post prensado y contracción lineal en las condiciones de trabajo de algunas pastas industriales.	51
Tabla 2.3. Dimensiones útiles para la instalación del molde en prensas SACMI.	54
Tabla 2.4. Prensas PH serie 2000 de SACMI. (Pavimento de gres).	57
Tabla 2.5. Prensas PH serie 2000 de SACMI. (Gres porcelánico).	58
Tabla 2.6. Prensas PH de la serie POWER de SACMI. (Porcelánico).	58
Tabla 2.7. Prensas PH de la serie IMOLA de SACMI. (Porcelánico).	59
Tabla 2.8. Prensas de la serie CLOCK de BARBIERI TAROZZI. (Gres porcelánico).	59
Tabla 2.9. Prensas de la serie EVO de SITI B&T. (Gres porcelánico).	59
Tabla 2.10. Prensas de la serie Magnum de SITI B&T. (Revestimiento poroso).	60
Tabla 2.11. Prensas de la serie Magnum de SITI B&T. (Pavimento de gres).	60
Tabla 2.12. Prensas de la serie WK de WELKO. (Gres porcelánico).	61
Tabla 2.13. Prensas de la serie WK2 de WELKO. (Gres porcelánico).	61
Tabla 2.14. Prensas de la serie VIS de NASSETTI. (Revestimiento poroso).	62
Tabla 2.15. Prensas de la serie VIS de NASSETTI. (Pavimentos de gres).	62
Tabla 2.16. Prensas de la serie VIS de NASSETTI. (Gres porcelánico).	63
Tabla 3.1. Componentes de los moldes y materiales.	69
Tabla 3.2. Dimensiones de algunas placas salvabanco.	70
Tabla 3.3. Dimensiones de algunas placas salvabanco.	77
Tabla 3.4. Valores reales de conicidad de moldes empleados en el sector cerámico.	79
Tabla 3.5. Clasificación de cuchillas.	80
Tabla 3.6. Características técnicas de las cuchillas.	81
Tabla 3.7. Ejemplos de flexibilidad de moldes mediante el uso de cuchillas intercambiables.	83
Tabla 3.8. Clasificación de punzones.	90
Tabla 3.9. Elementos calefactores empleados según el tipo de molde.	107
Tabla 4.1 Características de los aceros según el contenido en carbono.	112
Tabla 4.2. Tipos de acero según numeración de la norma UNE-EN 10027-1:2001.	114
Tabla 4.3. Aplicaciones de aceros según norma UNE-EN 10027-2:2001.	115
Tabla 4.4. Tipo de composición química de aceros según norma UNE-EN 10027-2:2001.	116
Tabla 4.5 Propiedades medias de los aceros a efectos de cálculo y diseño (comunes a todos los aceros).	116
Tabla 4.6. Caracterización física de los aceros.	119
Tabla 4.7. Propiedades físicas del acero DIN 1.2080.	120
Tabla 4.8. Tratamientos térmicos del acero 1.2080.	121
Tabla 4.9. Equivalencias internacionales del acero 1.2080.	121
Tabla 4.10. Propiedades físicas del acero DIN 1.1191.	122
Tabla 4.11 Tratamientos térmicos del acero 1.1191.	123
Tabla 4.12. Equivalencias internacionales del acero 1.1191.	123

Tabla 4.13. Durezas y colores de gomas para punzones.	125
Tabla 4.14. Espesores de las planchas de acero en bruto.	136
Tabla 4.15. Propiedades de los endurecedores empleados para gomas líquidas.	140
Tabla 4.16. Propiedades de algunos prepolímeros empleados para gomas líquidas.	142
Tabla 5.1. Tipologías de moldes.	151
Tabla 5.2. Tiempo empleado (%) de cada etapa del ciclo de prensado con molde penetrante.	154
Tabla 5.3. Principales características del molde penetrante.	159
Tabla 5.4. Principales características del molde espejo	163
Tabla 5.5. Principales características del doble molde.	167
Tabla 5.6. Principales características del molde espejo penetrante.	175
Tabla 6.1 Tipos de mantenimiento.	184
Tabla 6.2. Niveles de mantenimiento según su grado de complejidad.	186
Tabla 7.1. Clasificación general de defectos relacionados con la operación de prensado.	207
Tabla 7.2. Causas de la producción de calibres.	224
Tabla II.1. Técnicas de conformado.	228
Tabla III.1 Clasificación de ensayos de dureza.	229
Tabla III.2. Ensayo de dureza Brinell. Parámetros.	230
Tabla III.3. Ensayo de dureza Rockwell. Parámetros.	233
Tabla III.4. Ensayos de dureza.	233
Tabla III.5. Relación entre resistencia a la tracción y valores de dureza Rockwell, Brinell y Vickers.	235
Tabla IV.1. Componentes del DENSEXPLORER.	238
Tabla IV.2. Equipos de medida de la densidad aparente.	242
Tabla VI.1. Aceros no aleados. Norma UNE-EN 10027:2001	244
Tabla VI.2. Aceros aleados. Norma UNE-EN 10027:2001	245
Tabla VII.1. Equivalencias internacionales de aceros al carbono	246
Tabla VII.2. Equivalencias internacionales de aceros aleados para temple y revenido.	246
Tabla VII.3. Equivalencias internacionales de aceros para muelles.	247
Tabla VII.4. Equivalencias internacionales de aceros nitruración.	247
Tabla VII.5. Equivalencias internacionales de aceros para rodamientos.	247
Tabla VII.6. Equivalencias internacionales de aceros para cementación.	248
Tabla VII.7. Equivalencias internacionales de aceros de herramientas para trabajar en frío.	248
Tabla VII.8. Equivalencias internacionales de aceros de herramientas para trabajar en caliente.	248
Tabla VII.9. Equivalencias internacionales de aceros de fácil mecanización.	249
Tabla VIII.1. Escalas de dureza Shore.	250
Tabla VIII.2. Equivalencias entre algunas escalas de dureza Shore.	251

ÍNDICE DE ENLACES.

Enlace 1.1.	Vídeo.	Prensado.	17
Enlace 1.2.	Presentación.	Prensas de husillo.	19
Enlace 1.3.	Presentación.	Relieves de dorso y sellos de fabricante de baldosas prensadas con prensas manuales de husillo.	21
Enlace 1.4.	Presentación.	Prensas de fricción, semiautomáticas y automáticas.	22
Enlace 1.5.	Presentación.	Relieves de prensa y su proceso de elaboración para prensas de fricción semiautomáticas y automáticas.	25
Enlace 1.6.	Presentación.	Relieves de dorso en moldes para prensas de fricción, semiautomáticas y automáticas.	25
Enlace 1.7.	Presentación.	Prensas hidráulicas y su desarrollo a través del tiempo.	26
Enlace 1.8.	Presentación.	Sistemas de extracción en prensas hidráulicas.	28
Enlace 2.1.	Vídeo.	Fresadora de control numérico para prototipos de escayola.	44
Enlace 2.2.	Vídeo.	Grabadora realizando un relieve en una plantilla de aluminio.	47
Enlace 2.3.	Vídeo.	Grabadora láser realizando un relieve en una plantilla de baquelita	48
Enlace 4.1.	Vídeo.	Fresadora puente mecanizando una placa salvabanco.	127
Enlace 4.2.	Vídeo.	Rectificado de una placa.	127
Enlace 4.3.	Vídeo	Rectificado en plano de cuchillas.	130
Enlace 4.4.	Vídeo.	Rectificado de testa de cuchillas.	130
Enlace 4.5.	Vídeo.	Proceso de centrado mediante palpadores digitales.	131
Enlace 4.6.	Vídeo.	Proceso de corte con hilo de unas cuchillas extraíbles.	133
Enlace 4.7.	Vídeo.	Proceso de corte de planchas de acero mediante sierra.	136
Enlace 4.8.	Vídeo.	Proceso de aplicación de la goma a un punzón.	143
Enlace 4.9.	Vídeo.	Centrado de la plantilla para el prensado de endurecimiento.	143
Enlace 4.10.	Vídeo.	Prensado del conjunto plantilla-goma-punzón.	144
Enlace 5.1.	Animación.	Ciclo de prensado con molde penetrante.	155
Enlace 5.2.	Animación.	Ciclo de prensado con molde espejo.	163
Enlace 5.3.	Animación.	Ciclo de prensado con doble molde.	167
Enlace 5.4.	Animación.	Ciclo de prensado con molde espejo penetrante.	172
Enlace 5.5.	Vídeo.	Molde de cambio rápido.	176
Enlace 6.1.	Vídeo	Procedimiento de desplazamiento y montaje de un punzón inferior.	195

BIBLIOGRAFIA.

1. ACIMAC (Associazione Costruttori Italiani Macchine Attrezzature per Ceramica). "Preparazione materie prime e formatura di piastrelle ceramiche" Ed. SALA. Modena, (2004).
2. AENOR. Norma UNE 13306 (2018). "Terminología del Mantenimiento".
3. AFNOR. Norma AFNOR NF X 60-000 (2016). "Maintenance industrielle - Fonction maintenance".
4. ALBEMARLE. "Ethacure® 300 curative – Leading alternative for Moca® replacement". Disponible en https://www.albemarle.com/storage/wysiwyg/ethacure_300_moca_replacement_flyer_final.pdf [Consulta 26/9/2022].
5. AMORÓS, J.L. "A operação de prensagem: considerações técnicas e sua aplicação industrial. Parte V: descrição da etapa de prensagem". Cerâmica Industrial, 6 (3). Pgs 27 a 33. (2001).
6. AMORÓS, J.L. "Pastas cerámicas para pavimentos de monococción. Influencia de las variables de prensado sobre las propiedades de la pieza en crudo y sobre su comportamiento durante el prensado y la cocción." Universitat de València. Departamento de Química Técnica. Tesis Doctoral. (1987).
7. AMORÓS, J.L. et al. "Acuerdo esmalte – soporte (III). Elasticidad de soportes y vidriados cerámicos". Técnica Cerámica, 180. 34-45. (1990).
8. AMORÓS, J.L. et al. "Características de polvos cerámicos para prensado" Bol. Soc. Esp. Cer. Vidr. 26. 1. 31-37. (1987).
9. AMORÓS, J.L. et al. "Defectos de fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos" AICE. Valencia (1991).
10. AMORÓS, J.L. et al. "Estudio de la operación de prensado de baldosas de gran formato utilizando la absorción de rayos X". En Qualicer 2010. XI Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento Cerámico. Castellón: Cámara de Comercio, Industria y Navegación. (2010).
11. AMORÓS, J.L. et al. "Expansión térmica de piezas de pavimento gresificado. Influencia de las variables de prensado y de la temperatura de cocción". Bol. Soc. Esp. Cer. Vidr. 31.2. 109-114. (1992).
12. AMORÓS, J.L. et al. "La extracción de la pieza del molde durante la fase de prensado. Influencia de algunas variables de operación" Bol. Soc. Esp. Cer. Vid. 33. 4. 207-211. (1994)
13. AMORÓS J.L. et al. "La operación de prensado en la fabricación de pavimentos por monococción. I. Influencia de la naturaleza del polvo de prensas sobre las propiedades de las piezas en crudo". Bol. Soc. Esp. Cer. Vid. 273 – 282. (1988).
14. AMORÓS, J.L. et al. "La operación de prensado en la fabricación de pavimentos por monococción. II. Influencia de la naturaleza del polvo de prensas sobre las propiedades de las piezas en cocido". Bol. Soc. Esp. Cer. Vid. 29. 3. 151-158. (1990).
15. AMORÓS J.L. et al. "Métodos de determinación de las características tecnológicas de aglomerados. I. Métodos de determinación de la fluidez y de la densidad aparente". Técnica Cerámica, 146. 380 – 386. (1986).

16. AMORÓS, J.L. et al. "Non-destructive measurement of bulk density distribution in large-sized ceramic tiles". *Journal of the European Ceramic Society* 30. Pgs. 2927–2936. (2010).
17. AMORÓS, J.L.; et al. "Permeabilidad al aire de soportes cocidos de pavimento cerámico: I. Influencia de las variables de prensado y de la temperatura de cocción". *Bol. Soc. Esp. Cer. Vidr.* 31.I. 33-38. (1992).
18. AMORÓS, J.L. et al. "Resistencia mecánica y microestructura de soportes cerámicos en crudo". *Técnica Cerámica*, 244. 362 – 375. (1996).
19. AMORÓS, J.L. et al. "Técnicas experimentales del control de la compactación de pavimentos y revestimientos cerámicos". *Técnica Cerámica* nº 116. 1234 – 1246. (1983).
20. ASCER. <https://www.ascer.es/sectorPlantilla.aspx?lang=es-ES&cual=descripcion> [Consulta 1/11/2022].
21. AZA, S. "Defectos de prensado". *Bol. Soc. Esp. Cer. Vidr.*, 3. 4. 395-415. (1964).
22. BIFFI, G. "Difetti de fabbricazione delle piastrelle". Ed. Faenza Editrice. Faenza. (1987).
23. BIFFI, G. (coordinador). "Gres porcellanato: tecnologia, produzione, mercato" Faenza Editrice S.P.A. Faenza. (1994).
24. BLASCO, A. et al. "Estudio eperimental de la determinación en continuo y en tiempo real, de la compactación en seco de piezas conformadas por prensado unidireccional". En *Qualicer 1992. II Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento Cerámico*. Castellón: Cámara de Comercio, Industria y Navegación. 325-345. (1992).
25. BONAQUE, R. "Operaciones de reglaje y ajuste en el prensado". *Curso de Prensado*. Asociación de Técnicos Cerámicos, Castellón. (2017).
26. BRESCIANI, A.; et al. "Gres porcelánico. Placas de gran formato". En *Qualicer 2000. VI Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento Cerámico*. Castellón: Cámara de Comercio, Industria y Navegación. P.GI 299-316. (2000).
27. BRESCIANI, A. et al. "L'evoluzioni della pressatura di piastrelle: dalle origini a Continua+". *Ceramic World Review* 118. Pgs. 170-178. (2016).
28. BRUSA, A.; BRESCIANI, A. "Tecnología e instalaciones cerámicas". Conferencia en 3º ECERS, Madrid (1993).
29. CASTILLO, G.; ROMERO, F. "La importancia del molde en la fabricación de piezas complementarias y piezas especiales". *Curso de Formación Superior: El molde cerámico*. Aula técnica MACERCINEI. Universitat Jaume I, Castellón. (Mayo 2006).
30. CERGOMMA. Catálogo. Disponible en <https://www.cergomma.com/es/ceramica/> [Consulta 2/10/2022].
31. COLERA DURÁ, M. "Producción cerámica en Onda, 1920 – 1930". *Museo del Azulejo de Onda*. Ayto. de Onda (2002).
32. CONTOLI, L. "Variantes que influyen en el prensado de pavimentos y revestimientos cerámicos". *Técnica Cerámica*, 130. 38 – 48. (1985).

33. COVESTRO. “Desmodur® TT1xx + MOCA”. Ficha técnica. Disponible en https://solutions.covestro.com/en/products/desmodur/desmodur-tt142_86217074-22015750?SelectedCountry=ES [Consulta 2/10/2022].
34. DALMAU, J.I.; DE MIGUEL FERNANDEZ, E. “El azulejo. Estudio sectorial” Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. (1991).
35. DEFEZ, B. “Análisis y definición del diseño óptimo del relieve al dorso en pavimentos cerámicos mediante elementos finitos”. Universitat Politècnica de València. Tesis doctoral. (2007). Disponible en https://www.researchgate.net/profile/B-Defez/publication/50837342_Analisis_y_definicion_del_diseno_optimo_del_relieve_al_dorso_en_pavimentos_ceramicos_mediante_elementos_finitos/links/585cff0908aebf17d38a0191/Analisis-y-definicion-del-diseno-optimo-del-relieve-al-dorso-en-pavimentos-ceramicos-mediante-elementos-finitos.pdf [Consulta 25/9/2022].
36. DEFEZ, B.; et al. “Geometría al dorso de baldosa cerámica: evolución histórica, consideraciones actuales y nuevos enfoques de diseño”. Bol. Soc. Esp. Ceram. V. 49, 3, 197-204 (2010). Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Guillermo-Peris-Fajarnes/publication/44246625_Geometria_al_dorso_de_baldosa_ceramica_evolucion_historica_consideraciones_actuales_y_nuevos_enfoques_de_diseño/links/00b49525fc7291d094000000/Geometria-al-dorso-de-baldosa-ceramica-evolucion-historica-consideraciones-actuales-y-nuevos-enfoques-de-diseno.pdf [Consulta 25/9/2022].
37. DONDI, M. “Placas cerámicas de bajo espesor: tecnologías, aplicaciones y problemas”. Cerámica y Cristal, 144. Pgs 38, 39. (2011).
38. ENRIQUE, J. E. et al. “Alternativas al método de inmersión en mercurio para la determinación de la densidad aparente de baldosas cerámicas”. Técnica Cerámica, 250. 18 – 27. (1997).
39. ENRIQUE, J.E. et al. “Controles de fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos”. Castellón: AICE, p. 94-96. (1989).
40. ESCARDINO, A. et. al. “Comportamiento de las pastas de cocción blanca y roja durante el proceso de fabricación de baldosas cerámicas”. Técnica Cerámica, 219. 794-802 (1993).
41. ESTALL I POLÉS, V. “Catálogo de la colección de azulejos de serie del s XIX” faenza Editrice Ibérica. Castellón. (2000).
42. ESTALL I POLÉS, V. “El desarrollo de la industria del azulejo. El caso de Onda. - La ruta de la cerámica” Impiva – Bancaja. Castellón. (2000).
43. ESTALL I POLÉS, V. “La industria cerámica en Onda. Las fábricas, 1778-1997”. Monografías del Museo del Azulejo de Onda I. Ayto. de Onda (1997).
44. EUROPEAN STEEL AND ALLOY GRADES/NUMBERS. STEEL NUMBER. Disponible en http://www.steelnumber.com/en/number_en10027_eu.php [Consulta 5/11/2022].
45. FATMI ESPAÑOLA, S.A. “El mundo de la cerámica” Catálogo. (1969).
46. FELIU, C. et al. “Medida no destructiva de la densidad aparente de piezas en crudo mediante absorción de rayos X”. En Qualicer 2006. IX Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento Cerámico. Castellón: Cámara de Comercio, Industria y Navegación. P.BC 69-82. (2006).
47. GAPE DUE S.P.A. “Già varata la seconda generazione degli stampi per formatura ed estrazione con faccia a vista in alto di piastrelle dotate di distanziatore salvasmalto”. Ceramurgia, 3-4.144-145. (1988).

48. GALINDO, R. "El molde en la fabricación de la baldosa cerámica". Ed. Macer. Castellón. (2002).
49. GALINDO, R. "Prensas, moldes y prensado en la fabricación de baldosas cerámicas". 2ª Edición. Ed. Macer. Castellón. (2018).
50. GENERAL CARBIDE. "The designer's guide to tungsten carbide 2021-1". [Disponible en https://generalcarbide.com/wp-content/uploads/2021/06/GeneralCarbide-Designers_Guide_TungstenCarbide-2021-1.pdf [Consulta: 27/7/2022].
51. GOMIS MARTÍ, J.M. "Evolució històrica del taulellet" Col. Universitària. Diputació de Castelló. Castellón. (1990).
52. GOZZI, A. "L'innovazione sulle grandi lastre riparte dal formato minimo". Ceramic World Review 118. Pgs. 160-167. (2016).
53. GRAS, M. "Defectos de prensado: interpretación y acciones correctoras". Curso de Formación Superior: El molde cerámico. Aula técnica MACER-CINEI. Universitat Jaume I. Castellón. (Mayo 2006).
54. INGEMECÁNICA. "Características mecánicas del acero" Disponible en <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn100.html> [Consulta 7/08/2022].
55. ITC-AICE. "El ciclo de prensado" 4ª Sesión del curso "Tecnología del prensado industrial de baldosas cerámicas". Organizado por ATC. Castellón. (2022).
56. ITC. "Tecnología del prensado industrial de baldosas cerámicas". Curso de Prensado. Asociación de Técnicos Cerámicos, Castellón. (2017).
57. JARQUE, J.C. "Estudio del comportamiento mecánico de soportes cerámicos crudos. Mejora de sus propiedades mecánicas". Universitat Jaume I. Castellón. Tesis doctoral. (2001).
58. MALLOL, G. et al. "Nuevo equipo para medir la distribución de la densidad aparente de la densidad aparente de piezas cerámicas: DENSEXPLORER". Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr. Nota técnica. Disponible en <http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/121563/63594.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [consulta 20/9/2022]
59. MEMBRADO, J.C. "La indústria ceràmica de la Plana de Castelló" Diputació de Castelló. Col.lecció Universitària. Geografia i Història. Castellón. (2000).
60. METAL-SERVICE. "Aceros al carbono". Disponible en <http://www.metal-service.net/pdf/CARACTERISTIQUE%20ACERS.pdf> [consulta 5/08/2022].
61. MONZÓ M.; ENRIQUE, J.E.; DE LA TORRE, J. "Defectos de los productos de monococción (III). Defectos producidos por el prensado y el secado". Técnica Cerámica, 166. 394-400. (1987).
62. MONZÓ, M. "Estudio de las causas de los defectos de fabricación en la industria de pavimentos y revestimientos cerámicos". Universitat Jaume I de Castelló. Tesis Doctoral. (1994).
63. MULTISCAN TECHNOLOGIES. "Manual de mantenimiento Multiscan DenseXplorer". Rev. 1.3. (28/01/2016).
64. MULTISCAN TECHNOLOGIES. "Manual de usuario Multiscan DenseXplorer" Rev. 1.3. (20/10/2014).

65. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). "Reglamentación del embalaje de madera utilizado en el comercio internacional". FAO (2018). Disponible en https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/ispm_15_mof2018_publicada2019_tcm30-469597.pdf [Consulta 1/11/2022].
66. ORTS, M.J. et al. "Defectos de fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos". Cerámica Información, 162. 9-162. (1991).
67. PORCAR, J.L. "Apuntes de historia de la cerámica arquitectónica". Apuntes de la asignatura Historia de la cerámica. Especialidad experimental Cerámica Industrial. Instituto El Caminàs. Castellón. (1989).
68. PORCAR, J.L. "Manual Guía técnica de los revestimientos y pavimentos Cerámicos" Instituto de Tecnología Cerámica de la Diputación de Castellón. Castellón. (1987).
69. PORTOLÉS, J. et al. "Estudio de la dinámica del ciclo de prensado y su influencia sobre la compactación de baldosas cerámicas mediante la sensorización de una prensa industrial". En Qualicer 1994. III Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento Cerámico. Castellón: Cámara de Comercio, Industria y Navegación. 73-91. (1994).
70. POYATOS, A. "Cuchillas simétricas para el prensado de piezas cerámicas". Modelo de utilidad U 200401322.
71. POYATOS, A.; PARRA, C. "Cuchillas intercambiables para prensas de materiales cerámicos". Modelo de utilidad U 200302730. (26/11/2003).
72. POYATOS, A. et al. "Desarrollo de moldes de prensado con recubrimientos antidesgaste" Bol. Soc. Esp. Ceram. 44.1. 33-37 (2005).
73. POYATOS, A.; RODRÍGUEZ, M.A. "Matrices para el prensado de pavimento y revestimiento cerámico". Modelo de utilidad U 200302755 (28/11/2003).
74. POYATOS, A. et al. "Moldes Inteligentes para el prensado de pavimento y revestimiento cerámico". Patente P200600148 (24/06/06).
75. POYATOS, A.; PARRA, C. "Punzón hidráulico para fabricación de piezas cerámicas". Modelo de utilidad U.200101422. (16/03/2002).
76. POYATOS, A., PARRA, C. "Punzón hidráulico para fabricación de piezas cerámicas". Patente ES1050209U. (01/07/2002).
77. POYATOS, A., PARRA, C. "Punzón para fabricación de piezas cerámicas". Modelo de utilidad U 200301012 (23/04/2003).
78. SACMI. "Catalogo-Azulejos". Disponible en <https://www.sacmi.com/es-ES/ceramics/Azulejos/Prensado-ceramico> [Consultada 12/11/2022].
79. SACMI. "Procedimiento e instalación para la conformación de baldosas o losas cerámicas". Traducción de patente europea ES 2 267 045 T3 (1/3/2007).
80. SACMI; ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE TÉCNICOS CERÁMICOS. "Tecnología cerámica aplicada. Vol.2". Faenza Editrice Ibérica. Castellón, (2004).

81. SACMI IBÉRICA. "El prensado "en seco" en los años noventa en la industria cerámica" Técnica Cerámica, 191. Pgs 146 – 191. (1991).
82. SACMI IBÉRICA. "Regulación de la prensa por defectos provocados en el ciclo de prensado". Curso de Prensado. Asociación de Técnicos Cerámicos, Castellón. (2017).
83. SANDOVAL, F.; A. IBAÑEZ. "Discusión sobre la influencia de la porosidad en la resistencia mecánica de las baldosas cerámicas". Bol. Soc. Esp. Cer. Vid. 39. 2. 255-258. (2000).
84. SEXTO, L. "Tipos de mantenimiento: ¿cuántos y cuáles son?" Electromagazine I Marzo / Abril 2018. Disponible en http://www.mantenimientomundial.com/notas/SEXTO_Tipos-Mantenimiento.pdf [Consulta 22/10/2022].
85. VARIOS AUTORES. ITC (coord.). "Cerámica para la arquitectura". Disponible en <https://www.tileofspain.com/verDocumento.ashx?documentId=532&tipo=pdf> [Consultada 10/7/2022].
86. VENTURI, V. "Tecnologia Ceramica: Le piastrelle". Faenza Editrice. Faenza. (1986).

Agradecimientos.

Los autores de este libro queremos mostrar nuestro agradecimiento a todo el personal de MACER S.L. que de una manera u otra han aportado su experiencia y conocimientos en este libro, y muy especialmente a Sebastián Lengua, Eduardo Cubillas, Alex Poyatos, Ximo Borrás y Francisco Román por sus valiosas aportaciones.

Queremos agradecer también, de una manera muy especial, la colaboración de Luis Castillo en algunos capítulos de este libro, que ha enriquecido con sus conocimientos, adquiridos a lo largo de todos sus años de experiencia en el sector, y a Vicente Sanjosé, que se ha encargado de las imágenes, enlaces y aspecto visual, cuyo magnífico trabajo ha sido imprescindible para dar forma al libro que el lector tiene en sus manos.

Finalmente, de forma muy especial, queremos mostrar nuestra gratitud a Agustín Poyatos Mora, fundador y Director General de MACER S.L, sin el cual este libro no hubiera sido posible, pues de él nace la iniciativa y a él se debe el apoyo para reunir y divulgar el conocimiento adquirido sobre moldes para baldosas cerámicas. Nuestro personal agradecimiento por la oportunidad, apoyo y confianza mostrados en la realización de este libro.

José Antonio Pérez Maximino.
Rafael Galindo Renau

