

## Consejos para el Diseño de Moldes de Compresión Termoendurecida

Al diseñar un molde para una pieza moldeada por compresión, es importante mantener en la mente que la meta es producir las piezas de calidad en un ciclo tan corto como sea posible con un mínimo de chatarra. Para lograr estas metas, necesitará un molde que tenga una temperatura de molde uniforme y que esté ventilado adecuadamente.

### CALENTAR EL MOLDE

Una **temperatura de molde uniforme** significa que la temperatura de cada mitad es la misma (dentro de  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  ( $5^{\circ}\text{F}$ )) para todas localizaciones cuando se calienta el molde por aceite o vapor. Los moldes que están calentados con calentadores de cartucho eléctrico pueden variar tanto como  $6^{\circ}\text{C}$  ( $10^{\circ}\text{F}$ ). Un molde con una temperatura uniforme se llenará más fácilmente y producirá las piezas con menos deformación, una mejor estabilidad dimensional y una apariencia de la superficie uniforme. El lograr una temperatura de molde uniforme depende de su método de calentar el molde.

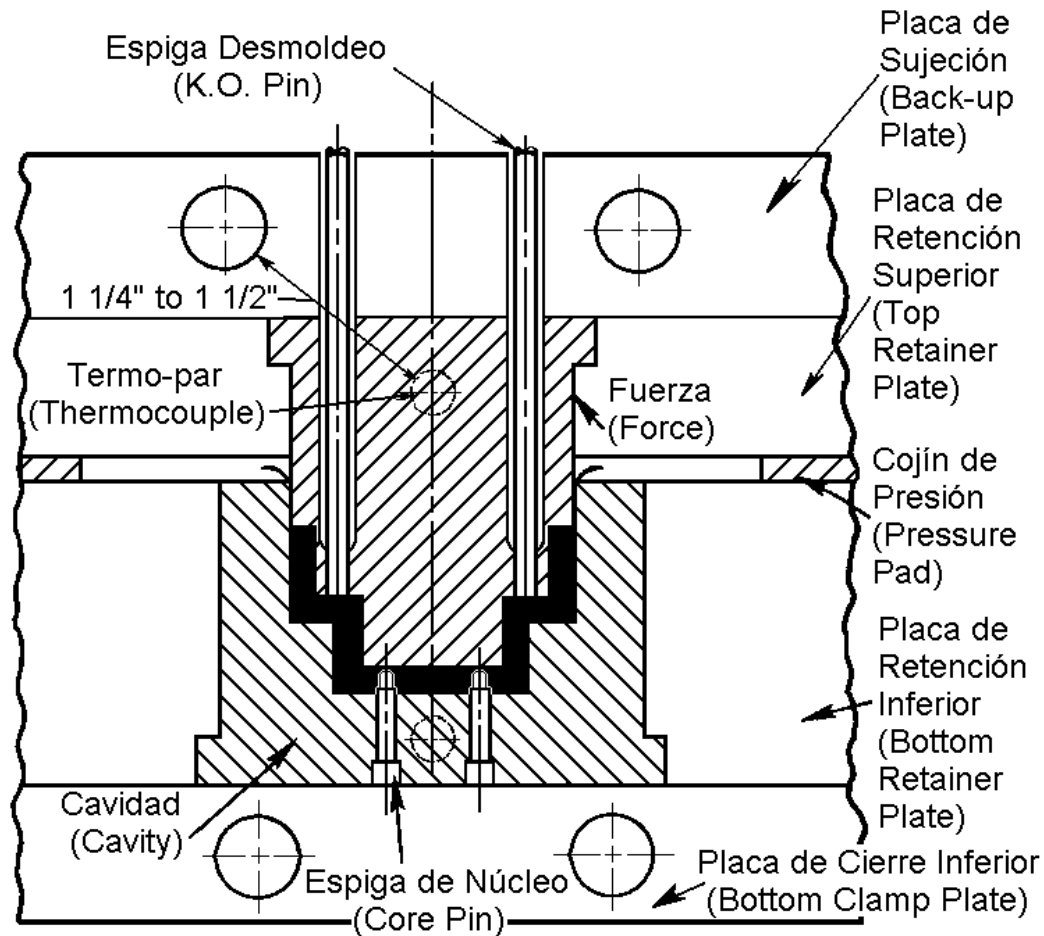
Un molde que está **calentado** por **vapor** o **aceite** tendrá una temperatura de molde uniforme porque la fuente de calefacción mantiene una temperatura constante. Sin embargo, el aceite como una fuente de calefacción sólo es alrededor de la mitad de eficiente que el vapor. Por lo tanto, cuando se usa el aceite para calentar un molde, es necesario poner la temperatura del aceite más alta que la temperatura deseada del molde.

Los moldes que están **calentados eléctricamente** son más difíciles de mantener a una temperatura uniforme porque los calentadores de cartucho están constantemente ciclando conectados y desconectados. Cuando están conectados producen una gran cantidad de calor en la fuente pero este calor tiene que ser distribuido por el molde entero de manera que produzca una temperatura de molde uniforme.

Para determinar la cantidad de vataje necesario para calentar un molde, el uso de la siguiente fórmula puede ser útil: **1¼ kilovatios para cada 45 Kg (100 libras) de acero de molde.** Nota: Esta fórmula normalmente permitirá que el molde se caliente a las temperaturas de moldeo en 1 a 2 horas.

Localizar un calentador en la línea central del molde no es recomendado porque el centro del molde normalmente está bastante caliente sin añadir cualquier calor adicional. Típicamente, los **calentadores de cartucho** están posicionados en las placas de soporte, con una distancia de 64 mm (2 ½") entre calentadores. **NOTA:** Puede que los moldes de estiraje profundo también necesiten tener calentadores en la placa de retención. Debería haber un mínimo de un **termopar** para controlar cada mitad del molde. En los moldes más grandes es recomendado tener más de un termopar en cada mitad.

Esto resultará en mejor control y en una temperatura más uniforme de molde. Los **termopares** deberían estar localizados en las placas "A" y "B," entre dos calentadores si es posible y en una distancia de 32 – 38 mm (1¼" - 1½") desde el calentador de cartucho más cercano. Esta distancia debe ser medida desde el borde del orificio de termopar al borde del orificio del calentador de cartucho. La distancia desde el termopar al calentador es importante porque un calentador que esté demasiado cerca causará que el termopar desconecte la calefacción antes de que el molde esté a temperatura apropiada. Un calentador que esté demasiado lejos del termopar resultará en un molde que calienta en exceso y luego se pone demasiado frío. Igualmente, no es buena práctica posicionar un termopar para que sienta así la temperatura de la superficie externa del molde. Si es posible, debería estar localizada 38 - 51mm (1½" - 2") adentro del molde, puesto que la temperatura tomada allí es menos susceptible a las influencias exteriores y por lo tanto es más estable.



### VENTILACIÓN

Mientras se moldean los termoendurecidos, ocurre el proceso de polimerización que produce volátiles, que junto al aire que ya está dentro de la cámara de cavidad, puede quedar atrapado y sobrecalentarse de 375° - 425°C (700° - 800°F). Si los gases no pueden escapar por las aberturas, pueden oxidarse los lubricantes dejando **marcas de quemaduras** en la pieza. Las aberturas permiten que los volátiles escapen hasta la atmósfera. Además de los problemas visuales, una ventilación inapropiada resultará en piezas que no pueden ser llenadas; que tienen problemas de dimensión o tienen menos que las fuerzas esperadas físicas y /o eléctricas.

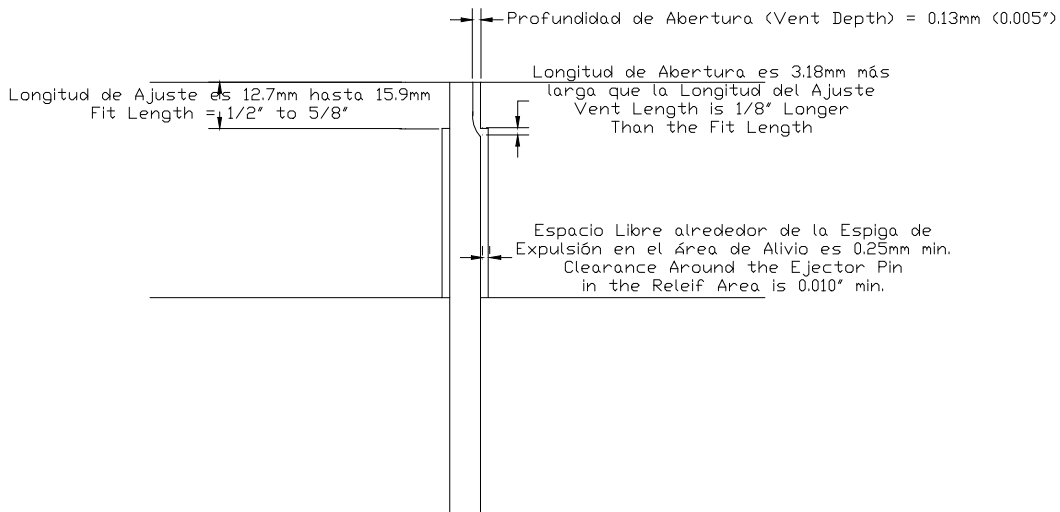
La primera cuestión que tiene que ser estudiada es **la posición de la abertura**. Es importante que todas las aberturas conduzcan hasta la atmósfera, si no la abertura será inútil. A menos que la geometría de la pieza muestre algunas localizaciones obvias para las aberturas, una prueba breve de moldeo debería hacerse para observar dónde ocurren los huecos de gas. Dondequiera que sea posible, **las aberturas** deberían estar posicionadas en la mitad móvil del molde, allí donde se vea un hueco de gas o una línea de punto está vista en la pieza.

**Las aberturas para las piezas fenólicas** deberían ser de 6 mm (1/4") anchas y de 0.08- 0.09 mm (0.003" - 0.0035") profundas y **las aberturas para piezas poliésteres** deberían ser de 6 mm (1/4") anchas y de 0.05 - 0.06 mm (0.002" - 0.0025") profundas. La anchura no es tan crítica como la profundidad. Las aberturas deberían ser cortadas inicialmente a la profundidad mínima recomendada para esta clase de material de moldeo en particular que será procesado en el molde.

De igual importancia que la posición y la profundidad de las aberturas es la **longitud de la abertura**, que es la distancia desde la pieza que la abertura mantiene su profundidad. Las aberturas deberían ser aproximadamente de 25 mm (1") de largo para permitir que la presión aumente en la cavidad después de que el material en la abertura cure. Después de este punto la abertura puede ser relajada a una profundidad de 0.25 - 0.50 mm (0.01" - 0.02"). Para ayudar a mantener la abertura con la pieza, el rincón de la abertura al borde de la pieza puede ser redondeado o achaflanado.

Entonces se hará una prueba de moldeo para determinar si el molde se cierra completamente de esta profundidad de la abertura. Si el molde está abierto porque las aberturas se congelan sellando cualquier material exceso en la cavidad, entonces las aberturas necesitan estar aumentadas en profundidad hasta que el molde pueda cerrarse completamente. Es importante no hacer las aberturas demasiado profundas porque puede que no sellen y como resultado, la presión de la cavidad interna será baja y el encogimiento, las propiedades físicas y eléctricas no pueden igualar los valores de la hoja de datos.

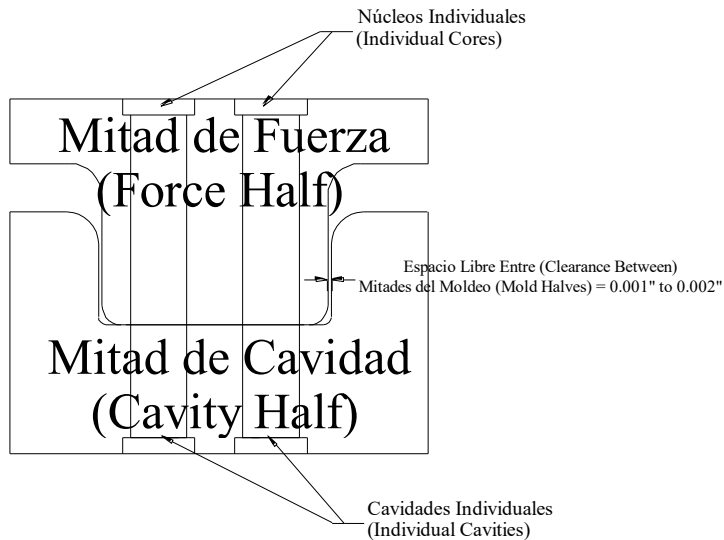
Algunas veces es necesario ventilar las áreas "muertas" del molde con **espigas de expulsión ventiladas**. Antes de añadir las aberturas, debería ajustar una espiga de expulsión en el hueco en que operará en los 0.025 mm (0.001"). Entonces se afilará una parte plana en el diámetro no más profundo de 0.13 (0.005") por una distancia que ocupará la abertura 3mm (1/8") abajo del ajuste longitud de la espiga. Normalmente, el ajuste de longitud debería ser de 13 - 16 mm (1/2" - 5/8") de largo. (Véase el dibujo abajo). Además, la carrera de los expulsores debería ser lo bastante larga para la abertura entera más unos 3 mm (1/8") para salir por encima del fondo de la cavidad. Esto es para que la abertura pueda autolimpiarse o para que el operador pueda quitar las rebabas de las espigas.



Algo que se olvida con frecuencia en la ventilación es el pulimento. Se recomienda que todas las aberturas sean **pulimentadas por estiraje** en la dirección del flujo **hasta** al menos el mismo acabado que las cavidades y núcleos. Deberían ser pulimentadas por su longitud entera incluyendo la distancia suprimida. Si el molde tiene que ser chapado en cromo, todas las **superficies de moldear** deberían ser pulimentadas y chapeadas incluyendo las aberturas.

### CONSEJOS ADICIONALES PARA DISEÑOS DE MOLDES

**Cavidades y Núcleos Individuales** – Se fomenta que en casi todos los moldes, el uso de **cavidades insertadas y núcleos**. La razón principal de esto es que en el caso de que una cavidad individual o de que el núcleo esté dañado, esta cavidad en particular puede ser quitada del molde y reparada mientras el resto del molde se restituye al servicio. Tener las cavidades individuales también permite que los cambios de inserción hagan posible el hacer funcionar versiones múltiples de la misma básica pieza simultáneamente. Cuando las piezas son muy pequeñas y hay un gran número de cavidades, las inserciones de cavidad individual quizás no sean factibles. En estas situaciones sugeriríamos usar las inserciones de cavidad de 3 ó 4 cavidades. Los materiales usados más comúnmente para las inserciones de cavidad son H-13 y S-7. Ambos materiales endurecerán al Rockwell 52 y 54 Rc y pueden ser pulimentados para producir un acabado superficial excelente en las piezas.



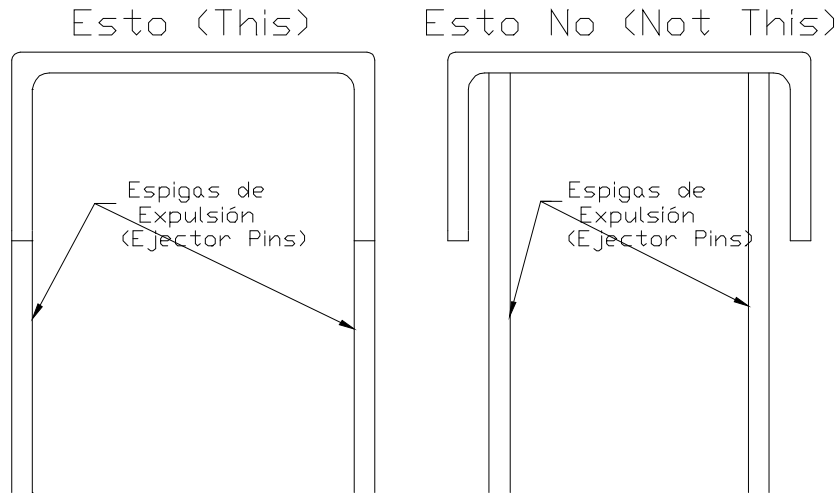
**El espacio libre entre la Mitad de la Fuerza y la Cavidad** en la pared vertical como se muestra en el dibujo debería ser 0.025mm – 0.050mm (0.001"– 0.002") por lado excepto para el molde para compuestos en masa de moldeo (BMC) que deberían ser 0.050mm – 0.076mm (0.002" – 0.003"). Con una molde tan apretado, será necesario añadir las aberturas en esta pared para que así se pueda cerrar el molde. Estas aberturas deberían estar

localizadas cerca de los últimos lugares que se rellene y deberían comenzar siendo 0.127 mm (0.005") de profundidad y extendiéndose hasta la longitud entera de la pared. Cuando moldee los materiales de compuestos en masa de moldeo (BMC) de PLENCO, es muy importante mantener este espacio libre entre las mitades del molde. Si este espacio libre es demasiado grande, no será posible mantener las presiones de la cavidad interna haciendo que aumente las tasas de chatarra y que sufra la apariencia de la pieza.

También recomendamos que la fuerza tenga un mínimo de enganchamiento de 19.050mm (0.750") en la cavidad.

**Colocación y Diseño de la Espiga de Expulsión** – Sin las espigas de expulsión usualmente no es posible quitar la pieza moldeada del molde. La colocación de las espigas de expulsión es casi tan importante como la localización de la entrada. Las espigas deberían empujar la pieza fuera del molde sin torcerla y sin dejar una marca indeseable en la pieza. Una razón secundaria por tener las espigas de expulsión es para ayudar a la ventilación del molde.

Las espigas de expulsión deberían ser localizadas en los puntos más profundos de la cavidad o el núcleo. Específicamente sugerimos que las espigas de expulsión estén localizadas en los puntos más profundos de las nervaduras y protuberancias. Si las espigas de expulsión no están colocadas correctamente, la pieza tiene que ser "extraída" de las áreas más profundas o del molde. Es más probable que las piezas que tienen que ser "extraídas" se peguen o se tuerzan durante la expulsión. (Véase el dibujo abajo).



Una vez que se determina una colocación de las espigas de expulsión, se necesita decidir el tamaño de la espiga. Las **espigas de expulsión de diámetros** muy pequeños pueden ser problemáticas a causa de que son susceptibles de romperse. Por lo tanto no se recomiendan las espigas de expulsión más pequeñas de diámetro de 2.4 mm (3/32"). Otro problema común es el flujo de material hacia abajo y alrededor de la espiga de expulsión y obstruyéndola para que se rompa cuando se activan los expulsores. Para evitar que esto ocurra, el agujero para la espiga sólo debería ser de 0.025 mm (0.001") más grande que la espiga para una profundidad de 13 – 16 mm (1/2" – 5/8") de la cavidad. Al hacerlo más profundamente puede resultar en que la espiga se ate y se rompa.

Para asegurarse que la placa de expulsión se mueve alrededor de la línea central de las espigas de expulsión, se sugiere que el molde esté equipado con un sistema de expulsión guiado. Además de alinear los expulsores, el sistema de expulsión guiado mueve la carga de la placa de expulsión y la placa de retención de las espigas de expulsión hasta las espigas de guía y los manguitos del sistema de expulsión. Aunque el hecho de que se alineen los agujeros de expulsión en el molde con los en la placa de retención siempre es importante, con un sistema de expulsión guiado la alineación aún es más importante.

Aunque es deseable tener las espigas de expulsión localizadas en superficies planas, esto no es posible siempre. Algunas veces es necesario localizar las espigas de expulsión en superficies contornadas. Las espigas de expulsión localizadas en superficies contornadas deberían ser hechas para igualar el contorno de la cavidad. Será necesario clavetear estas espigas para que mantengan así su alineación con el contorno de la cavidad.

**Pulimentar y Chapear** – La tendencia ha sido acortar la **pulimentación** porque el coste es alto. Los moldes están hechos y ya muestran las marcas de cortar en las áreas no visibles de las piezas. Mientras esta práctica ahorra dinero en la construcción del molde, se puede aumentar los costes de la pieza debido a la chatarra alta y el tiempo muerto. Las **áreas sin pulimento** generarán calor de fricción en el material cuando pase sobre estas áreas. Este calor adicional puede causar que el material cure antes de llenar la pieza. Estas áreas sin pulimento pueden cambiar el modelo de llenar del material, lo que puede resultar en quedar atrapado el gas en localizaciones que no pueden estar ventiladas. Por estas razones, se sugiere que todas las superficies de moldeo sean pulimentadas a una mínima tasación de SPI#2. Las **superficies del moldeo para ser pulimentadas incluyen** las cavidades y núcleos, las aberturas, y la línea de separación entera. La razón para pulimentar la línea de separación es asegurar que cualquier rebaba que pueda ocurrir en la línea, se desprenda del molde con una fuerza mínima. Cuando se pulimente un molde, debería tomar cuidado en asegurarse que pulimenta siempre en la dirección del estiraje. Las aberturas necesitan ser pulimentadas en la dirección del flujo de material y deberían tener el mismo grado de pulimento como la cavidad y el núcleo. Las superficies planas que no tienen influencia en la eliminación de la pieza pueden ser pulimentadas en cualquier dirección. Mientras pulimente las nervaduras profundas que fueron cortadas usando el procesamiento de MDE (Máquina de Descarga Eléctrica), es importante estar seguro de pulimentar todas las marcas de picaduras de MDE. Por otra parte puede ser un problema con el hecho de que la nervadura se rompa y se pegue al molde.

Después de que el molde esté completamente pulimentado, entonces está listo para ser **chapeado**. Mantenga en la mente por favor que cualquier defecto en la superficie del acero no será cubierto chapeando, pero estará acentuado por el defecto. Aunque hay un número de diferentes tipos de chapear disponibles, hasta hoy, los **moldes chapeados de cromo** proporcionan la mejor liberación de piezas y con el mejor acabado de pieza. Como algunos materiales tienen cargas que son incompatibles con níquel, el uso de níquel o níquel no-electro para chapear las superficies de moldeo no está recomendado. Además, la chapa de níquel carece de la resistencia de abrasión de la chapa de cromo.

Las **superficies que han de ser chapeadas deberían incluir** los núcleos, las cavidades, las espigas de núcleo, los extremos de las espigas de expulsión, las aberturas y la línea de separación entera. Para proteger las superficies de moldeo y asegurar una buena liberación de la pieza, es necesario chapear todas las superficies que estaban pulimentadas. Después de chapear el molde, será necesario **volver a pulimentar** el cromo porque la chapa de cromo sin pulimentar puede pegarse.

**Soportes centrales** – A menudo encontramos que los moldes construidos para materiales termoendurecidos tienen poco o ningún soporte en el centro. Esto resultará en fuerte rebaba alrededor del bebedero y que las piezas varíen en grosor del lado del bebedero al lado opuesto. Para solucionar este problema sugerimos instalar pilares de soporte sustancial por el centro del molde entre paralelos (50.8mm (2") de diámetro si es posible).

**Centraje alto en el molde** – Algunas veces el centro de un molde tendrá fuerte rebaba incluso con un buen soporte central. En estos casos puede que sea necesario hacer lo que llamamos “Levantamiento abovedado del molde” o “Centraje alto del molde”. Esto se realiza colocando una cuña de 0.0508mm – 0.0762mm (0.002” ó 0.003”) en los pilares de soporte en el centro del molde, lo que causará que el lado movable del molde sea un poco abovedado.

**Cierres laterales** – Cualquier molde donde el mantenimiento del alineamiento de las mitades del molde es esencial para cumplir los requisitos de calidad requiere cierres laterales no cónicos. Deberían estar colocados en todos los cuatro lados del molde. El diseño global de los cierres laterales de Progressive Components es muy bueno porque tienen un enganchamiento más largo y son más gruesos.