

# BOLETÍN: DISEÑO DE PIEZAS ROTOMOLDEADAS CON PE.



## Introducción

El rotomoldeo está diseñado para la obtención de piezas plásticas huecas de gran tamaño, teniendo prácticamente competidor nulo en el moldeo de las piezas más grandes [1]. Sin embargo, existen productos pequeños manufacturados con rotomoldeo (por ejemplo pelotas y bolas de *roll-on*), en cuyos casos se usan moldes de numerosas cavidades [1].

Las poliolefinas, principalmente los polietilenos, son los materiales que dominan el mercado del rotomoldeo [1,2,3,4]. El polietileno (PE) en sus varias formas, representa el 85-95% de todos los polímeros rotomoldeados [3,4].

A continuación se presentan los aspectos que deben tomarse en cuenta al diseñar partes plásticas a ser rotomoldeadas con PE.

## 1. DEL MOLDE:

- Grandes productos como tanques o piezas con bajo requerimiento de apariencia, son fabricados en moldes hechos con acero o aluminio laminado [1,2,3].
- Piezas con mayor requerimiento de apariencia o mayor complejidad son generalmente producidos en moldes fabricados en fundición de aluminio [1,3].
- Para los más altos requerimientos de calidad de superficie en las piezas, los moldes pueden fabricarse con técnicas de electroformado o de deposición en vacío (níquel o cobre-níquel) [2].
- El número de líneas de partición del molde debe ser el mínimo para no incrementar su costo y mantenimiento y por ende el costo de la pieza [1,4], que además podría también incrementarse por el exceso de rebabas, que deban removerse, creadas por las líneas de partición [1].

## 2. GUIA / ASPECTOS DEL DISEÑO PARA PIEZAS A SER ROTOMOLDEADAS CON PE:

### 2.1 Espesor de pared nominal

- Debe ser tal que se mantengan las propiedades mecánicas del material, requeridas para el desempeño de la pieza sin tener largos tiempos de ciclo, buscando la eficiencia óptima y que no ocurra degradación del material [2].
- Los espesores de pared se pueden controlar alterando la relación de velocidades de los ejes del equipo [3].
- Aislando ciertas áreas del molde, se reduce el crecimiento de espesor en ellas y dirigiendo calor extra, se obtienen mayores espesores [3].

En la siguiente tabla se muestran los valores de espesor de pared nominal para piezas rotomoldeadas en PE [1]:

Espesor	mm	pulg
Mínimo	1.52	0.060
Óptimo	3.18	0.125
Máximo	12.70	0.500
Mayor conocido	50.80	2.000*

\* PE entrecruzado

### 2.2 Radios en las esquinas

- Deben evitarse las esquinas agudas o afiladas [2,4], como en todos los tipos de moldeo de plásticos [2].
- El valor de radio de esquina recomendado es de, al menos, 75% del espesor nominal de pared, para mejorar la resistencia de la zona (las esquinas internas tienden a ser más delgadas y las externas, más gruesas que el espesor de pared) [2].

En la siguiente tabla se muestran los valores de radio en las esquinas para piezas rotomoldeadas en PE [1]:

# BOLETÍN: DISEÑO DE PIEZAS ROTOMOLDEADAS CON PE.



Radio	Externo	Interno
Mínimo	1.52 mm (0.060 pulg)	3.20 mm (0.125 pulg)
Mejor	6.35 mm (0.250 pulg)	12.70 mm (0.500 pulg)

## 2.3 Ángulos en las esquinas

- Deben evitarse los ángulos muy agudos para que no ocurra puenteo del material en polvo [2,4].
- En rotomoldeo con PE los ángulos de esquina no deberían tener menos de 45° [1].

A continuación, los ángulos utilizados en rotomoldeo con PE [2]:

Angulo	Valor
Mínimo utilizado	30°
Mínimo recomendado	45°
Bueno	90°
Mejor	120°

## 2.4 Separación de pared mínima (moldeo de doble pared)

La separación interna entre superficies (X en la figura 1) debe ser, al menos, 3 veces el espesor de pared nominal (W) [2,4], sin embargo esta relación debe utilizarse sólo en casos extremos [1]. La mínima separación standard debe ser 5 veces el espesor de pared ( $X \geq 5W$ ) [1].

## 2.5 Refuerzos

- Deben ser diseñados como corrugaciones en vez de costillas sólidas [2].
- Las corrugaciones deben tener una ligera inclinación de pared para facilitar el desmoldeo [2].
- El ancho de la costilla hueca (M en la figura 2) debería ser, al menos, 5 veces el espesor de pared (W), ( $M \geq 5W$ ) y la altura (N) de, al menos, 4 veces el espesor de pared, ( $N \geq 4W$ ) [1,3].
- El espaciamiento entre costillas (O en la figura 2). no debe ser menor a 3 veces el espesor

de pared, ( $O \geq 3W$ ), siendo mejor un espaciamiento de 5 veces W [1].

- Se utilizan además dispositivos especiales llamados *kiss-offs*, los cuales son muy efectivos para aportar rigidez [3], A y B en la figura 1.
- En los *kiss-offs*, el espesor combinado de las paredes (D en la figura 1), debería ser 1.75 veces el espesor de las paredes ( $D = 1.75W$ ) [1].
- En el caso de los pseudo-refuerzos (C en la figura 1), la separación (E) debe ser de, al menos, 3 veces el espesor de pared ( $E \geq 3W$ ), siendo mejor un espaciamiento de 5W [1].

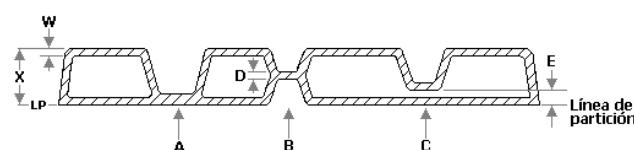


Figura 1. Detalles de diseño en piezas, planas o de doble pared, rotomoldeadas.

## 2.6 Ángulos de desmoldeo

Se deben incluir inclinaciones en las paredes – ángulos de desmoldeo-, sobre todo en el macho del molde (superficie interna), ya que el encogimiento contrae el material sobre él [1,2]. La hembra (superficie externa), usualmente no necesita inclinaciones en las paredes, ya que el material encoge alejándose de ella [1,2].

La tabla siguiente registra los ángulos de desmoldeo recomendados para piezas a rotomoldear con PE [1]:

Angulo	Superficies interiores	Superficies exteriores
Mínimo	1.0°	0.0°
Mejor	2.0°	1.0°

Se necesitará un grado extra en todos los casos, si el molde es texturizado [3].

## 2.7 Roscas

- Deben utilizarse perfiles redondeados y gruesos tanto en roscas internas como externas [2,3].
- Evitar ángulos agudos en la punta y en la base de la rosca [2].
- Es posible soldar insertos moldeados por inyección dentro de los agujeros, durante el rotomoldeo [1].
- A menudo se rocían sustancias comerciales promotoras de flujo, en el área de las roscas, con lo que se mejora la reproducción de éstas y otros detalles [3].

## 2.8 Insertos metálicos

- Utilizar metales de alta conductividad [2].
- Utilizar superficies texturizadas (con protuberancias) para mejorar la adhesión al plástico [2].
- El inserto debe diseñarse tal que quede anclado al plástico [2].
- Asegurar un espaciado adecuado entre el inserto y cualquier otra superficie, para prevenir el puenteo del material en polvo: la distancia entre una superficie de la pieza y la que contiene el inserto, debe ser, al menos, 4 veces el espesor de pared [2]. Ver T en la figura 2.
- Colocar el inserto firmemente dentro del molde [2].
- Evitar insertos muy espaciosos o anchos que puedan dificultar el desmoldeo, debido a las fuerzas de encogimiento [2].
- Tener cuidado con el uso de insertos en piezas de PE, si hay posibilidad de que la pieza vaya a ser expuesta a *stress cracking* : la restricción resultante al incluir el inserto introducirá esfuerzos residuales [3].

## 2.9 Venteo

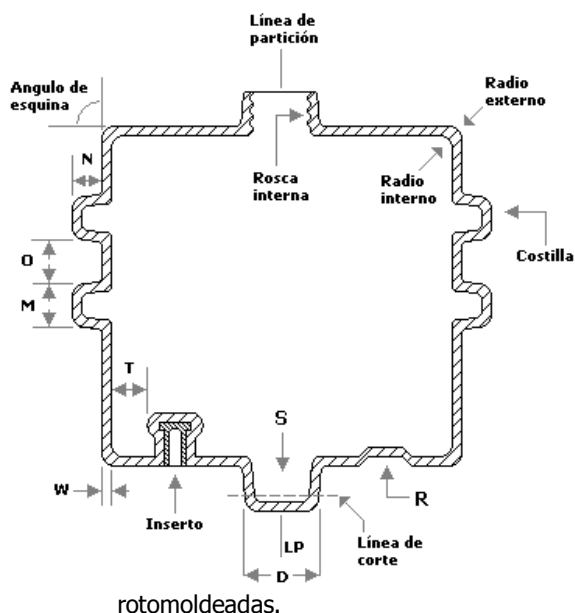
- Los puntos de venteo se instalan, normalmente, en secciones que serán removidas en el acabado de la pieza [2].

- Si lo anterior no es posible, será necesario soldar el agujero de venteo en una operación posterior [2].
- Los canales de venteo deben construirse con materiales de baja conductividad térmica (ej: acero inoxidable o teflón) [2].
- Los canales deben rellenarse, sin compactar, con lana de vidrio, para prevenir escapes del polvo de material [2].
- La abertura externa de los canales debe estar diseñada para prevenir el ingreso de agua durante el enfriamiento [2].
- El tamaño de canal recomendado es de, aproximadamente, 10-15 mm en diámetro por metro cuadrado de volumen del molde [2].

## 2.10 Rebajes

- Los rebajes (*undercuts*) son permisibles donde el encogimiento o flexibilidad del material permita la extracción de la pieza del molde [3].
- Amplios ángulos de desmoldeo en rebajes externos ayudarán al material a soltarse del molde [3].
- Los rebajes internos no son permitidos ya que el encogimiento del material impedirá la eyección de la pieza [3].
- Las indentaciones de rebaje y la línea de partición deberían colocarse en el mismo plano, en dirección paralela las primeras de la segunda [1]. Ver la figura 2, donde R es un rebaje.
- Frecuentemente los rebajes son diseñados tal que puedan ser removidos con el encogimiento del material; si el rebaje es muy profundo puede usarse una coraza adicional, removible, antes del desmoldeo [1].

Figura 2. Detalles de diseño en piezas huecas



## 2.11 Agujeros

- No pueden moldearse como tales en rotomoldeo, sino que es necesaria una mecanización posterior al moldeo, utilizando herramientas normales de corte [3] o usando en la coraza, pasadores a los cuales no se adhiera la resina [1].
- Se pueden fabricar realces, moldeando un cilindro, cuya punta se corta al final para dejar una abertura [1]. Ver S en la figura 2.
- El diámetro de los agujeros debería ser de, al menos, 5 veces el espesor de pared nominal ( $D = 5W$ ) [1].

## 2.12 Articulaciones

Pueden fabricarse moldeando argollas o taladrando agujeros en la parte moldeada, para pasar los pines que conformarán la unión articulada [1].

Para las articulaciones, deben ser tomadas en cuenta las tolerancias que se mencionan en el próximo apartado, 2.13.

## 2.13 Uniformidad y tolerancias

- Mayores ángulos en las esquinas, tanto internas como externas, resultarán en mayor uniformidad de espesores de pared [3].
- El considerable encogimiento del PE, típicamente 3-4%, es permitido, con tolerancias de 1-2% [3]. Este encogimiento debe tomarse en cuenta, particularmente, en la(s) zona(s) de línea(s) de partición o acoples de partes del molde, donde es imposible controlar el encogimiento [4].
- Las variaciones de espesor pueden modificarse ajustando la conductividad térmica del molde, por secciones, como se desee [2].
- Las tolerancias de uniformidad de pared son, normalmente,  $\pm 20\%$  y con mayor dificultad,  $\pm 10\%$  [1,2].
- Las tolerancias de planitud, son de 2-5%, siendo éstas las mejores que se pueden obtener, debido al enfriamiento unilateral del rotomoldeo [3].

### 2.13.1 Para minimizar el Alabeo

- Evitar las variaciones de espesor de pared [2].
- Asegurar que las paredes no desmoldeen prematuramente (la liberación del molde es muy efectiva) [2].
- Los refuerzos (costillas huecas) pueden ser utilizadas, a veces, para contrarrestar la tendencia al alabeo [2].
- En la medida de lo posible, evitar secciones planas grandes [2,3,4]. Diseñar con domos, curvas, contornos, patrones de cuadrícula, etc. [4].
- El uso de superficies curvas es altamente recomendado para disimular el alabeo [3].

### 2.13.2 Otras consideraciones para la uniformidad

- Las tolerancias pueden acomodarse a través del uso de agujeros sobredimensionados [1].
- Los grandes diferenciales de coeficientes de expansión térmica lineal entre dos partes, son tratados excelentemente

# BOLETÍN: DISEÑO DE PIEZAS ROTOMOLDEADAS CON PE.



también con agujeros sobredimensionados [1].

- Para compensar la pérdida de superficie de soporte bajo la cabeza de un tornillo, comúnmente se coloca una arandela [1].
- Para la inclusión de una arandela de seguridad, se debe tener en cuenta la expansión en la dirección de la altura [1].
- Nunca utilizar una arandela de seguridad sin su respectiva arandela plana, debido a la sensibilidad de los plásticos a las grietas [1].
- Para las variaciones dimensionales mayores a las que pueden acomodarse en agujeros sobredimensionados, se usan ranuras entrecruzadas en los moldes, junto con una tuerca, perno y arandelas. Debe considerarse que los agujeros cruzados son más costosos para la herramienta que los redondeados [1].

- Alternativamente, una gráfica o imagen puede ser aplicada después del moldeo con muy efectivos métodos de decoración desarrollados para tal fin [3].

## Referencias:

1. Jordan I. Rotheiser, "Diseño para Rotomoldeo", *Tecnología del Plástico*, No.139, Octubre 2003.
2. "Linear Polyethylene. Product Technology Training Seminar. Sclairtech", DuPont Canada, 1992.
3. R.J. Crawford, "Rotational Molding, the Basics for Designers", *Rotation Magazine*, [www.rotationmag.com/article2.htm](http://www.rotationmag.com/article2.htm), [www.rotationmag.com/article3.htm](http://www.rotationmag.com/article3.htm), [www.rotationmag.com/article4.htm](http://www.rotationmag.com/article4.htm), [www.rotationmag.com/article5.htm](http://www.rotationmag.com/article5.htm)
4. [www.blue-reed.com/Rotational\\_Molding.htm](http://www.blue-reed.com/Rotational_Molding.htm)

La siguiente tabla sintetiza los valores de tolerancias dimensionales utilizados para el rotomoldeo de piezas con PE, en la misma lectura es tanto en  $\pm$  cm/cm como  $\pm$  pulg/pulg:

Tolerancia	Dimensiones lineales *	Base/ancho de rebajes	Diámetros de agujeros
Industrial	0.020	0.015	0.010
Posible	0.010	0.008	0.008
de precisión	0.005	0.004	0.004

\* Dimensiones lineales: alto, ancho, profundidad de la pieza y sus secciones a lo largo de paredes y aristas. Se permiten 0.250 cm adicionales para variaciones en la línea de partición.

## 2.14 Misceláneos

A pesar de la dificultad para pintar el PE, es perfectamente posible decorar piezas rotomoldeadas con el mismo [3]:

- Transferibles especiales pueden ser aplicados al molde y éstos, a su vez, son recogidos o captados por el PE durante la operación normal de moldeo [3].

# BOLETÍN: DISEÑO DE PIEZAS ROTOMOLDEADAS CON PE.



*Este boletín ha sido elaborado por la Gerencia de Mercadeo de Polinter con el apoyo de los especialistas de Investigación y Desarrollo, C.A. (INDESCA). El mismo está dirigido a todos los clientes usuarios de las resinas Venelene® y confiamos en que la información contenida en el mismo sea de su máximo provecho y utilidad.*

*En caso de que desee hacemos llegar cualquier comentario o sugerencia le agradecemos nos escriba a la siguiente dirección electrónica: [info@polinter.com.ve](mailto:info@polinter.com.ve) o a través de nuestro agente comercial: Corporación Americana de Resinas (CORAMER), con sucursales en Venezuela y Colombia (<http://www.coramer.com>)*

*La información descrita en esta documento es, según nuestro mejor conocimiento, precisa y veraz. Sin embargo, debido a que los usos particulares y condiciones de transformación están enteramente fuera de nuestro control, el ajuste de los parámetros que permiten alcanzar el máximo desempeño de nuestros productos para una aplicación específica, es potestad y responsabilidad del usuario.*

*Para obtener información más detallada de los aspectos de seguridad relativos al manejo y disposición de nuestros productos le invitamos a consultar las hojas de seguridad (MSDS) de los Polietilenos Venelene®.*