

X. Determinación de Parámetros en la Etapa de Empaque

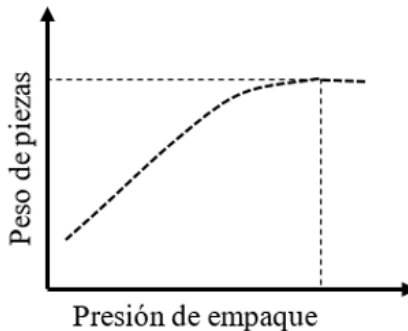
- **Laboratorio I - Determinación de la Presión de Empaque**
- **Laboratorio II - Determinación del Tiempo de Empaque**
- **Empaque de Moldes con Colada Caliente y Válvulas en los Bebederos**

Una vez más, recuerde que antes de continuar con estos laboratorios de *Moldeo UniversalTM*:

- Los equipos auxiliares están propiamente instalados y operando.
- Las temperaturas continúan propiamente ajustadas.
- Los ajustes del barril continúan propiamente programados.
- La fuerza de cierre continúa propiamente ajustada.
- La apertura de las platinas, sus movimientos, velocidades, y la protección del molde continúan propiamente ajustadas.
- El tiempo de enfriamiento es más grande de lo requerido, evitando que entorpezca la determinación de otros parámetros.
- La velocidad de inyección ideal ha sido determinada, ajustada y se está llenando alrededor de un 95% del llenado requerido por el molde.
- La presión límite de inyección ha sido determinada y ajustada.
- La etapa de empaque continúa apagada.
- Ha verificado y corregido el balance del llenado.

Importante -- solamente personal cualificado que se han leído los manuales operacionales de los equipos y entienden la funcionalidad del equipo debe operar y/o hacer ajustes a los mismos.

La presión de empaque se determina, aumentando la presión de empaque hidráulica o del fundido, hasta que las cavidades estén completamente llenas o al peso deseado.



X-1. Gráfica del efecto de la presión de empaque en el peso de las partes

Notas:

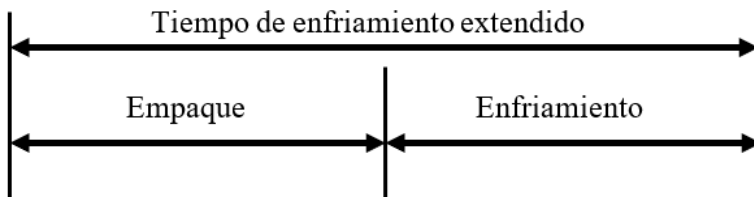
En este laboratorio, solo se pesan las piezas sin coladas.

Existen piezas que no pueden ser pesadas, como el sobre moldeo de terminales con cables largos y piezas que se deben desmoldar junto con la colada. En caso de que no sea posible pesar las piezas, considera lo siguiente:

- Alguna dimensión, como el grosor de alguna pared en una o múltiples cavidades. Si la presión de empaque aumenta, el grosor de esa pared también aumentará.
- La posición del colchón o la posición mínima del tornillo después del empaque. Si la presión de empaque aumenta, el colchón se reducirá.

Laboratorio I - Determinación de la Presión de Empaque

1. Ajuste el tiempo de empaque a un valor mayor al requerido. Por ejemplo, considere la mitad del tiempo de enfriamiento extendido que ha utilizado en los laboratorios anteriores. El objetivo es garantizar endurecimiento de bebederos (“*gate freeze*”), más adelante se optimiza el tiempo de empaque.
2. Anote un tiempo de enfriamiento igual a la diferencia entre tiempo de enfriamiento extendido y tiempo de empaque. Note que la suma entre el tiempo de empaque y el tiempo de enfriamiento será igual a tiempo de enfriamiento extendido.



X-2. Tiempo de enfriamiento extendido

Por ejemplo, en un laboratorio donde el tiempo de enfriamiento extendido es igual a 12 segundos, para garantizar endurecimiento de bebederos se consideró utilizar la mitad del tiempo de enfriamiento extendido.

Resultado:

Tiempo de empaque = 6 segundos
Tiempo de enfriamiento = 6 segundos

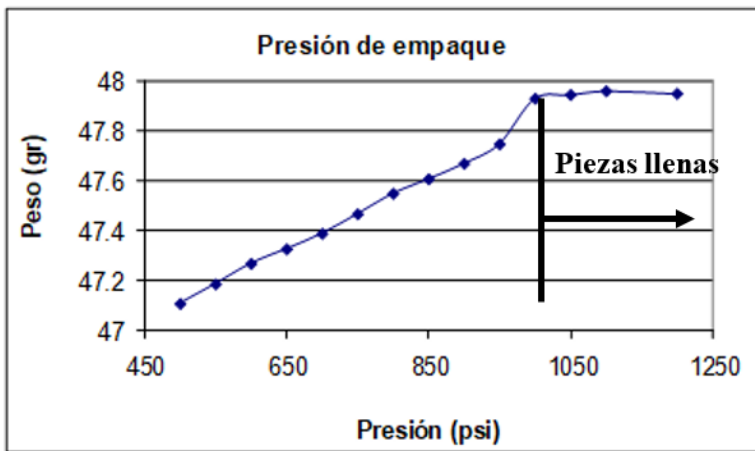
Importante, siempre garantice que el tiempo de enfriamiento sea mayor que el tiempo de plastificación. Se explicó en capítulos anteriores que, cuando expira el tiempo de enfriamiento, el permiso de abrir el molde será únicamente permitido si la plastificación terminó. En otras palabras, el molde se quedará cerrado hasta que se complete la plastificación, sin importar que expire el tiempo de enfriamiento. Consecuentemente el tiempo de enfriamiento se extenderá y, dependiendo de la inyectora, es posible que usted no se entere.

3. Haga un estudio de peso de piezas a distintas presiones de empaque. Inicie el experimento con una presión menor de la requerida. Por ejemplo, comience con un 10% de la presión de inyección adquirida al momento de la transferencia; luego incremente la presión hasta que consiga piezas completamente llenas o al peso deseado. Tome dos o tres muestras por presión y promedie el peso total de las partes. Tabule la data y grafique el peso de partes contra la presión de empaque. Solo pese las partes moldeadas sin la colada.

Presión (psi)	Peso promedio (gr)
500	47.11
550	47.19
600	47.27
650	47.33
700	47.39
750	47.47
800	47.55
850	47.61
900	47.67
950	47.75
1000	47.93
1050	47.95
1100	47.96
1200	47.95

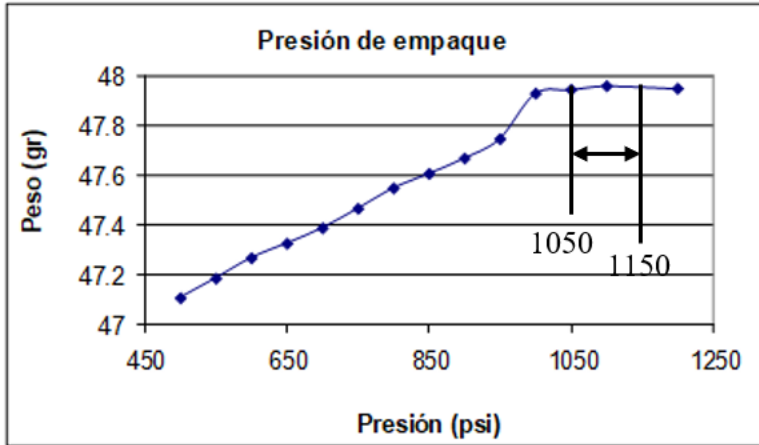
X-3. Tabla del efecto de la presión de empaque en el peso de las partes

En la gráfica a continuación, se revela que la presión dejó de contribuir al peso de las partes después de 1000 psi de presión de empaque.



X-4. Gráfica del efecto de la presión de empaque en el peso de las partes

4. Seleccione una presión donde el peso sea relativamente constante. En este ejemplo se seleccionó una presión de empaque mínima de 1050 psi hidráulico, parámetro de máquina. Lo normal sería seleccionar un rango de presión, por ejemplo de 1050 a 1150 psi.

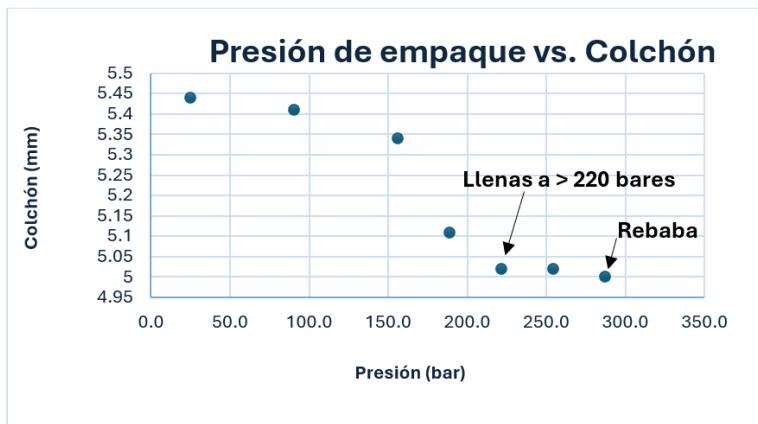


X-5. Gráfica indicando el rango de presión de empaque

5. Una vez que seleccione su rango de presión de empaque, conviértalo a parámetros **Universales**.

Ejemplo:

En un proceso de sobre moldeo, donde las piezas no poden ser pesadas, se decidió utilizar el efecto de la presión de empaque en la posición del colchón, ver la gráfica a continuación. La gráfica revela que el colchón dejó de contribuir al llenado cuando con una presión de empaque mayor de 220 bares y además mostró que presiones mayores de 260 bares generó rebaba.



X-6. Determinación de la presión de empaque con la posición del colchón

6. Después de seleccionar la presión de empaque, es esencial verificar el porcentaje del volumen inyectado durante la etapa de inyección, basado en la posición. Aunque el porcentaje inyectado por peso debería haberse comprobado durante la fase de determinación del tiempo de inyección ideal, es recomendable confirmarlo con un segundo método: por posición. Este es un método de verificación sencillo y efectivo que todos los procesadores de inyección deberían utilizar.

Verificación del % volumétrico inyectado basado en las posiciones del tornillo:

La fórmula para calcular este porcentaje es la siguiente:

$$\frac{\% \text{ volumen en la etapa de inyección} = \text{posición de plastificación} - \text{posición de transferencia}}{\text{posición de plastificación} - \text{posición del colchón}} * 100\%$$

En caso de que esté utilizando un control con parámetros *Universales* y trabaje con volumen en lugar de posición, aplique esta fórmula:

$$\frac{\% \text{ volumen en la etapa de inyección} = \text{volumen de plastificación} - \text{volumen de transferencia}}{\text{volumen de plastificación} - \text{volumen del colchón}} * 100\%$$

Ejemplo:

Determine el porcentaje de llenado durante la etapa de empaque en un proceso donde la posición de plastificación es $PP = 32\text{mm}$, la posición de transferencia es $PT = 6\text{mm}$ y una posición del colchón de $PC = 4\text{mm}$.

$$\% \text{ volumen en la etapa de empaque} = \frac{(PT-PC) \times 100\%}{(PP-PC)} = \frac{(6\text{mm}-4\text{mm}) \times 100\%}{(32\text{mm}-4\text{mm})} = 7\%$$

Esta ecuación se puede simplificar:

$$\% \text{ de volumen en la etapa de empaque} = 100\% - \% \text{ de volumen en la etapa de inyección}$$

Posteriormente, si es necesario, realice los ajustes incrementando o disminuyendo la posición de plastificación. Es importante tener en cuenta que si se modifica esta posición, es muy probable que tanto el tiempo de inyección como la presión máxima de inyección cambien. Si el ajuste es significativo, modifique la velocidad de inyección para que coincida con el tiempo de inyección ideal previamente determinado y ajuste la presión límite de inyección entre un 5% y un 10% por encima de la nueva presión máxima de inyección.

Finalmente, actualice su documentación técnica con las nuevas posiciones de plastificación y de colchón, las nuevas presiones de inyección máxima e inyección límite, y la velocidad de inyección ideal ajustada.

En este ejemplo la unidad de inyección utilizada tenía una razón de intensificación (R_i) de 12.2, y sus parámetros *Universales* correspondientes son:

Presión de empaque *Universal* = presión hidráulica x R_i

Presión mínima = 1050 psi x 12.2 = **12810 psi**

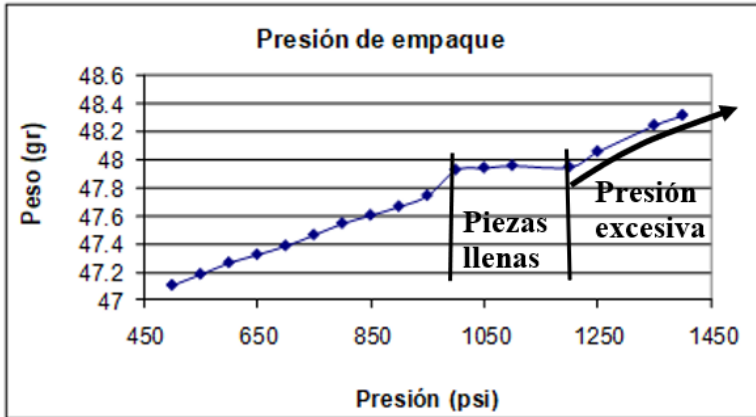
Presión máxima = 1150 psi x 12.2 = **14030 psi**

Presión promedio = 1100 psi x 12.2 = **13420 psi**

Notas:

- Aunque el objetivo sea dimensiones y no el peso, en estos momentos se debe trabajar con el peso de las piezas. Después del desmolde, las piezas experimentarán múltiples cambios de dimensiones por encogimiento.
- Solo pese las partes moldeadas sin la colada.

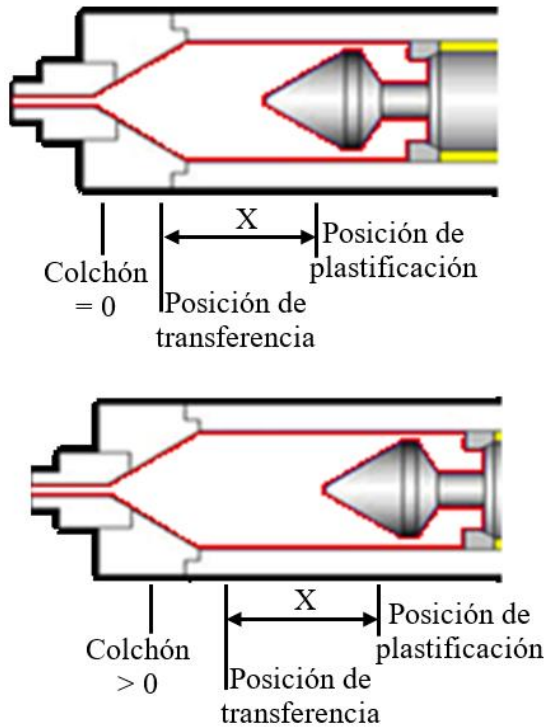
- Evite abrir el molde o forzar el fundido a que se cuele a espacios indeseados a consecuencia de presión excesiva. Una forma fácil de descubrir si la presión es excesiva es fijándose en la gráfica de presión contra peso de partes.



X-7. Gráfica indicando presión de empaque excesiva

En la gráfica, después de los 1,200 psi se inició una nueva tendencia, indicando que las cavidades se están abriendo o plástico se está colando.

- El colchón debe ser mayor de cero. Si alcanza a ser cero tendrá que aumentar el volumen de inyección. Esto pudo haber sucedido a consecuencia de un volumen de llenado muy por debajo del 95% en la etapa de inyección. Asumiendo que no hay defectos en la unidad de inyección, como la anilla (“*check ring*”) filtrando, incremente la posición de plastificación y la posición de transferencia la misma cantidad hasta que la posición final, después del empaque, sea mayor de cero. Si desea realizar este ajuste sin detener el proceso, primero aumente la posición del colchón y luego la posición de plastificación. De lo contrario, podría terminar con exceso de material, lo que podría dañar algunos moldes.



X-8. Corrección cuando el colchón es cero

Si el colchón alcanza a ser cero a consecuencia de una unidad de inyección defectuosa, como anilla filtrando, hable con el departamento de mantenimiento para que le repare el defecto.

Notas:

La posición final del colchón siempre es mayor de cero y menor que la posición de transferencia.

Si la posición del colchón termina siendo mayor que la posición de transferencia, existen dos escenarios posibles:

1. Presiones de empaque pequeñas: En algunas máquinas, cuando se programan presiones de empaque demasiado bajas, la posición del colchón puede moverse por encima de la posición de transferencia. Esta situación se resuelve al programar la presión de empaque adecuada.
2. Volumen excesivo en la etapa de inyección: Otra razón común es cuando se programan posiciones que resultan en un volumen de

llenado superior al 95% durante la etapa de inyección. La solución consiste en reducir ese porcentaje de llenado en dicha etapa.

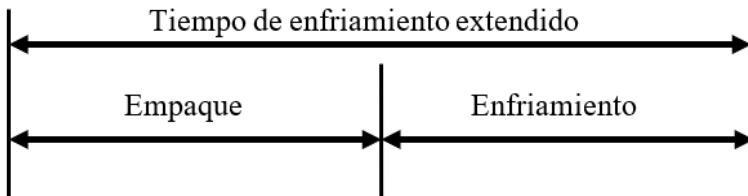
Estos cambios de posición afectarán la presión y el tiempo de inyección. Realice los ajustes necesarios.

Laboratorio II - Determinación del Tiempo de Empaque

El tiempo de empaque se determina con la prueba de endurecimiento de bebederos (“*gate freeze*”). Mientras el bebedero esté líquido, la presión de empaque mantiene el fundido en la cavidad. Una vez que el bebedero se endurece, el fundido no puede escaparse aun cuando la presión de empaque sea eliminada.

1. Ajuste la presión de empaque encontrada.
2. Sin cambiar la presión de empaque encontrada, disminuya el tiempo de empaque en intervalos hasta que el peso de las piezas comience a disminuir a causa de bebederos blandos, incapaces de retener el fundido comprimido dentro de las cavidades.

Con el propósito de mantener un ciclo total constante, la suma del tiempo de enfriamiento y el tiempo de empaque debe mantenerse constante. Por cada intervalo que se le resta al tiempo de empaque, se le debe sumar la misma cantidad al tiempo de enfriamiento.



X-9. Tiempo de enfriamiento extendido

3. Tabule los tiempos con sus correspondientes pesos totales de las partes obtenidas, y haga una gráfica de peso de las partes contra tiempo de empaque.

Tiempo empaque (s)	Peso promedio (gr)	Tiempo enfriamiento (s)
5.00	47.949	23.00
4.75	47.949	23.25
4.50	47.949	23.50
4.25	47.947	23.75
4.00	47.945	24.00
3.75	47.940	24.25
3.50	47.935	24.50
3.25	47.931	24.75
3.00	47.927	25.00
2.75	47.901	25.25
2.50	47.875	25.50
2.25	47.845	25.75
2.00	47.815	26.00
1.75	23.908	26.25

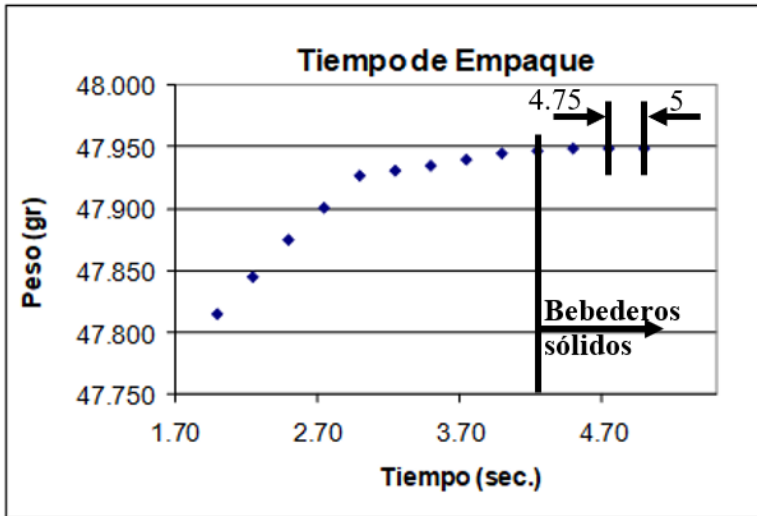
X-10. Tabla de peso de partes y sus respectivos tiempos de empaque y de enfriamiento

Aunque la columna de tiempo de enfriamiento no es graficada, inclúyala. Le ayudará durante la entrada de tiempos durante el experimento.

Notas:

- Por cada ajuste de tiempo de empaque, tome de dos a tres muestras y promedie el peso total de las piezas.
- Solamente tome el peso de las partes moldeadas sin la colada.
- Siempre garantice que el tiempo de enfriamiento sea mayor que el tiempo de plastificación.

4. En la gráfica, encuentre el tiempo donde el peso de las partes empezó a disminuir. Claramente se observa que se requerirán tiempos de empaque mayores de 4.5 segundos para garantizar endurecimiento de bebederos.



X-11. Gráfica del efecto del tiempo de empaque en el peso de las partes

El rango de tiempo de empaque seleccionado en este ejemplo es de 4.75 a 5 segundos.

Resumen de parámetros

Una vez completada la determinación de parámetros del empaque, resúmalos:

- tiempo de empaque determinado y su rango operacional
- presión de empaque (parámetro Universal y de máquina) determinada y su rango operacional
- tiempo de enfriamiento extendido remanente
- volumen y posición de plastificación
- colchón o posición final del tornillo después del empaque y su rango operacional.

Finalmente verifique que se ha programado el control de la máquina con los parámetros de empaque determinados.

Empaque de Moldes con Colada Caliente y Válvulas en los Bebederos

Con moldes con colada caliente, el procedimiento es similar; tendrá que garantizar endurecimiento de los bebederos.

Ahora si el molde además incluye válvulas de cierre en los bebederos (“*valve gates*”), las válvulas harán la función de endurecimiento de bebederos. Estas se programan de manera que el cierre de las válvulas ocurra cuando se cumpla el tiempo de empaque entrado. Estas válvulas, además de un buen acabado en el punto de inyección, reducen el tiempo de empaque, ya que no se tiene que esperar a que los bebederos se solidifiquen.

Notas:

- Si las válvulas cierran prematuramente es probable que termine con piezas incompletas.
- Si las válvulas cierran muy tarde podrían encontrarse con material endurecido en el asiento de las válvulas, que podrían dañar los bebederos en las cavidades. Consecuente, el defecto se reflejaría en el punto de inyección de las piezas.

Durante la etapa de empaque, garantizamos las medidas que son función de masa. No trate de corregir medidas térmicas en el laboratorio de empaque.

Amorfos	Semi-cristalinos
Problemas de sobre empaque dado a que tiene bajo encogimiento	Problemas de empaque incompleto dado a que tiene alto encogimiento
Problemas con rebaba	Hundimientos y huecos
Roturas durante el desmolde	Desmolde fácil
La transición de fundido-pastoso a solido es paulatino	La transición de fundido líquido a solido es repentina

X-12. Características mecánicas de los materiales que deben considerar durante el empaque

Preguntas

- 1) Aumentando la presión de empaque, se aumenta el peso de las piezas. Asumiendo que el molde no se abra, eventualmente se alcanza una presión donde el peso de las partes dejará de aumentar.
 - a. Cierto
 - b. Falso

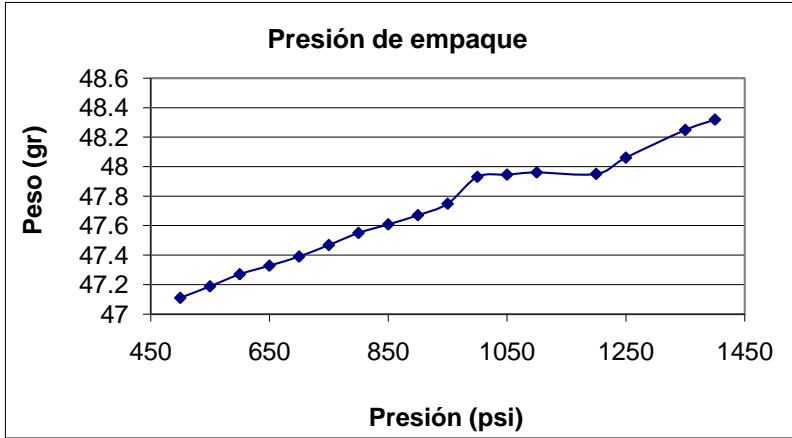
- 2) Cuando se crea la gráfica de presión de empaque, se utilizan las presiones de empaque y los pesos totales de las piezas con la colada.
 - a. Cierto, se utiliza el peso de las partes y la colada.
 - b. Falso, solo se utiliza el peso de las partes sin la colada.

- 3) En la determinación de la presión de empaque se evalúan las dimensiones que son efecto del encogimiento.
 - a. Cierto, en el empaque se consideramos las dimensiones de masa.
 - b. Falso, en el empaque solo consideramos las dimensiones de masa y no el encogimiento.

- 4) El tiempo de empaque se utiliza para
 - a. determinar las dimensiones térmicas.
 - b. mejorar el ciclo de operación.
 - c. determinar el endurecimiento de los bebederos.

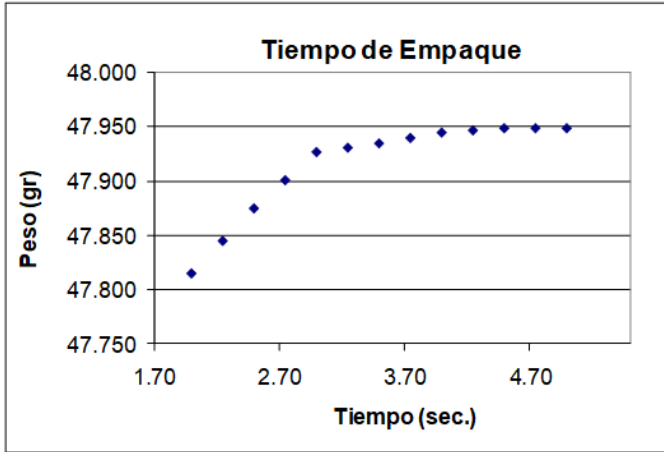
- 5) En un proceso se encontró un tiempo de empaque de 6 segundos. El tiempo de empaque *Universal* correspondiente sería
 - a. 6 segundos.
 - b. $6 \text{ segundos} \div \text{razón de intensificación}$.
 - c. $6 \text{ segundos} \times \text{razón de intensificación}$.

6) Utilizando la gráfica ilustrada seleccione todas las correctas.



- a. En la gráfica, después de los 1,200 psi se inició una nueva tendencia, indicando que el molde se está abriendo o plástico se está colando a consecuencia de presión excesiva.
- b. En la gráfica, a una presión de empaque de 850 psi obtenemos piezas completas.
- c. En la gráfica, la selección de 1050 psi es una presión de empaque adecuada.

7) Utilizando la gráfica ilustrada seleccione la frase correcta:



- Con un tiempo de empaque de 2 segundos conseguimos endurecimiento de los bebederos.
- Se observa que se requerirán tiempos de empaque mayores de 4.5 segundos para garantizar endurecimiento de bebederos.

8) Determine el porcentaje de llenado durante la etapa de empaque en un proceso donde la posición de plastificación es *PP*, la posición de transferencia es *PT* y la posición del colchón es *PC*.

- % volumen en la etapa de empaque = $\frac{(PT-PC) \times 100\%}{(PP-PC)}$
- % volumen en la etapa de empaque = $\frac{(PP-PC) \times 100\%}{(PP-PC)}$
- % volumen en la etapa de empaque = $\frac{(PP-PT) \times 100\%}{(PP-PC)}$

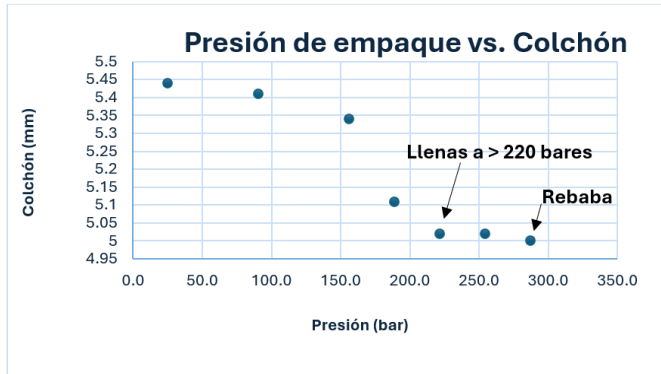
9) Determine el porcentaje de llenado durante las etapas de inyección y de empaque en un proceso donde la posición de plastificación es *PP*, la posición de transferencia es *PT* y la posición del colchón es *PC*.

- % volumen en la etapa de inyección = $\frac{(PP-PC) \times 100\%}{(PP-PT)}$
 % volumen en la etapa de empaque =
 100% - % volumen en la etapa de inyección
- % volumen en la etapa de inyección = $\frac{(PT-PC) \times 100\%}{(PP-PC)}$
 % volumen en la etapa de empaque =
 100% - % volumen en la etapa de inyección

$$c) \% \text{ volumen en la etapa de inyección} = \frac{(PP-PT) \times 100\%}{(PP-PC)}$$

$$\% \text{ volumen en la etapa de empaque} = 100\% - \% \text{ volumen en la etapa de inyección}$$

10) ¿A qué presión de empaque se llenaron las cavidades?



- a) entre 220 y 250 bares
- b) 200 bares
- c) 300 bares