

Trabajo Final de Carrera

*Variaciones dimensionales en piezas
plásticas de inyección y análisis de los
medios de control*

Rebeca Barra García

Ingeniería en Organización Industrial

Director: Xavier Armengol Vila

Vic, junio de 2014

Resumen del Trabajo Final de Carrera
Ingeniería en Organización Industrial

Título: Variaciones dimensionales en piezas plásticas de inyección y análisis de los medios de control

Palabras clave: Variación dimensional, piezas plásticas, inyección, medios de control.

Autor: Rebeca Barra García

Dirección: Xavier Armengol Vila

Data: Junio de 2014

Resumen

En la industria de la automoción, así como en todas las que se dedican a fabricar piezas, ya sean plásticas o de otros materiales, es tan importante la Producción como la Calidad. No sirve de nada fabricar mucho si no son piezas de una calidad adecuada, y del mismo modo no es rentable fabricar muy poco volumen por mucho que tenga una calidad excelente. Por ello hay que buscar siempre el equilibrio entre ambos conceptos. La finalidad es tener procesos lo más robustos posibles que nos permitan fabricar cantidad con una buena calidad.

La finalidad de este trabajo es buscar los parámetros que más afectan en un proceso de inyección, es decir, saber cuáles son los que debemos tener bajo control para lograr una calidad de piezas buena y un proceso estable y controlado. Para ver si el proceso es capaz de lograr ese objetivo utilizamos gráficos basados en la teoría de 6-sigma que nos calculan el coeficiente de capacidad del proceso (C_{pk}). A su vez analizaremos los sistemas de medida que utilizamos en cada una de las piezas analizadas para evaluar si son los correctos y nos permiten discriminar piezas buenas de malas en el proceso productivo.

La conclusión del trabajo es que hay que prestar especial atención en controlar aquellos aspectos de un proceso que nos aportan variación, y no invertir tiempo ni dinero en aquellos otros que no nos aportan valor añadido y que no afectan sustancialmente al proceso. Este análisis por supuesto lleva su coste, que he analizado y plasmado en las conclusiones para saber lo que le cuesta aproximadamente a una empresa realizarlo.

Final Project Degree Summary
Organization Industrial Engineering

Title: Dimensional changes in injection plastic parts and analysis measurement system

Key words: Dimensional change, plastic parts, injection, control equipment.

Author: Rebeca Barra García

Direction: Xavier Armengol Vila

Date: June 2014

Summary

In automotive industry, as in others which manufacture parts (plastic parts or any material ones), it is as important the Manufacturing as the Quality. It is useless to manufacture a lot of parts without the correct Quality, but in the same way, it is not profitable to manufacture little part volume with an excellence quality. Consequently, we have to find the balance between both concepts. The purpose is making very robust processes which allow us to manufacture a lot of parts with good Quality.

The objective of this work is finding the more influential parameters in an injection process, so, we have to know which of these parameters we have to control to get correct quality parts and to have a stable process and under control. To know if the process is capable, we use some control charts based in six sigma theory, which allow us to calculate the capability process coefficient (Cpk or Ppk). In addition, we are going to analyze the measurements system using in the control of each part to check if they are correct for these parts and allow us distinguish the right parts from the bad ones.

The conclusion of this work is that we have to pay special attention in those aspects in a manufacturing process which produce some variation in that process. It is useless to invert time and money in those others which not give us any information and not affect substantially in our process. Unavoidably, this analysis costs money. This cost is in the conclusions of the work, I have calculated the time and the money we have to invest in a company for doing this kind of study.

INDICE

1. Introducción
2. Objetivos y metodología
3. Desarrollo
 - 3.1. Los plásticos y sus propiedades
 - 3.2. Plásticos reforzados
 - 3.3. Materiales concretos a estudiar
 - 3.3.1. PP+EPDM
 - Medición del diámetro
 - Parámetros más influyentes en la inyección
 - Comportamiento en función de diferentes parámetros
 - 3.3.2. PP+GF30
 - Medición del diámetro
 - Comportamiento en función de diferentes parámetros
 - 3.3.3. PA6+GF30
 - Medición del diámetro
 - Comportamiento en función de diferentes parámetros
4. Medios de control adecuados en producción
5. MSA (Análisis de los sistemas de medida)
6. Conclusiones
7. Bibliografía

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la precisión y la calidad son palabras claves en el mundo del automóvil: todos los grandes constructores tienden cada vez a ser más exigentes para acercarse lo más posible a la calidad perfecta (perfección que, por la propia definición del término no se alcanza nunca). De este modo, asistimos a un descenso continuo de las tolerancias de construcción.

Para ello se necesitan útiles de control para verificar cualquier punto de cada pieza: interiores, exteriores, motor... absolutamente todo está controlado a décimas o centésimas.

La naturaleza de la pieza debe diferenciar el diseño de los medios de control. No se necesita la misma precisión para piezas estampadas de chapa, que para piezas inyectadas en plástico o para piezas sopladas. Cada tecnología tiene sus limitaciones. Tampoco podemos quitar calidad o prestaciones a los medios de control o de fabricación, simplemente para abaratar costes. Debemos actuar con criterio y con sentido común. La precisión no hace toda la calidad: es necesaria pero la calidad incluye muchos más factores. Más que buscar una perfección casi imposible, que genera costes enormes, hay que saber encontrar el equilibrio y no olvidar que lo importante es la calidad entendida como la satisfacción del cliente y sus necesidades.

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El objetivo de este estudio es analizar los diferentes comportamientos de diversos materiales utilizados en la fabricación de piezas plásticas, estudiando las contracciones que se producen en función de diferentes parámetros de inyección o soplado, como pueden ser la temperatura del material, el tiempo de inyección, el tiempo de compactación... La mayoría de estos parámetros influyen en la manera de comportarse de los diferentes materiales y por consiguiente en las dimensiones finales de las piezas.

Es necesario conocer las características y propiedades de los diferentes materiales para saber cómo se van a comportar en cada una de las situaciones y poder avanzar los parámetros que más van a afectar en la fabricación de las piezas.

Para ello analizaremos las propiedades de tres materiales bastante utilizados en la fabricación de piezas de plástico, pertenecientes a la familia de los termoplásticos, y que son PP+EPDM, PP+GF30 y PA6+GF30.

Fabricaremos piezas en cada uno de los materiales con diferentes parámetros de máquina y mediremos una característica dimensional que nos aporte información, como puede ser diámetro de una boca, que suele ser una dimensión que varía fácilmente con los diferentes parámetros, para analizar la relación entre material-parámetros-dimensiones.

Una vez tengamos las piezas medidas realizaremos el estudio R&R del medio de control que vayamos a utilizar para controlar dicha característica en producción y saber así si dicho medio de control (generalmente calibre pasa-no pasa) es adecuado o no para el control de la dimensión.

Un estudio R&R es un análisis de la influencia de varios factores en un proceso de medida o de control dimensional para saber si el equipo utilizado es lo suficientemente robusto como para no dejarse influenciar por dichos factores (operario que lo utiliza, incertidumbre del equipo de medida, la dimensión a controlar,...)

3. DESARROLLO

3.1. LOS PLASTICOS Y SUS PROPIEDADES

Vamos a hablar continuamente de materiales pertenecientes a la familia de los **termoplásticos**.

Un termoplástico es un plástico que, a temperaturas relativamente altas se vuelve deformable o flexible, se derrite cuando se calienta y se endurece en un estado de transición vítrea cuando se enfría lo suficiente. La mayor parte de los termoplásticos son polímeros, es decir, macromoléculas formadas por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeros. Los polímeros termoplásticos difieren de los polímeros termoestables en que después de calentarse y moldearse pueden recalentarse y formar otros objetos. Esto es muy útil para poder reciclar y reutilizar estos materiales.

Lo único que hay que tener en cuenta es que sus propiedades físicas cambian gradualmente si se funden y se moldean varias veces (historial térmico), generalmente disminuyendo estas propiedades al debilitar los enlaces.

Los más usados son: el **polietileno** (PE), el **polipropileno** (PP), el polibutileno (PB), el poliestireno (PS), el polimetilmetacrilato (PMMA), el policloruro de vinilo (PVC), el politereftalato de etileno (PET), el teflón (o politetrafluoretileno, PTFE) y el nylon, que es un tipo de **poliamida** (PA).

Se diferencian de los termoestables o termofijos (baquelita, goma vulcanizada) en que éstos últimos no funden al elevarlos a altas temperaturas, sino que se queman, siendo imposible volver a moldearlos.

Muchos de los termoplásticos conocidos pueden ser resultado de la suma de varios polímeros, como es el caso del vinilo, que es una mezcla de polietileno y polipropileno. De hecho, los termoplásticos se mezclan a menudo con otros materiales para darles propiedades que ellos por si mismos no tienen, o mejorar algunas otras que nos beneficiarán a la hora de fabricar nuestras piezas finales.

Los tres termoplásticos más utilizados en mi empresa a la hora de fabricar piezas son: PA (poliamida), PE (polietileno) y PP (polipropileno). Este último es sin duda en material estrella, ya que se utiliza en gran cantidad de aplicaciones y combinado con otros materiales para mejorar sus propiedades.

En el **Anexo 1** tenemos una breve descripción de cada uno de estos tres materiales, y en el **Anexo 2** una descripción más detallada del principal material que utilizamos en las piezas fabricadas por nosotros, el PP.

La mayoría de los materiales que utilizamos en automoción se complementan con refuerzos que les confieren nuevas propiedades que no tienen por ellos mismos, o refuerzan algunas de las que ya tienen.

3.2. PLASTICOS REFORZADOS

En el diseño de los plásticos reforzados intervienen cuatro tipos distintos de materias primas: matrices, las fibras de refuerzo, las cargas y los aditivos. Estos constituyentes se combinan libremente en las proporciones deseadas para formar el producto final.

- Las **matrices**: son termoplásticos (polipropileno, poliamida, ...)
- Las **fibras de refuerzo**: se integran en el plástico durante el proceso de fabricación y contribuyen a elevar las propiedades mecánicas del compuesto final, fundamentalmente la resistencia a la tracción. Las fibras pueden ser de origen mineral como la fibra de vidrio, de carbono, de boro, cerámica o metálica o de origen orgánico como son las fibras de aramida.
- Las **cargas**: son materias primas opcionales y se emplean generalmente para abaratar los costes de fabricación sin que aporten, por lo general, ninguna característica reseñable. Destacan el carbonato de calcio, la dolomía (carbonato doble de calcio y magnesio), el talco, el caolín, el feldespato, la wollastonita y sílice.
- Los **aditivos**: Son productos químicos que varían algunas características del plástico. Algunos aditivos son imprescindibles como aceleradores y catalizadores necesarios para conseguir el endurecimiento de las resinas

termoestables, y los agentes de desmoldeo. Otros en cambio son opcionales, destacan los pigmentos y colorantes que dan al plástico final el color deseado mediante la coloración masiva de todo el plástico evitando el pintado posterior y la persistencia del color en el producto final al sufrir pequeños arañazos o raspaduras superficiales. También se añaden aditivos anti-ultravioleta al plástico reforzado para evitar el envejecimiento prematuro en plásticos destinados a exteriores.

Los principales materiales que utilizamos añadidos a los termoplásticos para mejorar sus propiedades son la fibra de vidrio y el talco:

- Talco Industrial.

Este es un mineral de Silicato de Magnesio, se presenta en forma de polvo con tamaño pequeño de partícula para usarlo como refuerzo. Se encuentra disponible en diferentes grados. Genera un módulo de flexión y resistencia a la tensión mayor que el carbonato de calcio. Se utiliza principalmente para abaratar el material.

- Fibra de Vidrio.

Debido a su naturaleza fibrosa el vidrio proporciona el mejor refuerzo. La fibra de vidrio produce la más alta resistencia a la tensión, módulo de flexión, temperatura de distorsión al calor e impacto Izod. El módulo de encogimiento es el menor de cualquiera de los otros refuerzos.

En el **Anexo 3** tenemos desarrolladas las principales características que se mejoran en el PP cuando se les añade estos dos principales refuerzos.

3.3. MATERIALES CONCRETOS A ESTUDIAR

3.3.1. PP+EPDM

El primer material que vamos a estudiar y analizar es el PP (polipropileno) con un añadido: EPDM

¿Qué es el EPDM?

Su nombre completo es **caucho de etileno propileno dieno** y es un termopolímero elastómero que tiene buena resistencia a la abrasión y al desgaste. La composición de este material contiene entre un 45% y un 75% de etileno, siendo en general más resistente cuanto mayor sea este porcentaje.

Tiene buenas propiedades como aislamiento eléctrico, una resistencia muy buena a los agentes atmosféricos, ácidos y álcalis, y a los productos químicos en general, siendo susceptible a ataque por aceites y petróleos. La temperatura de trabajo oscila entre los -40 y los 140 °C.

PP – EPDM (ETILENO PROPILENO CAUCHO POLIPROPILENO)

Tipo del plástico: Termoplástico.

Información: Estructura elástica, con buena recuperación de la deformación por impacto.

Su aspecto y tacto es ceroso.

Se suelda con facilidad.

Resistente a la mayoría de los disolventes.

Se daña fácilmente al cizallamiento.

A partir de 90° tiende a deformarse.

En el desbarbado de la soldadura tiende a embotarse con facilidad.

Éste plástico presenta una mayor elasticidad y resistencia al impacto que el PP puro.

Temperatura de soldadura: 275° 300°.

Arde: Bien.

Humo: Ligero.

Color de la llama: Amarillo y azul.

La pieza que vamos a inyectar con dos parámetros diferentes y a analizar después su comportamiento va a ser un fuelle (**Fig.3.3.1.1**). Trabajamos bastante con fuelles de inyección de PP+EPDM o fuelles de caucho que compramos a otros proveedores ya que nosotros no trabajamos con ese material ni tecnología.



Fig.3.3.1.1 Fuelle en 3D

La característica dimensional que vamos a medir para encontrar diferencias y poder evaluar la influencia de los parámetros y del material en las características de la pieza va a ser el diámetro de una de las bocas de este fuelle, la boca A (**Fig.3.3.1.2**). Estos diámetros son una de las características más importantes de nuestras piezas y las cuáles tenemos que asegurar su calidad.

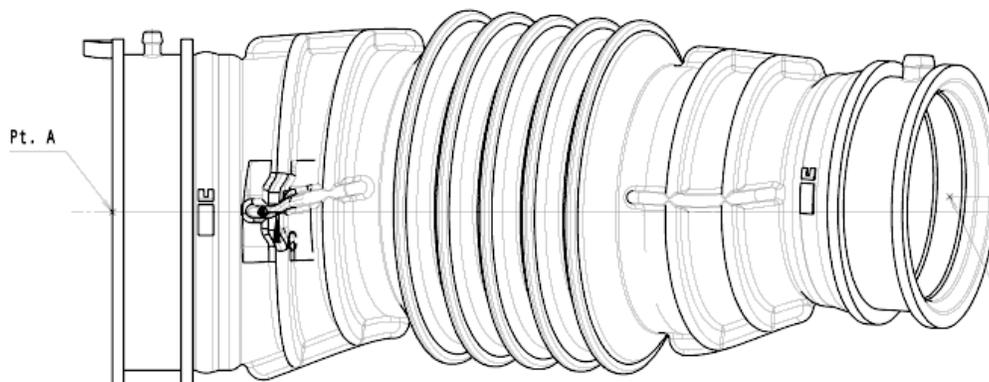


Fig.3.3.1.2 Boca a estudiar (Punto A)

El nominal y la tolerancia de este diámetro es: $\varnothing 75.6 \pm 0.5$ (**Fig.3.3.1.3**)

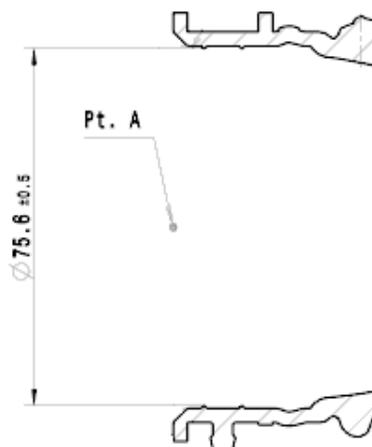


Fig.3.3.1.3 Dimensión de la boca a estudiar

El PP+EPDM que utilizamos nosotros para la fabricación de estos fuelles tiene el nombre comercial de **Santoprene 101-73**, y el fabricante es Exxon Mobil.

En la especificación del propio fabricante (**Anexo 4**), nos dice que es un termoplástico vulcanizado (TPV) blando, negro y versátil de la familia de los termoplásticos elastómeros (TPE). Este material combina las buenas propiedades físicas con la buena resistencia química para poder ser utilizado en un gran rango de aplicaciones. Puede ser procesado como los termoplásticos convencionales por métodos como la inyección, extrusión, soplado, termoformado o embutición. Tiene una base de poliolefina y es completamente reciclable.

Los termoplásticos vulcanizados se utilizan en una gran cantidad de aplicaciones internas de vehículos (como es nuestro caso), para conferir fuerza, resistencia y flexibilidad. Resiste temperaturas extremas, exposiciones químicas y severas condiciones ambientales. Su utilización hace que se reduzca el peso y el coste total pero sin reducir el rendimiento. Es ideal para conductos de aire, tubos, juntas moldeadas, arandelas, fuelles de suspensión, revestimiento de cables, enchufes, parachoques y otras muchas piezas.

En nuestra especificación de compra le exigimos las siguientes características, que comprobamos en cada lote que recibimos del fabricante, bien mediante el

certificado que nos envía o bien mediante ensayos que nosotros realizamos en nuestro Laboratorio. Ver **Tabla 3.3.1.1**:

Nº	Test	Norma Standard	Unidad	Exigido
1	DUREZA	ISO 868/ ASTM D-2240	Shore A (5s)	69 - 79 ⁽¹⁾
2	DUREZA	DIN 53505	Shore A (15s)	76 – 82 ⁽²⁾
3	DENSIDAD	DIN ISO 1183	g/cm ³	0,97 ± 0,05
4	CONTENIDO EN CARGAS	ISO 3451/1	%	---
5	CONTENIDO EN HUMEDAD	AQUATRAC (ISO15512)	%	< 0,1
6	ÍNDICE DE FLUIDEZ MFR 230/5	DIN ISO 1133	g/10min	---
7	ÍNDICE DE FLUIDEZ MVR 230/5	DIN ISO 1133	cm ³ /10min	---
8	PUNTO DE FUSIÓN	DIN 53736	°C	

Tabla 3.3.1.1: Especificación de compra del Santoprene 101-73

- **Medición del diámetro con ambos parámetros**

Hemos fabricado 30 piezas con los parámetros que se adjuntan en el **Anexo 5**, y entre los que caben destacar los siguientes:

- Temperatura de cámara caliente
- Tiempo de inyección
- Tiempo y presión de compactación
- Tiempo de refrigeración

Además del diámetro también he apuntado el peso porque es una característica que resulta muy útil a la hora de analizar algún cambio sustancial en el proceso de fabricación de una pieza de plástico.

PIEZAS Nº	PARÁMETROS 1		PARÁMETROS 2	
	DIÁMETRO (mm)	PESO (gramos)	DIÁMETRO (mm)	PESO (gramos)
1	75,67	230,1	75,42	232,2
2	75,62	230,5	75,36	232,3
3	75,72	230,3	75,42	232,2
4	75,62	230,6	75,40	232,3
5	75,53	230,8	75,44	232,3
6	75,65	230,7	75,40	232,3
7	75,67	230,2	75,40	232,2
8	75,62	230,3	75,43	232,3
9	75,57	230,5	75,35	232,1
10	75,65	230,2	75,38	232,3
11	75,50	230,9	75,31	232,3
12	75,69	230,4	75,25	232,3
13	75,58	230,7	75,26	232,2
14	75,61	230,6	75,41	232,3
15	75,55	230,2	75,43	232,2
16	75,64	230,2	75,44	232,3
17	75,70	230,1	75,38	232,3
18	75,61	230,3	75,39	232,4
19	75,57	230,4	75,39	232,2
20	75,61	230,3	75,37	232,3
21	75,71	230,1	75,43	232,2
22	75,67	230,0	75,38	232,1
23	75,67	230,1	75,44	232,0
24	75,66	230,2	75,40	232,3
25	75,61	230,4	75,42	232,1
26	75,52	230,5	75,42	232,0
27	75,63	230,1	75,44	232,1
28	75,61	230,5	75,43	232,3
29	75,64	230,3	75,45	232,3
30	75,63	230,1	75,47	232,2
MEDIA	75,62	230,3	75,40	232,2

Tabla 3.3.1.2: Resultado de la medición de los diámetros del fuelle

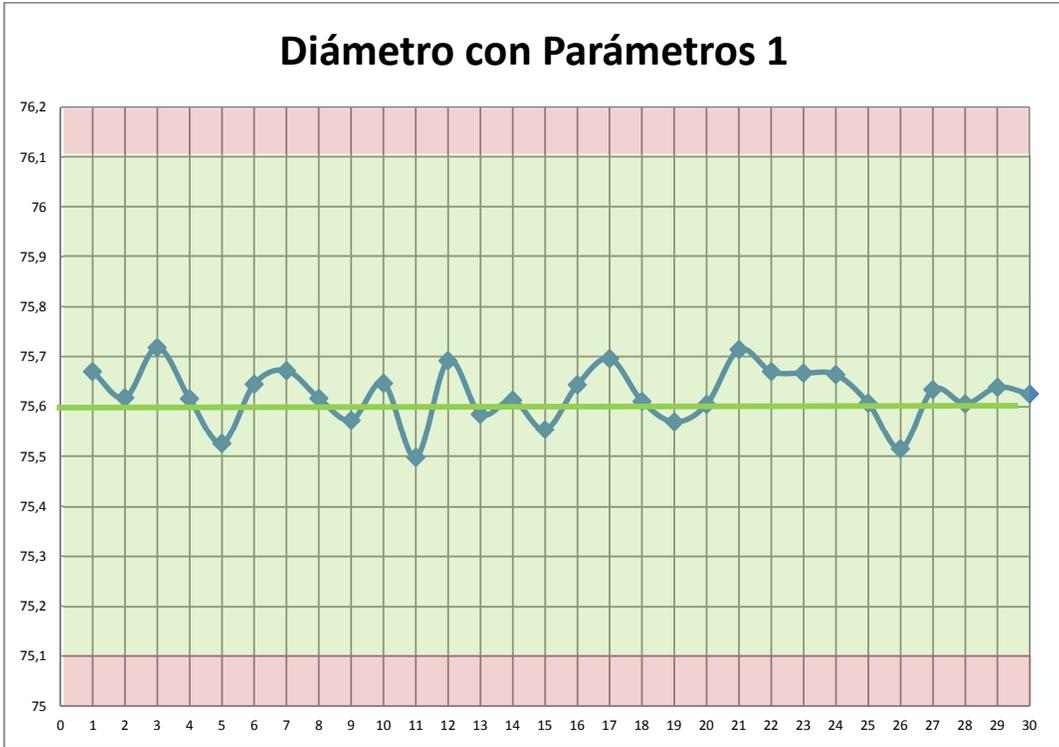


Diagrama 3.3.1.1: Gráfico de diámetros con Parámetros 1

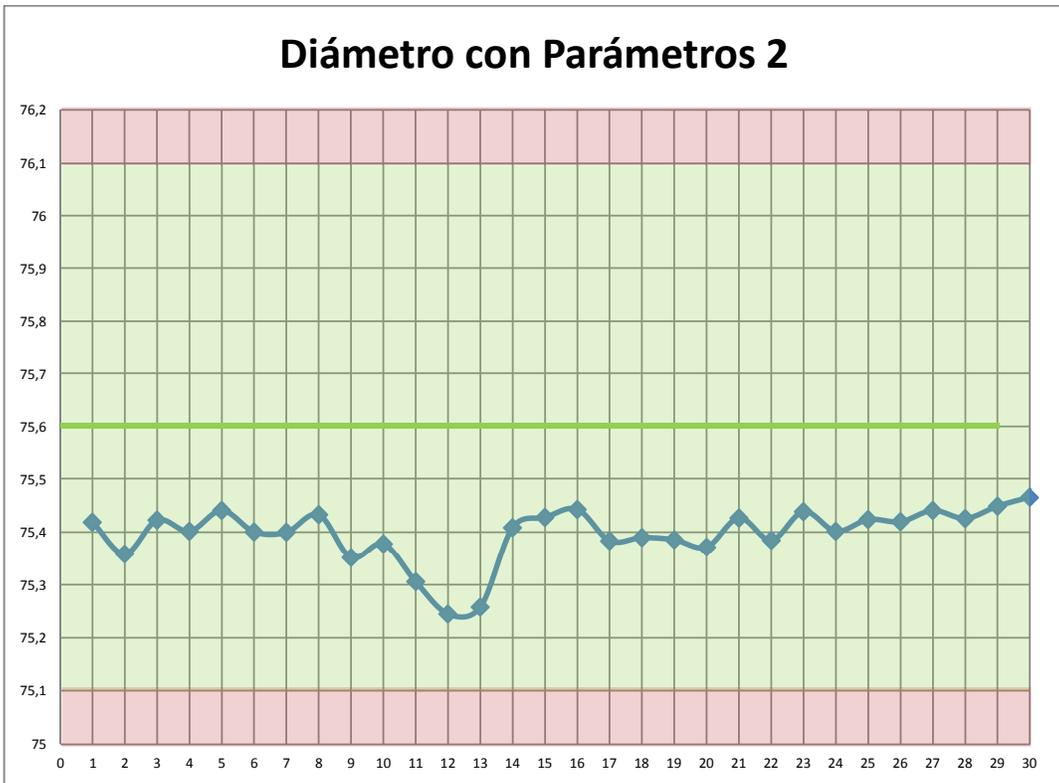


Diagrama 3.3.1.2: Gráfico de diámetros con Parámetros 2

- **Parámetros más influyentes en la inyección**

Hay un sinnúmero de parámetros que influyen en la inyección de los materiales, pero los más importantes y los principales que debemos tener en cuenta en estos procesos son los siguientes:

- **Temperatura de la cámara caliente:** es la temperatura a la que se calienta el material para introducirlo en el interior del molde. La temperatura del material aumenta gradualmente desde que entra en la tolva hasta que está preparado para ser inyectado. Esta temperatura es función del tipo de material y no debe ser superior a la temperatura a la que empieza a descomponerse, pero debe ser lo suficientemente elevada para que el material fluya correctamente.

En la imagen siguiente (**Fig.3.3.1.4**) podemos observar las partes de las que consta principalmente un molde de inyección.

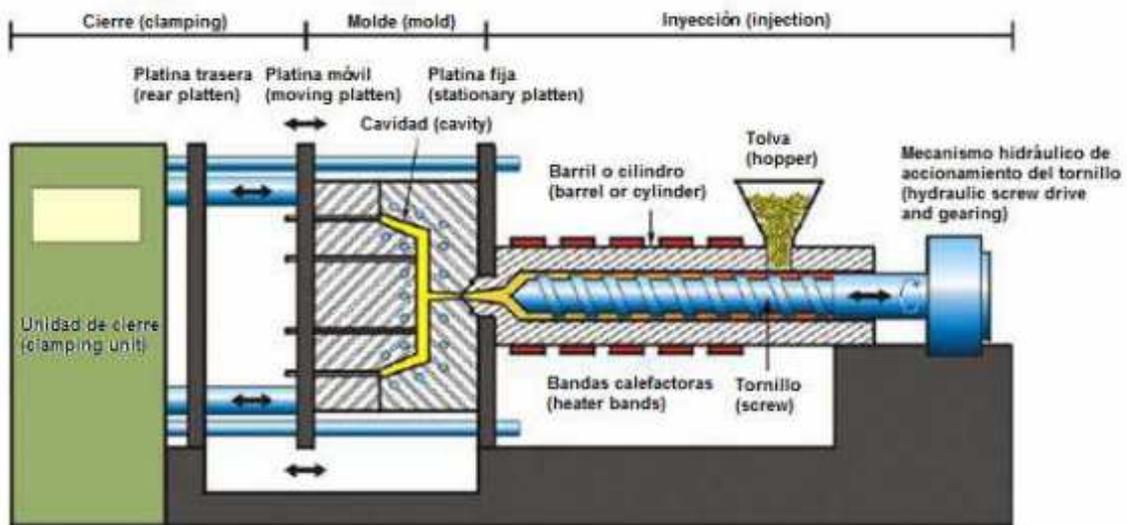


Fig.3.3.1.4 Partes principales de una inyectora

- **Tiempo de inyección:** en este paso se inyecta el 90% del material, con lo que cuanto más tiempo de inyección tengamos más material podremos inyectar en este paso. El tiempo y velocidad de inyección depende de otros factores como son la presión de inyección, la temperatura de la cámara caliente, las

características del material utilizado y el camino que debe recorrer el material hasta llenar el molde. El tiempo de inyección es el tiempo necesario para que el tornillo realice el recorrido hacia delante obligando al material a introducirse dentro del molde. Normalmente este tiempo no es mayor de 2 segundos, y raramente sobrepasa los 3 segundos.

- **Tiempo y presión de compactación o segunda presión:** en este momento el material del interior del molde ha empezado ya a enfriarse y por lo tanto a contraer, por lo que se inyecta un poco más de material para contrarrestar esa contracción. Es uno de los parámetros más importantes, el peso final de la pieza, su estabilidad dimensional, y las tensiones internas que pudieran aparecer dependen de cómo se realice esta etapa, que finaliza en el momento en que el material que ocupa la entrada del molde se solidifica.
- **Refrigeración o tiempo de enfriamiento:** se considera el tiempo desde que termina la fase de compactación hasta que se abre el molde, pero en realidad la pieza comienza ya a enfriarse en el momento en el que el material toca las paredes frías del molde.
- **Apertura de molde:** este tiempo está relacionado con el desmoldeo de la pieza, se elimina la presión, el molde se abre y se expulsa la pieza.

A priori, sin entrar a analizar todavía los datos de nuestro caso particular podemos adelantar cómo afecta cada uno de estos parámetros en el diámetro final de la boca que estamos estudiando:

- La **temperatura utilizada finalmente para inyectar**, afectará la calidad de la pieza porque influirá en el grado de contracción de la misma. Así, **a mayor temperatura de inyección, mayor será el cambio volumétrico entre el plástico fundido y sólido, por tanto, existirá una mayor contracción.** A pesar de ello, utilizar una temperatura de inyección mayor, supondrá que la viscosidad del material sea menor permitirá entonces una mejor compactación, en el interior de la cavidad del molde, con lo que la contracción disminuirá. El grado de contracción final dependerá del equilibrio entre estos dos factores.

- El **tiempo de inyección** se relaciona con la **velocidad de inyección** de manera inversa. Así, tiempos de inyección pequeños implican velocidades muy elevadas. Además, la velocidad de inyección también está relacionada directamente con la presión de inyección. A velocidades muy altas la presión de inyección crece muy rápidamente, a causa de la resistencia al flujo en la boquilla y en la entrada de la cavidad. Con velocidades menores, en cambio, el plástico se va solidificando a medida que se inyecta el material, aumentando la viscosidad y disminuyendo la sección de paso.
- Si el **tiempo de compactación** es demasiado corto el plástico puede salir de la cavidad hacia el sistema de alimentación y la unidad de inyección con los consiguientes cambios de orientación y disminución de la tenacidad de la pieza, fluctuaciones en el peso, falta de reproducibilidad y una gran variedad de defectos.
- A **mayor tiempo de refrigeración**, más estable está la pieza en el momento de desmoldear y menos sufre con este proceso, por lo tanto también **menor diámetro**. Pero en este caso es debido a la manera en que desmoldea la pieza: se sopla aire interiormente, la pieza se hincha y así podemos sacar el macho interior. En este proceso es inevitable que el diámetro interior se haga más grande de la cuenta.
- A **mayor tiempo de desmoldeo**, más tiempo estamos deformando la pieza y **más grande será el diámetro** cuando la pieza vuelva a su ser.

En la imagen siguiente (**Fig.3.3.1.5**) podemos ver una la distribución que siguen cada uno de los pasos de los que consta un ciclo normal de inyección.

Ciclo de inyección

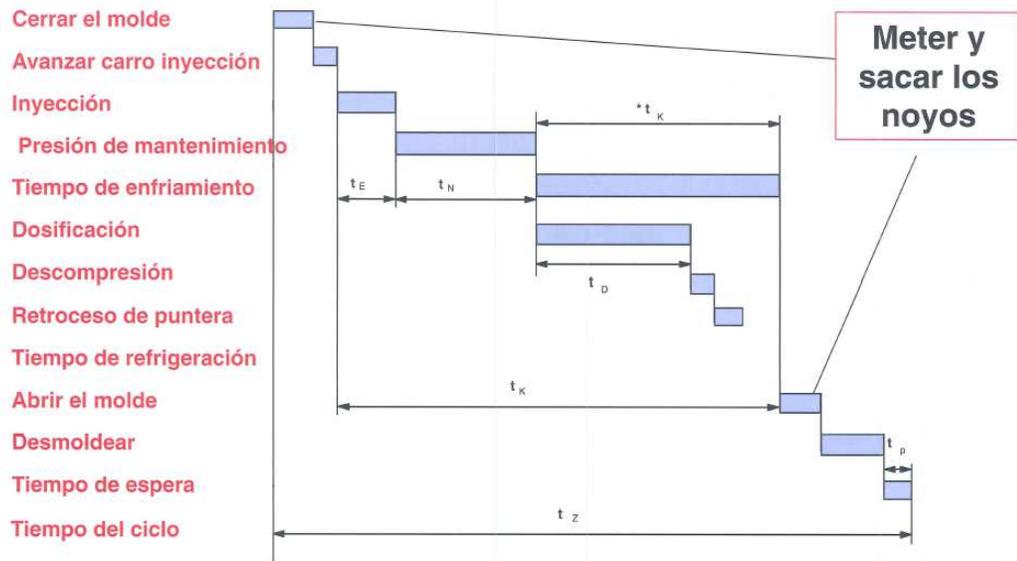


Fig.3.3.1.5 Ciclo de inyección

- **Comportamiento en función de diferentes parámetros**

Podemos observar que con los segundos parámetros el diámetro nos sale más pequeño, alrededor de dos décimas. Podría parecer que no es mucho, en este caso tenemos una tolerancia de ± 0.5 (1 mm) que asume completamente esta variación, pero si tuviéramos una tolerancia más ajustada esta diferencia podría hacer que nos saliéramos fuera de especificación.

Esto es útil para el caso en que tengamos que cumplir **Capacidad del Proceso**, es decir, tuviéramos que demostrar que nuestro proceso es estable y capaz, y que todos los valores los tenemos dentro de la curva de distribución normal. La Capacidad del proceso es una propiedad medible de un proceso que puede calcularse por medio del índice de capacidad del proceso (Cpk) o del índice de prestación del proceso (Ppk). El resultado de esta medición suele representarse con un histograma que permite calcular cuántos componentes serán producidos fuera de los límites establecidos en la especificación.

Para ambos casos tenemos una distribución como las que se ven en las **Fig. 3.3.1.6 y 3.3.1.7**. El documento completo está en el **Anexo 6**.

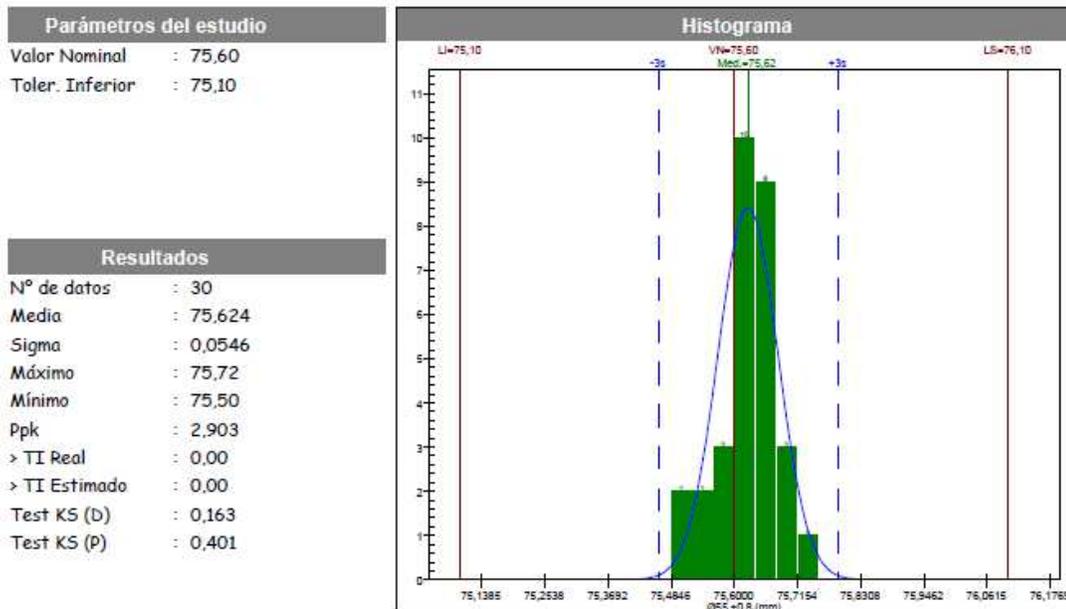


Fig. 3.3.1.6: Ppk y curva de distribución con parámetros 1

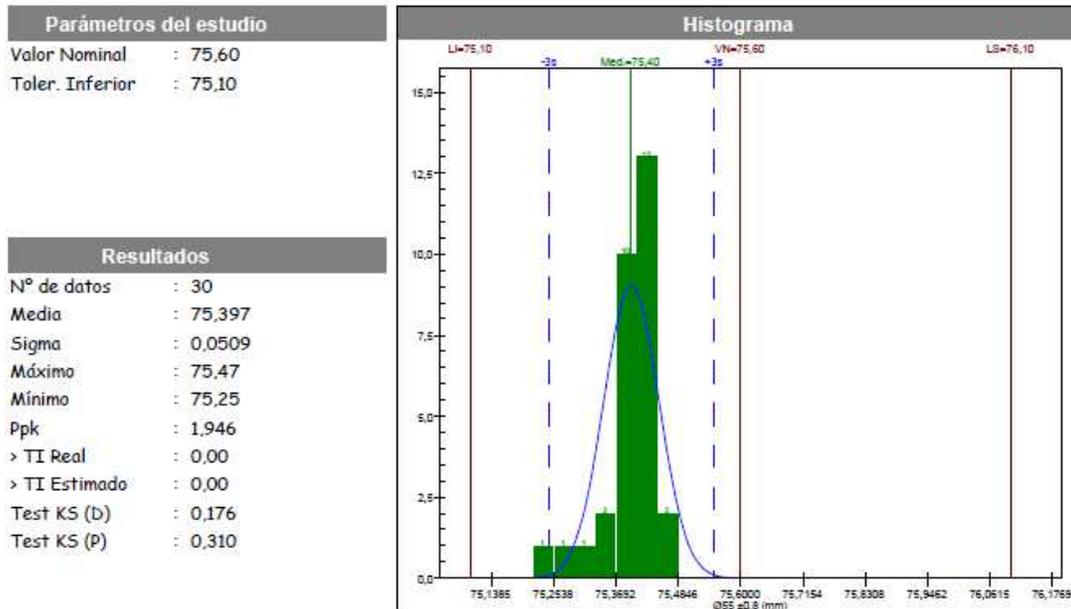


Fig. 3.3.1.7: Ppk y curva de distribución con parámetros 2

Los principales fabricantes de automoción consideran que un proceso es capaz cuando tienes un Ppk (índice de capacidad) mayor que 1,67 para una muestra de 50 piezas. En este caso la muestra es menor, tenemos 30 piezas medidas, por lo que el Ppk a cumplir debería ser de 2. Según el resultado se observa que los parámetros 1 dan una mayor estabilidad al proceso:

P1: Ppk = 2.903

P2: Ppk = 1.946 (este proceso no llegaría a ser capaz)

No significa que unos parámetros sean mejores que otros, simplemente cumplen mejor con las especificaciones que tenemos para nuestra pieza.

Lo que está claro es que para tener un proceso capaz y estable debemos mantener los parámetros lo más fijos posibles dentro de los márgenes admisibles, ya que las variaciones sin un cierto control de los mismos pueden hacer que tengamos un problema de calidad.

En la fase de industrialización de un producto es dónde tenemos que hacer todas las pruebas necesarias para fijar los parámetros óptimos que más adelante utilizaremos en la fabricación de cada pieza.

En el caso particular que nos ocupa tenemos la siguiente distribución de tiempos, como podemos observar en las hojas de parámetros de ambas inyecciones del **anexo 5**. En la **Tabla 3.3.1.3** tenemos un resumen de los principales parámetros:

Parámetros	Parámetros 1	Parámetros 2
Temperatura cámara caliente	190 °C	220°C
Tiempo inyección	2 segundos	3,1 segundos
Tiempo compactación	6 segundos	10,9 segundos
Refrigeración	65 segundos	55 segundos
Apertura molde	3,5 segundos	8 segundos

Tabla 3.3.1.3: Comparativa de ambos parámetros

Más visualmente podemos comparar la distribución de tiempos en ambos ciclos en los siguientes gráficos:

Tiempos del ciclo P1

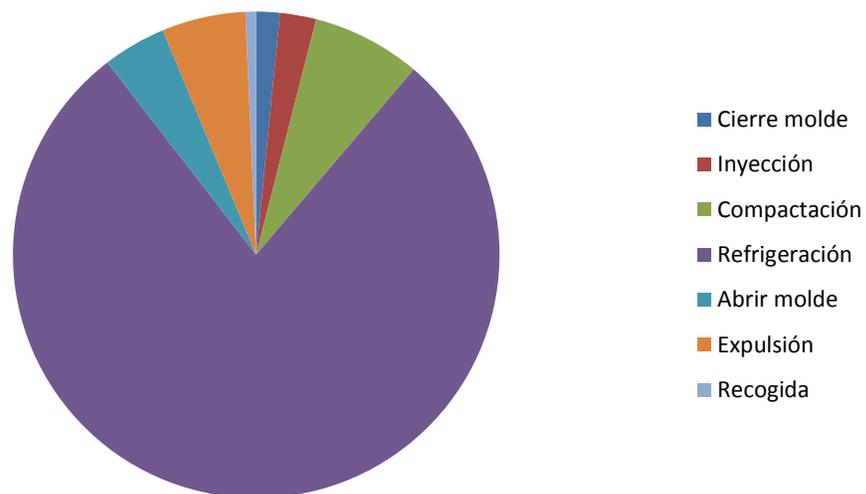


Diagrama 3.3.1.3: Gráfico de los tiempos de ciclo con Parámetros 1

Tiempos del ciclo P2

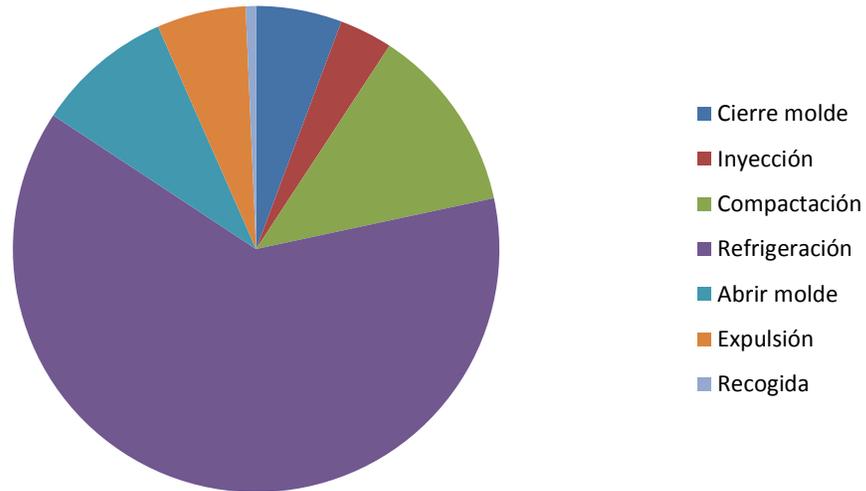


Diagrama 3.3.1.4: Gráfico de los tiempos de ciclo con Parámetros 1

Observando estos datos y sabiendo después de la medición que las piezas con el diámetro menor son las inyectadas con los parámetros 2 vamos a analizar si se cumplen los supuestos anteriores:

- **Temperatura de la cámara caliente**

Según las características y recomendaciones que nos marca el fabricante de Santoprene (**Anexo 4 y Fig. 3.3.1.8**), la temperatura de inyección debería estar entre 199 y 232 °C. Nosotros estamos en 190°C en el primer caso, es decir, fuera de las recomendaciones, y en 220 °C en el segundo caso. Esto significa que la temperatura óptima para trabajar se acerca más a la del segundo caso que a la del primero y en función de esta temperatura van a definirse el resto de parámetros, ya que están todos muy estrechamente relacionados. Observamos que realmente a mayor temperatura del material se produce un diámetro menor.

Este parámetro por sí mismo no produce cambios sustanciales en el resultado de la pieza, el resultado final es un conjunto de todos los parámetros, ya que unos parámetros se pueden contrarrestar con otros y suplir los problemas que generan unos con los otros.

Injection	Typical Value (English)	Typical Value (SI)
Drying Temperature	180 °F	82.2 °C
Drying Time	3.0 hr	3.0 hr
Suggested Max Moisture	0.080 %	0.080 %
Suggested Max Regrind	20 %	20 %
Rear Temperature	350 °F	177 °C
Middle Temperature	360 °F	182 °C
Front Temperature	370 °F	188 °C
Nozzle Temperature	380 to 440 °F	193 to 227 °C
Processing (Melt) Temp	390 to 450 °F	199 to 232 °C
Mold Temperature	50.0 to 125 °F	10.0 to 51.7 °C
Injection Rate	Fast	Fast
Back Pressure	50.0 to 100 psi	0.345 to 0.689 MPa
Screw Speed	100 to 200 rpm	100 to 200 rpm
Clamp Tonnage	3.0 to 5.0 tons/in ²	41 to 69 MPa
Cushion	0.125 to 0.250 in	3.18 to 6.35 mm
Screw L/D Ratio	16.0:1.0 to 20.0:1.0	16.0:1.0 to 20.0:1.0
Screw Compression Ratio	2.0:1.0 to 2.5:1.0	2.0:1.0 to 2.5:1.0
Vent Depth	0.0010 in	0.025 mm

Fig. 3.3.1.8: Propiedades para la inyección del Santoprene 101-73

- **Tiempo de inyección**

El fabricante también nos recomienda que la inyección debe ser rápida, y en el primer caso se invierte menor tiempo en la inyección (2s) que en el segundo caso (3,1s). Pero esto no quiere decir que en el primer caso sea más rápida que en el segundo, ya que la velocidad a la que se ha inyectado en ambos casos no es igual, se ha variado la velocidad en cada segundo de inyección. (Fig. 3.3.1.9 y Fig. 3.3.1.10)

Parámetros 1

INYECCION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Velocidad	60	20										
Posicion		30										
Presión	70	70										

Fig. 3.3.1.9 Velocidad de inyección en Parámetros 1

Parámetros 2

INYECCION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Velocidad	20	60	20									
Posicion		110	30									
Presión	70	70	70									

Fig. 3.3.1.10 Velocidad de inyección en Parámetros 2

En el segundo caso el tiempo invertido es mayor, lo que contrarrestaría con la mayor temperatura del material (cámara caliente), pero por otro lado como las velocidades cambian en cada caso no se puede analizar correctamente la influencia de este diferente tiempo en cada caso.

- **Tiempo de compactación**

Hay un mayor tiempo de compactación en el segundo caso (10,9s), y esto unido a un mayor tiempo de inyección y sobre todo a una mayor temperatura del material hace que la pieza salga con más material (pesa más) y con tendencia a contraer más una vez fuera del molde, razón por la cual el diámetro interno es más pequeño que con menor tiempo de inyección y compactación.

- **Refrigeración**

El tiempo de enfriamiento es otro de los parámetros más importante en el resultado final de una pieza de inyección. El tiempo de enfriamiento dentro del molde es lo que le confiere a la pieza una mayor estabilidad y definición antes del desmoldeo. Por eso, a mayor tiempo de refrigeración debería darse un menor diámetro (menos deformación a la hora de desmoldear). En este caso no es así seguramente debido a que la mayor diferencia en el resto de parámetros importantes (temperatura y compactación) hacen que este no sea tan relevante.

- **Apertura de molde**

En este momento es en el que se produce el desmoldeo, que como he dicho antes en este caso se produce hinchando la pieza para poder extraer el macho interior. En este caso particular de desmoldeo, cuanto más tiempo esté sometida la pieza a este hinchado mayores serán las deformaciones que se producirán y mayor el diámetro interior de la boca. Tampoco resulta ser así, por el mismo motivo que antes, tanto la temperatura de la cámara caliente como el tiempo de compactación afectan mucho más al resultado final de la pieza que este parámetro.

En las recomendaciones del fabricante podemos observar también el tiempo y temperatura de secado (3h a 82.2°C). La mayoría de los plásticos necesitan un proceso previo de secado antes de su utilización. En el **anexo 7** tenemos una breve explicación de en qué consiste este proceso de secado.

Acabamos de ver cómo afectan estos principales parámetros a nivel dimensional en la inyección de una pieza. Pero estos y otros parámetros también afectan mucho al acabado superficial y al aspecto de las piezas. Como curiosidad voy a exponer los problemas que nos encontramos en las primeras inyecciones de estas piezas. Vimos que aparecían unas grietas en algunos convolutes* de las piezas (**Fig. 3.3.1.11**)



Fig. 3.3.1.11 Grieta producida en un valle del fuelle

Intentamos reproducir el modo de fallo y vimos que se debía al atemperado del macho y a la presión de desmoldeo.

A mayor temperatura del macho y mayor presión de inflado las grietas desaparecían, ya que la pieza dejaba de agarrarse a las paredes del molde al desmoldear que era el motivo por el que aparecían dichas grietas.

*Convolute: cada uno de los pliegues del fuelle se denomina técnicamente convolute.

Vamos a ver estos dos parámetros en el caso que nos ocupa:

Parámetros 1

Presión de aire: 0,3
Velocidades apertura: 20-8-8-20
Posiciones apertura: 75-95-350

Macho atemperado: 70°C

Parámetros 2

Presión de aire: 0,25
Velocidades apertura: 20-8-8-20
Posiciones apertura: 75-95-350

Macho atemperado: 65°C

Observamos que en el primer caso tenemos el macho atemperado con una mayor temperatura (70°C frente a los 65°C del segundo caso) y que la presión del aire utilizado para desmoldear la pieza es también mayor en el primer caso.

Por lo tanto podríamos concluir con que los **primeros parámetros en este caso puntual** son más óptimos para conseguir el fin que buscábamos:

- Cota centrada al nominal
- Cpk > 2, proceso capaz y estable
- Aspecto superficial bueno y sin defectos relevantes
- Menor tiempo de ciclo
- Menor peso

3.3.2.PP+GF30

Este material, como hemos visto anteriormente tiene como base PP reforzado con fibra de vidrio, lo que le confiere una mayor resistencia mecánica, maquinabilidad, estabilidad dimensional y resistencia a temperaturas de hasta 100°C.

Posee un 30% de fibra de vidrio, de ahí su denominación de GF30.



Fig. 3.3.2.1: Imagen de la fibra de vidrio

Fibra de vidrio

Esta es la fibra más empleada en los PRF, especialmente en aplicaciones industriales, debido a su gran disponibilidad, sus buenas características mecánicas y a su bajo coste. Existe una gran **variedad de fibras de vidrio (Fig. 3.3.2.1)** disponibles en el mercado, en las que priman distintas características, entre las que destacan:

- aislamiento eléctrico
- resistencia química
- alta resistencia mecánica
- elevado módulo de elasticidad
- propiedades dieléctricas
- transparencia a los rayos X

Y, por supuesto, también encontramos vidrios que aúnan dos o más de estas características. Las diferencias radican básicamente en los silicatos presentes en el vidrio, normalmente un silicato alcalino y uno alcalinotérreo.

Las principales características de la fibra de vidrio son:

- Alta adherencia fibra-matriz
- Resistencia mecánica, con una resistencia específica (tracción/densidad) superior a la del acero.
- Características eléctricas: aislante eléctrico, buena permeabilidad. dieléctrica, permeable a las ondas electromagnéticas.
- Incombustibilidad. No propaga la llama ni origina humos o toxicidad.
- Estabilidad dimensional (bajo coeficiente de dilatación).
- Compatibilidad con las materias orgánicas.
- Imputrescibilidad, insensible a roedores e insectos.
- Débil conductividad térmica (ahorro de calefacción).
- Excesiva flexibilidad.
- Bajo coste.

El proceso de fabricación consiste en el estiramiento a muy alta temperatura, por tracción mecánica o por acción de fluidos en movimiento, de una veta de vidrio fundido y su inmediata solidificación.

El **PP+GF30** que utilizamos nosotros para la fabricación de estos codos tiene el nombre comercial de **Hostacom X G3 U10 100001**, y el fabricante es Lyon de Basell.

En la especificación del propio fabricante (**Anexo 8**), nos describe el producto como la unión de un 30% de vidrio con PP homopolímero con elevada fluidez, alta rigidez, baja deformación por fatiga a elevadas temperaturas.

En nuestra especificación de compra le exigimos las siguientes características (**Tabla 3.3.2.1**), que, como en el caso del Santoprene que vimos es el apartado anterior, comprobamos en cada lote que recibimos del fabricante:

Nº	Test	Norma Standard	Unidad	Exigido
1	DENSIDAD	DIN ISO 1183	g/cm ³	---
2	CONTENIDO EN CARGAS	ISO 3451/1	%	31 ± 1,5
3	CONTENIDO EN HUMEDAD	AQUATRAC (ISO15512)	%	< 0,1
4	ÍNDICE DE FLUIDEZ MFR 230/2,16	DIN ISO 1133	g/10min	14 ± 3,2
5	ÍNDICE DE FLUIDEZ MVR 230/2,16	DIN ISO 1133	cm ³ /10min	15 ± 3,3
6	PUNTO DE FUSIÓN	DIN 53736	°C	---

Tabla 3.3.2.1: Especificación de compra del Hostacom X G3 U10 100001

En este caso, la pieza que vamos a inyectar con dos parámetros diferentes y a analizar después su comportamiento va a ser un codo (**Fig. 3.3.2.2**). También fabricamos bastantes codos de base PP, que forman parte de los tubos de aire limpio que distribuimos a los principales fabricantes de automoción.



Fig. 3.3.2.2: Codo de PP+GF30 (Hostacom)

La característica a controlar en este caso va a ser también un diámetro, que es lo que más visualmente nos demuestra la influencia de los diferentes parámetros en las dimensiones. Pero en este caso el diámetro va a ser exterior y no interior como en el caso anterior.

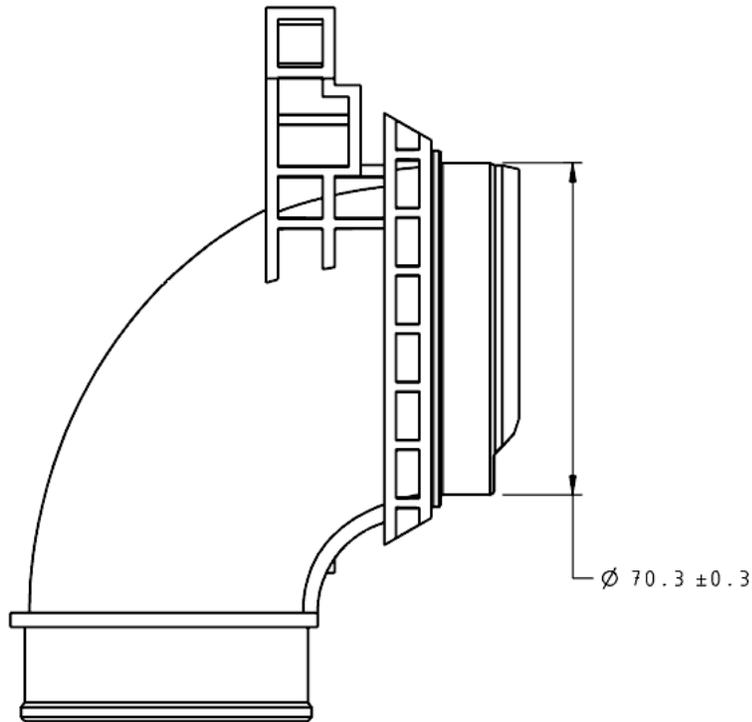


Fig. 3.3.2.3: Dimensión a controlar en el codo de Hostacom

- **Medición del diámetro con ambos parámetros**

La medición tanto de éstos como de los diámetros de la pieza anterior (fuelle) se realiza con máquina de tres coordenadas (tridimensional). La incertidumbre que nos da este método de medida es mucho menos que si utilizamos por ejemplo un pie de rey. A la mejor resolución del equipo de medida tenemos que sumarle la eliminación del factor “operario” que influye en el resultado final de la medición.

En la siguiente tabla (**Tabla 3.3.2.2**) tenemos los resultados obtenidos de las 30 piezas con unos y otros parámetros (parámetros en el **Anexo 9**). Como en el caso anterior tenemos una variación de dos décimas (0.2 mm) entre unos y otros. Más adelante analizaremos el por qué.

PIEZAS Nº	PARÁMETROS 1		PARÁMETROS 2	
	DIÁMETRO (mm)	PESO (gramos)	DIÁMETRO (mm)	PESO (gramos)
1	70,31	117,8	70,16	112,2
2	70,31	117,2	70,17	112,5
3	70,31	117,7	70,15	111,9
4	70,30	117,3	70,17	112,6
5	70,31	117,8	70,14	112,0
6	70,30	117,5	70,15	112,2
7	70,31	117,8	70,15	112,2
8	70,31	117,8	70,15	112,0
9	70,31	117,6	70,16	112,3
10	70,31	117,3	70,16	112,4
11	70,31	117,4	70,16	112,2
12	70,31	117,8	70,14	112,2
13	70,31	117,5	70,17	112,5
14	70,31	117,4	70,14	112,0
15	70,31	117,4	70,15	112,4
16	70,31	117,8	70,14	112,1
17	70,31	117,8	70,15	112,0
18	70,31	117,4	70,16	112,4
19	70,31	117,5	70,15	112,2
20	70,31	117,6	70,14	111,8
21	70,31	117,8	70,16	112,5
22	70,32	117,8	70,15	112,1
23	70,31	117,4	70,15	112,1
24	70,31	117,4	70,15	112,4
25	70,30	117,3	70,15	112,5
26	70,31	117,4	70,16	112,5
27	70,31	117,8	70,15	112,3
28	70,30	117,4	70,16	112,5
29	70,31	117,8	70,14	112,3
30	70,31	117,4	70,14	112,1
MEDIA	70,31	117,56	70,15	112,25

Tabla 3.3.2.2: Resultado de la medición de los diámetros del codo de PP+GF30

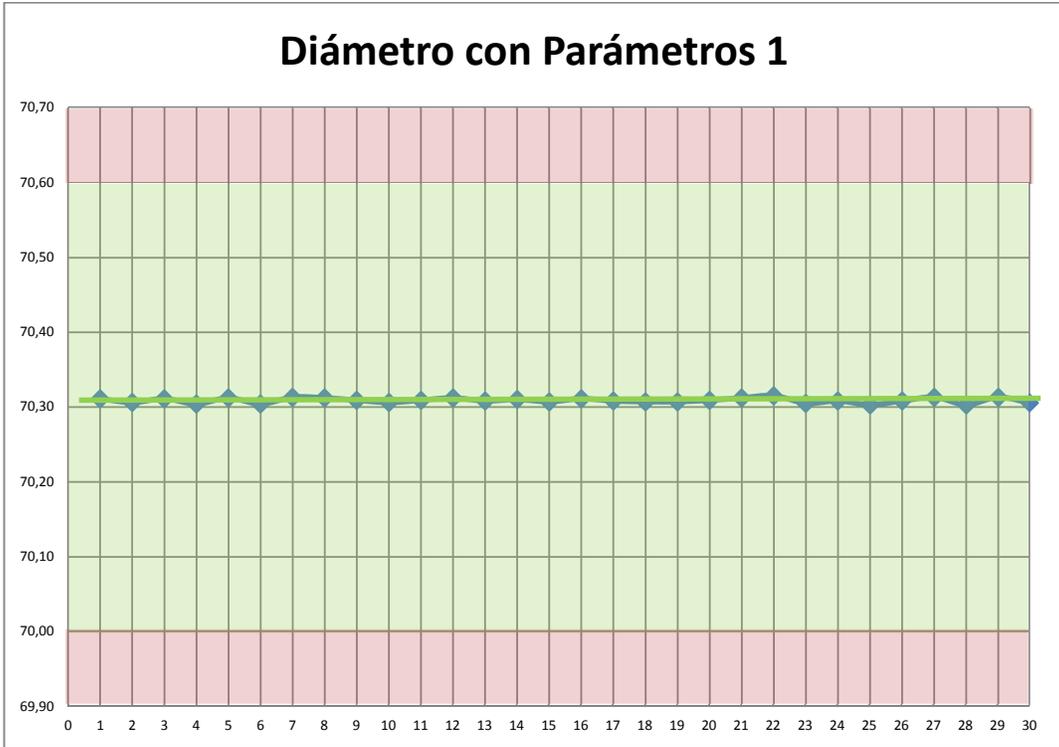


Diagrama 3.3.2.1: Gráfico de diámetros con Parámetros 1

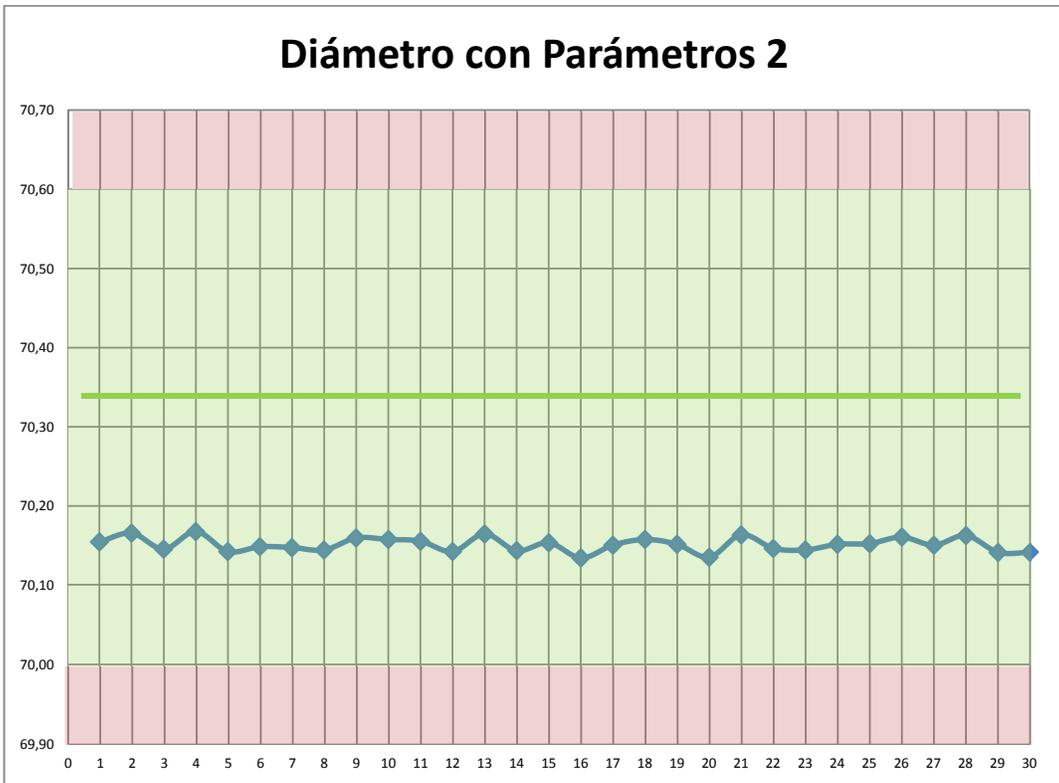


Diagrama 3.3.2.2: Gráfico de diámetros con Parámetros 2

Los valores obtenidos en este caso son muy estables, hay muy poca dispersión entre los diámetros de las piezas fabricadas con los mismos parámetros, tan poca que en el gráfico casi no se aprecia la variación.

Esto se debe al material y a la manera de inyectarlo. En el caso del Santoprene, al ser un material más elástico y tener un desmoldeo tan forzado, implica que los resultados dimensionales varíen entre una pieza y otra y haya más dispersión entre las medidas que en el caso del Hostacom. Este segundo material tiene una mayor rigidez (debida a la fibra de carbono) y el desmoldeo es más delicado, la pieza no sufre en el proceso como en el caso del fuelle, por lo que obtenemos estos valores tan estables.

Esta estabilidad en los valores se va a ver muy gráficamente en el cálculo de capacidades cómo hicimos con los datos obtenidos del Santoprene. En este caso ya a priori podemos adivinar que el valor del Ppk nos va a salir más alto que en el caso del PP+EPDM.

Los gráficos del cálculo del índice de capacidad (Ppk) para ambos casos (**Fig.3.3.2.4 y Fig.3.3.2.5**), con ambos parámetros son los siguientes. El documento completo podemos encontrarlo en el **Anexo 10**.

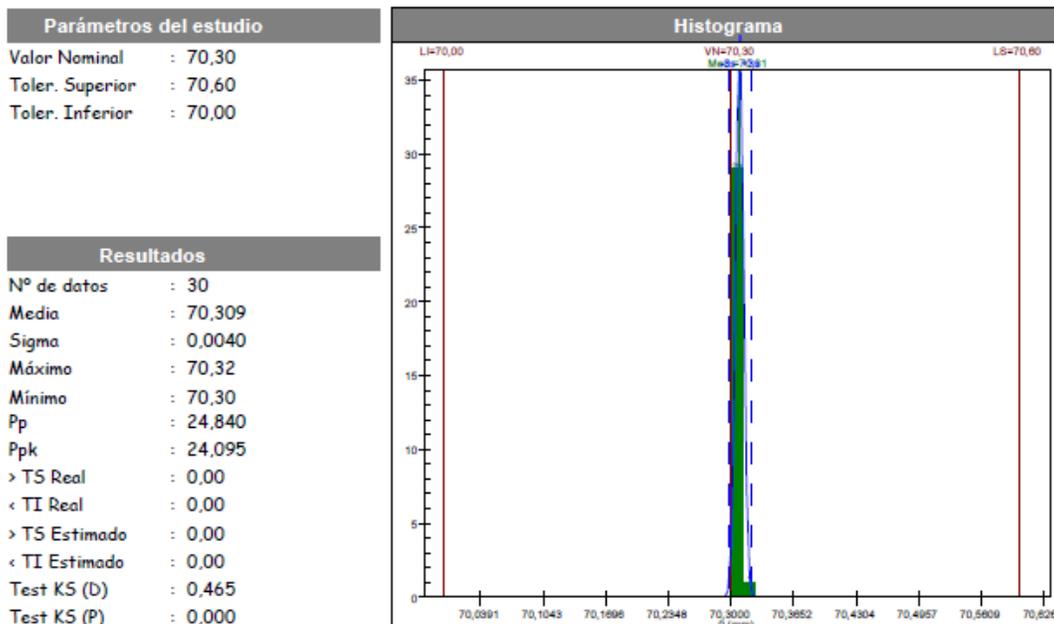


Fig.3.3.2.4: Estudio de capacidad Ø 70.3 con parámetros 1

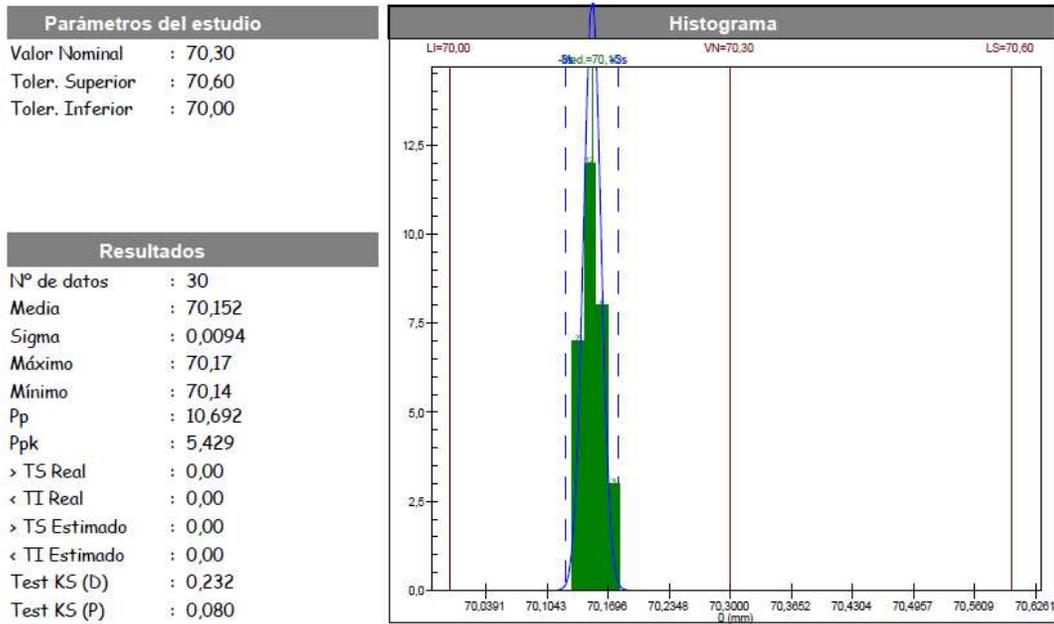


Fig.3.3.2.5: Estudio de capacidad \varnothing 70.3 con parámetros 2

La diferencia entre ambos casos es bastante elevada, de un Ppk de 24 en el primer caso, que es un muy buen resultado, pasamos a un Ppk de 5.4, que siendo un buen resultado también, dista bastante del primero. Esto se debe a que en el primer caso tenemos las medidas muy centradas al nominal y con una dispersión muy baja (el menor valor es 70.30 y el mayor 70.32), y en el segundo caso, aunque la dispersión es también muy baja no tenemos el valor centrado al nominal, de ahí que no sea tan espectacular el resultado.

También son valores más elevados como ya hemos adelantado antes que en el caso del Santoprene, debido a la menor dispersión de los valores. Las campanas de Gauss en este caso están muy concentradas en un punto, ya que los valores son muy estables.

- **Comportamiento en función de diferentes parámetros**

Vamos a analizar en este caso la diferencia de diámetros con los diferentes parámetros aplicados en cada caso. Las diferencias de parámetros las tenemos en el **Anexo 9**, pero vamos a poner aquí las más importantes en ambos casos para analizar los resultados (**Tabla 3.3.2.3**).

Parámetros	Parámetros 1	Parámetros 2
Temperatura cámara caliente	240 °C	240°C
Tiempo inyección	2,2 segundos	2,1 segundos
Tiempo compactación	6,8 segundos	1 segundos
Refrigeración	18 segundos	14 segundos
Apertura molde	5,7 segundos	3 segundos
Presión inyección	65 %	55 %
Presión compactación	35 bar	25 bar

Tabla 3.3.2.3: Comparativa de ambos parámetros

Visualmente podemos comparar la distribución de tiempos en ambos ciclos en los siguientes gráficos (**Diagrama 3.3.2.3 y Diagrama 3.3.2.4**):

Tiempos del ciclo P1

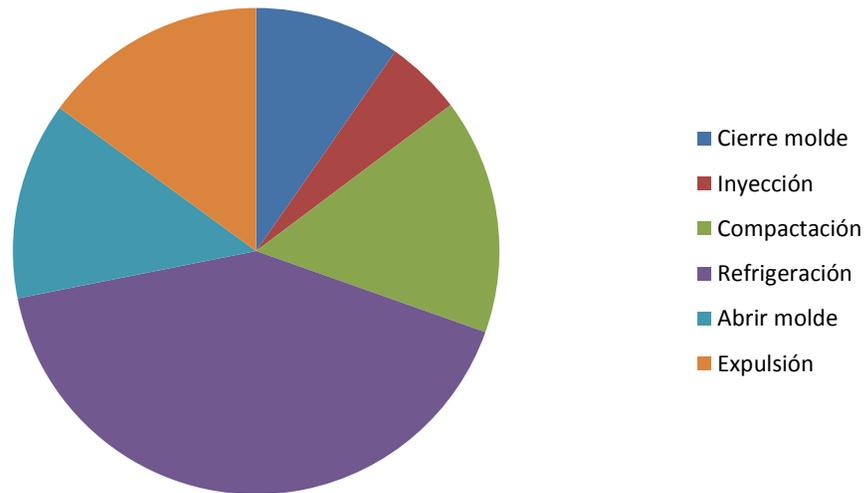


Diagrama 3.3.2.3: Gráfico de los tiempos de ciclo con Parámetros 1

Tiempos del ciclo P2

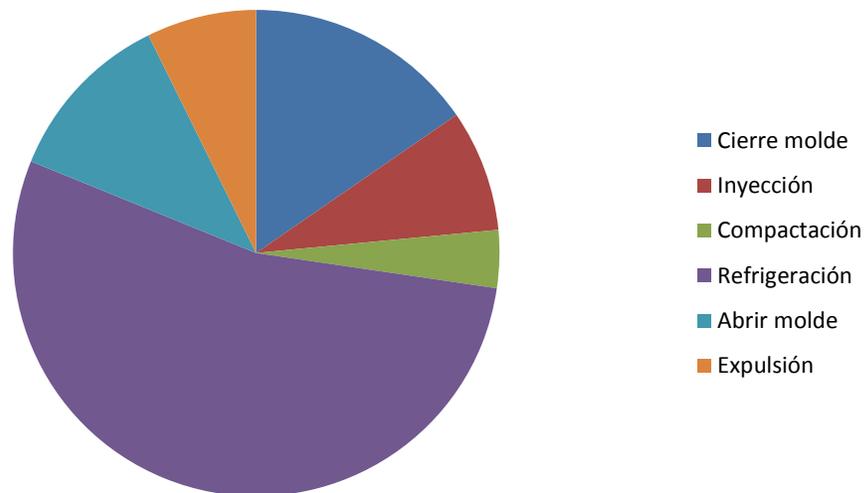


Diagrama 3.3.2.4: Gráfico de los tiempos de ciclo con Parámetros 2

Visualmente apreciamos que las principales variaciones entre ambos casos son la compactación y la refrigeración. En cuanto al resto de parámetros podemos observar que la temperatura de la cámara caliente es la misma y más que suficiente

en ambos casos para fundir el material, ya que el punto de fusión del PP+GF30 es de 150°C aproximadamente.

En **tiempo de inyección** también es muy parecido, al tratarse de una pieza pequeña, y por lo tanto un molde pequeño, e introducir el material muy caliente en el molde, el tiempo no puede ser muy elevado ni puede variar mucho en ambos casos.

Lo que si varía es la **presión de inyección**. En el primer caso es mayor que en el segundo, de ahí que se introduzca más material al molde y la pieza pese más que en el segundo caso.

- **Tiempo de compactación**

Hay una gran diferencia en el tiempo de compactación entre el primer caso y el segundo. En el caso 1 tenemos 6,8 s de compactación a una presión de 35 bares, mientras que en el caso 2 tenemos 1 segundo de compactación a 25 bares. Esto supone que en el primer caso se introduce más material que en el segundo, tal como ocurre con la presión de inyección. Recordemos que en la fase de inyección se introduce aproximadamente el 90 % del material, y en la fase de compactación o segunda presión, se introduce un 10% más.

Seguramente en el segundo caso no entra prácticamente nada de material extra en este punto y ese es el motivo por el que el diámetro es más pequeño.

Esta teoría se corrobora con el peso de las piezas. En el segundo caso pesan 5 gramos menos que en el primero, de ahí que al haber menos material el diámetro sea menor.

- **Refrigeración**

Ya habíamos dicho que el tiempo de enfriamiento dentro del molde es lo que le confiere a la pieza una mayor estabilidad y definición antes del desmoldeo. No es mucha la diferencia entre ambos casos, pero los cuatro segundos menos de enfriamiento en el segundo caso unidos a la prácticamente nula compactación, hacen que las piezas del segundo caso sean bastante más inestables.

Con los datos aportados hasta ahora no podríamos saberlo, pero al medir las piezas observé que las segundas tienen una ovalidad mayor que las primeras piezas. La **ovalidad** es la diferencia entre el diámetro mayor y el diámetro menor medido. Las piezas no son exactas, y al medir los diámetros con varios puntos, se calcula el

diámetro medio que se obtiene con esos puntos. Hay un punto más alejado exteriormente del nominal y otro interiormente. Esa diferencia es lo que conocemos como ovalidad.

Vamos a ver un ejemplo de un gráfico de forma de un diámetro en el que se ve la ovalidad que presenta el mismo (**Fig.3.3.2.6**).

Los diámetros más exteriores tanto por fuera como por dentro, los **rojos**, son los que definen los límites de la tolerancia. Ningún punto debería estar por encima ni por debajo de dichos círculos.

El diámetro **verde** corresponde al nominal y el blanco es el real, es decir, el que se genera con los puntos reales tocados sobre la pieza.

La **ovalidad o error de forma** en este caso sería el valor de **0.3319**, que es la suma de la distancia del punto más alejado por arriba (0.1850) y el punto más alejado por abajo (-0.1469).

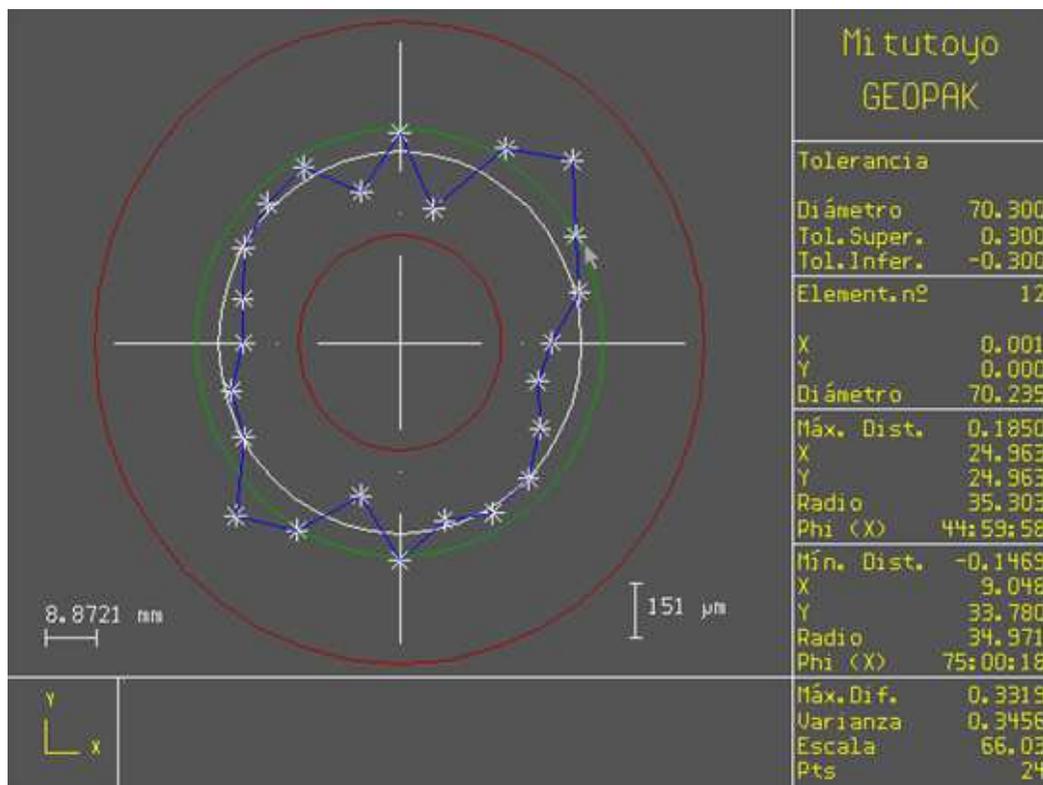


Fig.3.3.2.6 Gráfico de forma de un diámetro

- **Apertura de molde**

En este caso el desmoldeo es más simple que en el caso de los fuelles de Santoprene. Las dos mitades del molde se abren y la pieza cae con la ayuda de unos expulsores, que son unos pequeños cilindros que empujan a la pieza para que se despegue de las paredes del molde y caiga.

Cuanto mayor sea el tiempo de desmoldeo más suave será este proceso y mejor aspecto y condiciones tendrán las piezas.

Esta diferencia de tiempo de extracción entre los dos parámetros podría afectar más a la ovalidad de la que hemos hablado que a la diferencia de diámetro.

La causa de la diferencia de diámetros en este caso es claramente consecuencia de la compactación.

3.3.3. PA6+GF30

En este tercer caso nos vamos a olvidar del polipropileno y nos vamos a centrar en una poliamida, pero también con refuerzos de fibra de vidrio.

PA6+GF30 es poliamida 6 reforzada con el 30% de fibra de vidrio. La carga de vidrio hace que el material sea mucho más resistente a la abrasión, a la compresión y a la flexión. Es especialmente adecuado para piezas en las que se requiere una excelente resistencia al deterioro.

Las principales características de este compuesto son:

- Elevada resistencia al deterioro: es una característica inherente de las poliamidas que se incrementa ulteriormente por los cristales.
- Elevada resistencia a la tensión y a la compresión: la resistencia al esfuerzo es excelente, al igual que las características mecánicas generales.
- Resistencia al envejecimiento: resistencia a los agentes atmosféricos y buena resistencia a las bajas temperaturas.
- Color: negro.

Un defecto que tiene es que en caso de acoplamiento con partes sujetas a rozamiento, el elemento de cristal causará la abrasión de las partes de acero que estén en contacto con el plástico.

Los principales campos de aplicación para este material son los siguientes:

- Mecánico: resistencia a la compresión elevada y elevadísima resistencia al deterioro; de hecho, es uno de los mejores plásticos de ingeniería. Este material, es especialmente apto para la producción de engranajes y de componentes de alto rendimiento mecánico que necesitan trabajar en ambientes críticos, como en equipos de construcción o máquinas de movimiento tierra sin sufrir un excesivo deterioro.
- Eléctrico: aunque las características eléctricas cambien dependiendo del contenido de humedad, este nylon se usa incluso donde se requieren buenas características mecánicas y resistencia a las condiciones climáticas.
- Químico: resistente a los álcalis, a los compuestos inorgánicos y a los disolventes.

La pieza que vamos a fabricar y medir con dos parámetros diferentes es la siguiente (Fig.3.3.3.1):

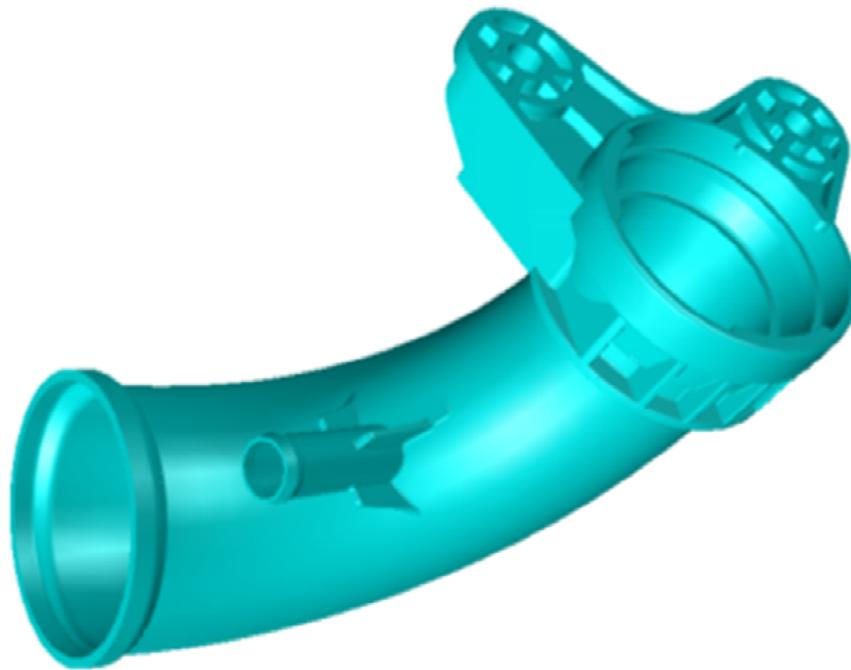


Fig.3.3.3.1: Codo de PA6+GF30 en 3D

En este caso el diámetro a medir no es tan sencillo como en los casos anteriores. Es un diámetro interior pero no de muy fácil acceso.

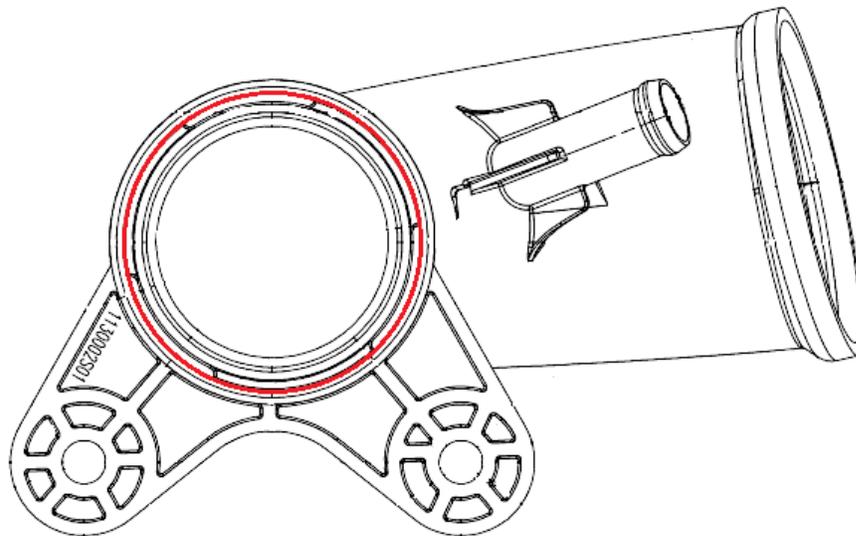


Fig.3.3.3.2: Diámetro a medir en el estudio (rojo)

El diámetro es de nominal 62 y tolerancia $\pm 0,3$ (**Fig.3.3.3.3**)

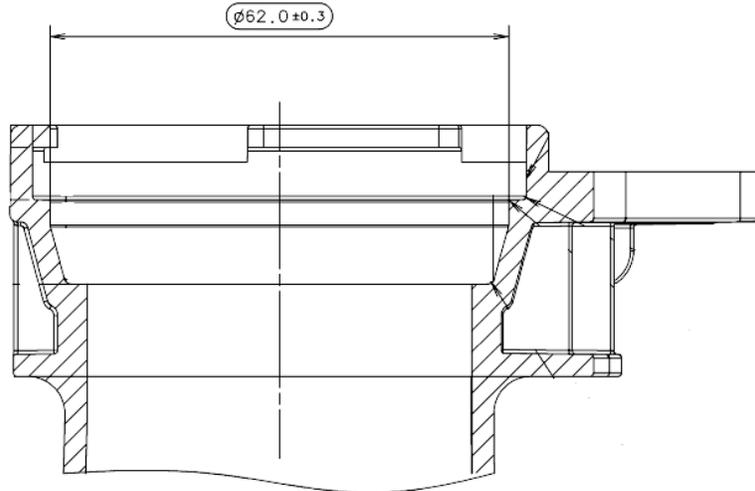


Fig.3.3.3.3 Dimensión a controlar (nominal y tolerancia del diámetro)

El material es un **DURETHAN BKV 30 H 2.0 901510** de la casa LANXESS, y el certificado de Laboratorio para este caso es el siguiente (**Tabla 3.3.3.1**)

Nº	Test	Norma Standard	Unidad	Exigido
1	DENSIDAD	DIN ISO 1183	g/cm ³	---
2	CONTENIDO EN CARGAS	ISO 3451/1	%	30 \pm 3
3	CONTENIDO EN HUMEDAD	AQUATRAC (ISO15512)	%	< 0,2
4	ÍNDICE DE FLUIDEZ MFR 230/5	DIN ISO 1133	g/10min	---
5	ÍNDICE DE FLUIDEZ MVR 230/5	DIN ISO 1133	cm ³ /10min	---
6	PUNTO DE FUSIÓN	DIN 53736	°C	220 \pm 8

Tabla 3.3.3.1: Especificación de compra del Durethan

Las propiedades de este material concreto se encuentran en el **Anexo 11**, y los parámetros de inyección de ambas piezas se encuentran en el **Anexo 12** y las mediciones realizadas con ambos son las siguientes (**Tabla 3.3.3.2**):

PIEZAS Nº	PARÁMETROS 1		PARÁMETROS 2	
	DIÁMETRO (mm)	PESO (gramos)	DIÁMETRO (mm)	PESO (gramos)
1	62,180	225,9	62,245	232,9
2	62,192	225,5	62,254	232,5
3	62,181	225,8	62,253	231,9
4	62,178	225,8	62,244	232,7
5	62,191	226,0	62,225	233,0
6	62,177	226,1	62,239	233,1
7	62,180	226,2	62,244	233,1
8	62,172	225,7	62,247	233,4
9	62,186	225,8	62,245	232,4
10	62,198	225,6	62,249	233,4
11	62,185	225,8	62,247	232,8
12	62,190	225,8	62,251	233,1
13	62,175	225,9	62,242	232,9
14	62,183	225,8	62,254	232,7
15	62,187	226,0	62,248	233,2
16	62,196	225,8	62,247	232,7
17	62,176	225,6	62,251	232,9
18	62,182	225,9	62,249	233,3
19	62,191	225,5	62,253	232,1
20	62,179	225,8	62,238	233,0
21	62,192	225,8	62,248	232,7
22	62,194	225,7	62,247	232,6
23	62,179	226,0	62,247	232,0
24	62,184	225,8	62,252	233,2
25	62,188	225,6	62,249	232,8
26	62,179	225,9	62,255	232,7
27	62,193	225,8	62,255	233,1
28	62,185	225,8	62,247	232,7
29	62,187	225,9	62,249	232,9
30	62,179	225,7	62,256	233,3
MEDIA	62,185	225,8	62,248	232,8

Tabla 3.3.3.2: Resultado de la medición de los diámetros de PA6+GF30

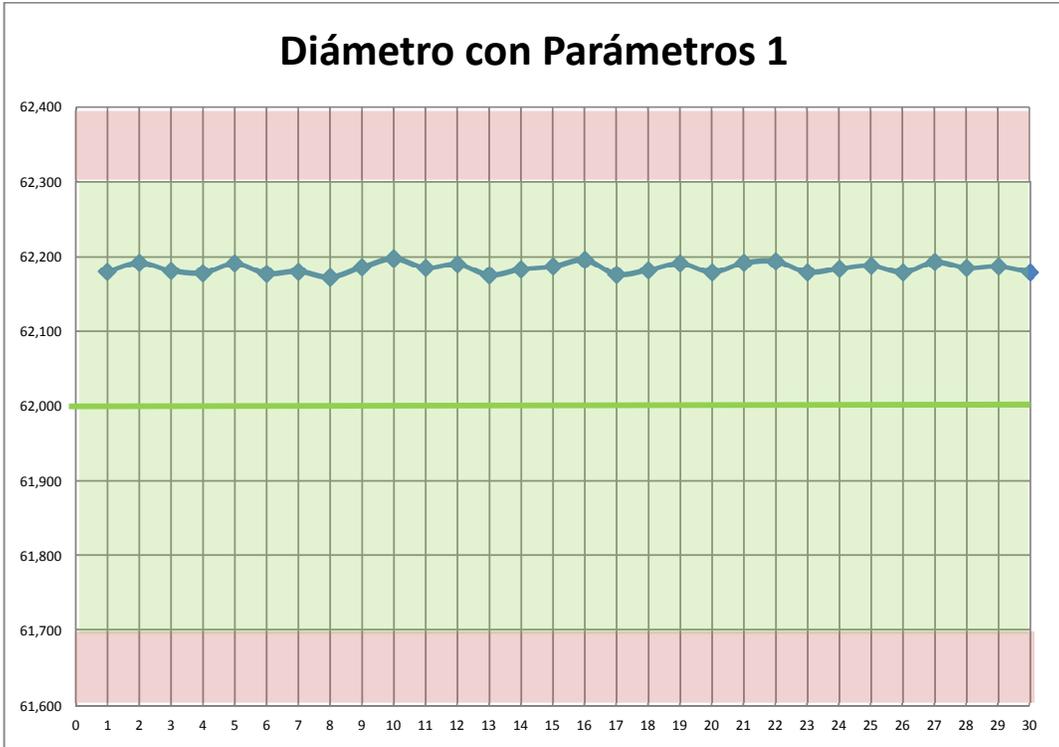


Diagrama 3.3.3.1: Gráfico de diámetros con Parámetros 1

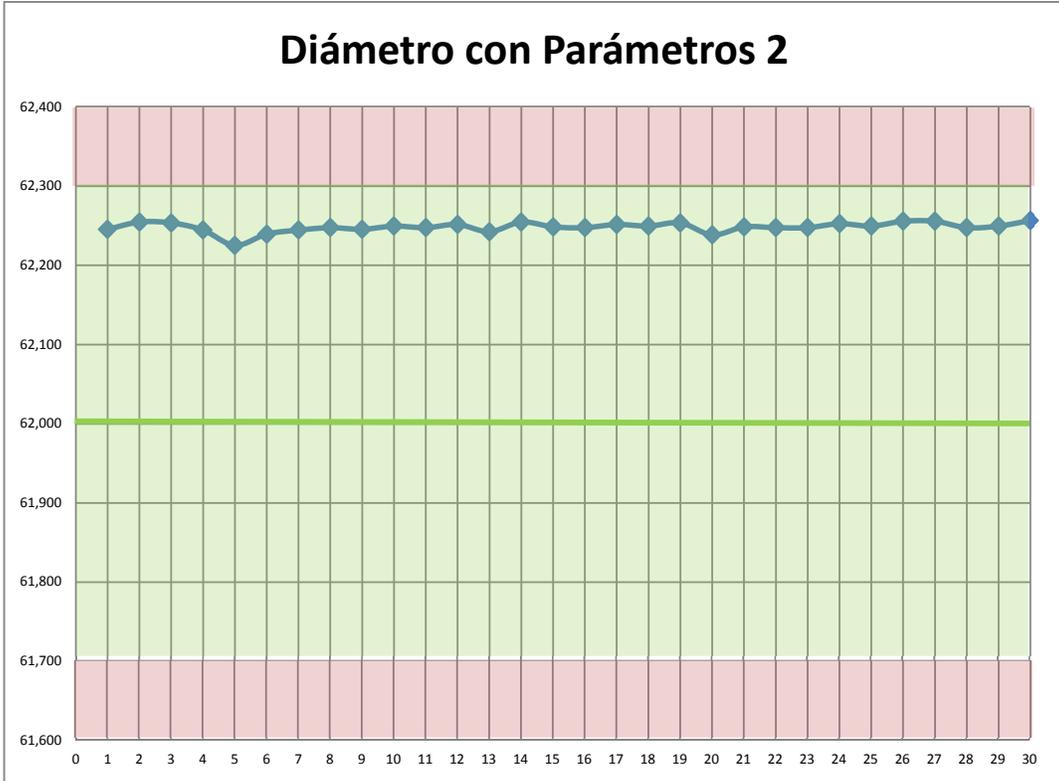


Diagrama 3.3.3.2: Gráfico de diámetros con Parámetros 2

En este caso, como en el anterior, la dispersión de los valores es baja. Se debe principalmente al tipo de material. Este material, el PA6+GF30 es de los materiales de inyección más estables. A la estabilidad del PA6 se le une la robustez que le aporta un 30% de fibra de vidrio, y eso hace que la variación entre unos parámetros y otros no sea muy grande.

De hecho en este caso la variación de dimensiones es incluso menor de una décima. Esto nos beneficia a la hora de la fabricación, porque podemos tener una tolerancia en los parámetros mayor y podemos jugar con los parámetros de manera conveniente para bajar el tiempo de ciclo y la temperatura de trabajo.

Variación PP+EPDM: 0,22 mm

Variación PP+GF30: 0,16 mm

Variación PA6+ GF30: 0,063 mm

La fibra de vidrio le aporta estabilidad al material, y el EPDM le aporta mayor elasticidad pero le resta mucha estabilidad al compuesto.

También tiene que ver en los resultados el llamado **Coefficiente de expansión térmica**, que es diferente para cada material y es el que mide el grado en que se va a contraer la pieza. De acuerdo con la DIN EN ISO 53752, este coeficiente especifica el cambio de longitud del material con el incremento o descenso de la temperatura.

Debido a su estructura térmica, los plásticos generalmente presentan un coeficiente de expansión térmico lineal mayor que otros materiales. Este es un aspecto a tener en cuenta en el momento del diseño de la pieza, sobre todo en aquellos componentes en los que se requiere unas tolerancias muy ajustadas, están sometidos a fluctuaciones de temperaturas o está en contacto con metales. Sin embargo, el coeficiente de expansión de los plásticos se puede reducir con la adición de fibras de refuerzo. De esta manera, se puede llegar a conseguir valores parecidos al del aluminio.

Apuntar que el **coeficiente de expansión térmica** de este material (ver hoja de propiedades del mismo en la **Fig.3.3.3.4** que es un extracto sacado de la hoja de propiedades de este material, Anexo 11) es **1.0**.

Thermal properties				
C Melting temperature	10 °C/min	°C	ISO 11357-1,-3	222
C Temperature of deflection under load	1.80 MPa	°C	ISO 75-1,-2	200
C Temperature of deflection under load	0.45 MPa	°C	ISO 75-1,-2	215
Vicat softening temperature	50 N; 120 °C/h	°C	ISO 306	> 200
C Coefficient of linear thermal expansion, parallel	23 to 55 °C	10 ⁻⁴ /K	ISO 11359-1,-2	0.2
C Coefficient of linear thermal expansion, transverse	23 to 55 °C	10 ⁻⁴ /K	ISO 11359-1,-2	1.0

Fig.3.3.3.4 Coeficiente de expansión térmica del Durethan

Así, que el coeficiente de expansión térmica del PA6+GF30 tenga un valor de 1, quiere decir que es muy estable al cambio de temperatura, y que prácticamente no hay que tener en cuenta los cambios de volumen para la construcción del molde. Los moldes de inyección, en su construcción se diseñan teniendo en cuenta estos cambios de volumen del material que se va a utilizar. Por este motivo no se debe utilizar para una pieza un material que no es con el que se ha diseñado el molde, a no ser que su coeficiente de expansión sea muy similar.

Los gráficos del cálculo del índice de capacidad (Ppk) para ambos casos, con ambos parámetros son los que tenemos en las **Fig.3.3.3.4** y **Fig.3.3.3.5**. El documento completo podemos encontrarlo en el **Anexo 13**.

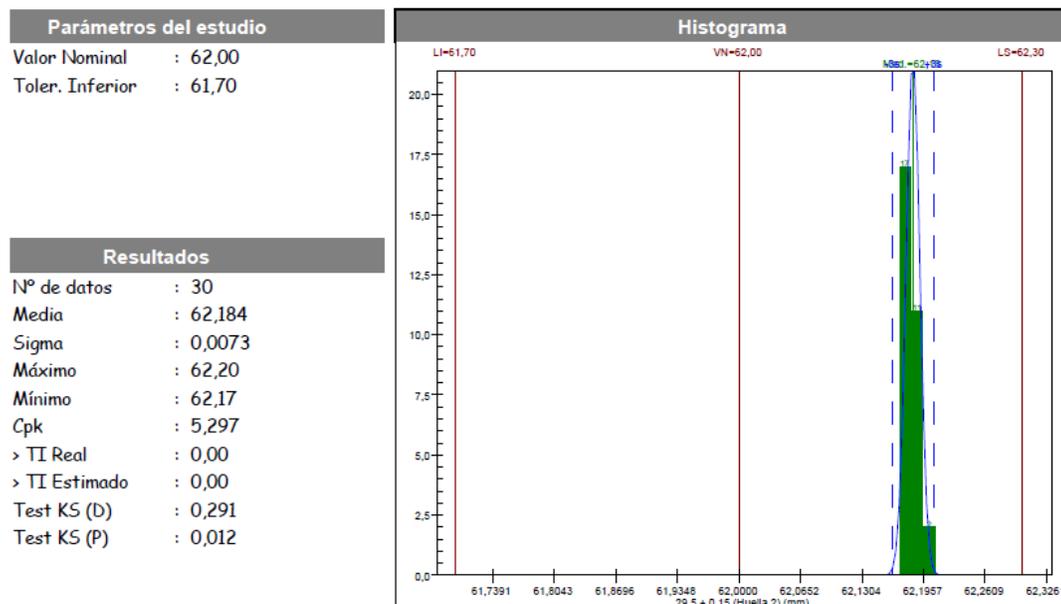


Fig.3.3.3.4 Estudio de capacidad Ø 62.0 con parámetros 1

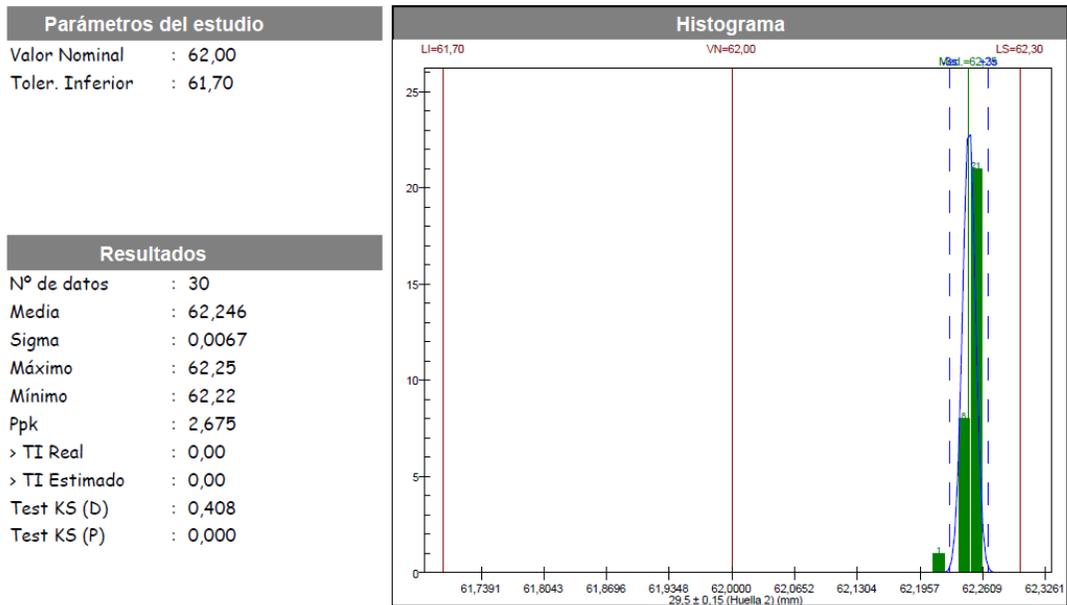


Fig.3.3.3.5 Estudio de capacidad Ø 62.0 con parámetros 2

En el primer caso tenemos un Ppk bueno, de 5,29 debido a la poca desviación entre los valores de las mediciones de las piezas. Y en el segundo caso es un poco menor porque los valores se encuentran muy próximos al límite de la tolerancia superior, son también muy estables y con poca desviación entre ellos pero son más elevados.

Los parámetros aplicados en este caso los tenemos en el Anexo 12, pero los importantes y los que varían en este caso son los que aparecen en la **Tabla 3.3.3.3**:

Parámetros	Parámetros 1	Parámetros 2
Temperatura cámara caliente	320 °C	320°C
Tiempo inyección	1,7 segundos	1,7 segundos
Tiempo compactación	1,3 segundos	11,3 segundos
Refrigeración	16 segundos	60 segundos

Apertura molde	4,7 segundos	4,7 segundos
Extracción de la pieza	2,8 segundos	1,8 segundos
Tiempo de ciclo	30 segundos	83 segundos

Tabla 3.3.3.3 Comparativa de ambos parámetros

Visualmente la distribución de tiempos quedaría como se muestran en los diagramas siguientes (**Diagrama 3.3.2.3 y Diagrama 3.3.2.4**).

Tiempos del ciclo P1

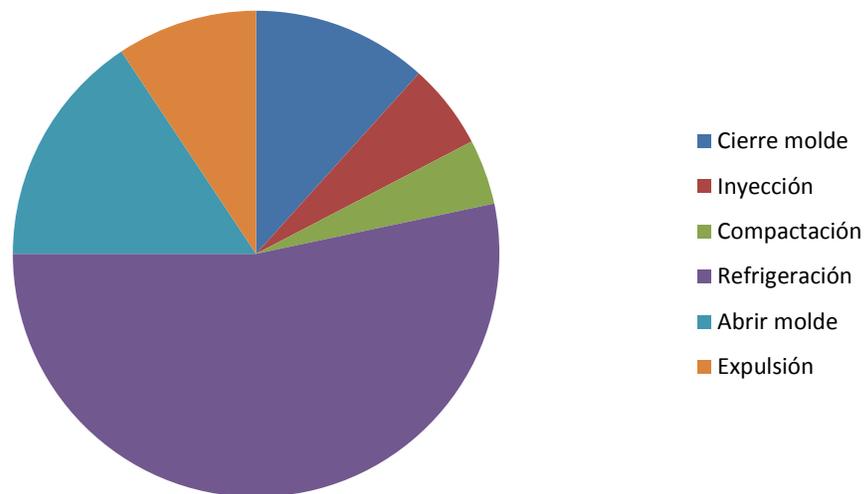


Diagrama 3.3.2.3: Gráfico de los tiempos de ciclo con Parámetros 1

Tiempos del ciclo P2

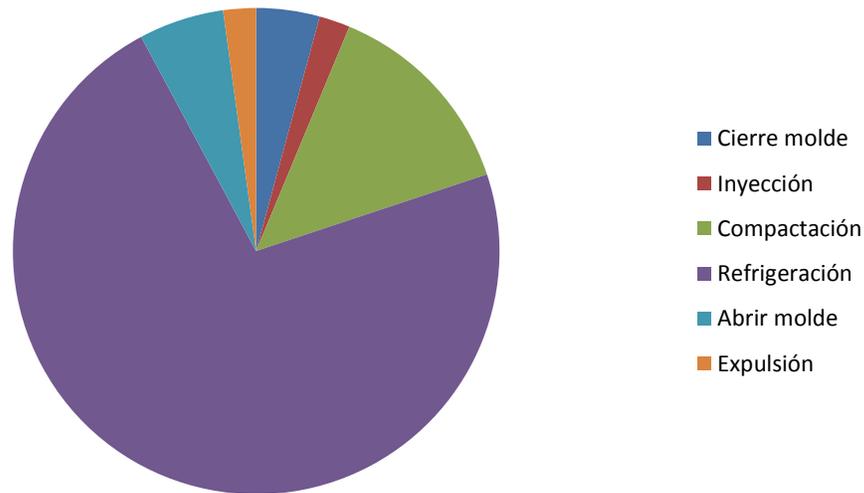


Diagrama 3.3.2.4: Gráfico de los tiempos de ciclo con Parámetros 2

Las principales diferencias en este caso están de nuevo en la compactación y la refrigeración. Son los parámetros que en principio más afectan a las variaciones, o posibles variaciones en las piezas. De ahí que cuando se quieren conseguir diferencias en el resultado, como es este caso, se recurra a esos dos parámetros, y a la presión de compactación, para intentar fabricar piezas diferentes.

Aun así en este caso, como hemos visto antes, no se ha conseguido tanta variación como se pretendía, aun aumentando considerablemente el tiempo de compactación y refrigeración, debido a la estabilidad de este material. Esto nos indicaría que cuando tenemos una desviación dimensional en una pieza fabricada con PA6+GF30 no sería posible corregirla variando parámetros, habría que ir directamente a una corrección en el molde.

En cuanto al resto de parámetros podemos observar que la **temperatura de la cámara caliente** está en un valor al inicio de 320 °C, aunque en las siguientes zonas del molde baja a 280°C. En las propiedades del material se aconseja que la temperatura de trabajo esté entre 270 y 290 °C (**Fig.3.3.3.6**).

Processing conditions for test specimens			
C Injection molding-Melt temperature	°C	ISO 294	280
C Injection molding-Mold temperature	°C	ISO 294	80
Processing recommendations			
Drying temperature dry air dryer	°C	-	80
Drying time dry air dryer	h	-	2-6
Residual moisture content	%	Acc. to Karl Fischer	0.03-0.12
Melt temperature (Tmin - Tmax)	°C	-	270-290
Mold temperature	°C	-	80-120

Fig.3.3.3.6 Temperatura recomendada de trabajo del Durethan

El **tiempo de inyección** es también el mismo para ambos casos, así como la **presión de inyección**, que es del 28 % en ambos casos.

- **Tiempo de compactación**

En el caso 1 tenemos 1,3 segundos de compactación, mientras que en el caso 2 tenemos 11,3 segundos, diez veces más que en primer caso. Esto supone que en el segundo caso se introduce más material que en el primero, y así se puede comprobar con el peso de las mismas. No es mucha la variación, pero en el segundo caso las piezas pesan alrededor de 8 gramos más que en el primero.

- **Refrigeración**

También es bastante elevada la diferencia entre ambos casos. De 16 segundos de refrigeración en el primer caso pasamos a 60 segundos en el segundo. Este mayor tiempo de enfriamiento dentro del molde es le confiere a la pieza una mayor estabilidad y definición antes del desmoldeo, aunque en este caso no se aprecie demasiado. Debido a las características del material no se aprecian demasiado las variaciones debido a los cambios de parámetros, aunque estos sean bastante significativos.

En el primer caso tenemos un **tiempo de ciclo de 30 segundos**, y el segundo caso es de **83 segundos**. Podemos concluir que no es necesario un tiempo de ciclo tan elevado para inyectar las piezas. Con menor tiempo de compactación y enfriamiento y por consiguiente, menor tiempo de ciclo, tenemos piezas igual de buenas.

4. Medios de control adecuados en producción

En este estudio solamente hemos analizado diámetros. En el control de diámetros se suelen emplear tres medios de control:

- **Pie de rey**: principalmente para diámetros exteriores de piezas rígidas y en las que la posición del mismo no afecte a la medición dependiendo del operario.

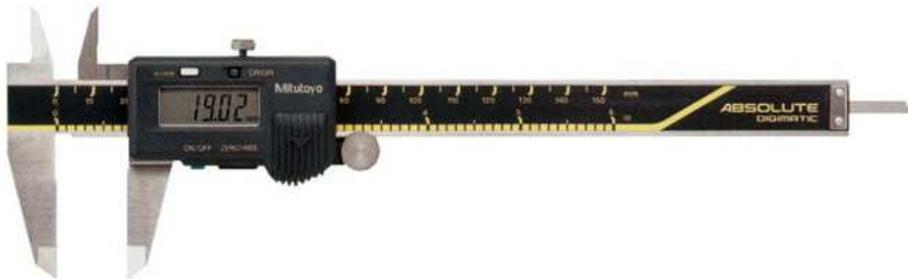


Fig. 4.1 Pie de rey digital

- **Pasa-no pasa**: es una galga de control que consta de dos partes, una construida a la tolerancia inferior, en la que la pieza debe entrar (pasa), y otra construida un poco por encima de la tolerancia superior, en la que la pieza no debe entrar (no pasa). Se utiliza en los casos en que el pie de rey no nos dé un resultado estable ni fiable, o sea un diámetro difícil de medir con otro método. Por ejemplo en piezas blandas como las de Santoprene.



Fig. 4.2 Calibre pasa-no pasa

- **Micrómetro:** puede ser de exteriores (**Fig. 4.3**) o de interiores (**Fig. 4.4**) según sea el diámetro a medir. Este equipo se utiliza cuando necesitamos una mayor precisión de la que nos da el pie de rey, ya que los micrómetros suelen tener una resolución de centésimas (0,001 mm) frente a las décimas del pie de rey (0,01 mm), o bien es un diámetro interior profundo en el que no nos cabe el pie de rey de rey.



Fig. 4.3 Micrómetro de exteriores



Fig. 4.4 Micrómetro de interiores de tres contactos

En el caso que nos ocupa, cada una de las piezas de las que hemos realizado el estudio se controla con un tipo diferente de equipo de medida. Veamos con qué equipo controlamos cada una de las piezas:

- **Fuelle de Santoprene** (PP+EPDM): Al tratarse de una pieza blanda no podemos medir con pie de rey ya que corremos el riesgo de deformar la pieza al medir y falsear el resultado. Para estos casos construimos un **calibre pasa-no pasa**. (como el de la **Fig. 4.2**)

Las medidas de construcción de este calibre se obtienen en función del nominal y de la tolerancia que se aplique en cada caso. Utilizamos un programa para el cálculo de las tolerancias normalizadas para tampones lisos y roscados que trabaja según las normas UNE 17704-2002, UNE 17-707-78, UNE 17-710-78, UNE - ENISO 286-2:2011 y DIN 7150-2:2007.

En este caso concreto, tenemos un diámetro de 75,6 y la tolerancia de $\pm 0,35$, por lo tanto las medidas del calibre serán:

Calibre para \emptyset Interior de 75.6 ± 0.35

Lado Pasa $\emptyset 75.298 \pm 0.015$

Lado No Pasa $\emptyset 76.950 \pm 0.015$

Límite de desgaste $\emptyset 75.25$

- **Codo de Hostacom** (PP+GF30): en este caso la pieza es rígida y el diámetro exterior y fácil de medir, por lo que en este caso el control se realiza con **pie de rey** (como el de la **Fig. 4.1**). Para eliminar los posibles errores de medición debidos a la ovalidad de la pieza se suele realizar la medida de cuatro diagonales del diámetro y el resultado final es la media de dichas cuatro diagonales.
- **Codo de Durethan** (PA6+GF30): como ya vimos anteriormente este diámetro es un poco difícil de medir. Es interior, pero además en la parte de arriba hay tres salientes que impiden su medición con pie de rey o micrómetro de interiores. Para ello se ha construido un **pasa-no pasa especial** (**Fig. 4.5, 4.6 y 4.7**) que pretende evitar los tres salientes de la pieza:



Fig. 4.5 Pasa-no pasa triangular para salvar los salientes de la pieza



Fig. 4.5 Vista superior del lado pasa

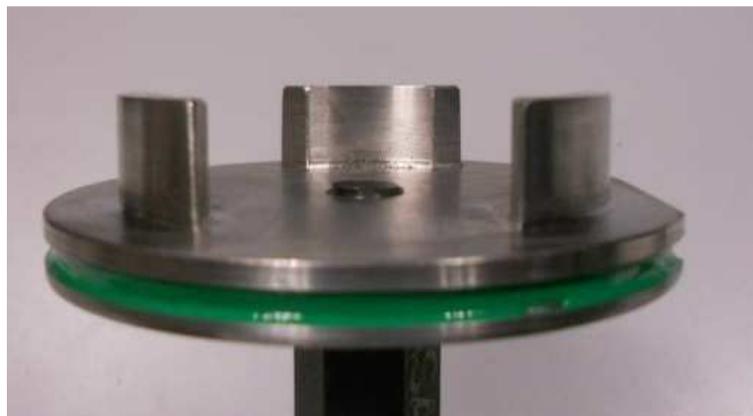


Fig. 4.5 Vista frontal del lado pasa

5. **MSA (Análisis de los sistemas de medida)**

Siempre que hay un control dimensional de un producto hay que realizar un análisis de la eficacia o no del equipo que se utiliza para medir.

Esto se conoce como Análisis de los Sistemas de Medida, MSA en inglés, Measurements System Analysis, y es una herramienta fundamental de la ISO/TS 16949 (norma de automoción) y Seis Sigma (metodología de mejora de procesos, centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos, consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente).

El manual de MSA ha sido desarrollado por el grupo de trabajo de Requisitos de Calidad para Proveedores constituido por fabricantes del sector del automóvil DaimlerChrysler, Ford y General Motors, bajo los auspicios de Asociación Americana para la Calidad (ASQ) y el Grupo de Acción de la Industria del Automóvil (AIAG).

El **Análisis del Sistema de Medida** evalúa el método de control, los instrumentos que miden, y el proceso entero de medición, para asegurar la integridad de los datos usados para el análisis de la calidad y para entender las implicaciones del error de medida en las decisiones tomadas sobre un producto o un proceso. El propósito del Análisis del Sistema de Medición es establecer los procedimientos para valorar la calidad de los sistemas de medición.

A menudo se asume que las mediciones son exactas, y frecuentemente el análisis y las conclusiones se basan en ese supuesto. Un individuo puede fallar al darse cuenta de que existe variación en el sistema de medición, lo que afecta a las mediciones individuales y como consecuencia, a las decisiones basadas en los datos. El error del sistema puede ser clasificado en cinco categorías: sesgo, repetibilidad, reproducibilidad, estabilidad y linealidad.

Uno de los objetivos del sistema de medición es obtener información sobre la cantidad y tipos de variación de medición asociada con el sistema de medición cuando interactúa con su entorno. Esta información es valorable, puesto que para la media de los procesos de producción, es más práctico conocer la repetibilidad y el sesgo de calibración y establecer unos límites razonables para ellos, que conseguir equipos de exactitud extrema con muy elevada repetibilidad.

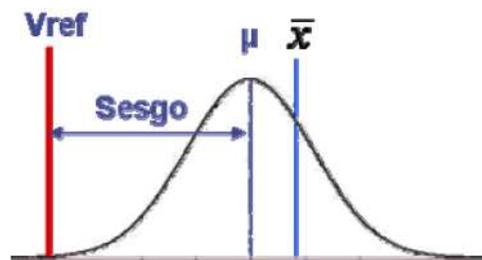
Fundamentos

Como en todo proceso, la variación del sistema de medición puede caracterizarse por:

1 – Variación de la posición

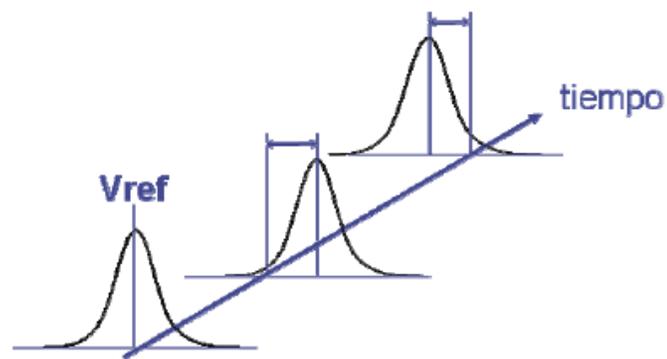
Sesgo

El sesgo es la diferencia entre la media de las mediciones observadas y el valor de referencia, y es un valor que sirve como referencia aceptada para los valores medidos. Un valor de referencia puede ser determinado como la media de las varias mediciones hechas con un equipo de medición de mayor nivel.



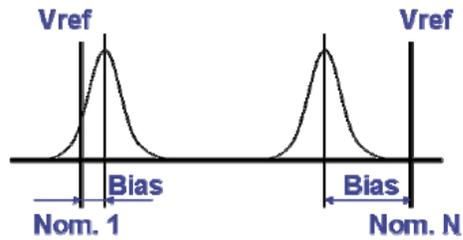
Estabilidad

Es la variación total de las medidas obtenidas con un sistema de medición sobre el mismo patrón o piezas cuando se mide la misma característica o a lo largo de un periodo de tiempo.



Linealidad

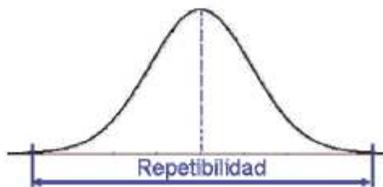
Es la diferencia en los valores del sesgo a través del rango operativo esperado del equipo de medida.



2 – Anchura o dispersión

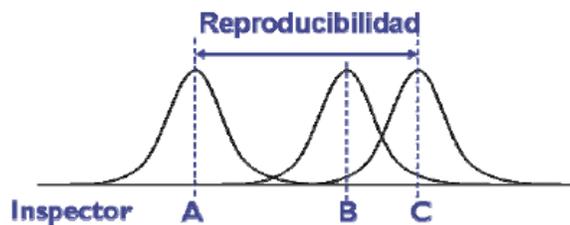
Repetibilidad

Es la variación en las mediciones obtenidas con un instrumento de medición cuando es usado varias veces por un operario para medir la misma característica de la misma pieza.



Reproducibilidad

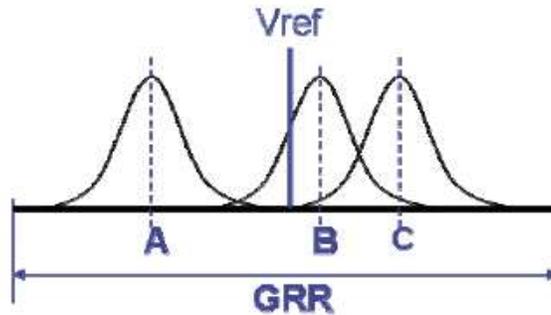
Es la variación en la media de las mediciones realizadas por diferentes operarios usando el mismo equipo de medición y midiendo la misma característica de la misma pieza.



GRR

Repetibilidad y reproducibilidad. Es la estimación combinada de la repetibilidad y reproducibilidad del sistema de medida.

Es una medida de la capacidad del sistema, y dependiendo del método usado, puede incluir o no el efecto del tiempo.



El análisis GRR puede considerarse un método general de evaluación experimental de la dispersión de un sistema de medida, ya que es aplicable a la mayor parte de los sistemas de medición por variables.

El **índice GRR** es una cuantificación de la desviación típica de los valores que proporciona el sistema de medida teniendo en cuenta la influencia del equipo (repetibilidad) y del inspector (reproducibilidad).

Se establece la siguiente “guía general” para la aceptación de los sistemas de medida:

- **GRR < 10%**: es considerado un **sistema de medida aceptable**. Caso recomendado, especialmente útil cuando se intenta ordenar o clasificar piezas, o cuando se requiere un control de proceso exigente.
- **10% < GRR < 30%**: **puede ser aceptable para algunas aplicaciones**. La decisión debería estar fundada sobre, por ejemplo, la importancia de la aplicación de la medida, el coste de los dispositivos de medida, el coste de reprocesos o reparaciones. Debería ser aprobado por el cliente.
- **GRR > 30%**: **considerado inaceptable**. Deben hacerse esfuerzos para mejorar el sistema de medida.

La aceptación final de un sistema de medida no debería reducirse a un simple conjunto de índices, también debería ser revisada la ejecución del sistema de medida en el largo plazo usando el análisis gráfico. Un poco más adelante veremos en qué consisten estos gráficos.

Calculo de la repetibilidad y reproducibilidad

Hay varios métodos, pero el más utilizado y el que usamos nosotros es el **método de la media y el recorrido**.

Este método (X / R) es un enfoque matemático que proporciona una estimación de la repetibilidad y reproducibilidad del sistema de medición. Este método descompone la variabilidad en repetibilidad y reproducibilidad, y nos proporciona información sobre las causas del error del sistema de medición o del equipo:

Si la repetibilidad es grande en comparación con la reproducibilidad, las causas pueden ser:

1. El instrumental necesita mantenimiento
2. Se debe rediseñar el equipo para que sea más rígido
3. Se necesita mejorar la manera de sujeción o posición del equipo a la pieza
4. Existe una excesiva variación intrínseca en la pieza.

Si la reproducibilidad es grande en comparación con la repetibilidad, las causas pueden ser:

1. El inspector necesita más entrenamiento sobre el funcionamiento del equipo
2. El dial del calibre no es claro
3. Se puede necesitar algún elemento que ayude al inspector a usar el equipo más consistentemente.

Realización del estudio

Vamos a realizar el estudio **R&R del pie de rey** que utilizamos en producción para controlar el codo de PP+GF30 de nuestro segundo estudio. Se trata de un pie de rey de **0 a 200 mm de rango, y 0,01 mm de dispersión**.

1. Se coge una muestra de **10 piezas** que representen todo el rango real o esperado de la variación del proceso.
2. Se realiza el estudio con **tres inspectores**, de manera que se les denomina A, B y C, y se numeran las piezas del 1 al 10.
3. Se calibra o ajusta el pie de rey a cero. El inspector A mide las piezas en orden aleatorio y una persona apunta los resultados (fila 1).
4. Los inspectores B y C miden también las mismas piezas sin que puedan ver los resultados de los otros. Los resultados se apuntan en las filas 6 y 11 respectivamente.
5. Repetir el ciclo utilizando un orden aleatorio diferente de medición. Anotar los datos en las filas 2, 7 y 12. Y en las columnas adecuadas. (Ver **Tabla 5.1**)

HOJA DE DATOS PARA ANÁLISIS GRR BASADO EN PROCESO Ó TOLERANCIA												
EQUIPO:		Pie de rey		PIEZA:		Codo		Nº PIEZAS:		10		
REF. EQUIPO:		8-1315		REF. PIEZA:		1129436S01		Nº INSPECTORES:		3		
ESCALA:		0-150 mm		CARACTERÍSTICA:		Diámetro		Nº ENSAYOS:		3		
RESOLUCIÓN:		0,01 mm		TOLERANCIA:		0,6 mm		PIEZAS X INSPECT:		30		
(División de escala)				(Intervalo completo)				Entrada datos correcta		SI		
	Pieza Nº:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedios
INSPECTOR A	Ensayo 1	70,31	70,160	70,31	70,31	70,16	70,16	70,15	70,16	70,15	70,32	70,2190
	Ensayo 2	70,31	70,15	70,3	70,3	70,16	70,15	70,16	70,17	70,15	70,31	70,2160
	Ensayo 3	70,32	70,15	70,3	70,3	70,15	70,15	70,15	70,17	70,16	70,31	70,2160
	Medias	70,313	70,153	70,303	70,303	70,157	70,153	70,153	70,167	70,153	70,313	$\bar{X}_A = 70,2170$
	Recorridos	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	$\bar{R}_A = 0,0100$
INSPECTOR B	Ensayo 1	70,31	70,160	70,31	70,31	70,15	70,15	70,16	70,17	70,16	70,32	70,2200
	Ensayo 2	70,32	70,15	70,31	70,3	70,16	70,16	70,16	70,16	70,15	70,32	70,2190
	Ensayo 3	70,31	70,15	70,3	70,3	70,15	70,15	70,15	70,17	70,15	70,31	70,2140
	Medias	70,313	70,153	70,307	70,303	70,153	70,153	70,157	70,167	70,153	70,317	$\bar{X}_B = 70,2177$
	Recorridos	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	$\bar{R}_B = 0,0100$
INSPECTOR C	Ensayo 1	70,31	70,160	70,31	70,31	70,16	70,16	70,15	70,16	70,15	70,31	70,2180
	Ensayo 2	70,31	70,15	70,31	70,31	70,15	70,15	70,16	70,16	70,15	70,31	70,2160
	Ensayo 3	70,32	70,16	70,3	70,3	70,15	70,16	70,15	70,17	70,16	70,31	70,2180
	Medias	70,313	70,157	70,307	70,307	70,153	70,157	70,153	70,163	70,153	70,310	$\bar{X}_C = 70,2173$
	Recorridos	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	$\bar{R}_C = 0,0090$
Media Piezas	70,313	70,154	70,306	70,304	70,154	70,154	70,154	70,166	70,153	70,313	$\bar{X} = 70,2173$	
Recorrido de las piezas												$R_p = 0,1600$
Promedio de todos los recorridos												$\bar{R} = (\bar{R}_A + \bar{R}_B + \bar{R}_C) / N^{\circ} \text{ Inspectores}$ $\bar{R} = 0,0097$
Recorrido de las medias de inspectores												$\bar{X}_{DIF} = \bar{X}_{\text{máx}} - \bar{X}_{\text{mín}}$ 0,0007
Límite de Control Superior de Recorridos												$UCL_R = \bar{R} \times D_4$ 0,02494
Límite de Control Inferior de Recorridos												$LCL_R = \bar{R} \times D_3$ 0,0000
% de medidas fuera de límites de Recorridos												Tiene que ser 0% OK 0,00%
Límite de Control Superior de Medias												$UCL_X = \bar{X} + A_2 \times \bar{R}$ 70,2272
Límite de Control Inferior de Medias												$LCL_X = \bar{X} - A_2 \times \bar{R}$ 70,2074
% de medidas fuera de límites de Medias												Tiene que ser > del 50% OK 100%
% de medias fuera de límites de Medias												Tiene que ser > del 50% OK 100%

Tabla 5.1 Anotaciones de los resultados de los tres inspectores

A continuación podemos ver estos resultados expresados en gráficos. Gráficos de Medias y de Recorridos, de todos los inspectores juntos o separados:



Diagrama 5.1 Gráfico de medias de los inspectores por pieza

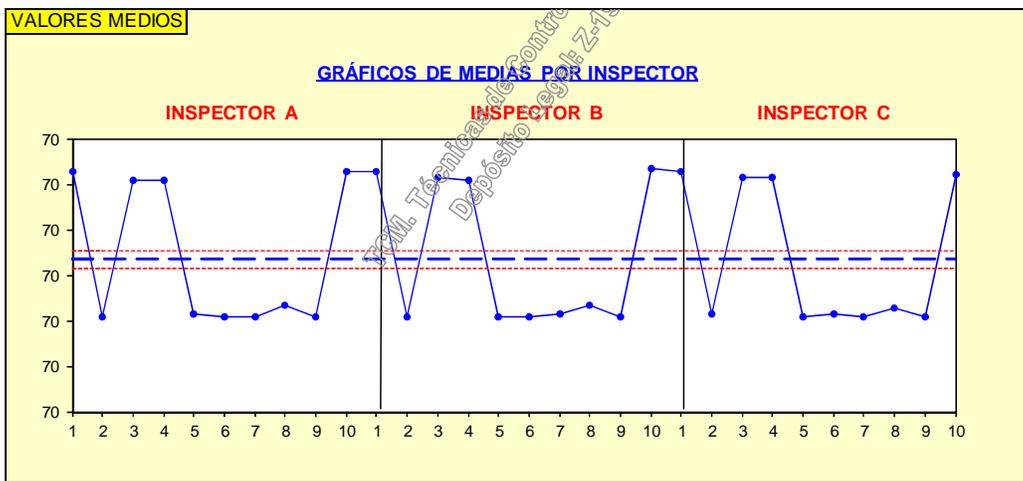


Diagrama 5.2 Gráfico de medias por inspector

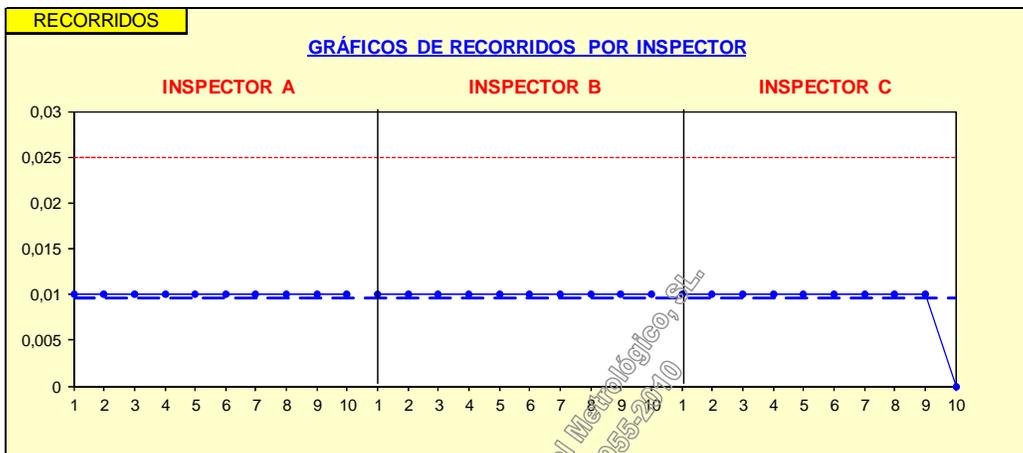


Diagrama 5.3 Gráfico de recorridos por inspector

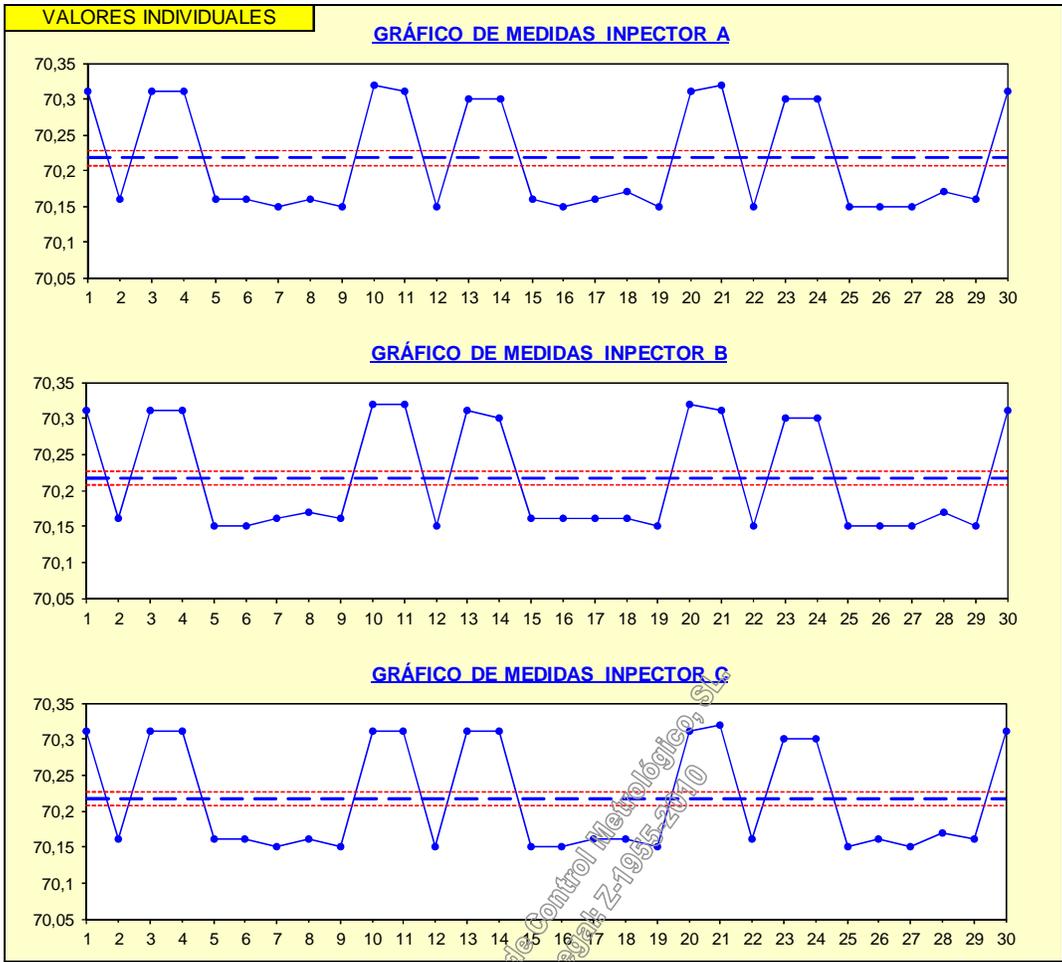


Diagrama 5.4 Gráfico de medias individual de cada inspector

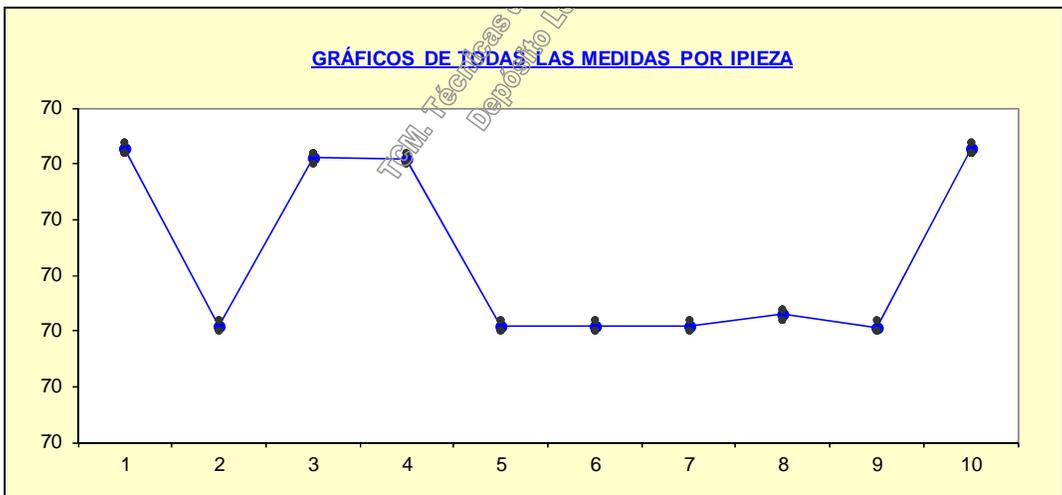


Diagrama 5.5 Gráfico de todas las medias por pieza

En la Excel se realizan automáticamente todos los cálculos necesarios para obtener los datos de repetibilidad y reproducibilidad. Los resultados de estos cálculos son los que aparecen en la **Tabla 5.2**.

ESTUDIO DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD MSA 4ª Ed.										
4	ESTUDIO	FOR1329	FECHA:	15-5-14	PÁGINA:	4 de 4				
ANÁLISIS DE LA MEDIDA			% VARIACIÓN							
			SOBRE TOLERANCIA	SOBRE PROCESO						
Repetibilidad. Variación del equipo (EV) $EV = \bar{R} \times K_1$ $EV = 0,00571$ <table border="1"> <tr> <th>Pruebas</th> <th>K₁</th> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0,8862</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,5908</td> </tr> </table>			Pruebas	K ₁	2	0,8862	3	0,5908	$\%EV = 100x[EV/(TOL/6)]$ $\%EV = 5,71$	$\%EV = 100x[EV/TV]$ $\%EV = 11,27$
Pruebas	K ₁									
2	0,8862									
3	0,5908									
Reproducibilidad. Variación del inspector (AV) $AV = \sqrt{(\bar{X}_{DIFF} \times K_2)^2 - \left(\frac{EV^2}{nr}\right)}$ $AV = 0$ n = Numero de piezas r = Número de ensayos <table border="1"> <tr> <th>Inspect.</th> <th>K₂</th> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0,7071</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,5231</td> </tr> </table>			Inspect.	K ₂	2	0,7071	3	0,5231	$\%AV = 100x[AV/(TOL/6)]$ $\%AV = 0,00$	$\%AV = 100x[AV/TV]$ $\%AV = 0,00$
Inspect.	K ₂									
2	0,7071									
3	0,5231									
Repetibilidad y Reproducibilidad (GRR) $GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2}$ $GRR = 0,00571$			$\%GRR = 100x[GRR/(TOL/6)]$ $\%GRR = 5,71$	$\%GRR = 100x[GRR/TV]$ $\%GRR = 11,27$						
Variación de las piezas (PV) $PV = R_p \times K_3$ $PV = 0,05034$ <table border="1"> <tr> <th>Piezas</th> <th>K₃</th> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0,4030</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0,3146</td> </tr> </table>			Piezas	K ₃	5	0,4030	10	0,3146	$\%PV = 100x[PV/(TOL/6)]$ $\%PV = 50,34$	$\%PV = 100x[PV/TV]$ $\%PV = 99,36$
Piezas	K ₃									
5	0,4030									
10	0,3146									
Variación Total (TV) $TV = \sqrt{GRR^2 + PV^2}$ $TV = 0,05066$			Número de categorías de datos $ndc = 1,41 \times (PV/GRR)$ $ndc = 12,427 \approx 12$							

Tabla 5.2 Cálculos para determinar el valor de GRR

Vemos que el valor de **GRR sobre la tolerancia es 5,71** y el valor de **GRR sobre el proceso es 11,27**. Esto significa que estamos en el caso de **GRR < 10%** para la tolerancia, por lo que el sistema de medida es considerado un **sistema de medida aceptable**, pero para el proceso estamos en un **10% < GRR < 30%: puede ser aceptable para algunas aplicaciones**, ya que los valores no están centrados, hay dispersión entre ellos. Si para hacer el estudio R&R hubiera cogido sólo piezas de

uno de los parámetros, en la que todas las piezas hubieran sido más similares, el valor del GRR del proceso nos hubiera salido también por debajo de 10.

Para realizar este estudio he utilizado unas plantillas de un curso que realicé sobre MSA, con los valores reales de nuestro estudio de R&R de medición del codo, ya que podíamos visualizar también los gráficos de control. En la plantilla que utilizamos en mi empresa no tenemos gráficos, por eso me ha parecido más visual utilizar estas plantillas. Pero en el **anexo 14** pongo la Excel real del estudio en formato de mi empresa.

En este primer caso hemos analizado un sistema de medida por variables, es decir, tenemos mediciones numéricas para los cálculos, porque son los datos que obtenemos del control en producción de estas características.

En otros casos no tenemos variables, como es el caso de los pasa-no pasa, en los que el resultado es APTO o NO APTO (es decir, pasa, o no pasa). En este caso se dice que es un sistema de medida por atributos.

Sistemas de medida por atributos

Este método es el que vamos a usar para valorar el **pasa-no pasa** del primer caso, **del fuelle de PP+EPDM** para el que teníamos ese control.

Cuando se utiliza un sistema de medida existe siempre un riesgo cuantificable de tomar decisiones incorrectas con el mismo. El riesgo más alto se encuentra cuando el valor medido adquiere valores próximos a los límites. Por ello, para realizar el análisis del sistema de medidas por atributos, se coge el 25% de las piezas en o cerca del límite inferior de la especificación y el 25% en o cerca del límite superior.

Existen tres métodos para el análisis de los sistemas de medida por atributos:

- **Método de las tablas de concordancia**: permite analizar la variabilidad de los resultados que proporciona el sistema de medida y los ratios de eficacia, fallos y falsas alarmas. Se realiza utilizando 50 piezas extraídas “aleatoriamente” del proceso productivo.

- **Método de la Señal de Detección:** permite visualizar la variabilidad y el sesgo del sistema de medida. Se puede ejecutar como complemento del método de las tablas de concordancia.
- **Método Analítico:** permite determinar si el sistema de medida tiene un sesgo significativo. se realiza en base a 8 piezas de valor conocido seleccionadas convenientemente.

Vamos a utilizar en este caso el **Método largo de la Señal de Detección**. Se seleccionan 50 piezas, 3 operarios y 3 mediciones por pieza, y se requiere que cada una de las piezas de muestra puedan ser evaluadas fuera de línea por un sistema de medida por variables. En este caso, como ya teníamos las piezas medidas con tridimensional, utilizamos esos valores para realizar el R&R. Lo único que necesitamos un 25% de piezas cerca del límite superior o por encima, y un 25% cerca del límite inferior o por debajo, así que vamos a fabricar a propósito estas piezas cerca de la tolerancia superior y por encima de ella, y también por debajo de la inferior, porque cerca de ella ya tenemos.

Este valor de referencia se muestra en la columna "Valor de Referencia" de la **Tabla 5.3** (Tabla completa en el **anexo 15**)

Estudio de repetibilidad y reproducibilidad por atributos MSA 4										Nº		8-1388		
Obj. Nº	Valor ref.	Ref.	Usuario A			Usuario B			Usuario C			Cód.	Datos generales del aparato	
			1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	75,6700	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
2	75,6200	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
3	75,7200	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
4	75,5300	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
5	75,3800	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
6	75,4300	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
7	75,2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
8	75,6500	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
9	75,4400	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
10	75,3100	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
11	70,9800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
12	75,6900	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
13	75,7000	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
14	75,2500	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	
15	75,6700	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
16	75,7100	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
17	75,9300	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
18	75,3500	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
19	76,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
20	75,6100	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
21	76,1500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
22	75,6700	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
23	75,4700	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
24	75,5700	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
25	75,7600	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
26	75,9800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
27	76,1700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
28	75,6200	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
29	75,6500	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
30	75,9000	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
31	75,8500	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
32	75,7800	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
33	75,6700	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
34	75,6400	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
35	75,6300	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
36	75,5000	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
37	76,0800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
38	75,4200	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
39	75,2800	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	
40	75,2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
41	75,4100	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
42	75,4500	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
43	75,3800	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
44	75,5200	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
45	76,0500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
46	75,9600	-	+	+	+	-	+	+	-	+	-	+	X	
47	75,4000	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
48	76,1100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
49	75,6100	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
50	75,6400	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		

Datos generales del aparato	
Código:	8-1388
Nº serie:	103-764
Modelo:	--
Fabricante:	--
Operaciones previas al estudio	
<input checked="" type="checkbox"/>	Instrumento en estado general correcto
Datos generales del estudio	
Característica:	
Diámetro interior boca a turbo del tubo aire limpio	
Especificación:	
Ø 75,6 ± 0,35	
Unidad de medida:	
Tolerancia superior:	75,9500
Tolerancia inferior:	75,2500
Valoración	
Dentro de tolerancias: "+"	
Fuera de tolerancias: "-"	
Sin concordancia: "X"	

El 25% de las piezas debe estar cerca del límite inferior y otro 25% cerca del límite superior

Tabla 5.3 Valores de referencia de los tres inspectores

- Rango medio de incertidumbre: $d = (0,08 + 0,11) / 2 = 0,095$
- Rango de tolerancia: $0,7 (\pm 0,35)$
- $GRR = d / T = 0,095 / 0,7 = 0,135$

GRR = 13,5 % \implies **10% < GRR < 30%: aceptable con reservas**

Análisis de resultados

$d1 = 75,31 - 75,2 =$	0,11
$d2 = 75,98 - 75,9 =$	0,08
$d = (d1 + d2) / 2 =$	0,095
%GRR =	13,6 %

Resultado del estudio

%GRR \leq 10%	<input type="checkbox"/>	Apto
10% < %GRR \leq 30%	<input checked="" type="checkbox"/>	Apto con reservas
%GRR > 30%	<input type="checkbox"/>	No apto

Observaciones:



En este caso, al salirnos apto con reservas, deberíamos analizar por qué, y solicitar a nuestro cliente la aceptación del uso de este equipo de control para esta característica.

El motivo en este caso podría deberse a que se trata de una pieza flexible, deformable, y de "goma", que puede agarrarse al pasa y falsear el criterio del inspector. Cuando estamos en el límite superior, también dependiendo de la fuerza que haga cada inspector podría darla tanto por buena como por mala.

6. Conclusiones

Coste económico del estudio

El estudio realizado en este proyecto no es un estudio rápido, fácil ni barato. Lleva asociados unos gastos de maquinaria y de personal que deben ser cuantificados, no obligatoriamente en este caso, sino para saber cuánto le cuesta a una empresa realizarlos.

En el **Anexo 16** tenemos desglosados cada uno de los costes que tenemos que tener en cuenta para evaluar económicamente este trabajo. Pero los principales son los siguientes:

- **Materia prima**: el precio de cada uno de los materiales. Está claro que tenemos que intentar comprar barato pero no primando la calidad del material. Tenemos que encontrar el material que cubra nuestras necesidades al menor precio.
- **Máquina de inyección**: en función del tonelaje de la máquina y de la antigüedad de la misma, este valor será uno u otro. En este caso, las tres piezas se inyectan en máquinas de 250 toneladas y que tienen más de 10 años de antigüedad, por lo que están ya amortizadas.
- **Preparador de inyección**: es la persona que va a estar “jugando” con los parámetros para conseguir piezas con diferentes dimensiones.
- **Medición de piezas**: tendríamos que contar las horas del metrólogo y las horas máquina, pero en este caso, en el coste del metrólogo va incluida la máquina.
- **Gestión del R&R**: es la persona de Calidad que prepara las piezas y a los operarios para la realización del R&R como tal. Suele ser un Ingeniero de Calidad.
- **3 operarios**: en cada uno de los R&R que hemos visto tomaban parte tres operarios, por lo que hay que contar el tiempo que ellos han invertido en realizarlos.

Esta es una estimación bastante real de lo que cuesta este proceso en la planta. La realización de estos R&R es un requisito de la norma que rige a las empresa de automoción, la ISO TS 16949, y por lo tanto hay que realizarlo.

Podemos ver la **Tabla 6.1** sacada del Anexo 16 con la estimación de costes.

Pieza	Operación	Cantidad (horas o Kg)	Precio/unidad (€/Kg o €/hora)	Total (€)
Fuelles PP+EPDM	Precio material (Kg)	23,00	2,95	67,9
	Máquina inyección	5,0	24,7	123,7
	Preparador inyección	5,0	55,0	275,0
	Medición piezas	10,0	51,5	515,4
	Gestión del R&R	8,0	49,0	392,0
	3 operarios (R&R)	24,0	49,0	1176,0
Subtotal		52,0	204,5	2550,0
Codos PP+GF30	Precio material (Kg)	22,6	1,80	40,7
	Máquina inyección	2,5	24,7	61,9
	Preparador inyección	2,5	55,0	137,5
	Medición piezas	10,0	51,5	515,4
	Gestión del R&R	8,0	49,0	392,0
	3 operarios (R&R)	24,0	49,0	1176,0
Subtotal		47,0	231,1	2323,4
Codos PA6+GF30	Precio material (Kg)	12,0	2,24	26,9
	Máquina inyección	3,5	24,7	86,6
	Preparador inyección	3,5	55,0	192,5
	Medición piezas	10,0	51,5	515,4
	Gestión del R&R	8,0	49,0	392,0
	3 operarios (R&R)	24,0	49,0	1176,0
Subtotal		49,0	231,5	2389,4
Total		148,0	667,1	7262,8

Tabla 6.1 Cotización del estudio R&R

Visto este desglose de gastos, con este proyecto le he “ahorrado” a la empresa los gastos de medición de piezas y gestión del R&R (**Tabla 6.2**), ya que lo he realizado personalmente fuera del horario laboral.

El resumen de estos gastos serían los siguientes:

Pieza	Operación	Cantidad (horas o Kg)	Precio/unidad (€/Kg o €/hora)	Total (€)
Fuelles PP+EPDM	Medición piezas	10,0	51,5	515,4
	Gestión del R&R	8,0	49,0	392,0
Subtotal		18,0	100,5	907,4
Codo PP+GF30	Medición piezas	10,0	51,5	515,4
	Gestión del R&R	8,0	49,0	392,0
Subtotal		18,0	100,5	907,4
Codo PA6+GF30	Medición piezas	10,0	51,5	515,4
	Gestión del R&R	8,0	49,0	392,0
Subtotal		18,0	100,5	907,4
Total		54,0	301,6	2722,2

Tabla 6.2 Gastos de medición de piezas y gestión del R&R

El resto de los gastos inevitablemente han recaído sobre la empresa, pero el beneficio también. Teníamos un “proyecto” interno en el Departamento de Calidad, que es en el que yo trabajo, de sacar adelante seis R&R (o MSA) que teníamos pendientes antes del 30 de junio de 2014, y con este proyecto hemos realizado tres, por lo que hemos ganado tiempo y recursos para realizar los demás.

A la hora de realizar estos estudios R&R en mi empresa, agrupamos por familias, en función de la dimensión a controlar y del material de la pieza que se controla. Por lo tanto hemos cubierto la realización de tres materiales diferentes.

Conclusiones

Como conclusión podemos decir, que entre otras cosas, el tiempo de ciclo es muy importante en una empresa, no visto desde el punto de vista de la calidad, pero si desde el punto de vista económico. Cuanto menor tiempo de ciclo tengamos mayor será la rentabilidad de la pieza. Reduiremos en este caso el tiempo máquina y el tiempo del preparador y del operario.

Si conseguimos reducir el peso de la pieza sin que sus características significativas se veas afectadas, estaremos reduciendo la cantidad de material empleado, y por lo tanto también el precio de la pieza.

Por lo que el reto es conseguir procesos lo más estables posibles en el menor tiempo de ciclo, es encontrar el equilibrio entre cantidad y calidad.

Porque producir sin calidad no es rentable. Los costes asociados a una mala calidad pueden ser más elevados que los posibles ahorros que se produzcan. A los costes de no calidad internos de la empresa se pueden asociar los relacionados con el cliente, una mala imagen puede quitarnos muchos beneficios o no darnos ninguno.

Por eso un lema a seguir en toda empresa que apueste por el trabajo bien hecho y por la calidad de sus productos seria:

SAFETY FIRST, QUALITY ALWAYS

7. BIBLIOGRAFÍA

www.tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

www.wikipedia.com

www.exxonmobil.com

www.lyondellbasell.com

www.comai.com

www.interempresas.net

<http://www.omniplastica.it>

http://books.google.es/books?id=eGdLTd3UiN8C&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22Bertrand+L.+Hansen%22&hl=es&sa=X&ei=_ORnU6jFFpSYyQOkmlHgBg&ved=0CD8Q6AEwAA#v=onepage&q&f=false

MSA de Ford

<http://quality.aes-standards.com/msa-es.html>

Documentación del Curso de Análisis de los Sistemas de medida según MSA 4ª edición de TCM

ANEXO 1

DIFERENTES MATERIALES Y SUS PROPIEDADES

PE – POLIETILENO

Es químicamente el polímero más simple. Es uno de los plásticos más comunes, debido a su alta producción mundial (aproximadamente 60 millones de toneladas anuales alrededor del mundo) y a su bajo precio.

Tipo: Termoplástico.

Información: Estructura muy elástica, con buena recuperación al impacto.

Plástico con aspecto y tacto ceroso.

Resistente a la mayor parte de los disolventes y ácidos.

El periodo elástico y plástico es mayor que en otros plásticos.

Poca resistencia al cizallamiento.

A partir de 87° tiende a deformarse.

Muy buenas cualidades de moldeo.

Plástico muy usado en la fabricación de parachoques.

Temperatura de soldadura: 275° 300°.

Arde: Mal

Humo: No.

Color de la llama: Amarillo claro y azul.



Fig. 1.1 Imagen del polietileno sin tratar

PA - POLIAMIDA

Tipo: Termoplástico.

Información: Se alea fácilmente con otros tipos de plásticos y admite cargas de refuerzo. (Más adelante se explicarán que son las cargas de refuerzo)

Se fabrican en varias densidades, desde flexibles, como la goma, hasta rígido, como el nylon.

Presenta buenas propiedades mecánicas y facilidad de mecanizado.

Buena resistencia al impacto y al desgaste.

Éste plástico se suelda con facilidad.

Temperatura de soldadura: 350° 400°.

Arde: Mal

Humo: No.

Color de la llama: Azul.

PP – POLIPROPILENO

Tipo: Termoplástico.

Información: Plástico que posee características muy similares a las del polietileno y supera en muchos casos sus propiedades mecánicas.

Rígido, con buena elasticidad.

Aspecto y tacto agradables.

Resiste temperaturas hasta 130°.

Admite fácilmente cargas reforzantes (fibras de vidrio, talcos, etc) que dan lugar a materiales con posibilidades de mecanizado muy interesantes.

Es uno de los plásticos más usados en la automoción en todo tipo de elementos y piezas.

Temperatura de soldadura: 275° 300°.

Arde: Bien.

Humo: Ligeramente.

Color de la llama: Amarillo claro.

ANEXO 2

POLIPROPIENO (PP)

El **polipropileno (PP)** es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno. Pertenece al grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes. Tiene gran resistencia contra diversos disolventes químicos, así como contra álcalis y ácidos.

El PP más utilizado hoy en día es el llamado isotáctico, que se caracteriza por la distribución regular de los grupos metilo que le otorga una alta densidad de las partículas. Sus principales propiedades son:

- Densidad: el PP tiene un peso específico entre 0,9 g/cm³ y 0,91 g/cm³
- Temperatura de reblandecimiento alta
- Gran resistencia al *stress cracking* (es una grieta interna o externa causada por tensión, compresión o esfuerzos de cizalla. Las condiciones ambientales normalmente aceleran el desarrollo de estas grietas)
- Tendencia a ser oxidado (problema normalmente resuelto mediante la adición de antioxidantes)

	Polipropileno PP	Comentarios
Módulo elástico en tracción (GPa)	1,1 a 1,6	
Alargamiento de rotura en tracción (%)	100 a 600	Junto al polietileno, una de las más altas de todos los termoplásticos
Carga de rotura en tracción (MPa)	31 a 42	
Módulo de flexión (GPa)	1,19 a 1,75	
Resistencia al impacto Charpy (kJ/m ²)	4 a 20	
Dureza Shore D	72 a 74	

Tabla 2.1 Propiedades mecánicas del Polipropileno

Presenta muy buena resistencia a la fatiga, por ello la mayoría de las piezas que incluyen bisagras utilizan este material.

	Polipropileno PP	Comentarios
Temperatura de fusión (°C)	160 a 170	Superior a la del polietileno
Temperatura máxima de uso continuo (°C)	100	Superior al poliestireno, al LDPE y al PVC pero inferior al HDPE, al PET y a los "plásticos de ingeniería"
Temperatura de transición vítrea (°C)	-10	

Tabla 2.1 Propiedades térmicas del Polipropileno

A baja temperatura el polipropileno se vuelve frágil (típicamente en torno a los 0 °C).

El polipropileno ha sido uno de los plásticos con mayor crecimiento en los últimos años y se prevé que su consumo continúe creciendo más que el de los otros grandes termoplásticos (PE, PS, PVC, PET).

El PP es transformado mediante muchos procesos diferentes. Los más utilizados son:

- **Moldeo por inyección** de una gran diversidad de piezas, desde juguetes hasta parachoques de automóviles.
- **Moldeo por soplado** de recipientes huecos como por ejemplo botellas o depósitos de combustible.
- **Termoformado** de, por ejemplo, contenedores de alimentos. En particular se utiliza PP para aplicaciones que requieren resistencia a alta temperatura (microondas) o baja temperatura (congelados).
- **Producción de fibras**, tanto tejidas como no tejidas.
- **Extrusión** de perfiles, láminas y tubos.
- **Producción de película**, en particular:
 - *Película de polipropileno biorientado* (BOPP), la más extendida, representando más del 20% del mercado del embalaje flexible en Europa Occidental

- *Película moldeada* ("cast film")
- *Película soplada* ("blown film"), un mercado pequeño actualmente (2007) pero en rápido crecimiento
- El PP es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes.
- Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos.

Una gran parte de los grados de PP son aptos para contacto con alimentos y una minoría puede ser usada en aplicaciones médicas o farmacéuticas.

Los principales añadidos que se utilizan para mejorar las propiedades del polipropileno son: **EPDM** (caucho), que se añade al PP para conferirle una mayor elasticidad y una buena recuperación de la deformación por impacto. **Fibra de vidrio**, que se añade tanto al PP como a la PA para mejorar las características mecánicas, entre ellas, aumentar su resistencia a la rotura por tracción. Y por último utilizamos el **talco**, que mejora la resistencia al rayado de la superficie de las piezas mejorando el aspecto estético superficial.

ANEXO 3

POLIPROPILENO REFORZADO

Por ser un plástico estándar que ofrece buena combinación de propiedades y procesabilidad, el polipropileno es un material base especialmente utilizado para ser modificado. La aplicación en el sector del automóvil que está cobrando más importancia en este sentido es el interior del habitáculo, ya que no solo requiere propiedades mecánicas sino estéticas, por lo que nos centraremos precisamente en estas últimas.

1. Características de los compuestos de PP

Un compuesto de PP será aquel modificado con cualquier tipo de carga que extienda las propiedades del polipropileno base en cualquier sentido: aumento de rigidez, dureza, tracción ó mejora de las propiedades estéticas.

La **Tabla 3.1** proporciona una orientación acerca de la influencia de las cargas y refuerzos sobre las características del polipropileno, partiendo de un polipropileno homopolímero.

A partir de la misma, se pueden sacar, entre otras, las siguientes conclusiones:

- La mejora de las propiedades mecánicas es máxima en los tipos de PP reforzados con fibra de vidrio, especialmente si van ancladas químicamente, pero tienen un mal comportamiento estético.
- Los compuestos de refuerzos minerales planos (bidimensionales) presentan características reforzantes mucho más pronunciadas que los productos esféricos (tridimensionales), aunque estos últimos tengan unas excelentes propiedades estéticas.
- La disminución de la tenacidad (relacionada con el módulo elástico en tracción) depende de la proporción, estructura y tamaño de partícula de los refuerzos utilizados, así como la calidad superficial.

Por todo ello, se viene seleccionando por parte de los constructores de automoción (OEM, de aquí en adelante), para la aplicación de interior en los vehículos, los grados de polipropileno con 20 por ciento de refuerzos minerales bidimensionales.

La **Tabla 3.2** considera como afecta el tipo de base polimérica utilizada sobre las características del polipropileno, partiendo de un compuesto de PP con 20 por ciento de talco.

A partir de los resultados mostrados se ven los siguientes puntos a destacar:

- Al usar como base polimérica PP copolímero heterofásico, propiedades como la dureza y el HDT varían en la misma dirección, disminuyendo al añadir etileno al Compuesto de PP.
- El módulo de flexión varía de forma inversa a la resistencia al impacto que aumenta al añadir etileno a la base polimérica.
- En cualquiera de los casos el aspecto estético superficial es bueno.

TIPO DE CARGA	MONODIMENSIONAL	BIDIMENSIONAL	TRIDIMENSIONAL				
	Fibra de Vidrio	Fibra de Vidrio acoplada químicam.	Talco	Mica	Esferas de Vidrio	Carbonato Cíclico	
Contenido (%)	30	30	20	40	40	20	40
Densidad	+25	+25	+12	+25	+25	+10	+25
Dureza	+45	+55	+15	+20	+10	0	+15
MEF	+250	+350	+70	+150	+150	+25	+70
MET	+30	+300	+40	+120	+40	+20	+35
HDT B	+20	+50	+20	+30	-	+5	+15
Resistenc. al Impacto, s.e. (kJ/m ²)	15	15	40	20	20	35	20
Aspecto Estético	MALO	MALO	BUENO	MALO	BUENO	BUENO	BUENO
Material base: PP homopolímero.							

Tabla 3.1. Influencia de las cargas y refuerzos sobre las características del polipropileno. Variación en porcentaje (%) respecto al PP homopolímero no modificado. MEF: Módulo elástico en Flexión, MET: Módulo elástico en Tracción y HDT = Temperatura de deformación.

1.1. Rigidez a altas temperaturas

Durante el proceso de inyección, la rigidez del material es crítica a la hora de realizar la expulsión del molde. Un producto que no sea lo suficientemente rígido será difícilmente desmoldeado y tendrá propensión a quedarse agarrado por los tetones de montaje de la pieza.

A temperaturas superiores, se observa un considerable descenso de la rigidez. Cuanto menor sea la temperatura a la que alcance la rigidez requerida para el óptimo desmoldeo, mayor tiempo de enfriamiento y, por tanto, menor productividad de las piezas inyectadas.

También afecta en este punto, la contracción postmoldeo del material (Ver Baja contracción).

TIPO DE BASE POLIMERICA	Homopolímero	Copolímero Heterofásic	PP+ Elastómero
<i>Dureza</i>	73	70	65
<i>MEF (MPa)</i>	2600	2300	2100
<i>HDT B (C)</i>	108	100	95
<i>Resist al Impacto, 23C y se (kJ/m2)</i>	30	NR	NR
<i>Resist al Impacto, -20C y se (kJ/m2)</i>	11	40	80
<i>Aspecto Esttico</i>	BUENO	BUENO	BUENO
<i>Material base: PP+20 %Talco.</i>			

Tabla 3.2. Influencia de la base polimérica sobre las características del polipropileno reforzado.

1.2. Resistencia al impacto en frío

Frente a las ventajas del polipropileno, existe un inconveniente que no hay que subestimar y es que la adición de cargas y refuerzos baja la resistencia al impacto a bajas temperaturas. [...]. La mejora de esta propiedad está siendo conseguida por el uso de copolímeros heterofásicos de muy alto contenido en etileno ó por la formación de complicados sistemas de tres fases con los que se obtiene gran resistencia al impacto sin merma apreciable de la rigidez (SEBS, EPDM, EPM, terpolímeros,...).

1.3. Baja contracción

El polipropileno no modificado presenta, además de una alta contracción de transformación (entre 1,7 y 2,2%), una contracción longitudinal diferencial, que provoca frecuentemente problemas de deformación.

Incorporando productos de refuerzo o cargas bidimensionales o tridimensionales, no sólo puede reducirse considerablemente la contracción en sí, sino también la contracción diferencial. Y esta mejora aumenta al aumentar el porcentaje de carga o refuerzo añadido.

En el caso de Compuestos de PP con fibra de vidrio la contracción diferencial sigue siendo muy alta, lo que provoca riesgo de deformaciones que no pueden corregirse con parámetros de transformación.

1.4. **Comportamiento acústico**

Los diseñadores de automóviles han procurado reducir los ruidos mediante numerosas medidas. Este fue uno de los motivos para el cambio del ABS por el PP en el interior de los coches.

Con piezas de compuestos de PP reforzados, los problemas de ruidos pueden reducirse drásticamente, e incluso eliminarse por completo, principalmente gracias a dos características de dicho material:

- Alto factor mecánico de pérdidas.
- Escasa tendencia al deslizamiento (stick-slip).

Teniendo en cuenta un proceso de amortiguación de ruido, la energía vibratoria se transforma en calor mediante fricción interna, lo que se llama amortiguación interna. Una medición para la amortiguación interna es el factor mecánico de pérdida. En la figura 2 se observa la diferencia existente entre el polipropileno y el ABS, [...]. La zona grisácea corresponde a la ganancia de amortiguación del PP respecto al ABS.

1.5. **Calidad superficial**

Dada la infinidad de componentes de plástico visibles, la calidad de su superficie tiene una extraordinaria importancia. Los tipos de polipropilenos reforzados con productos minerales ofrecen de entrada superficies mates y de tacto “cálido”.

Otra cosa importante que se exige a las superficies es una presentación lo más uniforme posible, sin “aguas” ni estrías o líneas de flujo visibles ni efectos mates/brillantes. Los compuestos de PP se optimizan día a día en este sentido,

presentando ventajas evidentes los reforzados con talco. La selección específica de los tipos de minerales utilizados, además de la mayor fluidez de la base polimérica elegida y el uso de grados de reología controlada de alta fluidez y estrecha distribución de pesos moleculares, han mejorado claramente la calidad de las superficies.

Pero en los últimos tiempos, la propiedad que más problemas está generando a nuestros clientes es la deficiente resistencia al rayado de los compuestos reforzados con talco. Este es un mineral extremadamente blando, con valor de 1 en la escala de dureza de Mohs, lo que explicaría por qué los grados de PP reforzados con talco son susceptibles de tener problemas de baja resistencia al rayado.

ANEXO 4

ANEXO 5

HOJA DE AJUSTE PARA MÁQUINAS DE INYECCIÓN

Proyecto / Cliente:	FORD 1217-06 FUELLE Phi II	Grupo:	170-350Tn	
Ref. Molde	903 594	Postizos:	ver tabla	Maquina No: 900,030 ,034 ,037 ,038 (34)

Fecha: 18/10/2013

CARACTERÍSTICAS DE LA PIEZA

Ref. pieza	Denominación pieza	Peso [gr]	Lim.Sup.	Lim.Inf.
10 873 54 S01	Tubo con envolutas Phi II s\ pipeta	230,5	235,1	225,9

Presión de aire: 0,3
 Velocidades apertura: 20-8-8-20
 Posiciones apertura: 75-95-350

Macho atemperado: 70°C
 Expulsor:
 Abrir: 6%-6% (cambio en 40mm)

Ref. Material	Material de la pieza
16 797 22 211	TPE

Tiempos de ciclo	
Cerrar molde	1,3
RetardoInyec.	

PROGRAMA DE ROBOT Y MANO

No. Programa	% de Trabajo:
No. Mano	Apertura molde: 550
<input type="checkbox"/> Sepro <input type="checkbox"/> Demag <input type="checkbox"/> Battenfeld	

Inyección	2	Tolerancia ±1seg
Compac.	6	Tolerancia ±20% seg
Refrigeración	65	
Abrir molde	3,5	

Grueso de molde (mm):	564
Fuerza de cierre mínima (Tn):	220

RetardoExpuls.	
Expuls. salida	4,6
Recogida	0,6
Expuls. entrada	
Total	83

TEMPERATURAS CÁMARA CALIENTE										Tolerancia ± 15°C
Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9		
190										

PLASTIFICACIÓN	
Final de carga (mm)	130
Revoluciones del rodar (rpm,%):	40%
Contrapresión (bar, %):	20%
Tiempo de dosificación (seg)	20

TEMPERATURAS CILINDRO DE PLASTIFICACIÓN								Tolerancia ± 15°C
Boq	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6		
200	200	195	190	185				

Referencia	Denominación	Postizos
10 873 54 S01	Tubo con envolutas Phi II, sin pipeta	
11 216 28 S01	Tubo con envolutas Phi II, con pipeta	903 634

DESCOMPRESIÓN.		<input type="checkbox"/> después de compactación	<input type="checkbox"/> Utiliza secuencial
Velocidad %	50%	<input checked="" type="checkbox"/> después de rodar	
Recorrido	8mm		

Valvula1 -	abrir en	cerrar en	<input type="checkbox"/> abierta compactación
Valvula2 -	abrir en	cerrar en	<input type="checkbox"/> abierta compactación

INYECCION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Velocidad	60	20										
Posicion		30										
Presión	70	70										

Tolerancia ± 10mm/s

Tolerancia ± 50bar, ±15%

PRESIÓN DE COMPACTACIÓN		Cojín de material (mm):	14
Posicion cambio:		Tiempo	6
bar	20	Presión	30%

Tolerancia ± 20%

Tolerancia ± 10bar, ±15%

REFRIGERACIÓN, ATEMPERACIÓN MOLDE.

Caudali metro	Caudal lt/min y T°C	Zona refrigerada parte inyección	Circuitos molde	Puentes	Tº atemp. °C	Nº circuito multiconecto
1	30	Boquilla	E1-S1			
2						
3						
4						
5						
6						
7						
Caudali metro	Caudal lt/min y T°C	Zona refrigerada parte expulsión	Circuitos molde	Puentes	Tº atemp. °C	Nº circuito multiconect
1	50	Macho superior	E3-S3		70	
2	50	Macho inferior	E6-S6			
3	50	Corredera lado contrario operario	E2-S5	S2-E5		
4	50	Corredera lado operario	E1-S4	S1-E4		
5						
6						
7						

SECUENCIA DE MOLDE

1	Cerrar molde
2	Inyección
3	Abrir Molde
4	Expulsión Maq. Avanza
5	Soplar aire
6	Expulsión Maq. Retroceso
7	
8	
9	
10	
11	

PROGRAMACIÓN NOYOS

Prog: 1-Molde abierto 2-Con parada intermedia 3-Molde cerrado sin fuerza cierre 4-Molde cerrado con fuerza cierre 5-6 con mov. Paralelos

Programa	Prioridad	Presión	%Vel	Comentarios
Noyo1 Inyecc.				
Expuls.				
Noyo2 Inyecc.				
Expuls.				
Noyo3 Inyecc.				
Expuls.				
Noyo4 Inyecc.				
Expuls.				
Noyo5 Inyecc.				
Expuls.				

HOJA DE AJUSTE PARA MÁQUINAS DE INYECCIÓN

Proyecto / Cliente:	FORD 1217-06 FUELLE Phi II	Grupo:	170-350Tn	
Ref. Molde	903 594	Postizos:	ver tabla	Maquina No: 900,030 ,034 ,037 ,038 (34)

Fecha: 18/10/2013

CARACTERÍSTICAS DE LA PIEZA

Ref. pieza	Denominación pieza	Peso [gr]	Lim.Sup.	Lim.Inf.
10 873 54 S01	Tubo con envolutas Phi II s\ pipeta	232,2	236,8	227,6

Ref. Material	Material de la pieza	Tiempos de ciclo
16 797 22 211	TPE	Cerrar molde 5
		RetardoInyec.

PROGRAMA DE ROBOT Y MANO

No. Programa	%	de Trabajo:	
No. Mano	Apertura molde:	550	
<input type="checkbox"/> Sepro <input type="checkbox"/> Demag <input type="checkbox"/> Battenfeld			

Grueso de molde (mm):	560
Fuerza de cierre mínima (Tn):	220

PLASTIFICACIÓN

Final de carga (mm)	120
Revoluciones del rodar (rpm,%):	50%
Contrapresión (bar, %):	20%
Tiempo de dosificación (seg)	21

Inyección	3,1
Compac.	10,9
Refrigeración	55
Abrir molde	8
RetardoExpuls.	
Expuls. salida	5,2
Recogida	0,6
Expuls. entrada	
Total	88

Tolerancia ±1seg
Tolerancia ±20% seg

TEMPERATURAS CÁMARA CALIENTE									
Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Tolerancia ± 15°C
220									

TEMPERATURAS CILINDRO DE PLASTIFICACIÓN							
Boq	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Tolerancia ± 15°C
200	200	195	190	185			

Referencia	Denominación	Postizos
10 873 54 S01	Tubo con envolutas Phi II, sin pipeta	903 594
11 216 28 S01	Tubo con envolutas Phi II, con pipeta	903 634

DESCOMPRESIÓN.

Velocidad %	50%
Recorrido	8mm

después de compactación Utiliza secuencial
 después de rodar

Valvula1 - abrir en cerrar en abierta compactación
Valvula2 - abrir en cerrar en abierta compactación

INYECCION

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Velocidad	20	60	20									
Posicion		110	30									
Presión	70	70	70									

Tolerancia ± 10mm/s

Tolerancia ± 50bar, ±15%

PRESIÓN DE COMPACTACIÓN

Posicion cambio:	Cojín de material (mm): 3 - 10
bar 18 mm	Tolerancia ± 5mm

Tiempo	10,9
Presión	32%

Tolerancia ± 20%

Tolerancia ± 10bar, ±15%

REFRIGERACIÓN, ATEMPERACIÓN MOLDE.

Caudali metro	Medida caudalím.	Zona refrigerada parte inyección	Circuitos molde	Puentes	Tº atemp. °C	Nº circuito multiconect
1	50	Boquilla	E1-S1			
2						
3						
4						
5						
6						
7						
Caudali metro	Medida caudalím.	Zona refrigerada parte expulsión	Circuitos molde	Puentes	Tº atemp. °C	Nº circuito multiconect
1		Macho superior	E3-S3		65	
2	30	Corredera lado contrario operario	E2-S5	S2-E5		
3	40	Corredera lado operario	E1-S4	S1-E4		
4	70	Macho inferior	E6-S6			
5						
6						
7						

SECUENCIA DE MOLDE

1	Cerrar molde
2	Inyección
3	Abrir Molde
4	Expulsión Maq. Avanza
5	Soplar aire
6	Expulsión Maq. Retroceso
7	
8	
9	
10	
11	

PROGRAMACIÓN NOYOS

		Programa	Prioridad	Presión	%Vel	Comentarios
Noyo1	Inyecc.					
	Expuls.					
Noyo2	Inyecc.					
	Expuls.					
Noyo3	Inyecc.					
	Expuls.					
Noyo4	Inyecc.					
	Expuls.					
Noyo5	Inyecc.					
	Expuls.					

Prog: 1-Molde abierto 2-Con parada intermedia 3-Molde cerrado sin fuerza cierre 4-Molde cerrado con fuerza cierre 5-6 con mov. Paralelos

ANEXO 6

Mann+Hummel Ibérica, s.a.

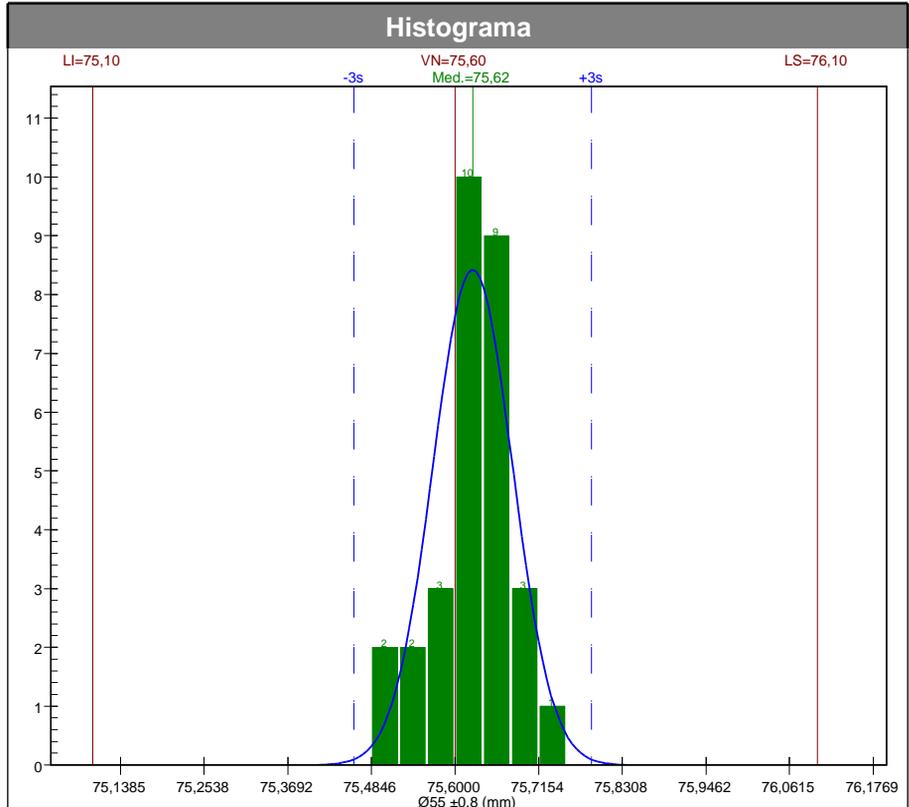
Referencia : 1087354S02	Nº Modificación : 00
Característica : Ø55 ±0.8	Código : Ø 55 ± 0,8
Descripción : Diámetro interior boca grande (P1)	Fecha Estudio : 26/03/2014 17:31:55
Nº Estudio : 2	Máquina : LINEA DE MONTAJE
Operario : 3275	Orden de trabajo : -----
Equipo medida : MMC 3D 0-1624	

Parámetros del estudio

Valor Nominal : 75,60
Toler. Inferior : 75,10

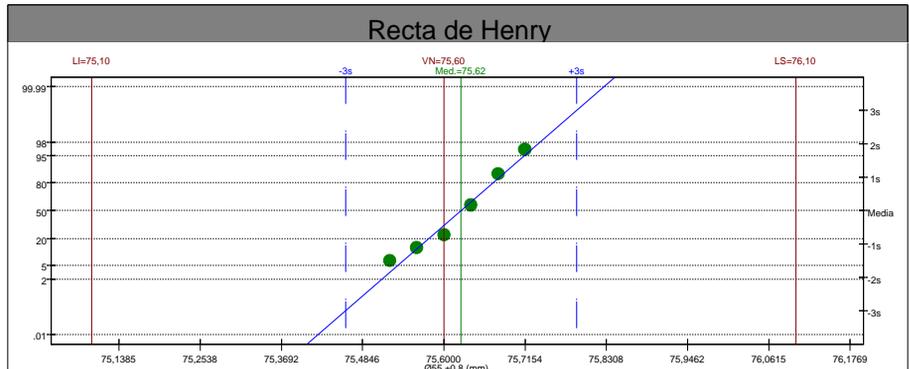
Resultados

Nº de datos : 30
Media : 75,624
Sigma : 0,0546
Máximo : 75,72
Mínimo : 75,50
Ppk : 2,903
> TI Real : 0,00
> TI Estimado : 0,00
Test KS (D) : 0,163
Test KS (P) : 0,401



Distribución

DISTRIBUCION NORMAL
Media= 75,62433 Sigma= 0,05463



Datos

75,67	75,62	75,72	75,62	75,53	75,64	75,67	75,62	75,57	75,65
75,50	75,69	75,59	75,61	75,55	75,64	75,70	75,61	75,57	75,61
75,71	75,67	75,67	75,66	75,61	75,52	75,63	75,61	75,64	75,63

Observaciones:

Mann+Hummel Ibérica, s.a.

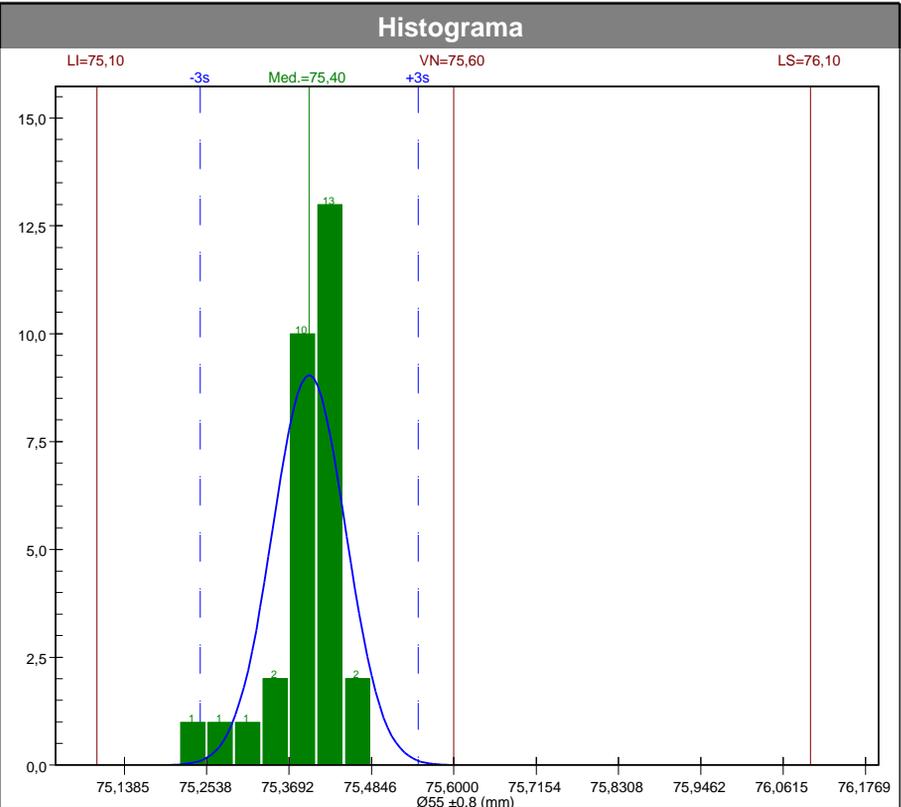
Referencia : 1087354S02	Nº Modificación : 00
Característica : Ø55 ±0.8	Código : Ø 55 ± 0,8
Descripción : Diámetro interior boca grande (P2)	Fecha Estudio : 26/03/2014 17:31:55
Nº Estudio : 2	Máquina : LINEA DE MONTAJE
Operario : 3275	Orden de trabajo : -----
Equipo medida : MMC 3D 0-1624	

Parámetros del estudio

Valor Nominal : 75,60
 Toler. Inferior : 75,10

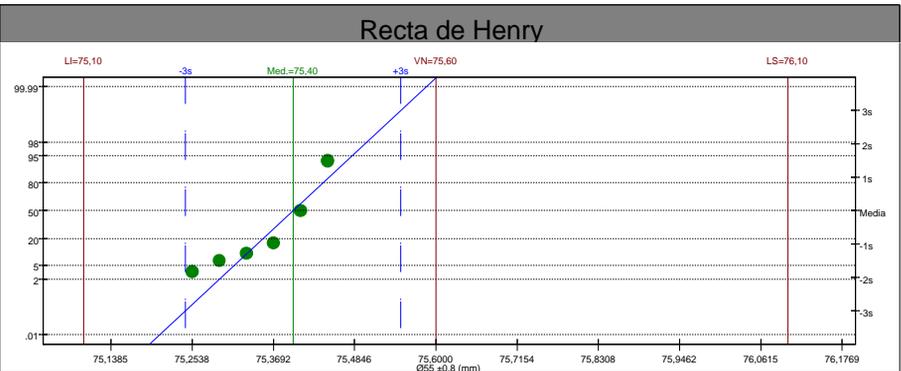
Resultados

Nº de datos : 30
 Media : 75,397
 Sigma : 0,0509
 Máximo : 75,47
 Mínimo : 75,25
 Ppk : 1,946
 > TI Real : 0,00
 > TI Estimado : 0,00
 Test KS (D) : 0,176
 Test KS (P) : 0,310



Distribución

DISTRIBUCION NORMAL
 Media= 75,39733 Sigma= 0,05092



Datos

75,42	75,36	75,42	75,40	75,44	75,40	75,40	75,43	75,35	75,38
75,31	75,25	75,26	75,41	75,43	75,44	75,38	75,39	75,39	75,37
75,43	75,39	75,44	75,40	75,42	75,42	75,44	75,43	75,45	75,47

Observaciones:

ANEXO 7

SECADO DEL MATERIAL

Una vez tenemos el material en nuestra empresa, lo hemos chequeado y verificado que es el correcto y con las características requeridas, se procede a secarlo para que esté listo para su utilización. Este proceso de secado consiste en dotar al termoplástico del grado de humedad apropiado para la correcta fabricación de las piezas.

Procesar materiales con exceso de humedad puede dar lugar a diversos defectos en la producción de las piezas terminadas. Estos defectos pueden ser tanto visuales como también funcionales. En inyección los principales defectos son rechupes, marcas de fisuras en la superficie, degradación del material, baja viscosidad de fusión entre otros.

Podemos separar los polímeros en dos grupos definidos: los que son higroscópicos y los que no. Los no higroscópicos como el polietileno, polipropileno, poliestireno, PVC, pueden acumular humedad solamente sobre la superficie del material si son expuestos en condiciones de alta humedad. En cambio, los materiales higroscópicos como el nylon, ABS, PET, policarbonato, tienen mucha afinidad por el agua, por lo tanto absorben la humedad dentro de su estructura molecular.

El proceso de secado de los materiales se realiza mediante el flujo continuo de aire seco caliente, en silos denominados deshumidificadores. El aire es secado mediante tamices moleculares.

En la **Fig. 7.1** se muestra un esquema básico del proceso de secado de un material.

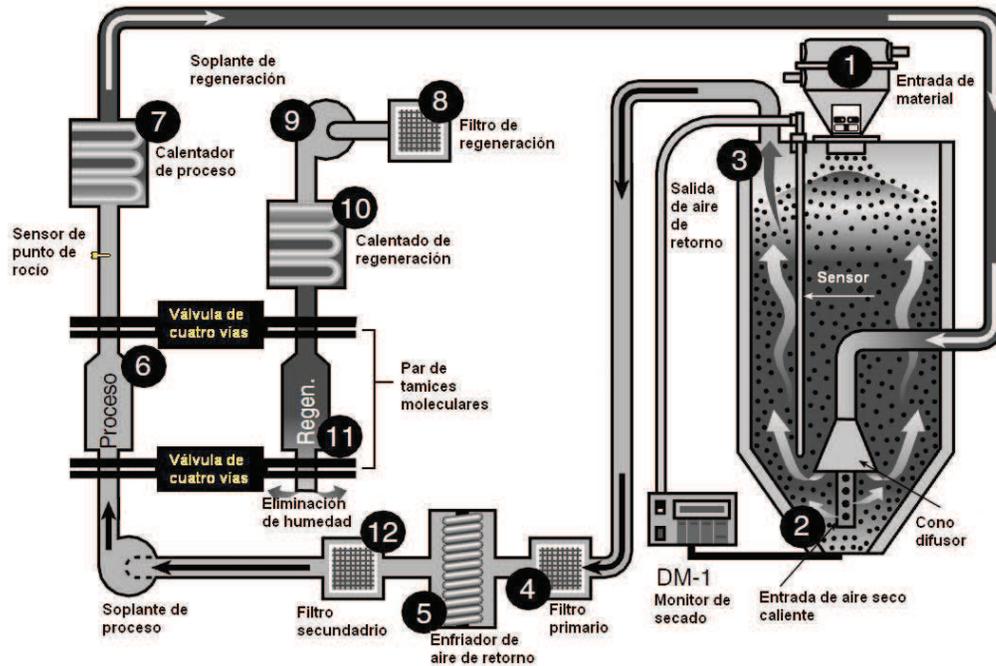


Diagrama de flujo de aire del deshumidificador

Fig. 7.1 Esquema del proceso de secado de un material

Eficiencia del secado

Para poder quitar con eficiencia la humedad existen cuatro parámetros fundamentales a tener en cuenta a la hora de secar cada material. Estos son: la temperatura, el punto de rocío, el tiempo y el flujo de aire.

Temperatura: en polímeros higroscópicos las moléculas de agua son conducidas dentro de las cadenas del polímero. El aumento de la temperatura debilita la unión entre las cadenas y las moléculas de agua. Por encima de cierta temperatura, dependiendo del material, las moléculas de agua se mueven libremente.

Punto de rocío: la temperatura del punto de rocío es la temperatura a la cual ocurre la condensación del agua. El punto de rocío provoca un aumento de la presión de vapor en el interior del polímero. Este aumento provoca la disminución de la humedad en el material.

Tiempo: la deshumidificación del material recién comienza cuando se alcanza la temperatura correcta pero no es instantánea; la humedad tarda un tiempo en migrar

del interior del polímero hacia la superficie para luego salir completamente de la superficie del material.

Flujo de aire: el aire transfiere el calor y elimina la humedad de la superficie del polímero. Si el flujo de aire no es suficiente el material no llegará a calentarse a la temperatura necesaria durante el tiempo de residencia en la tolva con lo cual el polímero quedará con cierta humedad. En cambio, si el flujo es excesivo el material no logrará enfriar lo suficiente el aire que retorna. Esto no es deseado porque se reduce la capacidad del desecante, aumenta el punto de rocío y puede llegar a dañar al soplador.

Pellets de menor tamaño secarán más rápido por tener una mayor relación superficie/volumen. La humedad del interior tarda menos en salir al exterior de cada partícula de material.

Además, al tener menor tamaño, el aire entre los pellets es menor, con lo cual se reduce el flujo de la corriente de aire para el secado disminuyendo la capacidad de deshumidificación si no se tiene en cuenta el tamaño.

Por otro lado, los pellets de mayor tamaño requieren más tiempo de permanencia en la tolva de secado ya que la humedad tarda más en salir a la superficie. Y para el secado, la corriente de aire necesaria es menor al poseer más espacio libre entre partículas del material.

Para el proceso que se realiza debe saberse si el material a utilizar requiere de deshumidificación y, si es así, se deberá contar con el equipo adecuado para poder realizar dicho tratamiento. Por ejemplo: una humedad elevada en el material a inyectar puede generar inconveniente en las piezas terminadas, pues presentan una fragilidad elevada. Estos inconvenientes en las piezas se pueden hacer manifiesto en corto o largo plazo.

ANEXO 8



Hostacom X G3 U10 100001

Compounded Polyolefin

Product Description

Hostacom X G3 U10 is a 30% glass coupled PP homopolymer with high flow, high stiffness, low creep under load at elevated temperatures.

Product Characteristics

Status	Commercial: Active
Test Method used	ISO
Availability	Europe, North America, Latin America

Typical Properties	Method	Value	Unit
Physical			
Density	ISO 1183	1.14	g/cm ³
Melt volume flow rate (230°C/2.16Kg)	ISO 1133	15	cm ³ /10min
Mechanical			
Tensile Modulus (Secant)	ISO 527-1, -2	6500	MPa
Tensile Stress at Yield (50 mm/min)	ISO 527-1, -2	80	MPa
Tensile Strain at Yield (50 mm/min)	ISO 527-1, -2	3.0	%
Impact			
Charpy unnotched impact strength (23 °C, Type 1, Edgewise)	ISO 179	25	kJ/m ²
Charpy notched impact strength (23 °C, Type 1, Edgewise, Notch A)	ISO 179	6.0	kJ/m ²
Thermal			
Heat deflection temperature A (1.80 MPa) Unannealed	ISO 75A-1, -2	140	°C
Vicat softening temperature (A50 (50°C/h 10N))	ISO 306	130	°C

Notes

Typical properties; not to be construed as specifications.

© LyondellBasell Industries Holdings, B.V. 2012

LyondellBasell markets this product through the following entities:

- Equistar Chemicals, LP
- Basell Sales & Marketing Company B.V.
- Basell Asia Pacific Limited
- Basell International Trading FZE
- LyondellBasell Australia Pty Ltd

For the contact details of the LyondellBasell company selling this product in your country, please visit <http://www.lyondellbasell.com/>.

Before using a product sold by a company of the LyondellBasell family of companies, users should make their own independent determination that the product is suitable for the intended use and can be used safely and legally. SELLER MAKES NO WARRANTY; EXPRESS OR IMPLIED (INCLUDING ANY WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR ANY WARRANTY) OTHER THAN AS SEPARATELY AGREED TO BY THE PARTIES IN A CONTRACT.

This product(s) may not be used in:

(i) any U.S. FDA Class I, Health Canada Class I, and/or European Union Class I medical devices, without prior notification to Seller for each specific product and application; or
(ii) the manufacture of any of the following, without prior written approval by Seller for each specific product and application: U.S. FDA Class II medical devices; Health Canada Class II or III medical devices; European Union Class II medical devices; or any equivalent U.S. FDA, Health Canada, or European Union regulations pertaining to medical devices; packaging in direct contact with a pharmaceutical active ingredient and/or dosage form; and tobacco-related products and applications. This product(s) may not be used in the manufacture of any of the following applications: U.S. FDA Class III medical devices; Health Canada Class IV medical devices; European Class III medical devices; applications involving permanent implantation into the body; life-sustaining medical applications; and lead, asbestos or MTBE related applications. All references to the U.S. FDA, Health Canada and European Union regulations include another country's equivalent regulatory classification.

Users should review the applicable Material Safety Data Sheet before handling the product.

Addhere, Adflex, Adstif, Adsyl, Akoafloor, Akoalit, Alathon, Alkylate, Amazing Chemistry, Aquamarine, Aquathene, Arconate, Arcopure, Arcosolv, Arctic Plus, Arctic Shield, Avant, Catalloy, Clyrell, CRP, Crystex, Dexflex, Duopac, Duoprime, Explore & Experiment, Filmex, Flexathene, Glacido, Hifax, Histif, Hostacom, Hostalen, Ideal, Integrate, Koattro, LIPP, Lucalen, Luflexen, Lupolen, Lupolex, Luposim, Lupostrass, Lupotech, Metocene, Microthene, Moplen, MPDIOL, Nerolex, Nexprene, Petrothene, Plexar, Polymeg, Pristene, Prodflex, Pro-Fax, Punctilious, Purell, SAA100, SAA101, Sequel, Softell, Spherilene, Spheripol, Spherizone, Starflex, Stretchene, Superflex, TBAC, Tebol, T-Hydro, Toppyl, Trans4m, Tufflo, Ultrathene, Vacido and Valtec are trademarks owned or used by the LyondellBasell family of companies.

Adsyl, Akoafloor, Akoalit, Alathon, Aquamarine, Arconate, Arcopure, Arcosolv, Arctic Plus, Arctic Shield, Avant, CRP, Crystex, Dexflex, Duopac, Duoprime, Explore & Experiment, Filmex, Flexathene, Hifax, Hostacom, Hostalen, Ideal, Integrate, Koattro, Lucalen, Lupolen, Microthene, Moplen, MPDIOL, Nexprene, Petrothene, Plexar, Polymeg, Pristene, Pro-Fax, Punctilious, Purell, Sequel, Softell, Spheripol, Spherizone, Starflex, Tebol, T-Hydro, Toppyl, Tufflo and Ultrathene are registered in the U.S. Patent and Trademark Office.

Release Date: 09 Apr 2008

ANEXO 9

HOJA DE AJUSTE DE PARÁMETROS PARA INYECTORAS

Rev 00(34)


Proyecto / Cliente: FORD 1329 **Fecha:** 31/01/2014
Inyectora: 900.034

MANO ROBOT		TIEMPOS DE CICLO	
NºPrograma:	% de Trabajo:	%	
MOLDE		Cerrar molde	4,2
Ref.Molde:	903 903	Inyección	2,2
Apertura molde:	400 mm	Compactación	6,8
Fuerza de cierre mínima:	250 kN	Refrigeración	18
Grueso de molde:	597 mm	Abrir molde	5,7
		Girar molde	
		Extracción pieza	
		TOTAL	42


PROTECCIÓN DE MOLDE:

Carrera de inicio:	mm	Fin:	mm
Velocidad:	%		
Presión:	60	%	
Tiempo:	s		

SECUENCIA DE MOLDE

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

CARACTERÍSTICAS DE LA PIEZA

Ref. pieza	Denominación pieza	Peso (gr)	Lím.Sup. (gr)	Lím.Inf.(gr)
11 294 37 P01	SOPORTE TMAP	117,5	121,03	113,98
Ref.Material	Material de la pieza	Tª secado(°C)	Tiempo secado	
16 707 22 231	PP - GF30	HOSTACOM X G3 U10 BLACK 100001		

TEMPERATURAS CILINDRO DE PLASTIFICACIÓN **Tol:**

Boq	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	
240	240	230	225	220						
										+15°C
										-15°C

TEMPERATURAS CÁMARA CALIENTE **Tol:**

Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14	
240	240	240	240	240	240									
														+15°C
														-15°C

PLASTIFICACION		DESCOMPRESION	
Final de carga:	130 mm	DESPUÉS DE RODAR	
Revoluciones del rodar:	100 mm/s	Velocidad	40 mm/s
Contrapresión:	15 bar	Recorrido	8 mm
Tiempo de dosificación (s):		Tol:	± 4 s

Utiliza secuencial

Válvula	Abrir en	Cerrar en	Compactación
Válvula 1 - NOYO 1	Inicio inyección	Fin enfriamiento	<input type="checkbox"/> abierta
Válvula 2 -			<input type="checkbox"/> abierta
Válvula 3 -			<input type="checkbox"/> abierta
Válvula 4 -			<input type="checkbox"/> abierta

INYECCION

Velocidad	%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tol:	± 10 mm/s
Posicion	mm	25	50	20									
Presión	%	65	65	65								Tol:	± 9,8 %

PRESION DE COMPACTACION **Tol: ± 5,3 bar**

Tiempo	s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Presión	bar	6,8	35								
Cojín de material:	mm	Tol:									
Posicion cambio:	cm³	30 Tol: ± 2 mm									

CIRCUITOS REFRIGERACION MOLDE

Caudalímetros	Medida	Zona refrigerada parte fija	Circuitos molde	Puentes	Nº circuito multiconector
1	80		1 - 2		
2	80		3 - 4		
3	80	MOLDMASTER			
4					
5					
6					
7					

Caudalímetros	Medida	Zona refrigerada parte móvil	Circuitos molde	Puentes	Nº circuito multiconector
1	80		1 - 2 - 3		
2	80		4 - 5 - 6		
3					
4					
5					
6					
7					

ATEMPERACION MOLDE

Temperatura	Zona refrigerada parte fija	Circuitos	Puentes
Temperatura	Zona refrigerada parte móvil	Circuitos	Puentes

Programa: 1-Molde abierto 2-Con parada intermedia 3-Molde cerrado sin fuerza cierre 4-Molde cerrado con fuerza cierre 5-6 Con mov. paralelos

PROGRAMACIÓN NOYOS	Programa	Prioridad	Presión	Velocidad	Comentarios
Noyo1	Inyecc.	4	30	30	MOLDMASTER
	Expuls.	4	30	30	
Noyo2	Inyecc.				
	Expuls.				
Noyo3	Inyecc.				
	Expuls.				
Noyo4	Inyecc.				
	Expuls.				

OBSERVACIONES
 PRUEBA DE COJÍN EN EL HUSILLO Y COMPROBAMOS QUE NO CIERRA EL ANILLO

HOJA DE AJUSTE DE PARÁMETROS PARA INYECTORAS

Rev 01(34)


Proyecto / Cliente: FORD 1329 **Fecha:** 14/04/2014
Inyectora: 900.034

MANO ROBOT		TIEMPOS DE CICLO	
Nº Programa:	% de Trabajo:	%	
MOLDE		Cerrar molde	4
Ref. Molde:	903 903	Inyección	2,1 Tol: ± 0,3 s
Apertura molde:	350 mm	Compactación	1 Tol: ± 1 s
Fuerza de cierre mínima:	250 kN	Refrigeración	4+10 Tol: ± 1 s
Grueso de molde:	595 mm	Abrir molde	3
		Girar molde	
		Extracción pieza	1,9
		TOTAL	29 Tol: ± 1 s


PROTECCIÓN DE MOLDE:
 Carrera de inicio: 300 mm Fin: mm
 Velocidad: 25 %
 Presión: 50 %
 Tiempo: 4 s

SECUENCIA DE MOLDE	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

CARACTERÍSTICAS DE LA PIEZA				
Ref. pieza	Denominación pieza	Peso (gr)	Lím.Sup. (gr)	Lím.Inf.(gr)
11 294 37 P01	CODO SOPORTE IAT	116	119,48	112,52

Ref.Material	Material de la pieza	Tª secado(°C)	Tiempo secado
16 707 22 231	PP - GF30 HOSTACOM X G3 U10 BLACK 100001		

TEMPERATURAS CILINDRO DE PLASTIFICACIÓN											Tol:
Boq	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z9	+15°C
230	240	230	220	210							-15°C

TEMPERATURAS CÁMARA CALIENTE														Tol:
Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14	+15°C
240	240	240	240	240	240									-15°C

PLASTIFICACION		DESCOMPRESION	
Final de carga:	90 mm	DESPUÉS DE RODAR	
Revoluciones del rodar:	100 %	Velocidad	50 mm/s
Contrapresión:	20 %	Recorrido	8 mm
Tiempo de dosificación (s):	4,1 Tol: ± 4 s		

<input type="checkbox"/> Utiliza secuencial	Abrir en	Cerrar en	Compactación
Válvula 1 - NOYO 1	Inicio inyección	Fin enfriamiento	<input type="checkbox"/> abierta
Válvula 2 -			<input type="checkbox"/> abierta
Válvula 3 -			<input type="checkbox"/> abierta
Válvula 4 -			<input type="checkbox"/> abierta

INYECCION											Tol: ± 10 %
Velocidad %	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Posicion mm	25	25	50								
Presión %	50	50	50								Tol: ± 7,5 %

PRESION DE COMPACTACION										Tol: ± 3,8 bar
Tiempo s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Presión bar	25									
Cojín de material:	12 mm		Tol: ± 3 mm							
Posicion cambio:	18 mm		Tol: ± 2 mm							

CIRCUITOS REFRIGERACION MOLDE					
Caudalímetros	Medida	Zona refrigerada parte fija	Circuitos molde	Puentes	Nº circuito multiconector
	1	80	MOLDMASTER		
	2	80		1 - 2	
	3	80		3 - 4	
	4				
	5				
	6				
Caudalímetros	Medida	Zona refrigerada parte móvil	Circuitos molde	Puentes	Nº circuito multiconector
	1	80		1 - 2 - 3	
	2	80		4 - 5 - 6	
	3				
	4				
	5				
	6				

ATEMPERACION MOLDE			
Temperatura	Zona refrigerada parte fija	Circuitos	Puentes
Temperatura	Zona refrigerada parte móvil	Circuitos	Puentes
50°C	FIGURA CAVIDAD 1 Y CAVIDAD 2	1 y 4	1 y 4

PROGRAMACIÓN NOYOS					
Programa: 1-Molde abierto 2-Con parada intermedia 3-Molde cerrado sin fuerza cierre 4-Molde cerrado con fuerza cierre 5-6 Con mov. paralelos					
Programa	Prioridad	Presión	Velocidad	Comentarios	
Noyo1 Inyecc.	4	30	30	MOLDMASTER	
Noyo1 Expuls.	4	30	30	Por tiempo entrar 1s y salir 14s	
Noyo2 Inyecc.					
Noyo2 Expuls.					
Noyo3 Inyecc.					
Noyo3 Expuls.					
Noyo4 Inyecc.					
Noyo4 Expuls.					

OBSERVACIONES
 Tiempo de enfriamiento: 4s + 10s(de noyo salir)=14s

ANEXO 10

Mann+Hummel Ibérica, s.a.

Referencia : 1051436S01-1	Nº Modificación : --
Característica : 0	Código : Ø70.3 ± 0.3
Descripción : Diámetro exterior boca cliente (P1)	Fecha Estudio : 02/04/2014 14:09:44
Nº Estudio : 2	Máquina : 1
Operario : R. Barra	Orden de trabajo : --
Equipo medida : 00-0048	

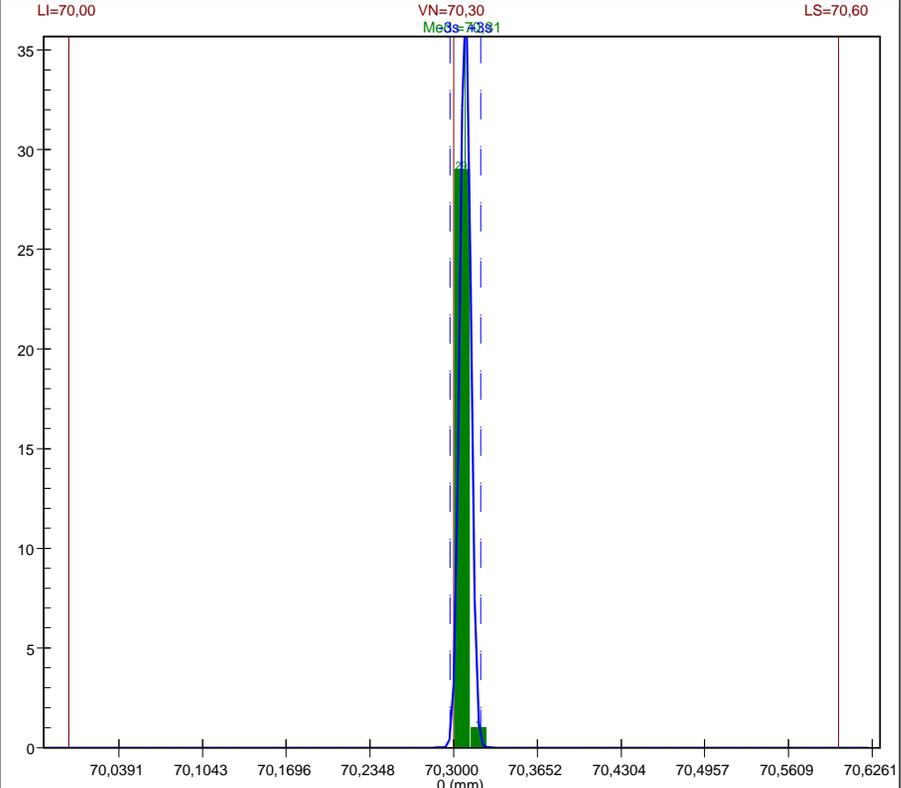
Parámetros del estudio

Valor Nominal : 70,30
Toler. Superior : 70,60
Toler. Inferior : 70,00

Resultados

Nº de datos : 30
Media : 70,309
Sigma : 0,0040
Máximo : 70,32
Mínimo : 70,30
Pp : 24,840
Ppk : 24,095
> TS Real : 0,00
< TI Real : 0,00
> TS Estimado : 0,00
< TI Estimado : 0,00
Test KS (D) : 0,465
Test KS (P) : 0,000

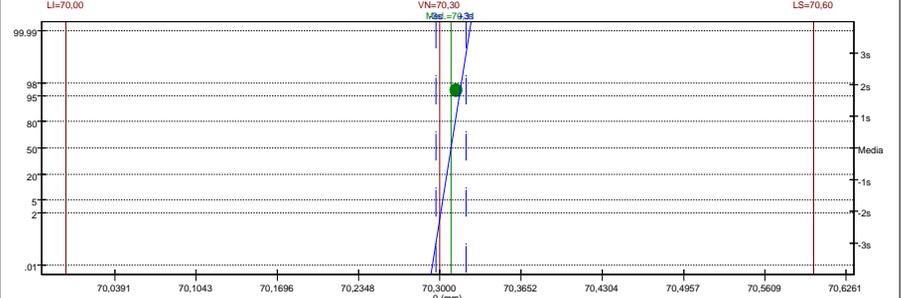
Histograma



Distribución

DISTRIBUCION NORMAL
Media= 70,30900 Sigma= 0,00403

Recta de Henry



Datos

70,31	70,31	70,31	70,30	70,31	70,30	70,31	70,31	70,31	70,31
70,31	70,31	70,31	70,31	70,31	70,31	70,31	70,31	70,31	70,31
70,31	70,32	70,31	70,31	70,30	70,31	70,31	70,30	70,31	70,31

Observaciones:

Mann+Hummel Ibérica, s.a.

Referencia : 1051436S01-1	Nº Modificación : --
Característica : 0	Código : Ø70.3 ± 0.3
Descripción : Diámetro exterior boca cliente (P2)	Fecha Estudio : 02/04/2014 14:09:44
Nº Estudio : 2	Máquina : 1
Operario : R. Barra	Orden de trabajo : --
Equipo medida : 00-0048	

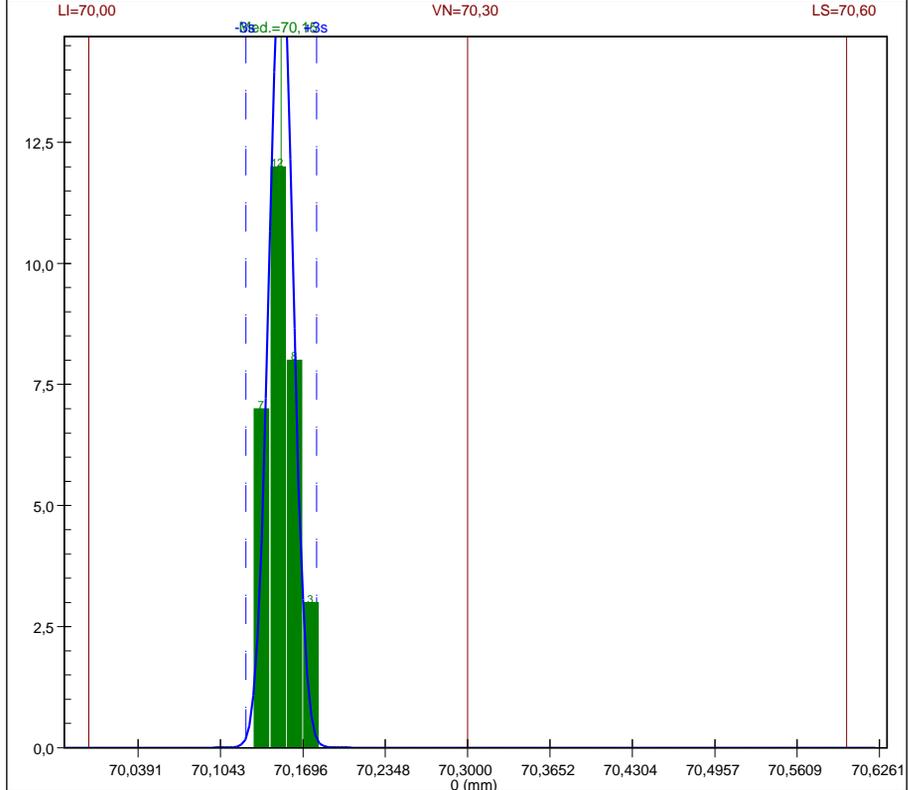
Parámetros del estudio

Valor Nominal : 70,30
 Toler. Superior : 70,60
 Toler. Inferior : 70,00

Resultados

Nº de datos : 30
 Media : 70,152
 Sigma : 0,0094
 Máximo : 70,17
 Mínimo : 70,14
 Pp : 10,692
 Ppk : 5,429
 > TS Real : 0,00
 < TI Real : 0,00
 > TS Estimado : 0,00
 < TI Estimado : 0,00
 Test KS (D) : 0,232
 Test KS (P) : 0,080

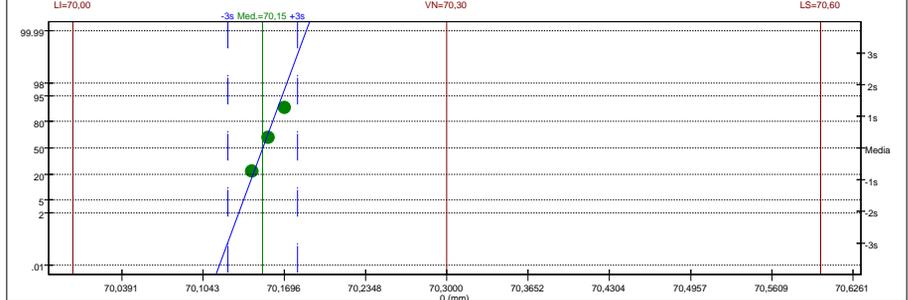
Histograma



Distribución

DISTRIBUCION NORMAL
 Media= 70,15233 Sigma= 0,00935

Recta de Henry



Datos

70,16	70,17	70,15	70,17	70,14	70,15	70,15	70,15	70,16	70,16
70,16	70,14	70,17	70,14	70,15	70,14	70,15	70,16	70,15	70,14
70,16	70,15	70,15	70,15	70,15	70,16	70,15	70,16	70,14	70,14

Observaciones:

ANEXO 11

Durethan BKV 30 H2.0 901510

PA 6, 30 % glass fibers, injection molding, heat-aging stabilized

ISO Shortname: ISO 1874-PA 6, GHR, 14-090, GF30

Property	Test Condition	Unit	Standard	guide value	
				d.a.m.	cond.
Rheological properties					
C Molding shrinkage, parallel	60x60x2; 280 °C / MT 80 °C; 600 bar	%	ISO 294-4	0.3	
C Molding shrinkage, transverse	60x60x2; 280 °C / MT 80 °C; 600 bar	%	ISO 294-4	0.69	
Post- shrinkage, parallel	60x60x2; 120 °C; 4 h	%	ISO 294-4	0.06	
Post- shrinkage, transverse	60x60x2; 120 °C; 4 h	%	ISO 294-4	0.13	
Mechanical properties (23 °C/50 % r. h.)					
C Tensile modulus	1 mm/min	MPa	ISO 527-1,-2	9500	5800
C Tensile Stress at break	5 mm/min	MPa	ISO 527-1,-2	170	100
C Tensile Strain at break	5 mm/min	%	ISO 527-1,-2	3.0	6.0
C Tensile creep modulus	1 h	MPa	ISO 899-1		5100
C Tensile creep modulus	1000 h	MPa	ISO 899-1		4100
C Charpy impact strength	23 °C	kJ/m ²	ISO 179-1eU	75	90
C Charpy impact strength	-30 °C	kJ/m ²	ISO 179-1eU	65	60
C Charpy notched impact strength	23 °C	kJ/m ²	ISO 179-1eA	10	20
C Charpy notched impact strength	-30 °C	kJ/m ²	ISO 179-1eA	< 10	10
Izod impact strength	23 °C	kJ/m ²	ISO 180-1U	65	80
Izod impact strength	-30 °C	kJ/m ²	ISO 180-1U	60	55
Izod notched impact strength	23 °C	kJ/m ²	ISO 180-1A	10	20
Izod notched impact strength	-30 °C	kJ/m ²	ISO 180-1A	<10	<10
Flexural modulus	2 mm/min	MPa	ISO 178-A	9300	5000
Flexural strength	2 mm/min	MPa	ISO 178-A	270	160
Flexural strain at flexural strength	2 mm/min	%	ISO 178-A	4.0	6.0
Flexural stress at 3.5 % strain	2 mm/min	MPa	ISO 178-A	260	140
C Puncture maximum force	23 °C	N	ISO 6603-2	1000	1230
C Puncture maximum force	-30 °C	N	ISO 6603-2	860	
C Puncture energy	23 °C	J	ISO 6603-2	3	6
C Puncture energy	-30 °C	J	ISO 6603-2	3	
Ball indentation hardness		N/mm ²	ISO 2039-1	210	100
Thermal properties					
C Melting temperature	10 °C/min	°C	ISO 11357-1,-3	222	
C Temperature of deflection under load	1.80 MPa	°C	ISO 75-1,-2	200	
C Temperature of deflection under load	0.45 MPa	°C	ISO 75-1,-2	215	
Vicat softening temperature	50 N; 120 °C/h	°C	ISO 306	> 200	
C Coefficient of linear thermal expansion, parallel	23 to 55 °C	10 ⁻⁴ /K	ISO 11359-1,-2	0.2	
C Coefficient of linear thermal expansion, transverse	23 to 55 °C	10 ⁻⁴ /K	ISO 11359-1,-2	1.0	



Durethan BKV 30 H2.0 901510

Property	Test Condition	Unit	Standard	guide value d.a.m.	cond.
C Burning behavior UL 94 (1.6 mm)		Class	UL 94	HB	
C Burning behavior UL 94	3.2 mm	Class	UL 94	HB	
C Oxygen index	Method A	%	ISO 4589-2	22	
Glow wire test (GWFI)	1.5 mm	°C	IEC 60695-2-12	700	
Burning behavior US-FMVSS302	>=1.0 mm		ISO 3795	passed	
C Vicat softening temperature	50 N; 50 °C/h	°C	ISO 306	200	
Electrical properties (23 °C/50 % r. h.)					
C Relative permittivity	100 Hz	-	IEC 60250	4.2	12
C Relative permittivity	1 MHz	-	IEC 60250	3.8	4.4
C Dissipation factor	100 Hz	10 ⁻⁴	IEC 60250	100	2550
C Dissipation factor	1 MHz	10 ⁻⁴	IEC 60250	170	780
C Volume resistivity		Ohm·m	IEC 60093	1E13	1E10
C Surface resistivity		Ohm	IEC 60093	1E14	1E13
C Electric strength	1 mm	kV/mm	IEC 60243-1	35	30
C Comparative tracking index CTI	Solution A	V	IEC 60112	425	
Other properties (23 °C)					
C Water absorption (Saturation value)	Water at 23 °C	%	ISO 62	7.0	
C Water absorption (Equilibrium value)	23 °C; 50 % RH	%	ISO 62	2.1	
C Density		kg/m ³	ISO 1183	1360	
Bulk density		kg/m ³	ISO 60	700	
Processing conditions for test specimens					
C Injection molding-Melt temperature		°C	ISO 294	280	
C Injection molding-Mold temperature		°C	ISO 294	80	
Processing recommendations					
Drying temperature dry air dryer		°C	-	80	
Drying time dry air dryer		h	-	2-6	
Residual moisture content		%	Acc. to Karl Fischer	0.03-0.12	
Melt temperature (Tmin - Tmax)		°C	-	270-290	
Mold temperature		°C	-	80-120	

C These property characteristics are taken from the CAMPUS plastics data bank and are based on the international catalogue of basic data for plastics according to ISO 10350.



Durethan BKV 30 H2.0 901510

Disclaimer

Standard Disclaimer

The manner in which you use and the purpose to which you put and utilize our products, technical assistance and information (whether verbal, written or by way of production evaluations), including any suggested formulations and recommendations, are beyond our control. Therefore, it is imperative that you test our products, technical assistance and information to determine to your own satisfaction whether they are suitable for your intended uses and applications. This application-specific analysis must at least include testing to determine suitability from a technical as well as health, safety and environmental standpoint. Such testing has not necessarily been done by us. Unless we otherwise agree in writing, all products are sold strictly pursuant to the terms of our standard conditions of sale. All information and technical assistance is given without warranty or guarantee, and is subject to change without notice. It is expressly understood and agreed that you assume and hereby expressly release us from all liability, in tort, contract or otherwise, incurred in connection with the use of our products, technical assistance and information. Any statement or recommendation not contained herein is unauthorized and shall not bind us. Nothing herein shall be construed as a recommendation to use any product in conflict with patents covering any material or its use. No license is implied or in fact granted under the claims of any patent.

Typical Properties

Property data is provided as general information only. Property values are approximate and are not part of the product specifications.

Flammability

Flammability results are based on small-scale laboratory tests for purposes of relative comparison and are not intended to reflect the hazards presented by this or any other material under actual fire conditions.

Health and Safety

Appropriate literature has been assembled which provides information concerning the health and safety precautions that must be observed when handling LANXESS products mentioned in this publication. Before working with these products, you must read and become familiar with the available information on their hazards, proper use, and handling. This cannot be overemphasized. Information is available in several forms, e.g., material safety data sheets (MSDS) and product labels. Consult your LANXESS Corporation representative or contact the Product Safety and Regulatory Affairs Department at LANXESS. For materials that are not LANXESS products, appropriate industrial hygiene and other safety precautions recommended by their manufacturer(s) must be followed.

Color and Visual Effects

Type and quantity of pigments or additives used to obtain certain colors and special visual effects can affect mechanical properties.

LANXESS Corporation | Pittsburgh, PA 15275

© LANXESS Corporation



ANEXO 12

Proyecto / Cliente: NISSAN 1250 - 12 **Fecha:** 25/04/2014
Inyectora: 900.030

TIEMPOS DE CICLO	
Cerrar molde	3,5
Inyección	1,7
Compactación	1,3
Refrigeración	16
Abrir molde	4,7
Girar molde	
Extracción pieza	2,8
TOTAL	30

Tol: ± 0,3 s
Tol: ± 1 s
Tol: ± 1 s
Tol: ± 1 s

MANO ROBOT
NºPrograma: % de Trabajo: %
MOLDE
Ref.Molde: 903 912 **Cavidades:** 1+1
Apertura molde: 420 mm
Fuerza de cierre mínima: 250 kN
Grueso de molde: 590 mm



PROTECCION DE MOLDE:	
Carrera de inicio:	125 mm Fin: mm
Velocidad:	25 %
Presión:	50 %
Tiempo:	4 s

SECUENCIA DE MOLDE	
1	Cerrar molde
2	Inyección
3	Abrir molde
4	Avance expulsión (Noyo 1)
5	Retroceso expulsión (Noyo 1)
6	
7	

CARACTERÍSTICAS DE LA PIEZA				
Ref. pieza	Denominación pieza	Peso (gr)	Lím.Sup. (gr)	Lím.Inf.(gr)
11 300 01 S01	CASQUILLO	40	41,2	38,8
11 300 02 S01	TUBO AIRE LIMPIO	225,8	232,6	219,0
Ref.Material	Material de la pieza	Tª secado(°C)	Tiempo secado	
16 735 22 012	PA6-GF30 DURETHAN BKV30 H2.0	80 °C	2 - 4 h.	

TEMPERATURAS CILINDRO DE PLASTIFICACION												
Boq	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Tol:			
270	270	265	260	240					+15°C			
									-15°C			

TEMPERATURAS CAMARA CALIENTE																
Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15	Tol:	
320	320	280	280	280											+15°C	
															-15°C	

PLASTIFICACION				DESCOMPRESION			
Final de carga:	90 mm			DESPUÉS DE RODAR			
Revoluciones del rodar:	50 %			Velocidad	40 %		
Contrapresión:	20 %			Recorrido	10 mm		
Tiempo de dosificación (s):	6,0 Tol: ± 3 s						

INYECCION												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tol: ± 10 %	
Velocidad %	50	75	25									
Posicion mm		80	30									
Presión %	70	70	70								Tol: ± 11 %	

PRESION DE COMPACTACION											Tol: ± 4,2 %	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Tiempo s	1,3											
Presión %	28											
Cojín de material:	6 mm					Tol: ± 3 mm						
Posicion cambio:	16 mm					Tol: ± 2 mm						

PROGRAMACIÓN NOYOS					
Programa: 1-Molde abierto 2-Con parada intermedia 3-Molde cerrado sin fuerza cierre 4-Molde cerrado con fuerza cierre 5-6 Con mov. paralelos					
	Programa	Prioridad	Presión	Velocidad	Comentarios
Noyo1	Inyecc. 1		30	100	Expulsión hidráulica
	Expuls. 1		30	100	
Noyo2	Inyecc.				
	Expuls.				
Noyo3	Inyecc.				
	Expuls.				

OBSERVACIONES
 B5 ON 795 OFF 400

CIRCUITOS REFRIGERACION MOLDE						
Caudalímetros		Medida	Zona refrigerada parte fija	Circuitos molde	Puentes	Nº circuito multiconector
	1	30	MOLDMASTER			
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					

Caudalímetros		Medida	Zona refrigerada parte móvil	Circuitos molde	Puentes	Nº circuito multiconector
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					

ATEMPERACION MOLDE			
Temperatura	Zona refrigerada parte fija	Circuitos	Puentes
50°C	TODOS	1 - 2 - 3	
Temperatura	Zona refrigerada parte móvil	Circuitos	Puentes
50°C	TODOS	4 - 5 - 6 - 7 - 8	

Proyecto / Cliente: NISSAN 1250 - 12
Inyectora: 900.030
Fecha: 25/04/2014

MANO ROBOT		TIEMPOS DE CICLO	
NºPrograma:	% de Trabajo: %	Inyección	1,7 Tol: ± 0,3 s
MOLDE		Compactación	11,3 Tol: ± 1 s
Ref.Molde:	903 912 Cavidades:	Refrigeración	60 Tol: ± 1 s
Apertura molde:	420 mm	Abrir molde	4,7
Fuerza de cierre mínima:	250 kN	Girar molde	
Grueso de molde:	590 mm	Extracción pieza	1,8
		TOTAL	83 Tol: ± 1 s

PROTECCION DE MOLDE:

Carrera de inicio:	125 mm	Fin:	mm
Velocidad:	25 %		
Presión:	50 %		
Tiempo:	4 s		

SECUENCIA DE MOLDE

1	Cerrar molde
2	Inyección
3	Abrir molde
4	Avance expulsión (Noyo 1)
5	Retroceso expulsión (Noyo 1)
6	
7	

CARACTERÍSTICAS DE LA PIEZA

Ref. pieza	Denominación pieza	Peso (gr)	Lím.Sup. (gr)	Lím.Inf.(gr)
11 300 01 S01	CASQUILLO	40	41,2	38,8
11 300 02 S01	TUBO AIRE LIMPIO	233	240,0	226,0

Ref.Material	Material de la pieza	Tª secado(°C)	Tiempo secado
16 735 22 012	PA6-GF30 DURETHAN BKV30 H2.0	80 °C	2 - 4 h.

TEMPERATURAS CILINDRO DE PLASTIFICACION

Boq	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Tol:
270	270	265	260	240					+15°C
									-15°C

TEMPERATURAS CAMARA CALIENTE

Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15	Tol:
320	320	280	280	280											+15°C
															-15°C

PLASTIFICACION		DESCOMPRESION	
Final de carga:	90 mm	DESPUÉS DE RODAR	
Revoluciones del rodar:	50 %	Velocidad	40 %
Contrapresión:	20 %	Recorrido	10 mm
Tiempo de dosificación (s):	6,0 Tol: ± 3 s		

	Utiliza secuencial	Abrir en	Cerrar en	Compactación
Válvula 1 -	<input checked="" type="checkbox"/>	400	788	<input checked="" type="checkbox"/> abierta
Válvula 2 -	<input type="checkbox"/>	500	795	<input checked="" type="checkbox"/> abierta
Válvula 3 -	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/> abierta

INYECCION

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tol:
Velocidad %	50	75	25								± 10 %
Posicion mm		80	30								
Presión %	70	70	70								± 11 %

PRESION DE COMPACTACION

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tol:
Tiempo s	11,3										± 4,2 %
Presión %	28										
Cojín de material:	4 mm		mm		mm		mm		mm		± 3 mm
Posicion cambio:	16 mm		mm		mm		mm		mm		± 2 mm

PROGRAMACIÓN NOYOS

Programa: 1-Molde abierto 2-Con parada intermedia 3-Molde cerrado sin fuerza cierre 4-Molde cerrado con fuerza cierre 5-6 Con mov. paralelos					
Programa	Prioridad	Presión	Velocidad	Comentarios	
Noyo1 Inyecc.	1	30	100	Expulsión hidráulica	
Noyo1 Expuls.	1	30	100		
Noyo2 Inyecc.					
Noyo2 Expuls.					
Noyo3 Inyecc.					
Noyo3 Expuls.					

OBSERVACIONES
B5 ON 795 OFF 400

CIRCUITOS REFRIGERACION MOLDE

Caudalímetros		Medida	Zona refrigerada parte fija	Circuitos molde	Puentes	Nº circuito multiconector
		1	30	MOLDMASTER		
2						
3						
4						
5						
6						
7						

Caudalímetros		Medida	Zona refrigerada parte móvil	Circuitos molde	Puentes	Nº circuito multiconector
		1				
2						
3						
4						
5						
6						
7						

ATEMPERACION MOLDE

Temperatura	Zona refrigerada parte fija	Circuitos	Puentes
50°C	TODO	1 - 2 - 3	
Temperatura	Zona refrigerada parte móvil	Circuitos	Puentes
50°C	TODO	4 - 5 - 6 - 7 - 8	

ANEXO 13

Mann+Hummel Ibérica, s.a.

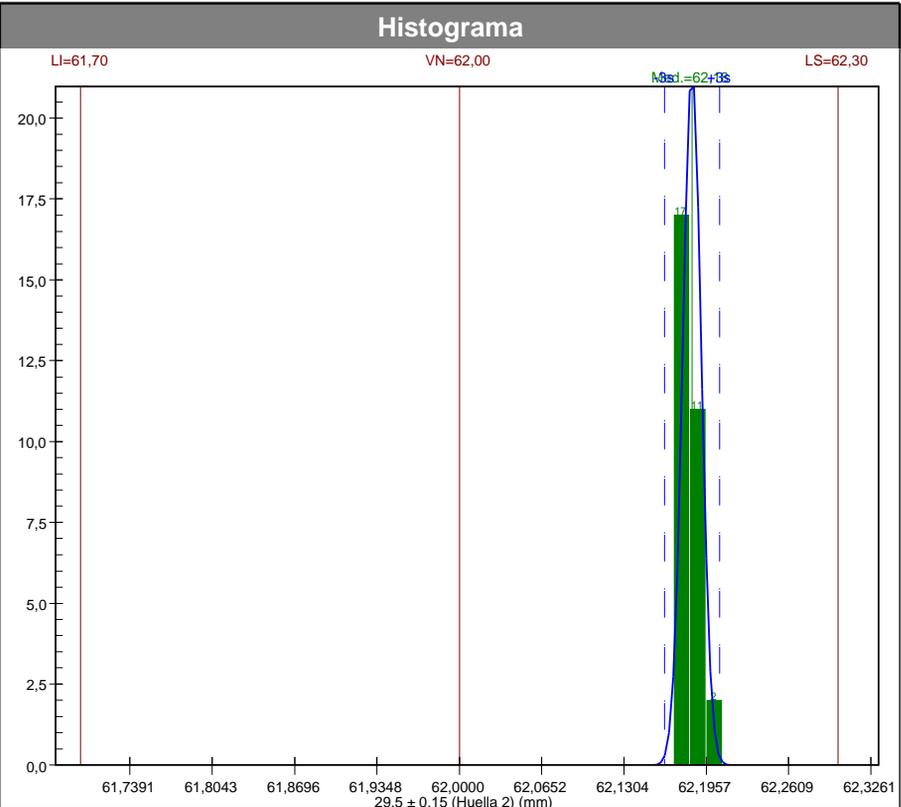
Referencia : 1109123S01	Nº Modificación : 02
Característica : 29,5 ± 0,15 (Huella 2)	Código : Ø 62,0 ± 0,3
Descripción : Diámetro interior (P1)	Fecha Estudio : 07/05/2014 23:47:22
Nº Estudio : 2	Máquina : Línea de montaje
Operario : 3275	Orden de trabajo : -----
Equipo medida : MMC 0-1191	

Parámetros del estudio

Valor Nominal : 62,00
 Toler. Inferior : 61,70

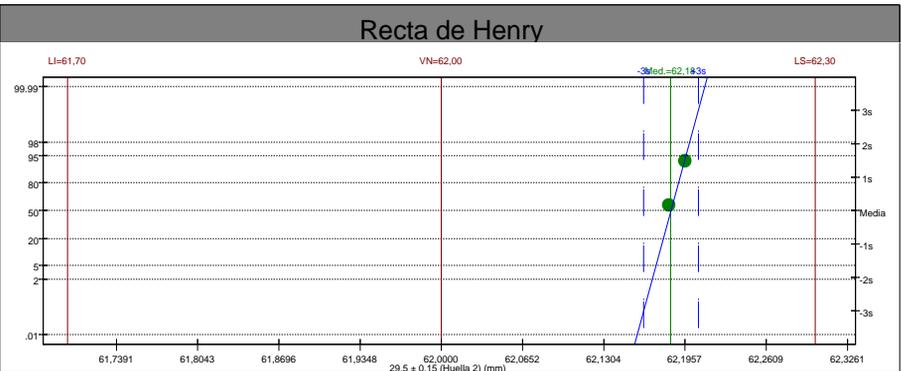
Resultados

Nº de datos : 30
 Media : 62,184
 Sigma : 0,0073
 Máximo : 62,20
 Mínimo : 62,17
 Cpk : 5,297
 > TI Real : 0,00
 > TI Estimado : 0,00
 Test KS (D) : 0,291
 Test KS (P) : 0,012



Distribución

DISTRIBUCION NORMAL
 Media= 62,18433 Sigma= 0,00728



Datos

62,18	62,19	62,18	62,18	62,19	62,18	62,18	62,17	62,19	62,20
62,18	62,19	62,17	62,18	62,19	62,20	62,18	62,18	62,19	62,18
62,19	62,19	62,18	62,18	62,19	62,18	62,19	62,18	62,19	62,18

Observaciones:

Mann+Hummel Ibérica, s.a.

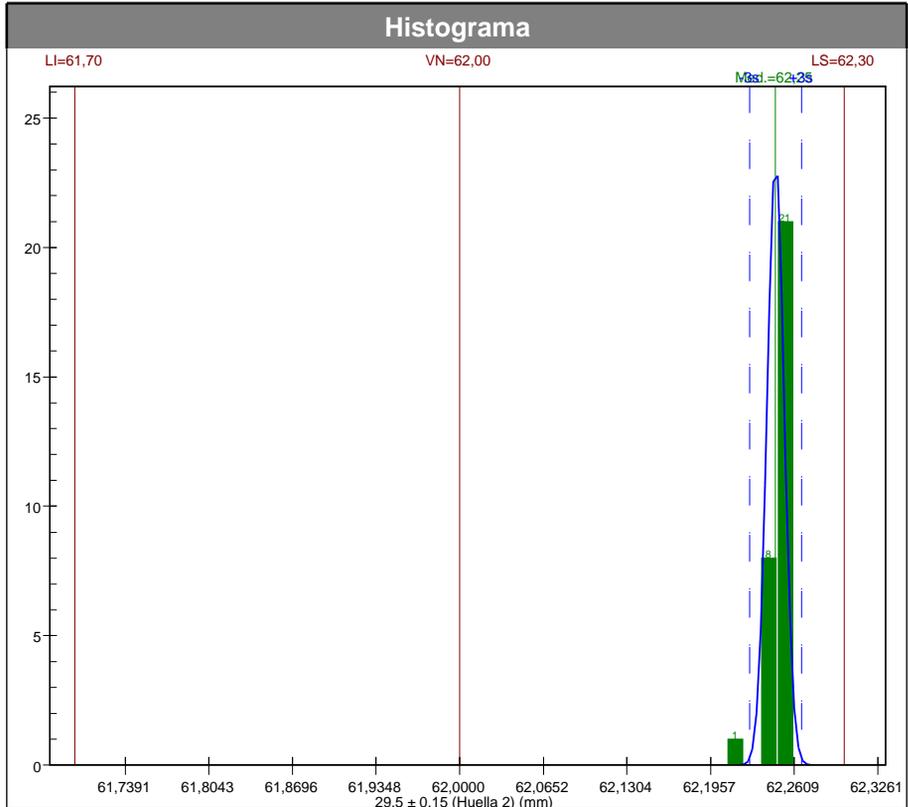
Referencia : 1109123S01	Nº Modificación : 02
Característica : 29,5 ± 0,15 (Huella 2)	Código : Ø 62,0 ± 0,3
Descripción : Diámetro interior (P2)	Fecha Estudio : 07/05/2014 23:47:22
Nº Estudio : 2	Máquina : Línea de montaje
Operario : 3275	Orden de trabajo : -----
Equipo medida : MMC 0-1191	

Parámetros del estudio

Valor Nominal : 62,00
Toler. Inferior : 61,70

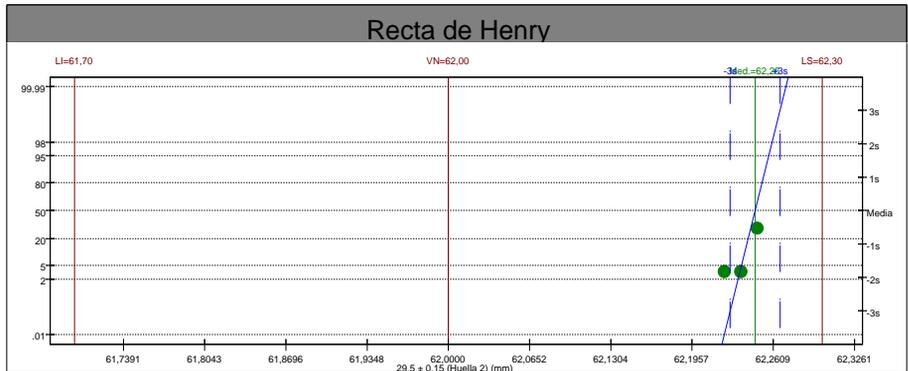
Resultados

Nº de datos : 30
Media : 62,246
Sigma : 0,0067
Máximo : 62,25
Mínimo : 62,22
Ppk : 2,675
> TI Real : 0,00
> TI Estimado : 0,00
Test KS (D) : 0,408
Test KS (P) : 0,000



Distribución

DISTRIBUCION NORMAL
Media= 62,24633 Sigma= 0,00669



Datos

62,24	62,25	62,25	62,24	62,22	62,24	62,24	62,25	62,24	62,25
62,25	62,25	62,24	62,25	62,25	62,25	62,25	62,25	62,25	62,24
62,25	62,25	62,25	62,25	62,25	62,25	62,25	62,25	62,25	62,24

Observaciones:

ANEXO 14



Estudio de repetibilidad y reproducibilidad MSA 4

Nº 2012-0011

Estudio R&R por el método de la Media y el Rango: Pie de Rey digital (0.....150 mm)

Código: 8-1258
Fabricante: Mitutoyo

Nº de serie: 08501731
Modelo: CD-15CPXR

Datos generales del estudio

Característica: Diámetro exterior de conexión
Especificación: Ø 70,3 ± 0,3

Cond. ambientales: Temperatura: 20 ± 5 °C
 Humedad: <60% Hr

Operaciones previas al estudio

El estado general del instrumento es correcto

Datos del estudio

Marcar el tipo de análisis del sistema de medida:

Operario A: Jesús Crespo
 Operario B: Francisco Ordovas
 Operario C: Javier Murillo

Control estadístico del proceso Control de conformidad del producto

Tolerancia total: 0,6000

OPERARIO/ PRUEBA#	PIEZAS										MEDIA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. A 1	70,3100	70,1600	70,3100	70,3100	70,1600	70,1600	70,1500	70,1600	70,1500	70,3200	70,2190
2. 2	70,3100	70,1500	70,3000	70,3000	70,1600	70,1500	70,1600	70,1700	70,1500	70,3100	70,2160
3. 3	70,3200	70,1500	70,3000	70,3000	70,1500	70,1500	70,1500	70,1700	70,1600	70,3100	70,2160
4. Media	70,3133	70,1533	70,3033	70,3033	70,1567	70,1533	70,1533	70,1667	70,1533	70,3133	Xa = 70,21700
5. Rango	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	Ra = 0,0100
6. B 1	70,3100	70,1600	70,3100	70,3100	70,1500	70,1500	70,1600	70,1700	70,1600	70,3200	70,2200
7. 2	70,3200	70,1500	70,3100	70,3000	70,1600	70,1600	70,1600	70,1600	70,1500	70,3200	70,2190
8. 3	70,3100	70,1500	70,3000	70,3000	70,1500	70,1500	70,1500	70,1700	70,1500	70,3100	70,2140
9. Media	70,3133	70,1533	70,3067	70,3033	70,1533	70,1533	70,1567	70,1667	70,1533	70,3167	Xb = 70,21767
10. Rango	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	Rb = 0,0100
11. C 1	70,3100	70,1600	70,3100	70,3100	70,1600	70,1600	70,1500	70,1600	70,1500	70,3100	70,2180
12. 2	70,3100	70,1500	70,3100	70,3100	70,1500	70,1500	70,1600	70,1600	70,1500	70,3100	70,2160
13. 3	70,3200	70,1600	70,3000	70,3000	7,15	70,1600	70,1500	70,1700	70,1600	70,3100	70,2256
14. Media	70,3133	70,1567	70,3067	70,3067	70,1550	70,1567	70,1533	70,1633	70,1533	70,3100	Xc = 70,21750
15. Rango	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0000	Rc = 0,0090
16. Media Pzas.	70,3133	70,1544	70,3056	70,3044	70,1550	70,1544	70,1544	70,1656	70,1533	70,3133	X = 70,21739
Rp =											0,1600
17. [Ra = 0,0100] + [Rb = 0,0100] + [Rc = 0,0090]/[# NUMERO DE OPERARIOS = 3]											R = 0,0097
18. [Max X = 70,21767] - [Min X = 70,21700] = Xdif = 0,00067											0,00067
19. [R = 0,0097] * [D4* =2,58] = UCLr = 0,0249											0,0249

*D4 = 3,27 para dos pruebas y 2,58 para tres. UCLr representa el límite para las R's individuales.

Marque aquellos que están más allá de ese límite. Identifique las causas y corríjalas. Repita esas lecturas con el mismo operario y unidad como al principio o descarte los valores y vuelva a hacer el promedio, vuelva a estimar R y los valores límite para las observaciones restantes.



Estudio de repetibilidad y reproducibilidad MSA 4

Nº 2012-0011

Estudio R&R por el método de la Media y el Rango: Pie de Rey digital (0.....150 mm)

Código: 8-1258

Nº de serie: 08501731

Fabricante: Mitutoyo

Modelo: CD-15CPXR

Análisis de Mediciones Unitarias

% Variaciones Totales (respecto a la tolerancia)

Repetibilidad - Variaciones de Equipo (EV)

$$EV = R * K1$$

$$= 0,0097 * 0,5908$$

$$= 0,0057$$

Pruebas	K1
2	0,8862
3	0,5908

$$\%EV = 100 [EV/(Tolerancia/6)]$$

$$= 100 [0,0057 / 0,10000]$$

$$= 5,71\%$$

Reproducibilidad - Variación de Estimador (AV)

$$AV = \sqrt{\left[\left(X_{dif} * K_2 \right)^2 - (EV^2 / nr) \right]}$$

$$= 0,0000$$

Operarios	2	3
K2	0,7071	0,5231

$$\%AV = 100 [AV/(Tolerancia/6)]$$

$$= 100 [0,0000 / 0,10000]$$

$$= 0,00\%$$

n = Numero de Datos
r = Numero de Pruebas

Repetibilidad & Reproducibilidad (R & R)

$$R\&R = \sqrt{(EV^2 + AV^2)}$$

$$= 0,0057$$

Datos	K3
2	0,7071
3	0,5231
4	0,4467
5	0,403
6	0,3742
7	0,3534
8	0,3375
9	0,249
10	0,3146

$$\% R\&R = 100[R\&R/(Tolerancia/6)]$$

$$= 100 [0,0057 / 0,10000]$$

$$= 5,71\%$$

Variación por Partes (PV)

$$PV = R_p * K3$$

$$= 0,0503$$

$$\%PV = 100 [PV/(Tolerancia/6)]$$

$$= 100 [0,0503 / 0,10000]$$

$$= 50,34\%$$

Variación Total (TV)

$$TV = \sqrt{(R\&R^2 + PV^2)} = 0,0507$$

$$N_{dc} = 1,41(PV/R\&R)$$

$$= 1,41[0,0503/0,0057]$$

$$= 12,4274 \sim 12$$

Para información sobre la teoría y las constantes utilizadas en el estudio véase Manual de referencia de MSA, Cuarta Edición

Resultado del estudio

Criterios para aceptar el estudio: R&R < 10% ----- APTO
 10% ≤ R&R ≤ 30% ----- APTO CON RESERVAS
 Estudio válido sólo si Ndc ≥ 5 R&R > 30% ----- NO APTO

Vistos los resultados obtenidos, el instrumento es: APTO

Observaciones Estudio realizado sobre la Ref. 1068178S01
y/o actuaciones:

Estudio realizado por	Firma	Fecha del estudio
F. Sebastián		22/04/2014

ANEXO 15

Estudio de repetibilidad y reproducibilidad por atributos MSA 4

Nº

8-1388

Obj. Nº	Valor ref.	Ref.	Usuario A			Usuario B			Usuario C			Cód.
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	
			1	75,6700	+	+	+	+	+	+	+	
2	75,6200	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	75,7200	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	75,5300	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5	75,3800	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6	75,4300	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7	75,2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	75,6500	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
9	75,4400	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10	75,3100	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
11	70,9800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	75,6900	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
13	75,7000	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
14	75,2500	+	-	-	+	-	-	+	-	+	+	X
15	75,6700	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
16	75,7100	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
17	75,9300	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	X
18	75,3500	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
19	76,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	75,6100	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
21	76,1500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	75,6700	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
23	75,4700	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
24	75,5700	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
25	75,7600	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Obj. Nº	Valor ref.	Ref.	Usuario A			Usuario B			Usuario C			Cód.
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	
			26	75,9800	-	-	-	-	-	-	-	
27	76,1700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	75,6200	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
29	75,6500	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
30	75,9000	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
31	75,8500	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
32	75,7800	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
33	75,6700	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
34	75,6400	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
35	75,6300	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
36	75,5000	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
37	76,0800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	75,4200	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
39	75,2600	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	X
40	75,2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
41	75,4100	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
42	75,4500	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
43	75,3800	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
44	75,5200	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
45	76,0500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46	75,9600	-	+	+	-	+	-	+	+	-	-	X
47	75,4000	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
48	76,1100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
49	75,6100	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
50	75,6400	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Datos generales del aparato

Código: 8-1388

Nº serie: 103-764

Modelo: --

Fabricante: --

Operaciones previas al estudio

Instrumento en estado general correcto

Datos generales del estudio

Característica:

Diámetro interior boca a turbo del tubo aire limpio

Especificación:

Ø 75,6 ± 0,35

Unidad de medida:

Tolerancia superior: 75,9500

Tolerancia inferior: 75,2500

Valoración

Dentro de tolerancias: "+"

Fuera de tolerancias: "-"

Sin concordancia: "X"

El 25% de las piezas debe estar cerca del límite inferior y otro 25% cerca del límite superior

Estudio de repetibilidad y reproducibilidad por atributos MSA 4

Nº

8-1388

Obj. Nº	Valor ref.	Usuario A			Usuario B			Usuario C			Cód.
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
27	76,1700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	76,1500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48	76,1100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	76,0800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	76,0500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	76,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	75,9800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46	75,9600	-	+	+	-	+	-	+	+	-	-
17	75,9300	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-
30	75,9000	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
31	75,8500	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
32	75,7800	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
25	75,7600	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	75,7200	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
16	75,7100	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
13	75,7000	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12	75,6900	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
33	75,6700	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
22	75,6700	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
15	75,6700	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1	75,6700	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
29	75,6500	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
8	75,6500	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
50	75,6400	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
34	75,6400	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Obj. Nº	Valor ref.	Usuario A			Usuario B			Usuario C			Cód.
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
35	75,6300	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
28	75,6200	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	75,6200	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
49	75,6100	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20	75,6100	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
24	75,5700	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	75,5300	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
44	75,5200	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
36	75,5000	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
23	75,4700	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
42	75,4500	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
9	75,4400	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6	75,4300	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
38	75,4200	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
41	75,4100	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
47	75,4000	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
43	75,3800	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5	75,3800	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
18	75,3500	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10	75,3100	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
39	75,2600	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-
14	75,2500	+	-	-	+	-	-	+	-	+	+
40	75,2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	75,2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	70,9800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Análisis de resultados

d1 = 75,31-75,2 = 0,11
 d2 = 75,98-75,9 = 0,08
 d = (d1+d2)/2 = 0,095
 %GRR = 13,6 %

Resultado del estudio

%GRR <= 10% Apto
 10%<%GRR<=30% Apto con reservas
 %GRR > 30% No apto

Observaciones:

Estudio realizado por	Firma	Fecha del estudio

ANEXO 16

ESTIMACIÓN DE COSTES

Pieza	Operación	Cantidad (horas o Kg)	Precio/unidad (€/Kg o €/hora)	Total (€)
Fuelles PP+EPDM	Precio material (Kg)	23,00	2,95	67,9
	Máquina inyección	5,0	24,7	123,7
	Preparador inyección	5,0	55,0	275,0
	Medición piezas	10,0	51,5	515,4
	Gestión del R&R	8,0	49,0	392,0
	3 operarios (R&R)	24,0	49,0	1176,0
Subtotal		52,0	204,5	2550,0
Codos PP+GF30	Precio material (Kg)	22,6	1,80	40,7
	Máquina inyección	2,5	24,7	61,9
	Preparador inyección	2,5	55,0	137,5
	Medición piezas	10,0	51,5	515,4
	Gestión del R&R	8,0	49,0	392,0
	3 operarios (R&R)	24,0	49,0	1176,0
Subtotal		47,0	231,1	2323,4
Codos PA6+GF30	Precio material (Kg)	12,0	2,24	26,9
	Máquina inyección	3,5	24,7	86,6
	Preparador inyección	3,5	55,0	192,5
	Medición piezas	10,0	51,5	515,4
	Gestión del R&R	8,0	49,0	392,0
	3 operarios (R&R)	24,0	49,0	1176,0
Subtotal		49,0	231,5	2389,4
Total		148,0	667,1	7262,8