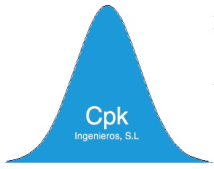


CASO DE APLICACIÓN DEL GRÁFICO DE CONTROL A UN PROCESO DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO

Artículo publicado en la revista PLAST 21 (Julio 2004) por

Arturo Ruiz-Falcó Rojas



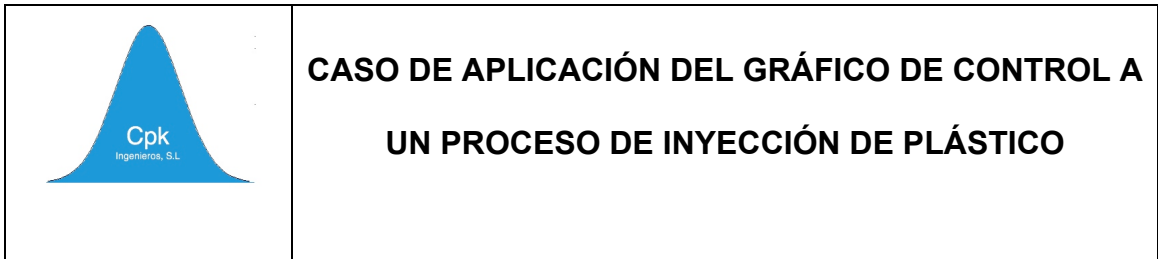
CASO DE APLICACIÓN DEL GRÁFICO DE CONTROL A UN PROCESO DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO

Con agradecimiento....

A los *procesos* que durante estos años me “*contaron sus problemas*” a través de los datos.

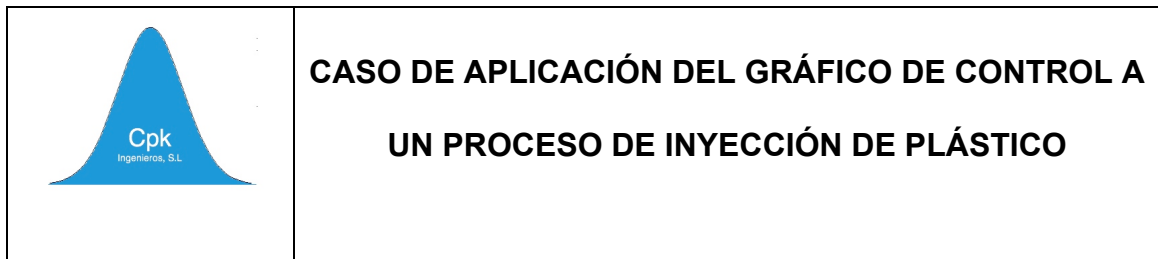
A los responsables de los procesos, que confiaron en mi y me permitieron ayudarles.

Y sobre todos, a mis alumnos de ICAI, a los que durante 18 cursos (1992-2010) traté de convencerles de que esto servía para algo. No siempre lo conseguí en clase, pero estoy seguro que cuando maduren profesionalmente y se encuentre con algún proceso con problemas, despolvarán mis apuntes de clase.



ÍNDICE

1. ¿QUÉ SON LOS GRÁFICOS DE CONTROL?	4
2. DESCRIPCIÓN DEL CASO.....	6
3. IDENTIFICACIÓN DEL ORIGEN DE LA VARIABILIDAD	7
4. ACCIÓN CORRECTIVA TOMADA.....	11
5. CONCLUSIONES	12



Los gráficos de control es una de las herramientas estadísticas más veteranas y empleadas en el control de los procesos. El empleo de estos gráficos es muy sencillo, sin embargo no debe perderse de vista en ningún momento su fundamento estadístico y la finalidad que persiguen. En el caso expuesto se ponen de manifiesto las consecuencias que trajo una mala utilización de los mismos.

1. ¿QUÉ SON LOS GRÁFICOS DE CONTROL?

El “Control Estadístico de Procesos” nació a finales de los años 20 en los Bell Laboratories. Su creador fue W. A. Shewhart, quien en su libro “Economic Control of Quality of Manufactured Products” (1931) marcó la pauta que seguirían otros discípulos distinguidos (Joseph Juran, W.E. Deming, etc.). Sobre este libro han pasado más de 70 años y sigue sorprendiendo por su frescura y actualidad.

La herramienta más conocida de estos métodos son los *Gráficos de Control*. Estos gráficos se basan en extraer muestras sucesivas en el tiempo, obtenidas aleatoriamente de *Grupos Homogéneos Racionales (GHR)*. En un *GHR* se espera que las piezas estén sometidas únicamente a pequeñas fuentes de variabilidad (que se denominan *causas comunes*) y que por tanto estén libres de fuentes de variabilidad predominantes (denominadas *causas especiales* o *causas asignables*). El objetivo de un gráfico de control es detectar la presencia de

causas especiales que puedan dar lugar a un aumento indeseado de la variabilidad. Por esta razón, la selección del *GHR* es muy importante.

De estos gráficos, los más sencillos y empleados son los gráficos de medias y recorridos (gráfico \bar{X} -*R*) y los gráficos de medias y desviaciones típicas (gráfico \bar{X} -*S*). Básicamente consisten en construir unos límites de variación para las medias muestrales y los recorridos muestrales (mayor valor menos menor valor) o las desviaciones típicas muestrales tales que sea muy improbable rebasarlos a menos que se encuentre presente una *causa especial* (ver Figura 1).

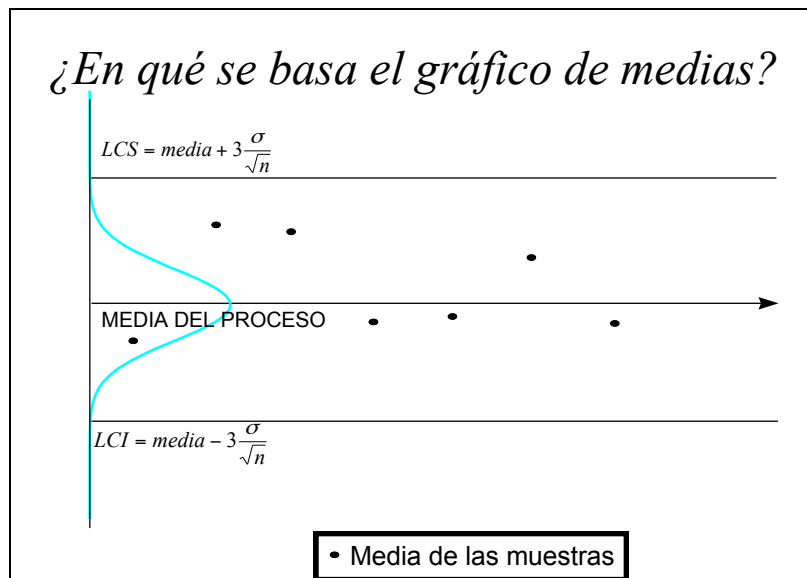
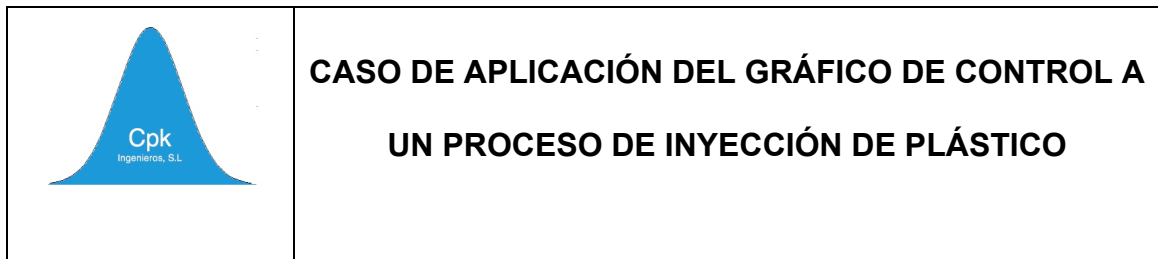


Figura 1: Fundamento del gráfico de medias

La aplicación de estos gráficos es sencilla. Sin embargo es frecuente que se cometan errores debido a que quien los utiliza se limita a realizar unos cálculos de manera mecánica sin tener en cuenta las características del proceso y los

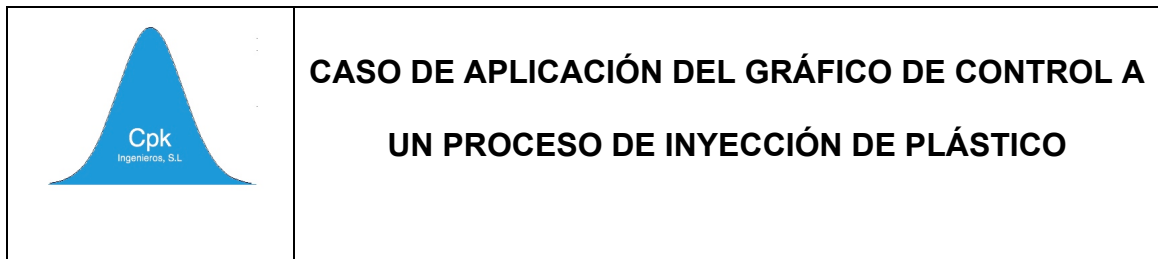


fundamentos estadísticos. El ejemplo siguiente, tomado del mundo real con valores ficticios para preservar la confidencialidad, resulta un buen ejemplo de las consecuencias que puede tener la aplicación de técnicas estadísticas de manera inapropiada.

2. DESCRIPCIÓN DEL CASO

Una empresa del sector del automóvil tenía implantado un gráfico de control en un proceso de inyección de plástico en racimos de ocho piezas. Pese a que los estudios iniciales de capacidad estimaban que la desviación típica del proceso estaba entorno a 0.01 y que con este valor de la desviación típica se obtenía un índice de capacidad (relación entre el intervalo de tolerancias y la variabilidad del proceso) superior al 1,66 requerido en el contrato, se habían recibido varias reclamaciones del cliente. Estas circunstancias hacían que las relaciones con el cliente no pasaran por el mejor momento.

El equipo de mejora al que se encargó la solución de este problema estaba muy desconcertado ya que a su criterio, los gráficos de control no revelaban nada anómalo (ver Figura 2). Sin embargo, en los gráficos de control se podía apreciar que la desviación típica actual del proceso era bastante mayor que la estimada en los estudios de capacidad iniciales. El gráfico de control se construía tomando un



racimo de muestra cada cuatro horas y calculando la media y la desviación típica de las ocho piezas.

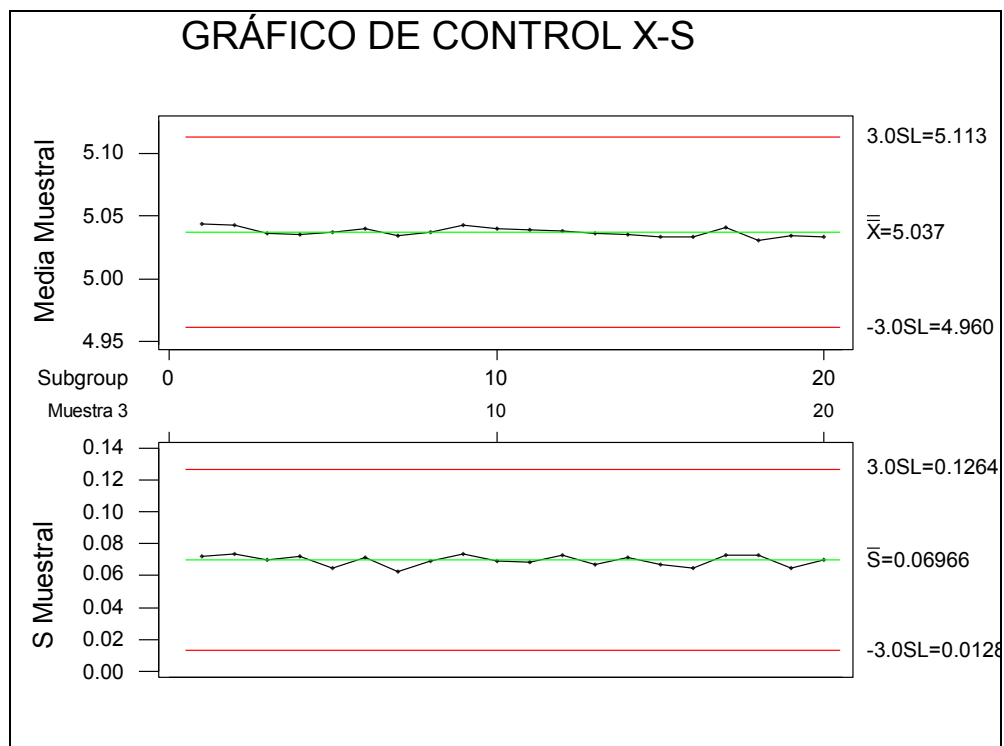
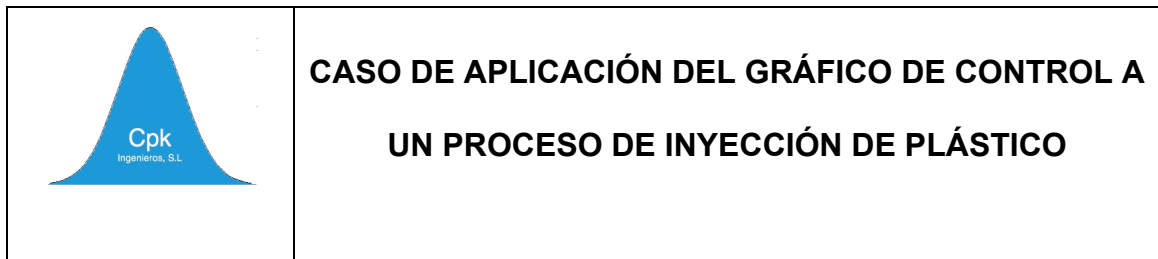


Figura 2: Gráficos de control existentes inicialmente

3. IDENTIFICACIÓN DEL ORIGEN DE LA VARIABILIDAD

El grupo de trabajo se encontraba dividido. Algunos miembros del grupo estaban ciegamente convencidos de que se trataba de un problema de ensuciamiento de cabezales. Otros pensaban que el problema se debía a otras causas relacionadas



con la materia prima y los parámetros de funcionamiento. Sin embargo ninguno de los grupos podría dar razones convincentes y las posturas estaban muy encontradas.

Dado que el equipo de mejora no llegaba a ninguna conclusión, la dirección decidió contratar un apoyo externo. Con esta nueva incorporación al equipo de mejora, rápidamente se identificaron las siguientes pistas:

- La distribución de los puntos en el gráfico estaba demasiado centrada, lo que revela la presencia de una causa especial.
- La elección realizada (una muestra de ocho piezas, cada una de un cabezal) del *GHR* había sido muy desafortunada, ya que es muy posible que existan diferencias significativas entre cabezales.

El ensuciamiento de los cabezales estaba identificado como un modo de fallo en el AMFE del proceso, lo que dejaba más claro que la aplicación de los gráficos de control se hacía de una manera mecánica y sin un entendimiento de lo que es un *GHR*.

Para investigar si el origen del problema se encontraba en algún cabezal, se decidió *escuchar la voz del proceso*, que no es otra cosa que analizar estadísticamente los datos que genera. Para ello se analizaron los datos de cada uno de los cabezales. En el gráfico de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se han reflejado las medias de cada uno de los cabezales en las veinte últimas muestras. Ante la evidencia de este gráfico el grupo alcanzó el

acuerdo de atribuir la causa a que los cabezales 4 y 8 se encuentran sucios. Naturalmente, esta causa no sorprendió ya que en este tipo de máquinas, el ensuciamiento de un cabezal es uno de los problemas más frecuentes. Sin embargo el hecho de tener los puntos del gráfico de control tan cerca de la línea central les infundió una falsa seguridad en que el proceso se encontraba operando bajo control.

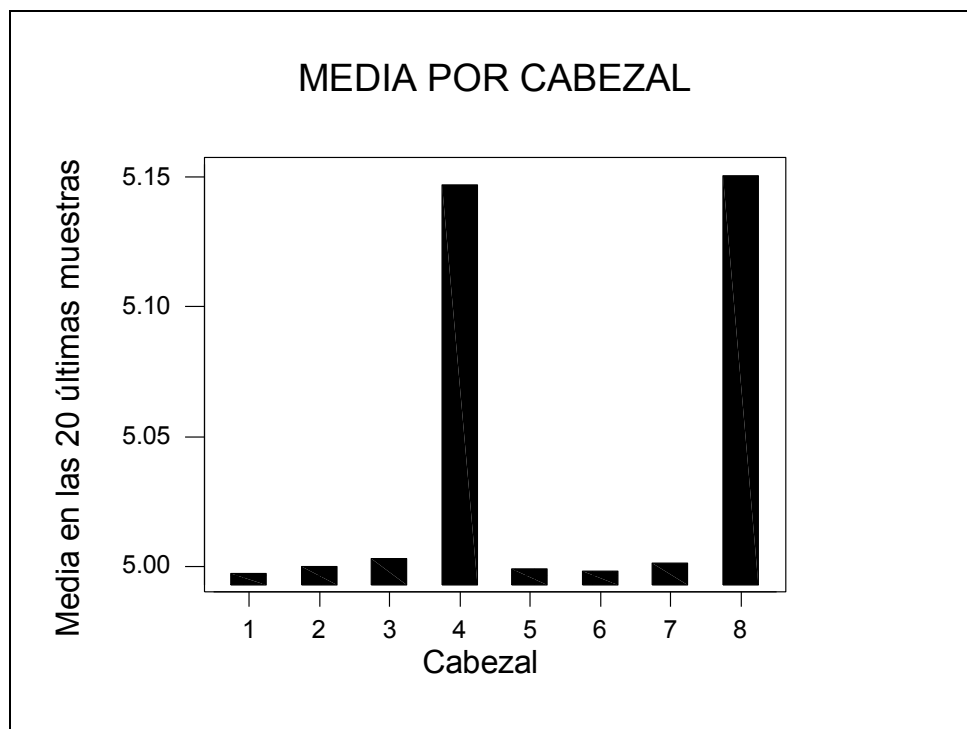
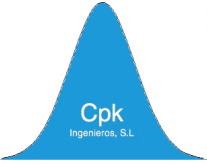


Figura 3: Medias de la característica de calidad controlada para cada cabezal

Con objeto de mostrar la apariencia que debe tener un gráfico de control sin causas asignables, se omitieron los datos de los cabezales sucios (ver Figura 4).



Cpk
Ingenieros, S.L.

CASO DE APLICACIÓN DEL GRÁFICO DE CONTROL A UN PROCESO DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO

En este gráfico se puede apreciar que los puntos están mucho menos “pegados” a las líneas centrales. Esto es porque los límites de control de este nuevo gráfico son mucho más estrechos al estar calculados sin tener en cuenta la variabilidad que inducen los dos cabezales sucios.

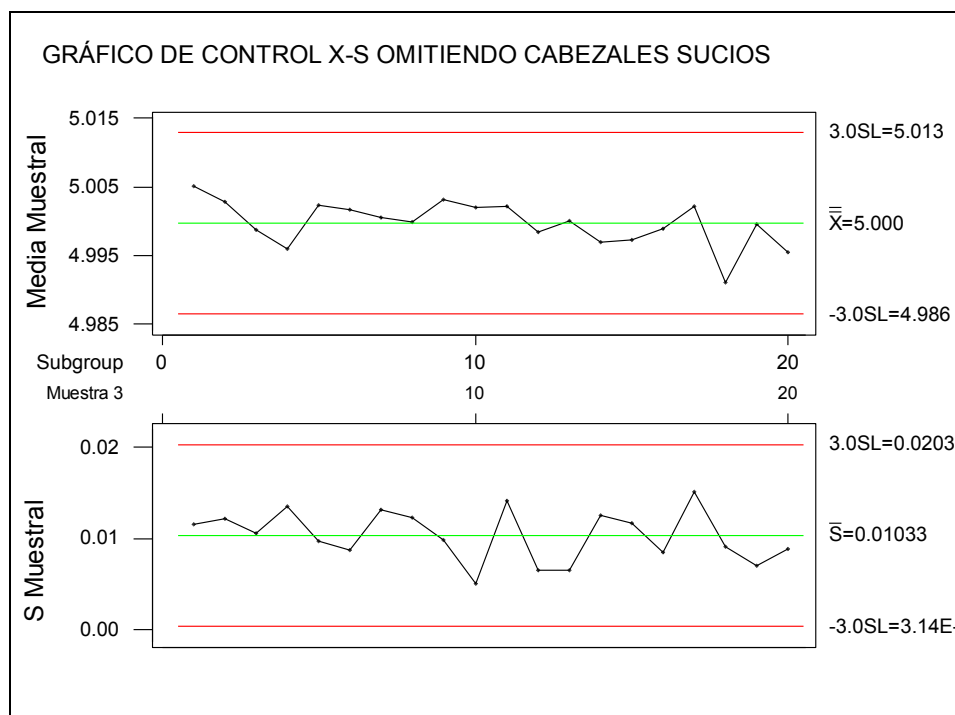
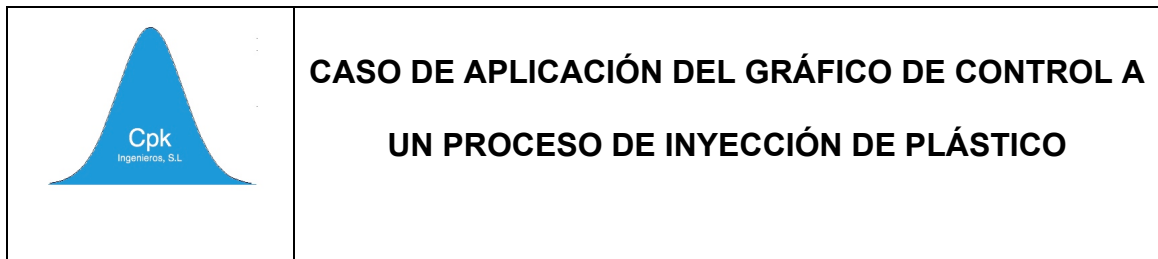


Figura 4: Gráfico de control omitiendo los datos de los cabezales sucios

Es de recalcar que este gráfico de control aplicado a este *GHR* solo podría detectar derivas del proceso en el tiempo (en el gráfico de medias) o el ensuciamiento repentino de cabezales (gráfico S), pero no detecta si alguno de



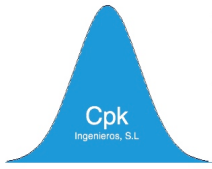
los cabezales está inicialmente sucio. Entonces...¿por qué no se detectó el ensuciamiento en el gráfico S? Para averiguarlo se estudiaron los datos históricos. Se vio que el proceso tiene una deriva natural en la media, lo que llevaba a que los límites de control se recalcularan periódicamente por los operarios de máquina y este cambio de límites pudo hacer que el aumento de la variabilidad de las muestras fuera pasando desapercibido.

4. ACCIÓN CORRECTIVA TOMADA

La acción correctiva tomada de manera inmediata fue la limpieza de los cabezales 4 y 8 y también se planificó ampliar la formación en métodos estadísticos, tanto a operarios como a ingenieros de proceso, de modo que se ligaran con los AMFEs y los estudios iniciales de capacidad.

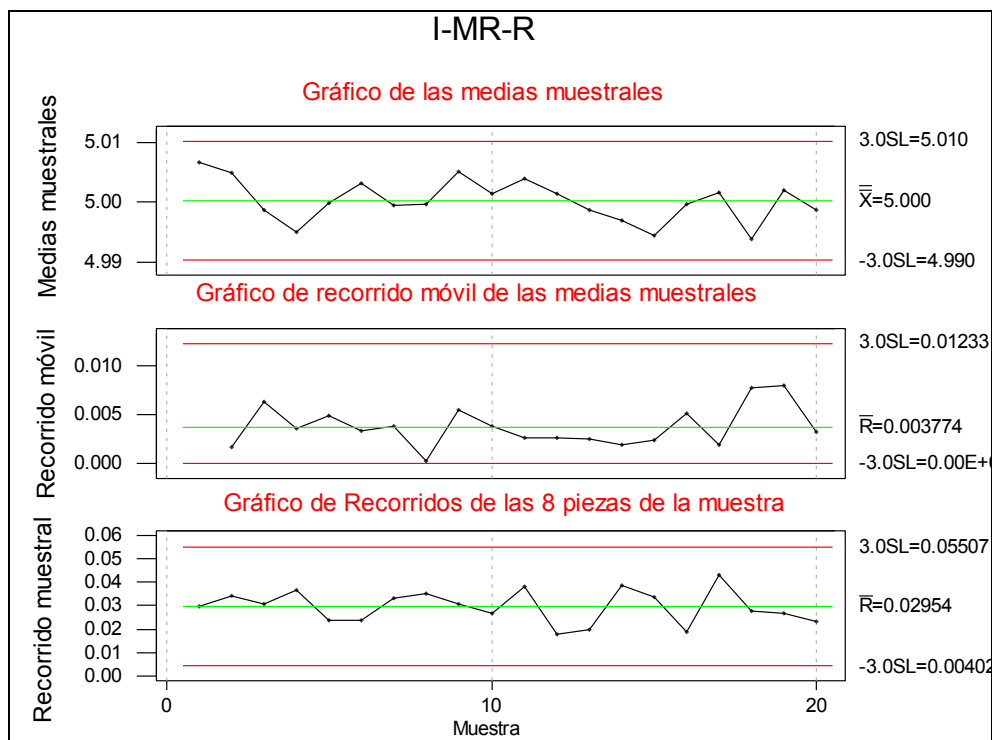
Además era preciso tomar alguna acción que evitara que un nuevo ensuciamiento de los cabezales pasara desapercibido. Para ello se adoptó un gráfico del tipo I-MR-R (ver **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.**Figura 5). La construcción de este gráfico no precisa tomar un mayor número de datos con respecto al gráfico \bar{X} -S inicial, si no que hace una utilización más eficiente de los datos disponibles. Este gráfico consta de:

- Un gráfico I de medias muestrales. Sirve para realizar un seguimiento de la evolución de la media de los ocho cabezales.



CASO DE APLICACIÓN DEL GRÁFICO DE CONTROL A UN PROCESO DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO

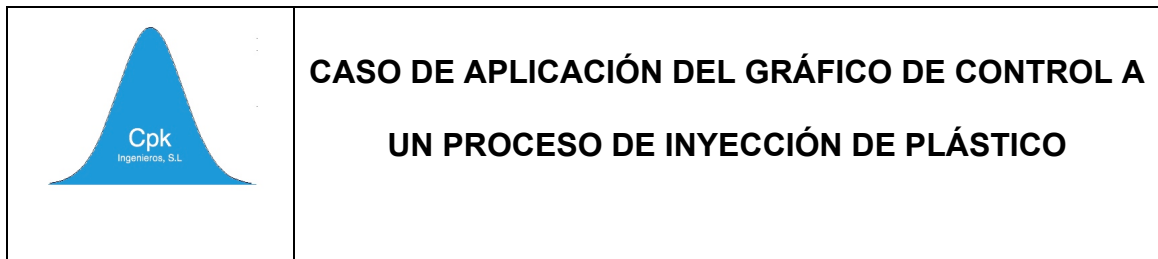
- Un gráfico MR de recorrido móvil. Sirve para detectar la variabilidad entre distintas muestras.
- Un gráfico R. Sirve para detectar aumento de la variabilidad entre cabezales (producida por el ensuciamiento de algún cabezal). Se podría haber optado por un gráfico S de desviaciones típicas (que en este caso se denominaría I-MR-S). Sin embargo se ha optado por un gráfico R porque los recorridos son mucho más sensibles a los valores atípicos que las desviaciones típicas.



¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida. **Figura 5: Gráfico de control I-MR-R**

5. CONCLUSIONES

Las principales enseñanzas sacadas de este caso son las siguientes:



1. Los métodos estadísticos son muy útiles para luchar contra la variabilidad de los procesos. Prescindir de su utilización es renunciar a oportunidades de mejora. Sin embargo, la utilización por personal sin la formación suficiente, puede dar lugar a situaciones indeseadas como la aquí expuesta.
2. Los métodos estadísticos son el *estetoscopio* que escucha la voz del proceso y sirven para objetivar los problemas de manera que sea más sencillo llegar a un consenso sobre sus causas y soluciones.
3. El empleo de los gráficos de control o de cualquier otra técnica estadística no debe hacerse de manera aislada sino coordinada con otras herramientas (AMFE, QFD, etc.), de manera que se puedan aplicar más eficazmente.

Si bien los métodos estadísticos no son nuevos, en la actualidad la iniciativa *Seis Sigma* los está poniendo de actualidad. Sin embargo el hábito no hace al monje, por lo que para que una iniciativa *Seis Sigma* tenga éxito es preciso contar con personal muy experto en métodos estadísticos.