6 Sigma aplicado al Experiencia

En este artículo vamos a dar una visión más particular sobre la aplicabilidad de 6 Sigma al sector Servicios. Existe abundante literatura al respecto, pero sobre todo aplicada a procesos manufactureros. ¿Pero qué ocurre cuando no "fabricamos" como tal, sino que prestamos un servicio?

La gestión de un servicio y, por ende, la calidad establecida es mucho más compleja que en procesos fabriles. Pensemos un poco en un servicio de atención telefónica. No sirve de nada establecer una buena calidad en la atención telefónica (amabilidad, tono correcto en la conversación, empatía con el cliente…) si no se resuelve el problema objeto de la llamada. Tampoco existen *"achatarramientos" o "productos reprocesados"*, la prestación del servicio se efectúa bien o mal y el cliente lo percibe tal cual se ha efectuado la prestación, en ese mismo instante. Por ello, entre otros temas, como la virtualidad de muchos procesos y la gran cantidad de datos cualitativos y subjetivos, es, en general, mucho más difícil gestionar la calidad para un servicio que para un producto.

6 Sigma es una metodología que, mediante el uso de métodos y herramientas estadísticas, reduce la "variabilidad" de los procesos y permite adelantarse y dar un paso más en la gestión de la empresa. No es un proceso reactivo sino que se antepone a las posibles ineficacias, permitiendo orientarse hacia

sector Servicios

práctica en un 'call-center'

el cliente, optimizar los procesos y lograr mejorar los resultados clave de la organización.

El uso de estas técnicas estadísticas o matemáticas más o menos complejas no es patrimonio de la industria, también tienen su aplicación en las organizaciones que prestan servicios, sea cual sea su ámbito de actuación. El problema radica en conocer muy bien todas estas técnicas y en buscar la más idónea que permita arrojar luz sobre la incertidumbre generada.

El diseño de experimentos. Nociones

Veremos ahora un ejemplo de cómo una técnica tradicionalmente utilizada en el mundo de la industria y poderosa en las fases de Analizar y Mejorar de la metodología DMAMC, tiene cabida en el sector servicios. Nos centraremos en el diseño de experimentos y en la técnica asociada de análisis de la varianza.

El diseño de experimentos es una técnica muy estructurada y eficiente que permite determinar la relación que existe entre unos factores que afectan al proceso y la salida del mismo. Para ello se basa en el análisis de la varianza, a través del cual nos permite decidir sobre la aceptabilidad o el rechazo de las hipótesis planteadas. Esta técnica (análisis de la varianza) fue formulada por R.A. Fisher en torno al año 1925 y se basa en descomponer la variabilidad de nuestros datos en fuentes de variación independientes, de tal manera que podamos conocer qué porcentaje de variabilidad nos explica el modelo planteado.

Más tarde Genichi Taguchi da un nuevo impulso al tema mediante la definición de la "función de pérdida" y el establecimiento de "diseños robustos".

El diseño de experimentos no debe concebirse como una herramienta aislada. Debe utilizarse y completarse con otras herramientas, tales como el análisis de Pareto, histogramas, gráficos de control y, dentro de un contexto de mejora continua, modelos de excelencia o 6 Sigma.

Antes de realizar el experimento debemos tener en cuenta algunos términos e ideas que son inherentes a cualquier diseño de experimentos que realicemos. Lo primero, es abordar la idea de que realmente es necesaria la realización del experimento no sea que la experimentación que vayamos a realizar sea más costosa que la observación completa del suceso.

- *Aleatorización:* Es un aspecto muy importante. Mediante la misma evitamos sesgos. Permite asignar "al azar" a los diferentes sujetos pertenecientes a nuestro experimento. También permite asignar a un sujeto la misma probabilidad de recibir cualquiera de los posibles tratamientos. Para seleccionar a nuestros individuos podemos utilizar tablas de números aleatorios.
- *Hipótesis estadística:* Suposición a probar sobre una o varias características del modelo. La hipótesis que se contrasta se denomina hipótesis nula (H_0). Si se rechaza la hipótesis nula es porque se asume como correcta la hipótesis complementaria que se denomina hipótesis alternativa (H_0).
- *Repetición:* Consiste en hacer una réplica o reproducción del experimento con el objeto de tener una estimación más precisa de nuestro experimento.

- *Factores:* También se las llama variables controladas. Son las variables explicativas que afectan a la variable en estudio y que son controladas por el experimentador. Ejemplos de estas variables pueden ser: presión, temperatura, tiempo en realizar una determinada actividad, etc.
- *Niveles o tratamientos:* Son los distintos valores que pueden tomar los factores en los distintos experimentos, por ejemplo, para el caso del tiempo los niveles de este factor podrían ser: 1 hora, 5 horas y 24 horas.

Ejemplo aplicado al sector Servicios. Modelo unifactorial totalmente aleatorizado

El ejemplo es el siguiente: supongamos que el personal del departamento de calidad de un *call-center* desea hacer un estudio para comparar el nivel de calidad obtenido en un determinado servicio de atención telefónica. Para ello ha desarrollado tres tipos de cursos de atención telefónica para la mejora del nivel de calidad del servicio, ya que se han recibido numerosas quejas del cliente. No sabemos si son efectivos y deseamos conocer si han servido para mejorar con respecto a la puntuación media en atención telefónica. Para ello se extraen, mediante una tabla de números aleatorios, tres muestras aleatorias de teleoperadores asociados al servicio.

Supongamos que el tamaño de cada muestra[1] es de $n_1= 8$; $n_2= 10$; $n_3= 9$. Se imparte a los individuos de la primera muestra el primer curso, a los de la segunda muestra el segundo curso y a los de la tercera muestra el tercer curso. La tabla que viene a continuación indica el porcentaje de mejora en atención telefónica que ha experimentado cada teleoperador al serle impartido el curso correspondiente.

El modelo elegido para este ejemplo es el modelo unifactorial totalmente aleatorizado

Tipo de curso	Porcentaje de mejora obtenido por el teleoperador[2]									
Curso 1	94	32	39	67	80	90	95	80		
Curso 2	85	90	60	45	38	87	60	100	63	99
Curso 3	78	92	100	79	78	10	25	60	71	

de efectos fijos. Responde a la siguiente formulación matemática:

$$y_{ij} = \mu+\alpha_i+e_{ij}$$

donde :

μ: es la media general.

α_i: el efecto del nivel i ($\Sigma\alpha_i = 0$).

e_{ij}: es el error aleatorio correspondiente a la observación ij que se distribuye según ley normal $N(0,\sigma)$. Este error es debido a varios factores no considerados.

Como todo modelo, parte de una serie de suposiciones. Sin entrar en más detalle, éstas serían:

- *Independencia:* Las muestras extraídas son aleatorias y las N observaciones independientes.
- *Normalidad:* Los grupos extraídos provienen de una población que sigue una ley normal.
- *Homocedasticidad:* Todos los grupos extraídos tienen aproximadamente la misma varianza.

En este modelo observamos que sólo aparece un factor objeto de estudio (o variable independiente) que tiene asociados tres niveles distintos prefijados de antemano por nosotros: los diferentes tipos de cursos. Hemos aleatorizado para evitar la presencia de sesgos tanto a la hora de extraer las unidades muestrales (teleoperadores) como a la hora de asignar los diferentes niveles a las unidades muestrales. La mejora obtenida tras impartir el curso sería la variable dependiente.

La hipótesis a verificar es la siguiente:

H_0: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$, o de otra manera: $\Sigma\ \alpha_j^2 = 0$. Es decir, el nivel de mejora no depende ni tiene relación con el curso impartido al teleoperador.

Frente a la hipótesis alternativa:

H_1: $\mu_j \neq \mu_{j'}$. Es decir: no todas las μ_j son iguales; al menos una difiere de otra (pero no sabemos cuál). El tipo de curso impartido influye sobre el nivel de mejora obtenido.

Una vez analizado este modelo procedemos a efectuar los cálculos siguientes para complementar la siguiente tabla conocida como tabla Anova de un solo factor *(ver pág. siguiente)*.

Donde:

- SCERROR: Variabilidad atribuida a las diferencias entre los individuos (teleoperadores) dentro del mismo nivel (curso). Variabilidad no explicada por el modelo.
- SCT: Variabilidad total de los datos.
- SCEP: Variabilidad atribuida al emplear tratamientos distintos (entre los diferentes cursos). Variabilidad explicada por el modelo.

Esencialmente el test compara la variablidad que hay entre grupos (explicada por el modelo) con la variablidad no explicada. Las fórmulas a utilizar son las siguientes:

- $SCT=\sum_{i=1}\sum_{J=1} Y_{ij}^2 - N\bar{Y}^2$
- $SCEP=\sum_{i=1} n_i * \bar{Y}_{i.}^2 - N\bar{Y}^2$
- SCError=SCT-SCEP

1. *Si el tamaño de la muestra fuera igual para las tres muestras hablaríamos de diseño balanceado.*
2. *Los porcentajes de mejora han sido exagerados a efectos didácticos.*

Tabla Anova				
Fuente de variación	**Suma de Cuadrados**	**G.I.**	**Variación**	**Test F**
Explicada (entre grupos)	SCEP	*K – 1*	SCEP / *K-1*	$\frac{SCEP/_{K-1}}{SCError/_{N-k}}$
Error (intragrupos) No explicada	SCERROR	*N – k*	SCError / *N-k*	
Total	SCT	*N – 1*		

Operando obtenemos[3]: Nuestros datos son:

Número de cursos= 3

Muestra 1: n_1= 8

Muestra 2: n_2= 10

Muestra 3: n_3= 9

N (Total de agentes)= 8+10+9= 27

Media Total= Y = (72,13 + 72,70 + 65,89) / 3 = 70,24

Cursos	Datos obtenidos										Medias	Medias al cuadrado
Curso 1	94	32	39	67	80	90	95	80			72,13	5.202,02
Curso 2	85	90	60	45	38	87	60	100	63	99	72,70	5.285,29
Curso 3	78	92	100	79	78	10	25	60	71		65,89	4.341,35
										Media total	70,24	4.933,66

- $SCT = \sum_{i=1}\sum_{J=1} Y_{ij}^2 - N\bar{\bar{Y}}^2$ =149.367,00–(27*4.933,66)=149.367,00–133.208,76 =16.158,24
- $SCEP = \sum_{i=1} n_i * \bar{Y}_{i.}^2 - N\bar{\bar{Y}}^2$ = (8*5.2202,02…+9*4.341,35)–(27*4.933,66) =133.541,14–133.208,76=332,38
- SCError=SCT-SCEP=6.158,24-332,38 =15.825,86

La tabla queda de la siguiente manera:

- K – 1= 3-1=2 (número de cursos - 1)
- N – k= 27-3 =24 (número de agentes - nº de cursos)
- N-1= 27-1=26 (total de datos -1)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.I.	Variación	Test F
Explicada (entre grupos)	1.241,14	2	620,57	0,94
Error (intragrupos) No explicada	15.825,86	24	659,41	
Total	17.067,00	26		

Una vez que hemos obtenido nuestra F, la comparamos con la siguiente $F_{(k-1);\ VNE;\ Alfa} = F_{(3-1);\ 24;\ 0,05}$ y aplicamos la siguiente regla de decisión para aceptar o rechazar la Hipótesis nula planteada.

Si $F_{\text{Obtenida en análisis}} > F_{\text{tablas estadísticas}}$ --> Se rechaza H_0.

Si $F_{\text{Obtenida en análisis}} < F_{\text{tablas estadísticas}}$ -->Se acepta H_0

Recordemos nuestra hipótesis nula:

H_0: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$.

El curso impartido no está relacionado con el nivel de mejora obtenido.

Frente a la hipótesis alternativa:

H_1: $\mu_j \neq \mu_{j'}$.

El tipo de curso impartido influye sobre el nivel de mejora obtenido, aunque no se sabe cuál.

3. Todos los cálculos aquí indicados se pueden realizar con la hoja de cálculo Excel. Trabajaremos con un nivel de significación α= 0,05.

Aplicando la regla de decisión obtenemos: 0,94< 3,40[4] . Por lo tanto no rechazamos H0 a un nivel de significación de 0,05. Es decir, se acepta H_0.: Concluimos que la mejora obtenida por los agentes no está influenciada por el tipo de curso que han recibido. La mejora obtenida no está relacionada con el curso que se va a impartir.

y el problema se complica en el caso de tener varios cursos (pensemos en un número elevado 10 cursos por ejemplo[5]). En nuestro caso tendríamos que realizar combinaciones de K (3 cursos) tomados de dos en dos.

$\binom{3}{2}$ = 3*2 / 2*1= 3 contrastes.

Salida aplicando la hoja de cálculo Excel

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Fila 1	8	577	72,13	596,98
Fila 2	10	727	72,70	497,79
Fila 3	9	593	65,89	895,86

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	259,3	2	129,66	0,20	0,82	3,40
Dentro de los grupos	15.825,9	24	659,41			
Total	16.085,2	26				

¿Qué hubiera pasado si hubiera sido al revés?, y hubiéramos obtenido los valores siguientes:

$F_{\text{Obtenida en análisis}} = 2,1$
$F_{\text{tablas estadísticas}} = 1,7$

Como 2,1> 1,7 hubiéramos rechazado H_0 a un nivel de significación de 0,05. Es decir que el nivel de mejora de los teleoperadores es significativamente distinto dependiendo del curso que han recibido, pero no conozco cuál de ellos influye en mayor o menor medida. La mejora obtenida está relacionada con el curso que se va a impartir.

Para saber qué curso tendría mayor influencia, tenemos que realizar varios contrastes

También para realizar estos contrastes dos a dos podemos aplicar el método conocido como LSD (Least Significant Difference), realizando el contraste de la T-Student asociado. En el caso de que el número de contrastes sea muy elevado podemos usar varios métodos alternativos, cada uno con sus ventajas e inconvenientes, como los basados en la comparación múltiple de intervalos de confianza: Bonferroni, Scheffé, Tukey, o los basados en el “recorrido studentizado” como Newman-Keuls o el de Duncan.

No por dejarlas para el final, son menos importantes; debemos comentar brevemente las hipótesis que hemos dado por supuestas y que deberían de ser verificadas antes del experimento. Simplemente enunciaremos la forma de comprobarlas.

Hipótesis de normalidad

Los “residuos”[6] se distribuyen según una distribución normal de media 0 y varianza σ^2.

Para comprobar esta hipótesis podemos aplicar varias técnicas:

1. Histogramas.
2. Técnicas gráficas por ejemplo (plot de normalidad).
3. Contraste de hipótesis (por ejemplo Kolmogorov-Smirnoff, Sapiro-Wilks).

Hipótesis de aleatoriedad

Es quizá una de las hipótesis más importantes que debemos de preservar. Podemos utilizar gráficos para detectarlos o un “test de rachas”.

Variabilidad constante

Esto se traduce en que la varianza debe ser lo más homogénea posible (homocedasticidad). Para probar esta hipótesis podemos utilizar métodos gráficos. También se pue comprobar si la varianza está dentro del intervalo de confianza.

Como hemos visto, la utilización de técnicas tradicionalmente usadas en otros sectores encuentran también aplicación práctica en el sector Servicios. El problema fundamental radica, como hemos comentado antes, en conocer distintas técnicas y herramientas y saberlas aplicar en su justa medida.

César Arranz es miembro del Comité de 6 Sigma y Calidad Total de la AEC / TELEPERFORMANCE ESPAÑA

4. Este valor de la “F” se puede obtener bien de cualquier tabla estadística o simplemente utilizando la de Excel. Basta con seleccionar: Herramientas - Análisis de datos y, por último, análisis de varianza con un factor. Ejecutando esta opción obtenemos la salida de Excel expuesta más arriba. En caso de no haber obtenido la “F” mediante la hoja de cálculo Excel, buscaríamos en unas tablas estadísticas el siguiente valor: $F_{3-1;\ 24;\ 0,05}$ obteniendo de igual manera 3,40.
5. Combinaciones de 10 elementos tomados de dos en dos nos arroja un resultado de 45 contrastes posibles.
6. Es la diferencia entre los valores observados y los valores obtenidos por el modelo planteado.