



**XXXIII Congreso Nacional de Control de Calidad**  
**24 Convención Nacional de Círculos de Calidad**  
**14o Seminario México Asia Pacífico de Calidad Total**  
**14o Foro Internacional de IMECCA sobre la ISO 9000**  
**7o Foro Internacional de IMECCA sobre la ISO 14000**  
**Acapulco, Gro. Octubre 5 al 8 del 2005.**



ISO 9000

ISO 14000

# **Cómo Justificar Económicamente un Proyecto de Mejora de la Capacidad Estadística de un Proceso.**

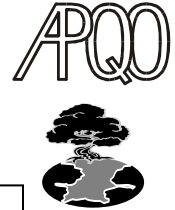
**Ing. José Luis Oviedo Velázquez**

Fábrica Digital, S.A. de C.V.

México, D.F.



**XXXIII Congreso Nacional de Control de Calidad**  
**24 Convención Nacional de Círculos de Calidad**  
**14o Seminario México Asia Pacífico de Calidad Total**  
**14o Foro Internacional de IMECCA sobre la ISO 9000**  
**7o Foro Internacional de IMECCA sobre la ISO 14000**  
**Acapulco, Gro. Octubre 5 al 8 del 2005.**



ISO 9000

ISO 14000

*Resumen.*

*Se explica un procedimiento sencillo para evaluar la factibilidad económica de aumentar el índice de habilidad (Cpk) de un proceso.*

Introducción.

En tiempos recientes he escuchado a muchos directivos de organizaciones de todo tipo plantear abiertamente la pregunta ¿el haber establecido un sistema de gestión de calidad realmente ha mejorado los resultados financieros de nuestras empresas? ¿ha valido la pena el tiempo, dinero y esfuerzo invertidos?

A pesar de que estas dudas en ocasiones se plantean ya en un tono de desilusión o desencanto, la respuesta categórica de prácticamente todos los involucrados en estos sistemas es en sentido afirmativo. Sin embargo al confrontar a estas mismas personas con la cuestión de si es posible demostrar lo anterior valorando el verdadero impacto económico obtenido, la mayoría prefiere referir beneficios más o menos intangibles o de difícil cuantificación.

Me parece improbable que tantas personas estén equivocadas en su percepción de los beneficios reales de los SGC. ¿Porqué entonces nos resulta tan difícil mostrar claramente en los estados financieros lo logrado con estos esfuerzos?

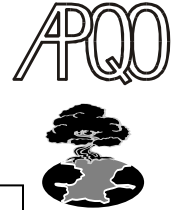
Una parte del origen del problema reside ciertamente en la naturaleza tradicional de los instrumentos contables y financieros en donde existe poco espacio para acomodar los conceptos de misión o estrategia o variabilidad o mejora continua por citar algunos ejemplos. A pesar de que este obstáculo es real, no deja de ser un asunto meramente técnico que se resolverá seguramente.

Son más comunes e importantes otras causas que me parece que están muy arraigadas en nuestra forma de pensar. Me refiero principalmente a la excesiva confianza que solemos depositar en que, al seguir ciertos principios, mejores prácticas o lineamientos, los mejores resultados llegarán automáticamente sin lugar a dudas y sin requerir mayor verificación. ¿Quién se atreve a rebatir que lo mejor en una organización es trabajar para el cliente, con orden, honestidad y objetivos claros y precisos?. El que estos principios sean tan evidentes para los profesionales de la calidad provoca que con demasiada frecuencia caigamos en la trampa de pensar que no es necesario demostrar rigurosamente sus efectos reales en la economía de la empresa y de la sociedad.

La buena noticia es que sí existen métodos precisos de medir e incluso pronosticar muchos de los efectos económicos de los cambios provocados por la mejora continua y que estos



**XXXIII Congreso Nacional de Control de Calidad**  
**24 Convención Nacional de Círculos de Calidad**  
**14o Seminario México Asia Pacífico de Calidad Total**  
**14o Foro Internacional de IMECCA sobre la ISO 9000**  
**7o Foro Internacional de IMECCA sobre la ISO 14000**  
**Acapulco, Gro. Octubre 5 al 8 del 2005.**



ISO 9000

ISO 14000

procedimientos son sencillos y libres de cualquier sofisticación que pudiera hacerlos difíciles de comprender para aquellas personas no directamente involucradas con el establecimiento o mantenimiento del SGC.

**Teoría y Aplicación.**

Un aspecto en el que es relativamente fácil determinar un beneficio económico es en la disminución de los costos de la producción debido a una reducción en los costos asociados a los incumplimientos de calidad. Procedemos de la siguiente manera:

1. Construimos la función de Costo Efectivo de Producción
2. Determinamos la frecuencia relativa de los distintos valores que pueda tomar la característica de calidad de acuerdo a su capacidad de proceso actual.
3. Multiplicamos la frecuencia relativa de cada valor por su correspondiente costo efectivo y acumulamos los resultados.
4. Repetimos los puntos 2 y 3 calculando ahora con la nueva capacidad de proceso que pretendemos alcanzar.
5. Comparamos el ahorro previsto con la inversión necesaria para lograr la nueva capacidad de proceso.

**1. Construyendo la Función de Costo**

Comenzamos por definir el Costo Efectivo de Producción de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Costo Efectivo Producción} &= \text{Costo de Producción} \\ &+ \text{Costo de No Calidad} \end{aligned} \quad (1)$$

A su vez el Costo de Producción es

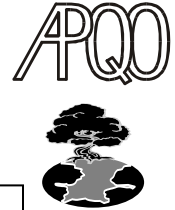
$$\begin{aligned} \text{Costo de Producción} &= \text{Costo Directo} \\ &+ \text{Costo Indirecto} \\ &+ \text{Costo Mano de Obra} \end{aligned} \quad (2)$$

Los costos unitarios de producción pueden ser constantes (cte) o estar relacionados con los valores de una o más características de calidad del proceso (X), dando lugar a una función de costo del tipo

$$\text{Costo} = f(X) + cte \quad (3)$$



**XXXIII Congreso Nacional de Control de Calidad**  
**24 Convención Nacional de Círculos de Calidad**  
**14o Seminario México Asia Pacífico de Calidad Total**  
**14o Foro Internacional de IMECCA sobre la ISO 9000**  
**7o Foro Internacional de IMECCA sobre la ISO 14000**  
**Acapulco, Gro. Octubre 5 al 8 del 2005.**



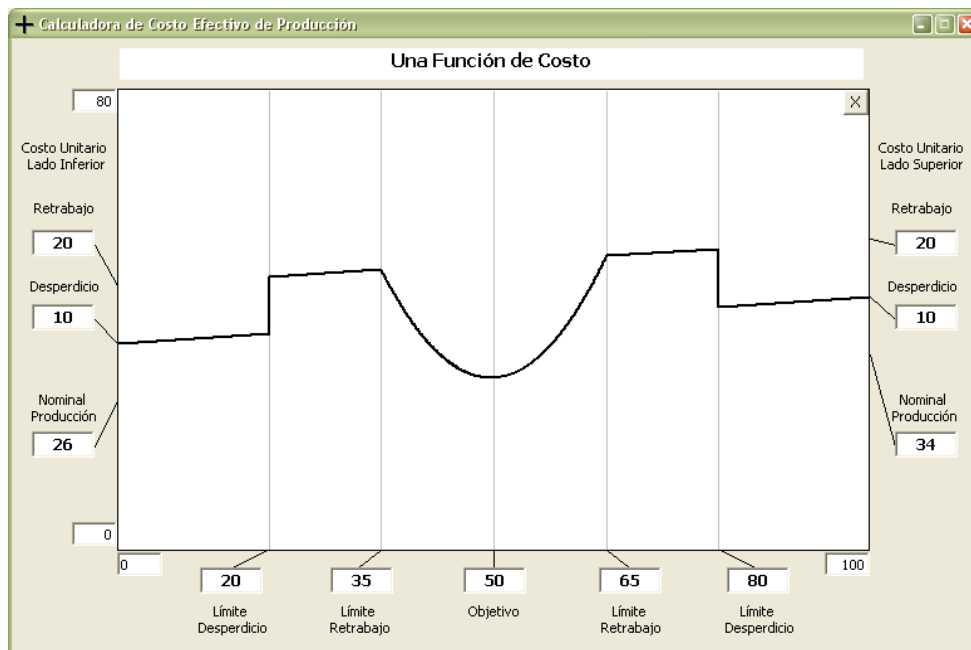
ISO 9000

ISO 14000

Por ejemplo el costo directo de un proceso de recubrimiento con un metal precioso es una función del espesor de dicho recubrimiento. El costo de mano de obra de un trámite gubernamental es una función del tiempo dedicado a procesarlo.

Para completar la ecuación (1), definimos los Costos de No Calidad de la manera siguiente

$$\begin{aligned}
 \text{Costo de No Calidad} &= \text{Costo Retrabajo} \\
 &+ \text{Costo Desperdicio} \\
 &+ \text{Costo Funcionalidad Disminuida} \quad (4)
 \end{aligned}$$

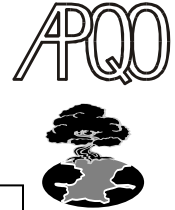


Los costos de no calidad son costos adicionales al unitario de producción y también están directamente asociados con los valores de una o más características del proceso. En la definición anterior tanto los costos de retrabajo como los de desperdicio se generan cuando no se logra mantener la característica dentro de los límites especificados obteniéndose una función escalón

$$\begin{aligned}
 y \quad \text{Costo en exceso} &= f(X) + cte && \text{si } X \text{ fuera de límites} \\
 \text{Costo en exceso} &= 0 && \text{si } X \text{ dentro de límites}
 \end{aligned} \quad (5)$$



**XXXIII Congreso Nacional de Control de Calidad**  
**24 Convención Nacional de Círculos de Calidad**  
**14o Seminario México Asia Pacífico de Calidad Total**  
**14o Foro Internacional de IMECCA sobre la ISO 9000**  
**7o Foro Internacional de IMECCA sobre la ISO 14000**  
**Acapulco, Gro. Octubre 5 al 8 del 2005.**



ISO 9000

ISO 14000

En la ecuación (4) el término de costo por Funcionalidad Disminuida se refiere a los costos asociados a la situación en que la característica de calidad, aún estando dentro de la especificación no coincide exactamente con su valor objetivo. Generalmente es difícil cuantificar directamente este efecto por lo que se acostumbra aproximarlos tendiendo una curva suave desde el costo en exceso cero (cuando la característica está en el objetivo) hasta el costo de retrabajo o desperdicio establecido en la función escalón.

$$y \begin{matrix} \text{Costo en exceso} \\ \text{Costo en exceso} \end{matrix} = \begin{matrix} f(X^2) \\ 0 \end{matrix} \begin{matrix} \text{si } X \text{ dentro de límites} \\ \text{si } X \text{ fuera de límites} \end{matrix} \quad (6)$$

Gráficamente podemos representar la Función de Costo Efectivo de Producción agregando las funciones elementales descritas.

**2. Determinando la frecuencia relativa.**

Necesitamos conocer la media ( $\bar{X}$ ) y desviación estándar ( $s$ ) de la característica de calidad. Estos parámetros deben obtenerse con todo el rigor que suponen las técnicas de análisis estadístico. Cuidaremos especialmente los métodos de muestreo, la validación del sistema de medición, la descripción correcta de la distribución de probabilidad y las pruebas de estabilidad del proceso.

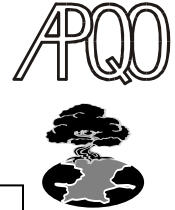
Si la distribución de frecuencias es aproximadamente Normal podemos construir una tabla estandarizada de frecuencias relativas a partir de las tablas disponibles de áreas bajo la curva normal

Desde z	Hasta z	Frecuencia relativa	Valor desde	Valor hasta
-4.0	-3.0	0.001318	$X - 4s$	$X - 3s$
-3.0	-2.0	0.021450	$X - 3s$	$X - 2s$
-2.0	-1.0	0.135900	$X - 2s$	$X - s$
-1.0	0.0	0.341300	$X - s$	$X$
0.0	1.0	0.341300	$X$	$X + s$
1.0	2.0	0.135900	$X + s$	$X + 2s$
2.0	3.0	0.021450	$X + 2s$	$X + 3s$
3.0	4.0	0.001318	$X + 3s$	$X + 4s$
	Total	0.999936		

En la práctica esta tabla debe ampliarse desde  $-6z$  hasta  $+6z$  con una resolución mínima de 0.2 z.



**XXXIII Congreso Nacional de Control de Calidad**  
**24 Convención Nacional de Círculos de Calidad**  
**14o Seminario México Asia Pacífico de Calidad Total**  
**14o Foro Internacional de IMECCA sobre la ISO 9000**  
**7o Foro Internacional de IMECCA sobre la ISO 14000**  
**Acapulco, Gro. Octubre 5 al 8 del 2005.**



ISO 9000

ISO 14000

La variable estandarizada z correspondiente a un valor x está relacionada con X y s de la siguiente manera:

$$z = (x - X) / s \quad (7)$$

### 3. Multiplicando la frecuencia relativa por el costo.

Obtenemos el costo promedio de cada intervalo calculando la media de los costos en los extremos.

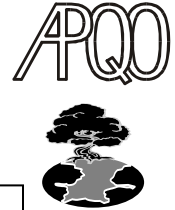
Acumulamos los productos de estos costos promedios y las frecuencias relativas para obtener el costo efectivo de producción para esta capacidad de proceso.

Ejemplo: Una característica crítica tiene una media de 32 y desviación estándar de 2. La función de costo (simplificada) es  $\$100 + \$5x$  para valores entre 26 y 36, de \$350 para valores menores a 26 por causa del retrabajo y de \$300 para valores arriba de 36 por causa del desperdicio. Calcular el costo efectivo de producción suponiendo una distribución normal.

Valor desde	Valor hasta	Frecuencia relativa	Costo	Producto
24	26	0.001318	\$350	\$0.46
26	28	0.021450	\$235	\$5.04
28	30	0.135900	\$245	\$33.30
30	32	0.341300	\$255	\$87.03
32	34	0.341300	\$265	\$90.44
34	36	0.135900	\$275	\$37.37
36	38	0.021450	\$300	\$6.44
38	40	0.001318	\$300	\$0.40
	Total	0.999936		\$260.48
		Por desperdicio	$\$260.48 / .972 =$	\$267.98



**XXXIII Congreso Nacional de Control de Calidad**  
**24 Convención Nacional de Círculos de Calidad**  
**14o Seminario México Asia Pacífico de Calidad Total**  
**14o Foro Internacional de IMECCA sobre la ISO 9000**  
**7o Foro Internacional de IMECCA sobre la ISO 14000**  
**Acapulco, Gro. Octubre 5 al 8 del 2005.**



ISO 9000

ISO 14000

**4. Repitiendo el cálculo para una mejor capacidad del proceso.**

Media = 30 y desviación estándar = 1.

Valor desde	Valor hasta	Frecuencia relativa	Costo	Producto
26	27	0.001318	\$232.5	\$0.31
27	28	0.021450	\$237.5	\$5.09
28	29	0.135900	\$242.5	\$32.96
29	30	0.341300	\$247.5	\$84.47
30	31	0.341300	\$252.5	\$86.18
31	32	0.135900	\$257.5	\$34.99
32	33	0.021450	\$262.5	\$5.63
33	34	0.001318	\$267.5	\$0.35
	Total	0.999936		\$249.98

**5. Comparando el ahorro previsto con la inversión necesaria.**

El beneficio neto durante el primer año se calcula mediante la fórmula

$$\begin{aligned}
 \textit{Beneficio} &= (\textit{Costo Anterior} - \textit{Costo Actual}) \\
 &* \textit{Producción Anual} \\
 &- \textit{Inversión} \qquad (7)
 \end{aligned}$$

Para nuestro ejemplo si se producen 25,000 unidades anualmente y hubiéramos invertido \$100,000 para lograr el aumento de capacidad del proceso, tendríamos un beneficio de (\$267.98 – \$249.98) x 25,000 – \$100,000 igual a \$350,000.

En los años siguientes el monto cambiará dependiendo de qué tanto se mantenga el nivel de capacidad estadístico y de cómo se amortice la inversión inicial.

Conclusión.

Con apenas unas cuantas fórmulas puede determinarse el valor agregado de casi cualquier proyecto de mejora continua en el que se modifique la capacidad de un proceso.



**XXXIII Congreso Nacional de Control de Calidad**  
**24 Convención Nacional de Círculos de Calidad**  
**14o Seminario México Asia Pacífico de Calidad Total**  
**14o Foro Internacional de IMECCA sobre la ISO 9000**  
**7o Foro Internacional de IMECCA sobre la ISO 14000**  
**Acapulco, Gro. Octubre 5 al 8 del 2005.**



ISO 9000

ISO 14000

Bibliografía.

1. The Process Evaluation HandBook. Donald J. Wheeler. SPC Press.
2. Probabilidad y Estadística. Walpole y Myers. 4a. ed. McGraw-Hill.