

Análisis de los sistemas de gestión de los costos de la calidad en la industria de la construcción

Dzul López, L. A.¹, Gracia Villar, S.²

Fecha de recepción: 24 de septiembre de 2007 – Fecha de aceptación: 12 de septiembre de 2008

RESUMEN

Los modelos de costos de la calidad representan una herramienta eficaz que permite medir el éxito de un programa de gestión de la calidad. Este trabajo presenta un análisis y discusión de las metodologías desarrolladas para el seguimiento y control de los costos de la calidad en proyectos de construcción. Se realizó una revisión bibliográfica y análisis de las publicaciones sobre los modelos genéricos de costos de la calidad, así como de los sistemas desarrollados para su control en proyectos de construcción. Se observó que estos sistemas se aplican generalmente a partir del inicio de la construcción en el sitio, y no toman en cuenta los costos de la calidad dentro de los procesos de diseño. De esta manera, se muestra un entendimiento de la necesidad de la medición de los costos de la calidad en el diseño de proyectos, destacando la importancia de esta herramienta de planificación de la calidad en una línea de mejora continua. En un entorno donde el número de publicaciones sobre costos de la calidad es limitado, debido al número y complejidad de los procesos típicos de un proyecto de construcción.

Palabras Clave: Calidad, Costos de la Calidad, Proyectos de construcción, Diseño.

Analysis of quality costs management systems in the construction industry

ABSTRACT

The quality costs models represent an effective tool that allows measuring the success of a quality management program. This work presents an analysis and discussion of methodologies developed for measuring and tracking quality costs in construction projects. A bibliographical revision and analysis of publications on generic models of quality costs, as well as on systems developed for his control in construction projects was made. It was observed that these systems are applied from the beginning of the construction on the site and they do not take into account failures and quality management costs within the design processes. This work shows an understanding of the necessity of measuring the quality costs in projects design, emphasizing the importance of a tool quality in a line of continual improvement, in a context where the number of publications on quality costs is limited, due to the number and complexity of typical processes of a construction project.

Keywords: Quality, Quality Costs, Construction Projects, Design.

¹Investigador del Departamento de Proyectos de Ingeniería de la Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España. E-Mail: luis.alonso.dzul@upc.edu

² Profesor titular del Departamento de Proyectos de Ingeniería de la Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.

INTRODUCCIÓN

La necesidad del desarrollo de herramientas que permitan medir el éxito de la gestión de la calidad en proyectos de construcción, se justifica debido a que los costos de la calidad en la industria de construcción, en su totalidad, son relativamente altos en relación a los costos totales del proyecto (Love e Irani, 2003). Aoieong et al. (2002), afirmaron que debido a la complejidad de los procesos de la construcción, la medición y seguimiento de los costos de calidad es a menudo una tarea difícil. Por otra parte, existen sólo algunas publicaciones en relación a cómo los costos de la calidad dentro de la industria de la construcción, pueden ser calculados (Aoieong et al, 2002).

Los costos de la calidad son aquellos gastos que se refieren a la corrección de fallas, a la verificación de los procesos y a las medidas que se tienen que tomar para obtener un mejor producto. Estos costos en muchas ocasiones se convierten en un obstáculo para la consideración de implementar un futuro sistema de calidad o incluso, ya teniendo uno, dudar de sus beneficios, debido al tiempo que pasa para que se noten o aprecien los resultados. Los costos de la calidad permiten a la gerencia de una organización, precisar las fuerzas y las debilidades de un sistema de gestión de la calidad (Ahmed et al., 2005).

Low y Yeo (1998), describieron la importancia de los costos de la calidad en la industria de la construcción en relación al alcance que pueden llegar a tener; en la industria de la construcción, Lam et al. (1994 citado por Low y Yeo, 1998) afirmaron que los costos de la calidad estaban entre 8 a 15 % de los costos de la construcción total, de igual manera se han registrado cifras medias del 12.4% del costo del proyecto (Aoieong et al, 2002). En países de América Latina y en particular en México, varios estudios, autores y empresas señalan que los costos de calidad representan alrededor del 5 al 25 % sobre las ventas anuales (Horcasitas, 2001).

Es común que las empresas constructoras pequeñas y medianas desconozcan los beneficios que proporcionaría un conocimiento apropiado de los costos de la calidad; por lo que al dar una visión de los alcances benéficos del adecuado control de dichos costos, se podría contar con una herramienta para que dichas empresas, incluso sin certificar el aspecto de calidad, tengan una mayor y creciente eficiencia en sus procesos y por consiguiente mayor productividad como empresa.

El objetivo de este trabajo es presentar el desarrollo histórico de esta herramienta de planificación de

calidad, tanto de los modelos genéricos de costos de la calidad como de los sistemas desarrollados actualmente para la industria de la construcción. Profundizando en estos últimos, analizando sus características principales, relaciones, alcances y limitaciones. La metodología se basó en una revisión de la literatura y una discusión de las evidencias del éxito de la aplicación de modelos genéricos de costos de la calidad en general y de los modelos planteados específicamente para proyectos de construcción.

PANORAMA ACTUAL DE LOS MODELOS DE COSTOS DE CALIDAD

Se han planteado diferentes métodos y enfoques que permiten calcular los costos de la calidad. Fueron los norteamericanos quienes primero identificaron y definieron los costos de la calidad mediante los trabajos de Juran y Feigenbaum en la década de los cincuenta del siglo pasado (Williams et al., 1999). A partir de esos conceptos se han desarrollado diversos enfoques para calcular y controlar dichos costos.

Los costos de la calidad son entendidos también como la suma de costos de conformidad más costos de no conformidad, donde los primeros son generalmente el precio pagado por la prevención de la mala calidad (por ejemplo, la inspección y la evaluación de calidad) y el costo de la no conformidad, es el costo de la mala calidad causada por el fallo del producto o servicio (por ejemplo, correcciones y modificaciones). Según Dale y Plunkett (1995, citados en Schiffauerova y Thomson, 2006), los costos de calidad son aquellos incurridos en el diseño, implementación, operación y mantenimiento de un sistema de gestión de calidad, el costo de los recursos comprometidos para la mejora continua, los costos de fallos del sistema, producto y servicio, así como todos los costos necesarios y no valorados, que son agregados a actividades requeridas para conseguir un producto o servicio de calidad.

La primera revisión de la literatura de los modelos genéricos de costos de la calidad fue conducida por Plunkett y Dale (1988), enfocándose en las publicaciones de varios países y abordando temas tales como la definición, categorización, recolección, medición y uso de los mismos (Shah y FitzRoy, 1998). Se han realizados diversas evaluaciones y análisis de la literatura referente a los modelos de costos de la calidad. Hwang y Aspinwall (1996), analizaron los diversos modelos genéricos de costos de la calidad actuales, comparando las ventajas y las debilidades de cada modelo, destacando su uso en diversas áreas. Williams et al. (1999) realizó un estudio sobre los costos de la calidad que representó un punto importante en el análisis de las prácticas

sobre los mismos. Shah y FitzRoy (1998) presentaron una visión general de los costos de la calidad en varios países, llegaron a la conclusión de que el concepto de reportes de datos sobre costos de la calidad, no es aceptado ampliamente por las empresas en ninguna parte del mundo.

Schiffauerova y Thomson (2006) propusieron un resumen de los autores que han estudiado los modelos de costos de la calidad y agruparon los diversos modelos en 5 categorías. Hasta ese momento, ninguna otra revisión de literatura que estudiara los modelos de costos de la calidad se había encontrado (Schiffauerova y Thomson, 2006). Gracia y Dzul (2007) presentaron cronológicamente los estudios realizados en este tema, basado en el trabajo de Schiffauerova y Thomson (2006), agregando un modelo propuesto por Weheba y Elshennawy (2004), encontrado en su revisión; permitiendo visualizar de manera más práctica el modelo de costos de la calidad más estudiado y desarrollado.

De esta manera, se pudo concluir que la mayoría de los modelos de costos de la calidad están basados en la clasificación de costos de calidad de Prevención, Evaluación y Fallos (PEF) (Schiffauerova y Thomson, 2006; Gracia y Dzul, 2007). Esta categorización de costos de la calidad es la más aceptada y fue desarrollada por Feigenbaum (1994). Los costos de prevención son los destinados a las actividades encargadas de asegurar la calidad del producto o servicio y los costos de evaluación son aquellos destinados a medir el nivel de la calidad conseguido en el proceso. Por otra parte, los costos de fallos son aquellos derivados por la falta de calidad en

los productos o servicios, antes de (internos) o después de ser entregados (externos) al cliente. Posteriormente, esta categorización fue redefinida por Juran, en relación a sus interacciones; considerando que a mayor inversión en prevención y evaluación disminuyen los costos de fallos.

El esquema PEF de Feigenbaum y Juran ha sido adoptado por la American Society for Quality Control y por el British Standard Institute; este último ha desarrollado dos normas, una que describe el método PEF (BS 6143, 1992, Part 2. "Guide to the economics of quality: Prevention, Appraisal and Failure Model") y el método de costo de proceso (Norma BS 6143, 1992 Part 1. "Guide to the economics of quality: Process Cost Model"). Sin embargo, el enfoque PEF fue objetado y se ha propuesto un esquema que considera el concepto de cero defectos, ya que el primero considera un costo infinito para llegar a la perfección, en contraste con el modelo moderno que considera que no se justifica tanta inversión en prevención (Schiffauerova y Thomson, 2006). En la figura 1 se muestran estos dos esquemas.

La mayoría de los ejemplos publicados en este tema, confirman que los procesos de medición de costos, producen una gran reducción de los costos de la calidad de la empresa. Sin embargo, se puede observar que los casos documentados corresponden a un cierto sector industrial, tal como: telecomunicaciones, tecnología de la informática, electrónica, software, servicios financieros, industria del acero, equipamiento, e incluso el sector aeroespacial.

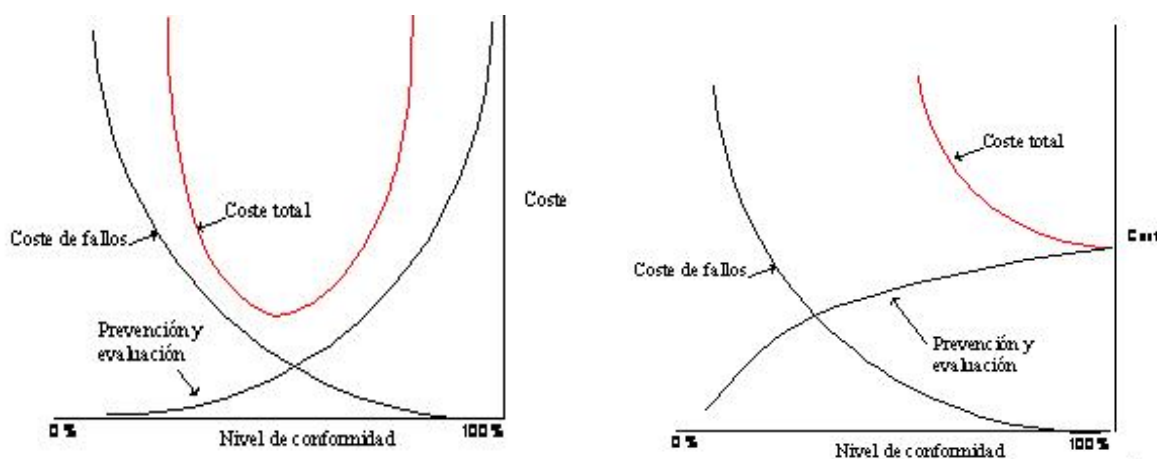


Figura 1. Opinión clásica (izquierda) y moderna (derecha) de los costos de la calidad (Gracia y Dzul, 2007)

REVISIÓN DE SISTEMAS DE COSTOS DE LA CALIDAD EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN. En esta investigación, se encontraron y analizaron los sistemas de gestión de

costos de la calidad para proyectos de construcción, desarrollados hasta ahora. La tabla 1 muestra un resumen de ellos, los cuales se describen a continuación.

Tabla 1. Sistemas de gestión de costos de la calidad en proyectos de construcción.

Sistemas de gestión de costos de la calidad en proyectos de construcción	Autor	Referencias bibliográficas
QPMS (Quality Performance Management System)	CII Quality Management Task Force-1987	CII, 1989; Patterson et al., 1989; Abdul-Rahman, 1995; Willis y Willis, 1996; Aoieong et al, 2002; Love e Irani, 2003.
QPTS (Quality Performance Tracking System)	K. Davis-1987	Davis 1987; Davis et al., 1989; Abdul-Rahman, 1995; Aoieong et al, 2002; Love e Irani, 2003.
QCM (Quality Cost Matrix)	Abdul-Rahman-1993	Abdul-Rahman, 1993; Abdul-Rahman, 1995; Abdul-Rahman, 1996; Hall y Tomkins, 2001; Aoieong et al, 2002; Love e Irani, 2003.
CQCQS (Construction Quality Cost Quantifying System)	Low y Yeo-1998	Low y Yeo, 1998; Aoieong et al, 2002, Love e Irani, 2003.
QCPCM (Quality Costs- Process Costs Model)	Aoieong et al.-2002	Aoieong et al., 2002; Tang et al., 2004.
PROMQACS (Project Management Quality Cost System)	Love e Irani-2003	Love y Li, 2000; Love e Irani, 2003; Love. y Sohal, 2003; Hall . y Tomkins, 2001.
Otros enfoques destacados:		
Metodología basada en la adecuación del modelo PEF, de acuerdo a las características de la industria. Puntualizando en el estudio de los costos de fallos.		Barber et al., 2000; Hall y Tomkins, 2001.
Propuesta de metodología basada en el modelo PEF y el enfoque de Barber et. al. (2000). Puntualizando en el estudio de los costos de prevención y evaluación		Hall y Tomkins, 2001.

En 1987 el Quality Management Task Force del Construction Industry Institute (CII) desarrolló el Quality Performance Management System (**QPMS**) como una herramienta para el análisis cuantitativo de ciertos aspectos relacionados a la calidad (Abdul-Rahman, 1995; Willis y Willis, 1996; Aoieong et al, 2002; Love e Irani, 2003). El costo de la calidad es definido como el costo de corrección de desviaciones (reprocesos o fallos) más el costo de las actividades de gestión de la calidad. Este sistema supone que los costos de la calidad pueden ser adecuadamente rastreados usando 11 causas de reprocesos y 15 actividades de gestión de calidad. Se probó en 9 proyectos industriales, produciendo un costo promedio de reprocesos o fallos del 12.4% del costo

del proyecto (Aoieong et al, 2002). Este sistema era simple y flexible, pero no consideraba el efecto de los fallos en el costo relacionado al tiempo. Además, el sistema no identificó las causas específicas de fallos (Love e Irani, 2003).

El Quality Performance Tracking System (**QPTS**) de K. Davis es una versión renovada del modelo QPMS (Abdul-Rahman, 1995; Aoieong et al, 2002; Love e Irani, 2003) y fue desarrollado para caracterizar los costos de la calidad, analizarlos cuantitativamente y rastrear las desviaciones. En este modelo, los costos de desviación incluían reprocesos, su impacto, la responsabilidad y el trabajo de garantía. Davis observó que la definición de gestión de calidad

variaba de una empresa a otra, y la distinción entre práctica de diseño y gestión de calidad era confusa (Love e Irani, 2003). La ruta específica de desviaciones no fue registrada por el QPTS.

Abdul-Rahman (1993) desarrolló la Quality Cost Matriz (QCM), destacando las limitaciones del QPTS (Hall, M. y Tomkins, C., 2001; Love e Irani, 2003). Este sistema solo se aplicó para recopilar los costos de la calidad en la etapa de construcción. Esta matriz consideraba el efecto de las fallas en el tiempo, el costo de la aceleración del trabajo y la ruta específica de las no conformidades; sin embargo, no consideró el origen de las desviaciones. El modelo se basa en recopilar los costos de fallos o no conformidad, sin capturar los costos de evaluación o prevención; así como el origen de las desviaciones. Se probó en dos proyectos de construcción, y el total de los costos de no conformidad fueron el 5% del costo total (Aoieong et al., 2002).

Low e Yeo (1998) de la Universidad Nacional de Singapur desarrollaron el Construction Quality Cost Quantifying System (CQCQS); este sistema es una matriz de documentación que adopta el modelo PEF de costos de la calidad. La característica principal de este modelo, es el uso de una codificación para clasificar los diversos elementos bajo un encabezado llamado “trabajos comprometidos”, que podían ser obtenidos bajo una estructura de desglose de trabajo (WBS). Al igual que la QCM de Abdul-Rahman, no se cuantificaron los costos de prevención y evaluación, ni el origen de las desviaciones.

Aoieong et al. (2002) propusieron una medición de los costos de la calidad bajo un enfoque de procesos (QCPCM), basado en el modelo de costos de procesos de la norma BS 6143. Este modelo se basa en medir los costos de conformidad (COC) y los costos de no conformidad (CONC) de las actividades claves en los procesos que requieren mejora continua, bajo un enfoque de gestión de calidad total (TQM). Realizaron una revisión de los sistemas de Davis, Abdul-Rahman, Low y Yeo y otros, mencionados anteriormente; destacando que dichos sistemas reconocían los componentes de los costos de la calidad, pero no direccionaban las causas o rutas de desviaciones indeseadas. Aoieong et al. (2002) llegaron a la conclusión que un sistema de costos de la calidad PEF, por sí solo, resultaba complicado de implantar debido a la complejidad de la industria de la construcción.

Tang et al. (2004) retomaron el modelo QCPCM, publicando el resultado de su investigación. El proceso elegido por Tang et al. (2004) para probar

dicho método, fue el de “elaboración de elementos de concreto” en dos proyectos (una edificación de 38 niveles y la construcción de pilas un proyecto de ingeniería civil), ya que consideraron que era la actividad más común en cualquier proyecto de construcción. En el caso del edificio 38 plantas, los costos de no conformidad, fueron bajando en el transcurso del estudio de un 0.48% de los costos de proceso totales a 0.43% en el final del proyecto. En el proyecto de ingeniería civil, el modelo QCPCM demostró que los CONC bajaron drásticamente de un 3.55% de los costos de proceso totales a un insignificante 0.03%. La mejora continua mostrada en el estudio de Tang et al. (2004), fue la mejora de un proceso en específico dentro de un proyecto. Tang et al. (2004) sugirieron el uso del QCPCM para los procesos de gestión.

Love e Irani (2003) propusieron el Project Management Quality Cost System (PROMQACS) para la determinación de los costos de fallos o reprocesos en proyectos de construcción. Este enfoque se había venido propuesto y desarrollado por el autor en diversas publicaciones, así como temas afines al mismo (Love y Li, 2000; Love y Sohal, 2003). El sistema desarrollado, fue probado en dos casos de estudio en proyectos de construcción para determinar los costos y causas de reprocesos o fallos ocurridos. El sistema se basó en la información obtenida en una investigación realizada a una empresa constructora líder en la implementación en sistemas de calidad, con la colaboración de los consultores y organizaciones involucradas con los proyectos. La información obtenida sobre los costos de reprocesos o fallos se clasificó en módulos que correspondían a los siguientes aspectos: el problema específico, ajustes hechos por el contratista, la causa específica del fallo, el tiempo no productivo, clasificación de los costos de reprocesos y el costo directo del fallo.

De igual manera, se han propuesto otros enfoques basados en el modelo PEF, desarrollados en consideración de las características propias de los proyectos de construcción, según sus autores; tal es el caso de Barber et al. (2000) y Hall y Tomkins (2001). Barber et al. (2000) desarrollaron una metodología para medir el costo de fallos de la calidad en dos proyectos importantes de caminos; basado en gran parte sobre un método de “observación de trabajo” para la identificación y registro de datos. Dicho enfoque de investigación no tenía ningún precedente. En la investigación publicada, se muestra cómo los datos iniciales fueron recolectados y categorizados en grupos definidos, así como la manera en que dichos costos eran estimados para cada uno de dichas

categorías. Barber et al. (2000) llegaron a la conclusión de que si los proyectos examinados son típicos, el costo de fallos pueda ser un porcentaje significativo de los costos totales, y que los medios convencionales de identificarlos, no pueden ser muy confiables; refiriéndose a la clasificación de fallos internos y fallos externos del modelo PEF.

Hall y Tomkins (2001) propusieron una metodología para evaluar de una manera completa los costos de la calidad para proyectos de construcción, mostrando los resultados de un proyecto de edificación en el Reino Unido, en el cual la metodología fue probada. Dicha metodología desarrollada, se basó en el modelo de costos de la calidad PEF, definida por la norma Británica BSI 6143 parte 2 (BSI, 1992), pero modificada en una línea con la metodología descrita por Barber et al. (2000). Hall y Tomkins (2001) resaltaron la demanda de estudios en el tratamiento de los costos de la calidad en proyectos de construcción; destacando que los estudios propuestos hasta el momento, no tomaban en cuenta la contribución de los costos de calidad de prevención y evaluación, limitando su análisis en el impacto de los costos de la calidad totales. El ejercicio de aplicación de la metodología de Hall y Tomkins, fue limitado al proceso de construcción, excluyendo los costos de la fase de diseño. Los resultados mostraron que el costo total de fallos fue del 5.84% y el de costos de prevención, evaluación y otros relacionados, fue de 12.68%, en relación al costo total del cliente.

DISCUSIÓN DE LOS SISTEMAS DE COSTOS DE LA CALIDAD PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN. Existen diversas publicaciones de aplicaciones de dichos sistemas a proyectos de construcción (Abdul-Rahman, 1995; Abdul-Rahman, 1996; Willis y Willis, 1996; Hall, M. y Tomkins, C.,

2001; Tang et al., 2004; Love, P.E.D. y Li, H., 2000; Love, P. E. D. y Sohal, A. S., 2003; Barber et al., 2000; Gracia y Dzul, 2007); en los cuales se resalta la importancia de su aplicación y beneficios para la industria de la construcción, cuya naturaleza de procesos no lineal, hacen de la medición de costos de la calidad, un tema a desarrollar.

Los sistemas de gestión de costos de la calidad revisados con anterioridad, denotan un aspecto común referente a la fase de aplicación de los mismos; es decir, la aplicación se centra a partir de la fase de ejecución del proyecto y se hace referencia al diseño, principalmente como causa o generadora de fallos. Es sabida la importancia de un correcto diseño, ya que evita errores en las fases posteriores; sin embargo, los sistemas propuestos para la medición de los costos de la calidad no toman en cuenta los costos de gestión de la calidad y de fallos, de manera puntual, dentro de los procesos de diseño.

Reforzando la idea planteada anteriormente, Abdul-Rahman (1995) propuso la medición de los costos de la calidad en todos los niveles del proyecto. Hall y Tomkins (2001) resaltó la poca consideración que se tenía de los costos de la calidad en el diseño de proyectos de construcción, por parte de los estudios previos propuestos. Tang et al. (2004) propuso por primera vez, como trabajo de futuro desarrollo, la medición de los costos de la calidad en los procesos de diseño en proyectos de construcción. La figura 2, proporciona un resumen del contexto y de los elementos que actualmente condicionan la aplicación de los sistemas de costos de la calidad en proyectos de construcción, en relación al modelo genérico de costos de la calidad en que se basan dichos sistemas y su aplicación en la fase del proyecto

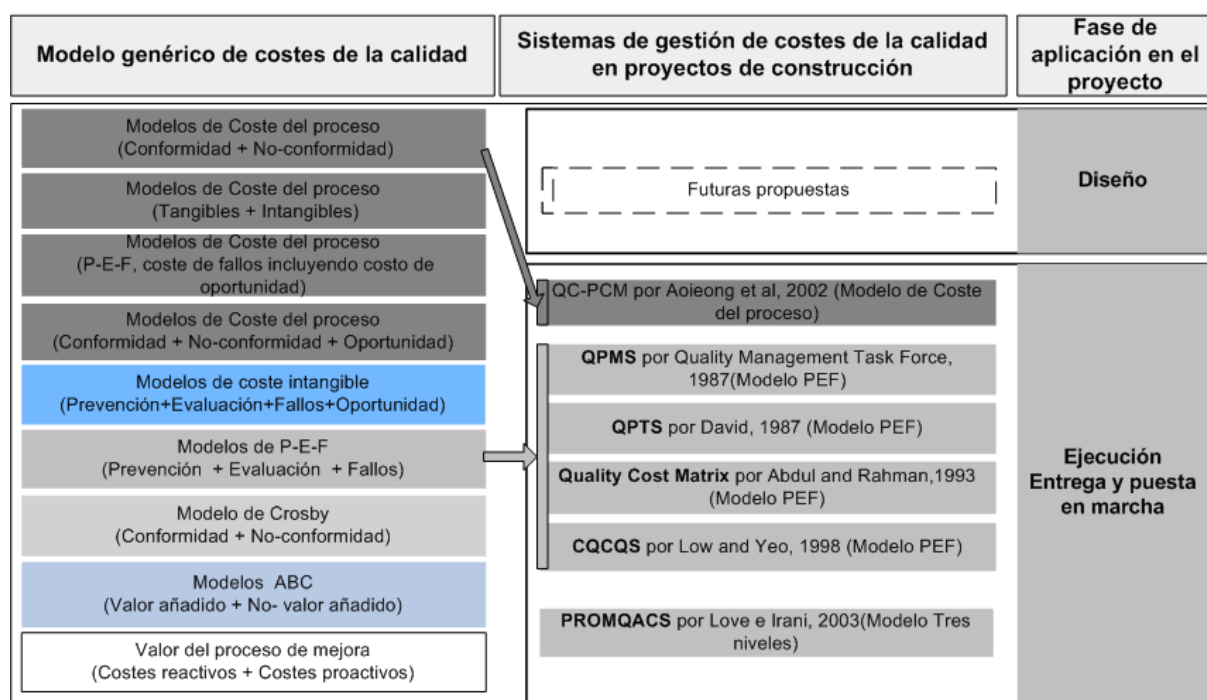


Figura 2. Contexto actual de los sistemas de costos de la calidad en proyectos de construcción.

De acuerdo al análisis realizado de los sistemas de costos de la calidad y considerando que en la industria de la construcción es necesario potenciar los recursos, ya que la inversión puede llegar a hacer limitada (tal es el caso de países de América Latina). Los autores de este trabajo consideran que un sistema de costos de la calidad de acuerdo al modelo PEF, podría representar problemas al aplicarlo en este contexto, debido principalmente a la complejidad de los procesos de construcción. De esta manera, el empleo de un modelo de costos por procesos, permitiría centrar la atención en aquellos procesos que son clave dentro de cada fase de un proyecto. Sobre todo en la fase de diseño, donde se considera necesario futuras propuestas para la medición de los costos de la calidad.

CONCLUSIONES

Se ha presentado los sistemas de costos de la calidad desarrollados para proyectos de construcción, sus alcances y limitaciones. Se observó que existe interés profesional y académico en el desarrollo de modelos de costos de la calidad, pudiéndose encontrar información teórica y práctica. De igual manera, se puede encontrar datos publicados sobre el empleo de modelos de costos de la calidad, destacando la poca información en relación a la industria de la construcción.

Los sistemas de costos de la calidad en proyectos de construcción, se aplican desde la fase de ejecución del proyecto. Los procesos de diseño se consideran solamente como una causa de fallo. De esta manera, el seguimiento y control que se hace en esta fase, requiere de mecanismos más definidos. Se considera necesario el desarrollo de herramientas que permitan gestionar la calidad en el diseño de proyectos de construcción, por lo que la aplicación de un modelo de costos de la calidad en el diseño, sería una alternativa para gestionar la mejora continua desde las fases iniciales del proyecto.

Un sistema de gestión de costos de la calidad debería formar parte de cualquier programa de gestión de calidad. Con este trabajo se busca establecer referencias en el seguimiento de los costos de la calidad en el diseño de proyectos de construcción. Mostrando un panorama amplio y actual de la aplicación de los modelos de costos de la calidad y establecer sus limitaciones. Los autores de este trabajo, consideran necesario la investigación y enseñanza adicional sobre el nivel práctico de los costos de la calidad, sobre todo en sectores industriales importantes de la economía, tal es el caso de la industria de la construcción.

Referencias Bibliográficas

- Abdul-Rahman, H., (1993). *Capturing the cost of quality failures in civil engineering*. International Journal of Quality & Reliability Management, 10(3), 20-32.
- Abdul-Rahman, H., (1995). *The cost of non-conformance during a highway project: a case study*. Construction Management and Economics, 13, 23-32.
- Abdul-Rahman, H., (1996). *Capturing the costs of non-conformance on constructions sites (an application of the quality costs matrix)*. International Journal of Quality & Reliability Management, 13(1), 48-60.
- Ahmed, S. M., Aoieong, R. T., Tang, S. L. y Zheng, D. X.M. (2005). *A comparison of quality management systems in the construction industries of Hong Kong and the USA*. International Journal of Quality and Reliability Management, 22(2), 149-161.
- Aoieong, R. T., Tang, S. L. y Syed, M. A. (2002). *A process approach in measuring quality costs of construction projects: model development*. Construction Management and Economics, 20 (2), 179-192.
- Barber, P., Graves, A., Hall, M., Sheath, D. y Tomkins, C. (2000). *Quality failure costs in civil engineering projects*. International Journal of Quality & Reliability Management, Vol.17, 479-492.
- BSI (1992). *Guide to the Economics of Quality: Prevention, Appraisal and Failure Model, BS 6143: Part 2*. British Standards Institution, London.
- CII (1989). *Costs of Quality Deviations in Design and Construction*. Quality Management Task Force Publication 10-1, Construction Industry Institute.
- Davis, K. (1987). *Measuring Design and Construction Quality Costs*. Source Document 30, Construction Industry Institute.
- Davis, K., Ledbetter, W.B. y Burati, J.L. (1989). *Measuring design and construction quality costs*. ASCE Journal of Construction Engineering and Management 115, 389-400.
- Feigenbaum, A. V., (1994). *Control total de la calidad*. 3ª edición, Cecsca, México.
- Gracia V., S. y Dzul L., L. (2007). *Modelo PEF de costos de la calidad como herramienta de gestión en empresas constructoras: una visión actual*. Revista Ingeniería de Construcción, 22 (1), 43-56.
- Hall, M. y Tomkins, C. (2001). *A cost of quality analysis of a building project: towards a complete methodology for design and build*. Construction Management and Economics, 19, 727-740.
- Horcasitas M. E. (2001). *La competitividad de la industria de la construcción*. Cuadernos FICA, núm. 37, México.
- Hwang, G. H. y Aspinwall, E. M. (1996). *Quality cost models and their application: a review*. Total Quality Management, 7(3), 267-281.
- Love, P. E. D. e Irani, Z. (2003). *A project management quality cost information system for the construction industry*. Information and Management, Vol. 40, 649-661.
- Love, P.E.D., y Li, H. (2000). *Quantifying the causes and costs of rework in construction*. Construction Management and Economics, 18, 479-490.
- Love, P. E. D. y Sohal, A. S. (2003). *Capturing rework costs in projects*. Managerial Auditing Journal, 18(4), 329-339.

Dzul, L. L. y Gracia V. S. / Ingeniería 12-3 (2008) 53-61

- Low, S. P. y Yeo, H. K. C. (1998). *A construction quality costs quantifying system for the building industry*. International Journal of Quality and Reliability Management, 15(3), 329-349.
- Patterson, L., Ledbetter, W.B. (1989). *The Cost of Quality: A Management Tool*. En: R.J. Bard (Ed.), Excellence in the Construction Project, American Society of Civil Engineers, 100-105.
- Plunkett, J.J. y B.G. Dale (1988). *Quality costs: a critique of some economic cost of quality models*. International Journal of Production Research, 26(11), 1713-1726.
- Shah, K. y FitzRoy, P.T. (1998). *A review of quality cost surveys*. Total Quality Management, 9(6), 479-486.
- Schiffauerova, A. y Thomson, V. (2006). *A review of research on cost of quality models and best practices*. International Journal of Quality & Reliability Management, 23(6), 647-669.
- Tang, S. L., Aoieong, R. T. y Ahmed, S. M. (2004). *The use of Process Cost Model (PCM) for measuring quality costs of construction projects: model testing*. Construction Management and Economics, 22(3), 263-275.
- Weheba, G. S. y Elshennawy, A. K. (2004). *A revised model for the cost of quality*. Journal of Quality and Reliability Management, 21(3), 291-308.
- Willis, T. H. y Willis, W. D. (1996). *A quality performance management system for industrial construction engineering projects*. International Journal of Quality and Reliability Management, 13 (9), 38-48.
- Williams, A., Van der Wiele, A. y Dale, B.G. (1999). *Quality costing: a management review*. International Journal of Management Reviews, 1(4), 441-460.

Este documento se debe citar como:

Dzul López, L. A. y Gracia Villar, S. (2008). **Análisis de los sistemas de gestión de los costos de la calidad en la industria de la construcción**. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 12-3, pp. 53-61, ISSN: 1665-529X.