

UN ENFOQUE DE PROCESOS PARA EL SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LOS COSTES DE CALIDAD EN EL DISEÑO DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.

Luis Alonso Dzul López

Santos Gracia Villar

Departament de Projectes d'Enginyeria, Universitat Politècnica de Catalunya, Av. Diagonal, 647, planta 10, C.P. 08028 Barcelona, España. Tel: (+34) 93 4017167, Fax: (+34) 93 334 0255.

Fundación Universitaria Iberoamericana, Paseo García Faria, 29, CP 08005, Barcelona, España. Tel: (+34) 93 4939900, Fax: (+34) 93 3073676.

Abstract

It is required a systematic approach in the design process for construction projects. It is also necessary to develop tools to control efficiently the quality cost and to manage the continual improvement in design. A methodology for measuring and tracking quality costs in the design of construction projects (QCDCP) was proposed by the authors of this paper in previous literatures. The QCDCP it based on the Process Cost Model and on the Projects Design Methodology of the Technical University of Catalonia. This paper describes five case studies using the QCDCP, which it allowed to define data in a quantitative manner about the cost of poor quality in the design process. The case studies revealed that the methodology is viable and versatile. The CCDPC is in line with the concepts Total Quality Management (TQM) and with the process approach and continual improvement of ISO 9000 quality management system

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

Resumen

Actualmente es necesario un enfoque sistemático en el proceso de diseño para proyectos de construcción. Así como el desarrollo de herramientas que permitan controlar los costes de la calidad de manera eficiente y gestionar la mejora continua en dicha fase. Los autores de este trabajo han propuesto en literaturas previas, una metodología para la medición y seguimiento de los costes de la calidad en el diseño de proyectos de construcción (CCDPC), basada en el modelo de costes por procesos desarrollado en la norma BS 6143 parte 1 y la metodología de diseño de proyectos de la Universidad Politécnica de Cataluña. Este trabajo describe cinco casos de estudio empleando la propuesta metodológica CCDPC, con los que se obtuvieron datos que permitieron definir de manera cuantitativa, el coste de una mala calidad en los procesos de diseño. De igual manera, los casos de estudio permitieron mostrar la metodología como viable y versátil. La propuesta CCDPC está en línea con los conceptos de la Gestión Total de la Calidad (TQM), así como con el enfoque de procesos y mejora continua de la norma ISO 9000 para la gestión de la calidad.

Palabras clave: Costes de la calidad, Diseño, Enfoque de Procesos Proyectos de construcción.

1. Introducción

Hay un factor que hace la diferencia entre la manera costosa y la forma provechosa de alcanzar calidad, ese factor son los costes de la calidad (Ahmed et al. 2005). La gestión de los costes de la calidad permite a las organizaciones precisar las fuerzas y las debilidades de un sistema de gestión de la calidad. En el caso de la industria de la construcción, se estima que los costes de la calidad se encuentran entre un 8 a 15% de los costes de la construcción total (Low y Yeo, 1998). Un conocimiento adecuado y detallado de los costes de la calidad, proporciona una herramienta de vital importancia en un proceso de mejora continua (Gracia y Dzul, 2007; Dzul y Gracia, 2008a; 2008b).

El coste de la calidad se define como el coste incurrido para ayudar al empleado a que haga bien el trabajo todas las veces y los costes para determinar si la producción es aceptable, más cualquier costo en que incurre la empresa y el cliente porque la producción no cumplió las especificaciones o las expectativas del cliente. Generalmente no existe un plan definido de aseguramiento de la calidad en el diseño de proyectos de construcción. Se han propuesto diversas aplicaciones de modelos genéricos de costes de la calidad para su seguimiento y control en proyectos de construcción, derivándose en diversos sistemas cuyo enfoque se centra en la ejecución del proyecto. En este trabajo se busca un acercamiento de la aplicación de una metodología, que permita el seguimiento y control de los Costes de la Calidad en el Diseño de Proyectos de Construcción (CCDPC). Partiendo de la propuesta metodológica CCDPC, se propusieron cinco casos de estudio, para lo cual se planificó una serie de procedimientos para la obtención de los datos, aplicando criterios de validez y fiabilidad. Los resultados obtenidos permitieron dar una primera aproximación de los resultados esperados con la aplicación de la propuesta metodológica en el diseño de proyectos

2. Estado del Arte

2.1. Los sistemas de costes de la calidad en proyectos de construcción

El modelo genérico más empleado en sistemas desarrollados para controlar los costes de la calidad en proyectos de construcción, ha sido el modelo tradicional PEF (prevención, evaluación y fallos). Dzul y Gracia (2009) analizaron los sistemas de gestión de costes de la calidad para proyectos de construcción, desarrollados hasta este momento; dicho trabajo reveló que no existían estudios sobre aplicaciones metodológicas de costes de la calidad en el diseño de proyectos, específicamente en proyectos de construcción. Ya que se hacía referencia a los procesos de diseño, principalmente como causa o generadores de fallos solamente. Es sabida la importancia de un correcto diseño, ya que evita errores en las fases posteriores; sin embargo, los sistemas de medición de los costes de la calidad no toman en cuenta los costes de gestión de la calidad y de fallos, de manera puntual, durante los procesos de diseño.

2.2. Metodología Costes de la Calidad en el Diseño de Proyectos de Construcción (CCDPC).

Dzul y Gracia (2008a), propusieron una metodología para dar seguimiento a los costes de la calidad en el diseño de proyectos. Las bases teóricas propuestas para conformar la metodología CCDPC fueron, el modelo de costes de la calidad por procesos PCM como la mejor alternativa para la industria de la construcción (Aoieong et al., 2002). El modelo PCM ha sido desarrollado por la *British Standards Institution* (BSI, 1992) en su norma BS 6143 Parte 1; este modelo, puede ser generado para cualquier proceso dentro de una organización y usado para identificar y controlar, los costes de un proceso, en un aspecto particular. Cada elemento de coste individual debe estar identificado como un Coste de

Conformidad (COC) o un Coste de no Conformidad (CONC), así como la fuente de los datos registrados. Los costes de la calidad serían la suma de los COC y los CONC. El objetivo básico de este modelo es una política de mejora continua de la calidad en los procesos clave de la organización, localizando las áreas de la organización para las innovaciones.

El otro elemento propuesto para desarrollar la metodología CCDPC, es la MDP-UPC, enfoque sistemático de diseño básico de proyectos, sobre la cual se aplicara el modelo PCM. El Departamento de Proyectos de Ingeniería de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial (ETSEIB) de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) ha desarrollado y aplicado la metodología MDP-UPC. La metodología de diseño se basa en desarrollar 9 fases, estructurados como una serie de apartados específicos, que deben ser completados por los proyectistas que diseñan el proyecto. Las ocho primeras fases corresponden a la resolución de determinados aspectos que permiten precisar el conflicto y determinar el problema que se quiere resolver; la fase restante es una presentación visual de la solución concreta que se propone.

La figura 1 presenta un diagrama de flujo de la metodología CCDPC propuesta; que consistió principalmente en la implementación del modelo PCM en cada una de las 9 fases de la metodología MDP-UPC; en esa figura se muestra las etapas a seguir en la implantación del modelo de manera general, desde la etapa de diseño en el contexto general del proyecto. Para desarrollar la metodología CCDPC, era necesario la identificar los procesos sobre la cual se aplicaría el modelo PCM. En este caso, una vez identificado cada una de las 9 fases de la metodología de diseño, se definieron sus límites correctamente. De esta manera, se empleo el diagrama de flujo de cada una de las fases de la MDP-UPC, para definir las entradas, salidas, controles y recursos apropiados de acuerdo al modelo PCM. Esto facilitará la identificación de todas las *actividades claves y responsables de la fase o proceso* dentro de los límites del mismo. Las salidas de cada fase deberían ser identificadas y cada salida debería ser reconocida como va a uno o más procesos. Las entradas también fueron identificadas, tales como los materiales, datos, etc.; de igual manera que los controles y recursos.

A partir de la aplicación del modelo PCM a la metodología MDP-UPC, se definieron los mecanismos para determinar los costes de la calidad para cada fase. Todos los elementos de coste asociados a las actividades claves de cada una de las 9 fases, pueden ser identificados y establecidos como un COC o un CONC. Para estimar los COC, se presento a los cinco grupos de trabajo una tabla de recopilación, donde se plasmaron los tiempos en horas (hr.) de trabajo y las horas extras empleadas en la realización de las actividades. De esta manera, se definieron las actividades claves de cada fase y la cuantificación se basó en un registro uniforme en relación al tipo y/o categoría de proyectista.

De igual manera, para el cálculo de los CONC, se estimo el tiempo invertido en fallos del proceso, por no haber obtenido el resultado esperado (tiempos desperdiciados, repetición de trabajos, etc.). Para esto se propuso una segunda tabla de recopilación más profunda, basada en el origen de las no conformidades y su frecuencia; tomando en cuenta las mismas actividades para cuantificar los COC. Así, se recopilaría para cada fase: el número de ocurrencias de todas las no conformidades y el tiempo (hr.) empleado para sus correcciones. Esta misma tabla fue empleada como base de las entrevistas efectuadas a los integrantes de los equipos de trabajo, ya que permitió recopilar información sobre el origen de las no conformidades, su frecuencia y registrar información relacionada a observaciones sobre la interacción de los integrantes del equipo de trabajo, indagar a manera de entrevista sobre alguna causa de un CONC, entre otros.

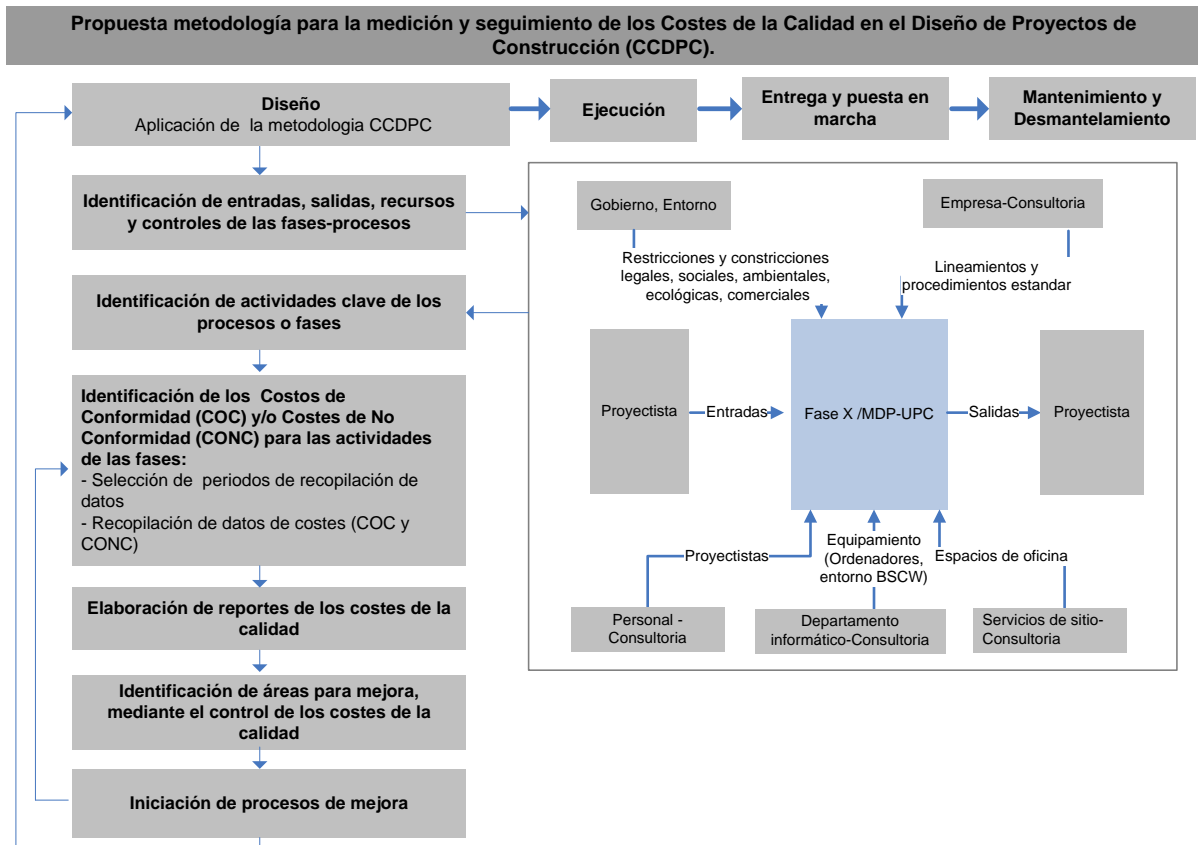


Figura 1. Diagrama de flujo de la propuesta metodológica para la medición y seguimiento de los costes de la calidad en el diseño de proyectos de construcción-CCDPC (Dzul et al., 2009).

3. Caso de estudio: aplicación de la metodología CCDPC

El método de estudio de caso es una herramienta valiosa de investigación, y su mayor fortaleza radica en que a través del mismo se mide y registra la conducta de las personas involucradas en el fenómeno estudiado, mientras que los métodos cuantitativos sólo se centran en información verbal obtenida a través de encuestas por cuestionarios. De esta manera, se propusieron cinco casos de estudio que consistían en diseñar sendos proyectos, aplicando la propuesta metodológica CCDPC. A continuación se muestra una breve descripción de cada proyecto:

- Para el primer proyecto, se propuso un tema tecnológico relacionado a viabilidad, con el objetivo de mostrar la posible generalización de la propuesta metodológica CCDPC; este proyecto consintió en diseñar un sistema tecnológico de mejora del control del estacionamiento regulado, en el área urbana de la ciudad de Barcelona, España (Proyecto 1).
- El segundo proyecto, se trata del diseño de un sistema posicionador de vehículos en el interior de aparcamientos con capacidad de además transmitir las principales características que definen y diferencian a cada vehículo. Dirigido principalmente para la construcción de grandes aparcamientos como los de centros comerciales, aeropuertos o grandes estaciones.
- El tercer proyecto es referente a los estudios en la implantación de un sistema de transporte de Tranvía sobre la parte central de una de las avenidas más importantes de la ciudad de Barcelona, España (Avenida Diagonal); centrado en diseñar la reestructuración de los sistemas de movilidad, actuales y futuros, de los Distritos de

la ciudad afectados, teniendo en cuenta los cambios realizados a la avenida en cuestión. (Proyecto 3).

- El cuarto proyecto, relacionado al anterior, consintió en diseñar el sistema que permita la construcción de un Tranvía sobre la parte central de la Avenida Diagonal de la ciudad de Barcelona, España; permitiendo que este sistema de transporte, originara una conversión de dicha avenida en un paseo peatonal y por tanto reduciendo substancialmente el tránsito en la misma (Proyecto 4).
- El quinto proyecto, se centro en diseñar un sistema de seguridad activo y pasivo vehicular, para la implantación en los automóviles convencionales que componen el parque automovilístico estatal en España, y que ayude a reducir el número de accidentes y víctimas mortales en carreteras (Proyecto 5).

Para proporcionar calidad y objetividad a la investigación, se siguieron criterios de validez y fiabilidad de los resultados para un estudio de caso (Yin, 1994). A continuación se destacan los siguientes datos:

- Los procesos de diseño se realizaron en el periodo del 22 de septiembre al 10 de diciembre de 2008.
- Cada diseño fue realizado por cinco equipos diferentes, asesorados y tutorizados por un experto en proyectos; cada equipo estaba integrado por 4 personas en formación en proyectos (estudiantes de segundo ciclo de la titulación de Ingeniería Industrial de la ETSEIB de la UPC).
- Las mediciones siguieron un riguroso calendario, delimitado por la finalización de cada fase de la MDP-UPC. Esta medición era semanal e incluía el cumplimentado de una lista de control para recopilar los datos relacionados a los costes de la calidad durante las fases del diseño, así como una entrevista donde se exponían los resultados previos y las medidas de mejora a tomar para las futuras fases.
- La distribución del tiempo empleado en los procesos de resolución de cada fase, fue el siguiente:

Tiempo empleado por semana para la realización de cada fase de la MDP-UPC	
Tiempo - Capacitación de Fase	Medición de COC y CONC
Tiempo – Trabajo: lunes (2hr) y miércoles (2hr). Tiempo correspondiente a las clases formativas semanales e invertidas en las actividades del proceso.	
Tiempo – Trabajo: Horas extras (x hr/sem). Tiempo extra que se necesitó por los grupos de trabajo para completar la formulación de la fase.	

- Se consideró una tasa monetaria por hora (€/hr) para cada tipo de actividad y así determinar los COC y el CONC aproximado para cada fase (Idescat, 2009); salario:30 €/hr; equipo y material: 15 €/hr y espacios de reunión: 10 €/hr.

3.1. Resultados.

Se procedió a la recopilación de datos e información de acuerdo a los formatos establecidos; la tabla 1 muestra la información obtenida de costes para el Proyecto 1, correspondiente a la fase 1 de la MDP-UPC. Lo anterior se obtuvo también para cada una de las 9 fases de diseño y de igual manera, para los cuatro proyectos restantes. Fueron aplicadas actividades de mejora, tomando en cuenta la comparación de los resultados de cada fase e identificando las áreas y aspectos por corregir. Una vez calculado el coste total de cada fase

(COC+CONC) para cada uno de los proyectos, se obtuvo un compendio de los costes de la calidad del diseño, por proyecto y por fase (tabla 2).

Reporte de los COC y CONC del proceso de diseño – fase 1						
Proceso: Fase 1 - Proyecto 1						
Clave	Actividades claves	COC(€)	CONC(€)	Total(€)	COC/T	CONC/T
F1-CO1	Recopilación e investigación de información objetiva	75	0	75	4,75%	0,00%
F1-CO2	Reunión proyectista-cliente-asesor	180	0	180	11,41%	0,00%
F1-CO3	Reunión equipo de proyectistas (trabajo de la fase)	345	15	360	21,87%	0,95%
F1-CO4	Evaluación de los procesos para la elaboración de la fase	570	0	570	36,13%	0,00%
	Total horas/semana:	1170	15	1185	74,17%	0,95%
F1-CO5	Empleo de equipo informático y material de referencia.	52,5	0	52,5	3,33%	0,00%
	Espacios de reunión	40	0	40	2,54%	0,00%
	Total recursos:	92,5	0	92,5	5,86%	0,00%
F1-CO6	Capacitación-Fase	300	0	300	19,02%	0,00%
	Total:	1562,5	15	1577,5	99,05%	0,95%

Tabla 1. Costes de la calidad (COC+CONC) de la fase 1 de la MDP-UPC para el proyecto 1

La figura 2 muestra el comportamiento de los costes de la calidad (COC+CONC) para los cinco proyectos por cada fase. De manera general, se pudo observar un comportamiento de relativa uniformidad en los cinco proyectos, durante las diferentes fases del diseño; mostrando una consistencia interna entre los datos obtenidos, derivándose en validez y fiabilidad del estudio de caso (Yin, 1994). Desde las primeras fases, se presentó una coherencia lógica de los datos, de acuerdo a la naturaleza propia de la MDP-UPC, con ciertas excepciones, hasta la finalización del diseño de los proyectos. Tomando en cuenta los costes promedio para los 5 proyectos (tabla 2), en la figura 3, se puede observar el coste de la calidad promedio correspondiente para cada fase, destacando la tendencia de decremento de los mismos a lo largo del proceso; ya que se obtuvo una de la línea de tendencia, con una pendiente negativa.

COC y CONC del proceso de diseño por fases											
Proceso: Diseño básico del Proyecto1, 2, 3, 4 y 5											
Responsable del proceso: Jefe de proyectos						Periodo: 22/09/2008 - 10/12/ 2008					
Proyecto-1						Proyecto-2					
Clave	Fases	COC(€)	CONC(€)	Total (T)	COC/T	CONC/T	COC(€)	CONC(€)	Total(T)	COC/T	CONC/T
F1	Fase 1	1562,5	15	1577,5	99,05%	0,95%	1795	75	1870	95,99%	4,01%
F2	Fase 2	3357,5	142,5	3500	95,93%	4,07%	2067,5	67,5	2135	96,84%	3,16%
F3	Fase 3	962,5	15	977,5	98,47%	1,53%	1517,5	202,5	1720	88,23%	11,77%
F4	Fase 4	1982,5	58	2040,5	97,16%	2,84%	2005	299,8	2304,8	86,99%	13,01%
F5	Fase 5	920	45	965	95,34%	4,66%	1070	125	1195	89,54%	10,46%
F6	Fase 6	1415	11,25	1426,25	99,21%	0,79%	1477,5	90	1567,5	94,26%	5,74%
F7	Fase 7	1890	63	1953	96,77%	3,23%	1580	112,5	1692,5	93,35%	6,65%
F8	Fase 8	1620	120	1740	93,10%	6,90%	2267,5	135	2402,5	94,38%	5,62%
F9	Fase 9	1120	11,25	1131,25	99,01%	0,99%	567,5	45	612,5	92,65%	7,35%
To	Total:	14830	481	15311	96,86%	3,14%	14347,5	1152,3	15499,8	92,57%	7,43%

Proyecto-3							Proyecto-4				
Clave	Fases	COC(€)	CONC(€)	Total (T)	COC/T	CONC/T	COC(€)	CONC(€)	Total(T)	COC/T	CONC/T
F1	Fase 1	1457,5	939	2396,5	60,82%	39,18%	1810	210	2020	89,60%	10,40%
F2	Fase 2	2917,5	682,5	3600	81,04%	18,96%	2345	97,5	2442,5	96,01%	3,99%
F3	Fase 3	890	45	935	95,19%	4,81%	1510	22,5	1532,5	98,53%	1,47%
F4	Fase 4	3070	1129,8	4199,8	73,10%	26,90%	1240	40	1280	96,88%	3,13%
F5	Fase 5	965	45	1010	95,54%	4,46%	1060	60	1120	94,64%	5,36%
F6	Fase 6	1250	22,5	1272,5	98,23%	1,77%	450	11,25	461,25	97,56%	2,44%
F7	Fase 7	1042,5	37,5	1080	96,53%	3,47%	1000	40	1040	96,15%	3,85%
F8	Fase 8	2075	22,5	2097,5	98,93%	1,07%	855	45	900	95,00%	5,00%
F9	Fase 9	625	7,65	632,65	98,79%	1,21%	340	15	355	95,77%	4,23%
To	Total:	14292,5	2931,45	17223,95	82,98%	17,02%	10610	541,25	11151,25	95,15%	4,85%
Proyecto-5							Costes Promedio para los 5 proyectos				
Clave	Fases	COC(€)	CONC(€)	Total (T)	COC/T	CONC/T	COC(€)	CONC(€)	Total(T)	COC/T	CONC/T
F1	Fase 1	1687,5	1278,8	2966,3	56,89%	43,11%	1662,50	503,56	2166,06	80,47%	19,53%
F2	Fase 2	2240	868	3108	72,07%	27,93%	2585,50	371,60	2957,10	88,38%	11,62%
F3	Fase 3	1552,5	422,5	1975	78,61%	21,39%	1286,50	141,50	1428,00	91,80%	8,20%
F4	Fase 4	2315	168	2483	93,23%	6,77%	2122,50	339,12	2461,62	89,47%	10,53%
F5	Fase 5	1810	45	1855	97,57%	2,43%	1165,00	64,00	1229,00	94,53%	5,47%
F6	Fase 6	1560	101,25	1661,25	93,91%	6,09%	1230,50	47,25	1277,75	96,63%	3,37%
F7	Fase 7	1070	37,5	1107,5	96,61%	3,39%	1316,50	58,10	1374,60	95,88%	4,12%
F8	Fase 8	2712,5	15,75	2728,25	99,42%	0,58%	1906,00	67,65	1973,65	96,17%	3,83%
F9	Fase 9	985	22,5	1007,5	97,77%	2,23%	727,50	20,28	747,78	96,80%	3,20%
To	Total:	15932,5	2959,3	18891,8	84,34%	15,66%	14002,5	1613,06	15615,56	90,46%	9,54%

Tabla 2. Costes de la calidad recopilados por fase y proyecto.

Es de importancia resaltar algunas conclusiones en relación a los CONC de manera particular, ya que representan el coste de ineficiencia dentro del proceso concreto (fallos asociados al proceso por no haber obtenido el estándar establecido: coste de materiales, recursos y tiempo desperdiciados). Los proyectos presentaron uniformidad en el porcentaje del CONC con respecto al coste total de la fase (CONC/Total), a excepción del proyecto 3 que inicio con una cantidad considerable de retrabajos, recuperándose, pero de nuevo mostró cierta inestabilidad hasta una nueva y final estabilización durante las últimas fases de diseño (figura 4). Esto permitió observar que en los trabajos de las primeras fases de diseño, se cuantificaron porcentajes de CONC elevados, propiciados por factores tales como la dificultad propia de la metodología del diseño (transformar las necesidades o problemática en requisitos técnicos y proponer el sistema solución), la experiencia de los proyectistas, entre otros. Sin embargo, el análisis y retroalimentación para la mejora de los trabajos, permitió una posterior disminución y estabilización a partir de la fase 5 de la MDP-UPC de dichos costes.

Las figuras 5, permite observar la relación de los COC y CONC finales para cada uno de los proyectos, de manera absoluta y porcentual. El proyecto 5 resulto con el mayor coste (COC+CONC= 18891,8 €) y el proyecto 3 con el máximo CONC/Total (17,02%); por otra parte, el proyecto 4 resulto con el mínimo coste (COC+CONC= 11151,25 €) y el proyecto 3 con el mínimo CONC/Total (3,14%).

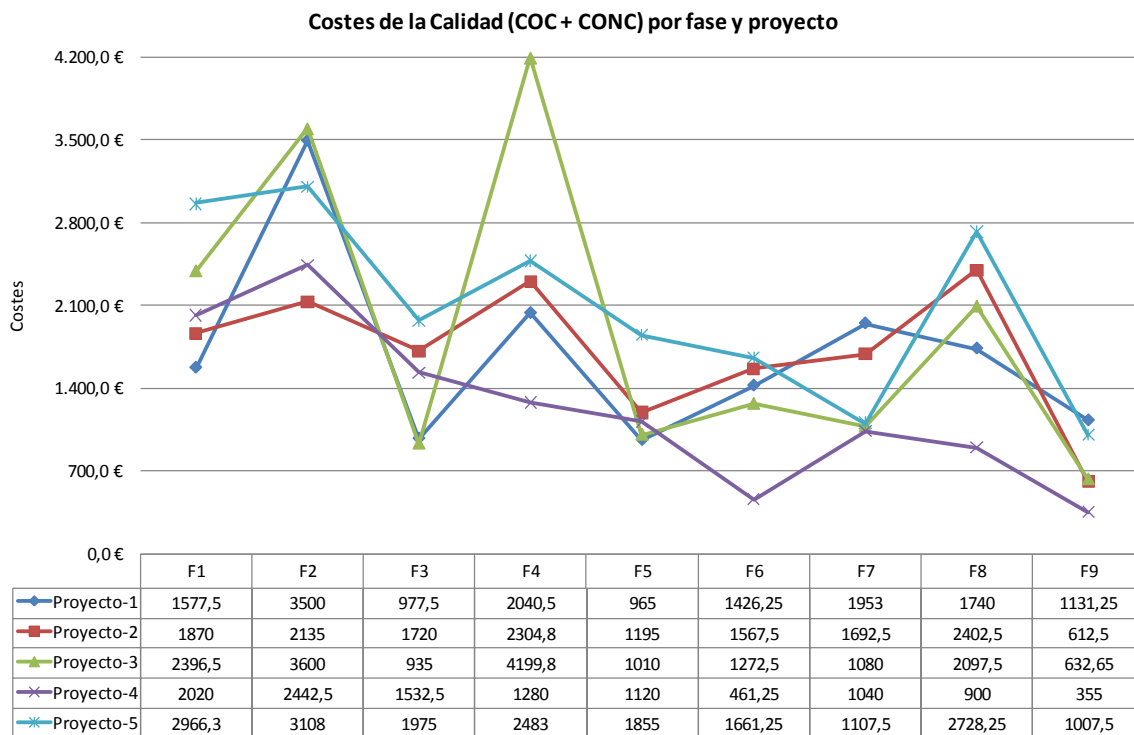


Figura 2. Costes de la Calidad de los cinco proyectos por fase.

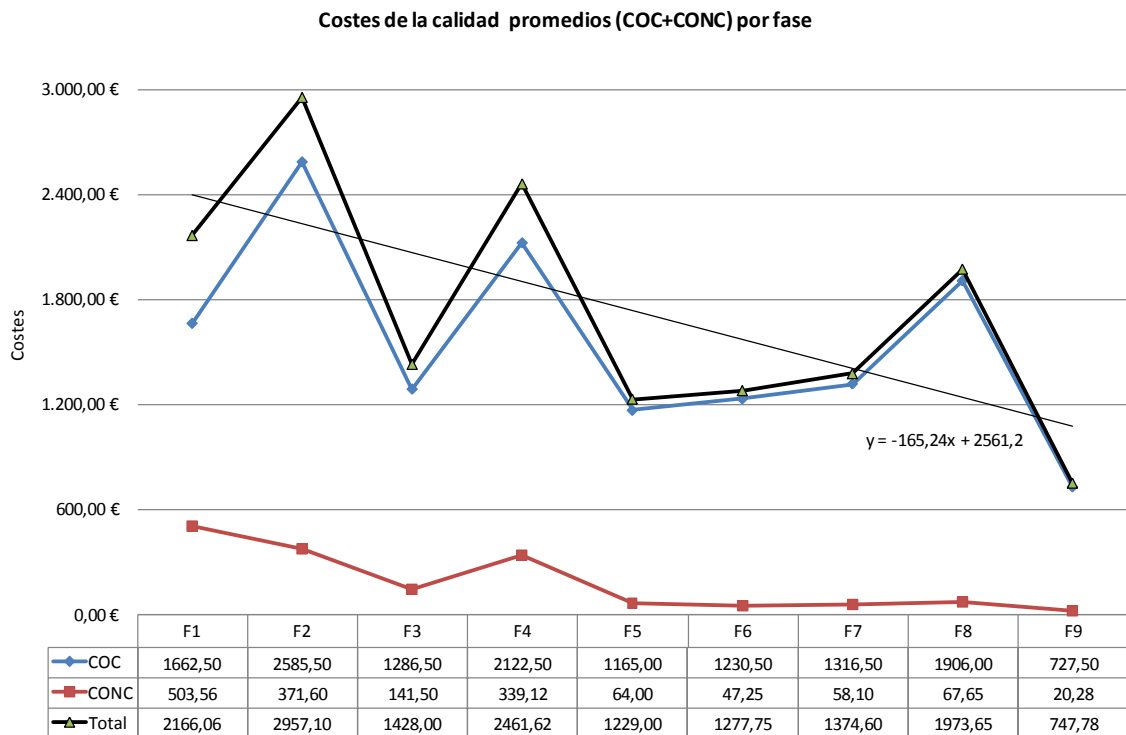


Figura 3. Tendencia de los Costes de la calidad (COC+CONC) promedio por fase.

Un aspecto fundamental de la metodología CCDPC, es la adopción de un formato uniforme para el reporte total de los costes de la calidad del diseño; dicho reporte debería contener una lista completa de los elementos de los COC y los CONC para las actividades, especificando si se usan costes reales o estimados y los medios de cálculo para cada

elemento de coste. La tabla 3 muestra este reporte de costes para el proyecto 1, con una lista completa de los elementos de los COC y de los CONC obtenidos. Es necesario incluir en el reporte, el responsable del proceso de cada actividad clave (BSI, 1992; Aoieong et al., 2002).

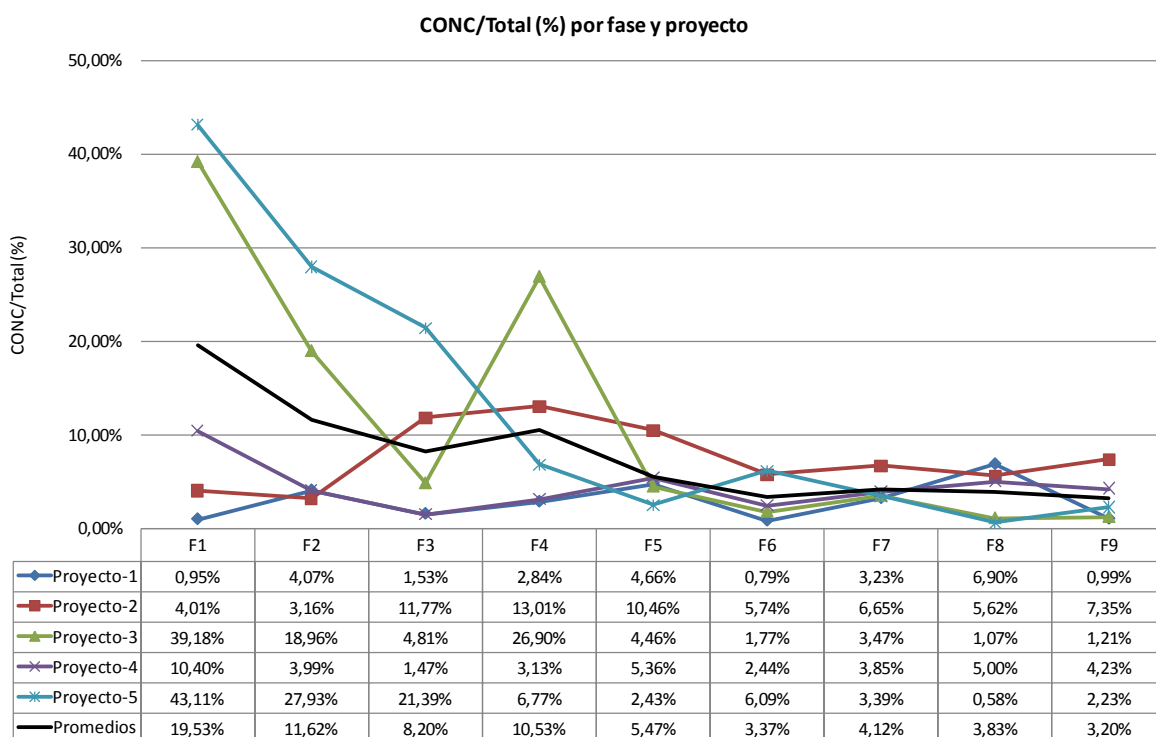


Figura 4. CONC/Total por fase de los cinco proyectos.

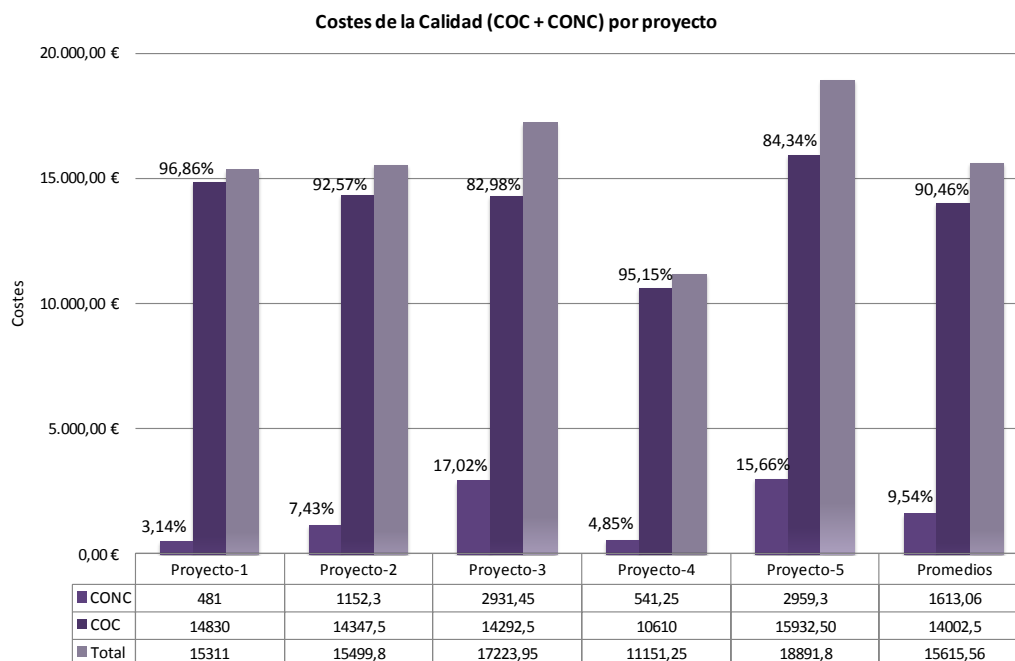


Figura 5. COC y CONC finales para cada proyecto.

3.2. Discusión de resultados.

El mayor elemento de coste relacionado a los procesos de las fases para los COC, es el salario. De esta manera, la conformidad con los datos adquiridos para la estimación de los

COC, puede ser considerada completa y exacta. Así, la información requerida para la estimación de los COC, fue las horas/hombre para las actividades claves de dichos procesos. El proceso de diseño es una actividad de retroalimentación, que involucra actividades de prueba y error; ya que en la medida que se avanza con el desarrollo de las fases, se vuelve a las fases anteriores para mejorar, corregir o complementar información. De esta manera, fue necesario que durante la recopilación de los datos de CNOC, se diferenciara de manera precisa, que tipo de retrabajo no era un CNOC, sino una actividad de retroalimentación cíclica propia de la metodología; así como que tipo de retrabajo o fallos, si era un CNOC.

Reporte de costes totales del proceso de diseño- Proyecto 1											
Proceso: Diseño básico del Proyecto 1 / Estacionamiento regulado											
Responsable del proceso					Periodo: 22/09/2008 - 10/12/ 2008						
Procesos de conformidad	COC			Responsable	Procesos de no conformidad	CONC			Responsable		
	R	E	(€)			R	E	(€)			
Reuniones: Equipo de proyectistas	*		12315	Jefe de equipo de proyectos	Reuniones: Retrasos. Errores debidos a información incorrecta. Cambios iniciados por el cliente. Corrección de fallos del diseñador. Etc.	*		415	Jefe de equipo de proyectos		
Evaluación y prevención: Equipo de proyectistas	*		1425	Jefe de equipo de proyectos	Evaluación y prevención. Errores y retrasos por re-evaluaciones.	*		30	Jefe de equipo de proyectos		
Otros: Equipo y material de referencia. Espacios de reunión.	*		1090	Jefe de equipo de proyectos	Otros: Retrasos por equipo no funcional	*		36	Jefe de equipo de proyectos		
Total COC:			14830	96,86%	Total CONC:			481	3,14%		
Total costes de la calidad:			15311								

COC (€) / Proyecto-1

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Proyecto-1	1562,5	3357,5	962,5	1982,5	920	1415	1890	1620	1120

CONC (€) / Proyecto-1

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Proyecto-1	15	142,5	15	58	45	11,25	63	120	11,25

Costes de la Calidad (COC + CONC) / Proyecto-1

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Proyecto-1	1577,5	3500	977,5	2040,5	965	1426,25	1953	1740	1131,25

Elaborado por:	Firma:
Aprobado por:	R=Real E=Estimado

Tabla 3. Reporte del coste del proceso de diseño para el proyecto 1

Es necesario destacar, la influencia que tienen diversos factores en los casos de estudio sobre los costes de la calidad recopilados, tales como la experiencia del equipo de proyectistas y la dificultad técnica que pueda representar por su naturaleza cada proyecto. Estos factores, influirían en los costes estimados para cada fase del diseño, de una u otra manera. Sin embargo, esta primera aproximación de aplicación de la propuesta CCDPC, permite estimar las consecuencias financieras de una mala calidad, ya que la disminución de los CNOC representa un incremento directo en la utilidad de la empresa. Enfatizando que el objetivo principal del control sistematizado de los costes de la calidad, es crear una herramienta de mejora continua en los procesos iniciales del proyecto.

4. Conclusiones

Los sistemas de costes de la calidad desarrollados para proyectos de construcción se aplican a partir de la fase de ejecución del proyecto; el diseño se considera solamente como una causa de fallo. Actualmente, se pueden destacar la falta de un enfoque sistemático en los procesos del diseño, que permita controlar los costes de la calidad de manera eficientemente y de esta manera, gestionar la mejora continua.

La aplicación de un modelo de costes de la calidad en el diseño de proyectos de construcción, proporcionaría una herramienta para la solución de problemas actuales en el diseño de proyectos, tal como se ha planteado en este trabajo. De esta manera, con la metodológica CCDPC se busca establecer referencias en el tratamiento de los costes de la calidad en el diseño de proyectos de construcción, bajo un enfoque sistemático y analítico. Los casos de estudio planteados fueron desarrollados con criterios de validez y fiabilidad, permitiendo estimar el CNOC con respecto a los coste total del diseño para cada uno de los cinco proyectos, en el orden de 3,14%; 7,43%; 17,02%; 4,85% y 15,66% (promedio igual a 9.54%), respectivamente. Estos porcentajes fueron el resultado de un proceso de mejora continua, cuyo objetivo era la disminución progresiva de los mismos; lo cual, se atribuye a las acciones específicas de mejora hechas en cada fase para cada equipo de trabajo, a través del reconocimiento exacto de las actividades de no conformidad y sus causas.

Estos CNOC, generalmente se encuentran incluidos dentro del coste total del proceso, sin identificar. Dichos valores permiten cuantificar el impacto de la no calidad en el diseño de proyectos y cuya repercusión económica en las etapas posteriores del mismo sería mayor. Se considera necesario el desarrollo de futuras aplicaciones de la metodología CCDPC propuesta en este trabajo. Un sistema de control de costes de la calidad, debería ir acompañado de un proceso de mejora eficaz que reduzca los errores que se están cometiendo tanto en las áreas administrativas como en las de producción. Con este trabajo se busca mostrar un panorama amplio y actual de la aplicación de los modelos de costes de la calidad y establecer sus limitaciones. Los autores de este trabajo, consideran necesarias, la investigación y desarrollo de herramientas y técnicas de gestión de la calidad para la industria de la construcción.

Agradecimientos

El presente trabajo, se ha realizado con el apoyo del Comisionado para Universidades e Investigación del Departamento de Innovación, Universidades y Empresa de la Generalitat de Catalunya y del Fondo Social Europeo.

Referencias

Ahmed, S. M., Aoieong, R. T., Tang, S. L. y Zheng, D. X.M.: "A comparison of quality management systems in the construction industries of Hong Kong and the USA".

International Journal of Quality and Reliability Management, Vol. 22, nº 2 (2005), pp 149-161.

Aoieong R, Tang S L y Ahmed S. "A process approach in measuring quality costs of construction projects: model development". *Construction Management and Economics*. 2002 Vol. 20-2 p. 179-192.

BSI. *Guide to the Economics of Quality: Process Cost Model, BS 6143: Part 1*. London: British Standards Institution, London, 2002.

Dzul-López L, Gracia-Villar S. "Los costes de la calidad en el diseño de proyectos de construcción: un enfoque de procesos". *DYNA Ingeniería e Industria*. Abril 2008a. Vol. 83-1, p. 411-422.

Dzul-López L, Gracia-Villar S. "Análisis de los sistemas de gestión de los costes de la calidad en la industria de la construcción". *Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY*. Diciembre 2008b. Vol. 12-3, p. 53-61.

Dzul-López L, Gracia-Villar S. "Contexto actual de los sistemas de costes de la calidad desarrollados y aplicados a proyectos de construcción: la necesidad de medición de la calidad en el diseño". *Revista Informes de la Construcción*. 2009, Abril-junio 2009. Vol. 61-514, p. 41-50.

Dzul-López L, Gracia-Villar S, González-Benítez M, García-Carrillo, A. "Propuesta metodológica para la medición y seguimiento de los costes de la calidad en el diseño de proyectos". *Afinidad*. 2009, Vol. 66-540. *In press*

Gracia-Villar S, Dzul-López L. "Modelo PEF de costes de la calidad como herramienta de gestión en empresas constructoras: una visión actual". *Revista Ingeniería de Construcción*. Abril 2007, Vol. 22-1, p. 43-56.

Idescat. *Coste laboral por hora efectiva. Industria* [En línea]. Instituto de Estadística de Cataluña [ref. 21 de Marzo de 2009]. Disponible en Web: <<http://www.idescat.cat/treball/etcl?tc=4&id=cc9154&lang=es>>.

Low S. y Yeo H. "A construction quality costs quantifying system for the building industry". *International Journal of Quality and Reliability Management*. 1998, vol. 15-3, p. 329-349.

Yin R. *Case Study Research/ Design and Methods, Applied Social Research Methods*. 2nd ed., Vol. 5 Newbury Park, CA: Sage, 1994.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Luis Alonso Dzul López.
Investigador en el Departamento de Proyectos de Ingeniería
E.T.S.E.I.B., Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)
Av. Diagonal, 647, planta 10, C.P. 08028
Barcelona, España.
Tel: (+34) 93 4017167
Fax: (+34) 93 334 0255.
E-Mail: luis.alonso.dzul@upc.edu