
Propuesta metodológica para la medición y seguimiento de los costes de la calidad en el diseño de proyectos

Luis Alonso Dzul López^{ab*}, Santos Gracia Villar^{ab}, Margarita González

Benítez^a, Agueda García-Carrillo^a, Federico Fernández Diez^a

^a Departament de Projectes d'Enginyeria, Universitat Politècnica de Catalunya, Av. Diagonal, 647, planta 10, C.P. 08028 Barcelona, España. ^b Fundación Universitaria Iberoamericana, Paseo García Faria, 29, CP 08005, Barcelona, España.

Methodological proposal for measuring and tracking quality costs in design of projects

Proposta metodològica per mesurar i fer el seguiment dels costos de la qualitat en el disseny de projectes

Recibido: 13 de junio de 2008; aceptado: 2 de octubre de 2008

RESUMEN

Los cimientos de la industria química son la inversión en proyectos de desarrollo, investigación e innovación. Es necesario el desarrollo de herramientas que permitan gestionar la calidad en las fases de diseño de dichos proyectos. Los modelos planteados hasta el momento, para dar seguimiento a los costes de la calidad en proyectos, no toman en cuenta los costes de la calidad en los procesos de diseño. Este trabajo describe los componentes metodológicos para el seguimiento y control de los costes de la calidad en el diseño de proyectos (CCDP), basado en la Metodología de Diseño de Proyectos de la Universidad Politécnica de Cataluña (MDP-UPC) y en el modelo de costes de la calidad por procesos (PCM). La aplicación de un modelo de costes de la calidad en el diseño de proyectos es una alternativa para gestionar la mejora continua desde las fases iniciales, en un contexto donde el número de publicaciones sobre este tema es limitado en la industria química.

Palabras clave: *Calidad, Costes de la Calidad, Procesos, Diseño, Proyectos.*

SUMMARY

The foundations of the chemical industry are the investment in development, investigation and innovation projects. It is considered necessary the development of research that would allow the quality management in the processes design. The approaches developed and applied in projects do not take into account the failures and quality management costs within the processes of design. This paper describes the methodological components for measuring and tracking quality costs in design of projects (CCDP), based on the Process Cost Model (PCM) and on the Projects Design Methodology of the Technical University of Catalonia (MDP-UPC). The application of a quality cost model in the project design it is an alternative to manage continual improvement from the beginning of the

project in a context where the number of publications on quality costs is limited in chemical industry.

Keywords: *Quality, Quality costs, Processes, Design, Projects.*

RESUM

La indústria química es cimenta sobre la inversió en projectes de desenvolupament, d'investigació i d'innovació. És necessari el desenvolupament d'eines que permetin gestionar la qualitat en les fases de disseny d'aquests projectes. Els models plantejats fins ara, per a donar seguiment als costos de la qualitat en projectes, no tenen en compte els costos de la qualitat en els processos de disseny. En aquest treball es descriuen els components metodològics per al seguiment i control dels costos de la qualitat en el disseny de projectes (CCDP), basat en la Metodologia de Disseny de projectes de la Universitat Politècnica de Catalunya (MDP-UPC) i en el model de costos de la qualitat per processos (PCM). L'aplicació d'un model de costos de la qualitat en el disseny de projectes és una alternativa per gestionar la millora contínua des de les fases inicials, en un context en el que el nombre de publicacions sobre aquest tema és bastant limitat dins de la indústria química.

Paraules clau: *Qualitat, Costos de la Qualitat, Processos, Disseny, Projectes.*

1. INTRODUCCIÓN

El sector químico se encuentra a la cabeza de la industria española, contribuyendo al desarrollo de los sistemas macro-económicos. Cataluña aglutina casi la mitad de la actividad química española (46%) y, junto a Madrid, Valencia y Andalucía, generan tres cuartas partes de la producción nacional (FEIQUE, 2008a). El valor de la producción

*Tel: (+34) 93 4017167

e-mail: luis.alonso.dzul@upc.edu

del sector químico en España se elevó en 2006 a 38.110 millones de euros; su volumen de negocio se elevó en el mismo año, a 46.885 millones de euros. Estas cifras sitúan al sector como uno de los mayores creadores de riqueza, generando el 10% del Producto Industrial Bruto Español (FEIQUE, 2008a; FEIQUE, 2008b).

En España esta industria genera un importante volumen de proyectos e inversiones; así, en 2005 el sector químico destinó un 4,5% del valor de su producción a inversiones productivas, esta inversión se situó en 1.600 millones de euros; con esta cifra, el sector lidera la inversión española en esta área, asumiendo el 25% de la inversión total de la industria y empleando al 20% de los investigadores (FEIQUE, 2008a). El liderazgo en este tipo de proyectos de inversión, supone una aportación fundamental tanto para su sostenibilidad como para la contribución futura al bienestar social.

La industria química de la Unión Europea, se encuentra en una posición superior, pero ha perdido el primer lugar en el ranking (CEFIC, 2008a), superado por los países de Asia (incluyendo China y Japón). De acuerdo al *European Chemical Industry Council* (EIC) existirá una inevitable disminución en la producción de la industria química de la Unión europea hacia el año 2015 (CEFIC, 2008b). Se considera que esta disminución relativa estará entre un 16% a un 23%. Según el EIC, el resultado dependerá de una serie de factores principales que afecten la competitividad en la industria.

Ante esto, la calidad ha llegado a ser una forma de ver dicha competitividad, como medio para permitir que las empresas permanezcan en el mercado. A pesar de que existen diversos enfoques para la gestión de la calidad, la norma ISO 9000 se considera el sistema de gestión de la calidad más aceptado en diversas industrias alrededor del mundo (Tang et al., 2005). Un conocimiento adecuado y detallado de los **costes de la calidad** proporciona una herramienta de vital importancia en un proceso de mejora continua y debería ser parte de cualquier programa de gestión de calidad (Dzul et al., 2008a; Dzul y Gracia, 2008b; Gracia y Dzul, 2007a; Dzul y Gracia, 2007b).

De esta manera, se considera necesaria la medición y evaluación de dichos sistemas de calidad; el seguimiento y control de los costes de la calidad se considera como la principal herramienta para hacerlo (Juran y Gryna, 1996); sobre todo para gestionar la mejora continua desde las fases iniciales (diseño) en los proyectos de desarrollo, investigación e innovación. Generalmente, no existe un plan definido de aseguramiento de la calidad en el diseño de proyectos, así como no se cuenta con una metodología que permita conducir de manera sistemática los procesos de diseño del proyecto, sobre todo en la fase del diseño básico (Ezeldin y Abu-Ghazala, 2007; Wang et al., 2007; Chuang y Tsai, 2005). Este trabajo tiene como objetivo proponer una metodología, que permita el seguimiento y control de los Costes de la Calidad en el Diseño de Proyectos (CCDP); en base a la Metodología de Diseño de Proyectos de la Universidad Politécnica de Cataluña (MDP-UPC); con un enfoque de procesos delimitado por el Modelo de Costes de la Calidad por Procesos (PCM).

La metodología se basó en un estudio del estado del arte en el campo, identificando los problemas presentes en las soluciones propuestas por otros autores y estableciendo los requisitos de la investigación. La siguiente etapa se centró en la propuesta de la gestión de los costes de la calidad en el diseño de proyectos, una vez que se estable-

cieron las limitaciones existentes. Se realizó una revisión exhaustiva de la MDP-UPC y del modelo PCM, para posteriormente, determinar los componentes de la propuesta metodológica CCDP, en base a las conclusiones obtenidas con anterioridad.

2. SISTEMAS DE COSTES DE LA CALIDAD EN LA INDUSTRIA QUÍMICA.

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 o el diseño no cumplieron las especificaciones o las expectativas del cliente. El modelo tradicional PEF (prevención, evaluación y fallos) de costes de la calidad, ha sido el modelo genérico más empleado en sistemas desarrollados para controlar dichos costes (Schiffauerova, 2006). Los casos documentados sobre costes de la calidad corresponden a ciertos sectores industriales solamente (telecomunicaciones, tecnología de la informática, electrónica, software, servicios financieros, industria del acero e incluso el sector aeroespacial) resaltando la falta de datos sobre industrias importantes en la economía, tal es el caso de la industria química (Dzul et al., 2008a).

3. METODOLOGÍA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LOS COSTES DE LA CALIDAD EN EL DISEÑO DE PROYECTOS.

3.1. Antecedentes de la metodología propuesta

García-Carrillo et al. (2006, 2007) describieron una metodología de enseñanza-aprendizaje cooperativa basada en la resolución de problemas-proyectos con soporte de entornos virtuales para el diseño de proyectos en titulaciones de ingeniería superior. Esta metodología se ha utilizado en diversos países, en la formación en proyectos de profesionales, así como a nivel profesional (Gracia et al., 2006). Dzul y Gracia (2008b) plantearon la necesidad de la medir la calidad en el diseño del proyecto bajo un enfoque metodológico, con el objetivo de proporcionar herramientas de gestión que permitan potenciar recursos; de igual manera, analizaron los sistemas de gestión de costes de la calidad desarrollados hasta ese momento; dicho trabajo reveló que no existían estudios sobre aplicaciones metodológicas de costes de la calidad en el diseño de proyectos, ya que se hacía referencia a los procesos de diseño, principalmente como causa o generadores de fallos solamente (Chuang y Tsai, 2005).

En este trabajo, se proponen las bases teóricas para conformar la metodología CCDP; la primera es el modelo de costes de la calidad por procesos PCM como la mejor alternativa para la industria, ya que este modelo está en línea con los conceptos de mejora continua bajo un enfoque de procesos de la norma ISO 9000:2000, con el objetivo último de aproximarse al concepto TQM (*Total Quality Management*).

El modelo PCM ha sido desarrollado por la *British Standards Institution* en su norma BS 6143 Parte 1 (BSI, 1992). El modelo PCM, 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. Basándose en las actividades identificadas, es necesario definir las entradas, salidas, controles y recursos apropiados para cada proceso (figura 1). Los costes de la calidad serían la suma de los COC y los CONC. El objetivo básico de este modelo es disponer de una política de mejora continua de la calidad en los procesos clave de la organización, localizando las áreas de la organización para las innovaciones.

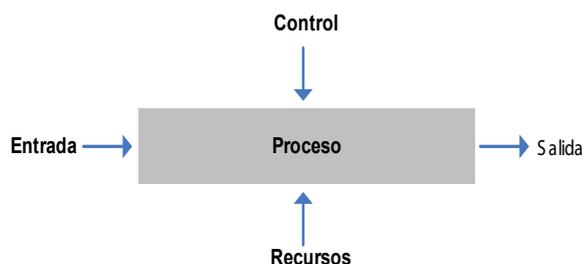


Figura 1. Modelo de proceso básico del PCM.

El otro elemento propuesto para desarrollar la metodología CCDP, es la MDP-UPC, enfoque sistemático de diseño básico de proyectos, sobre la cual se aplicará 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 (García-Carrillo et al., 2006). El impulsor de esta metodología orientada a la docencia de proyectos fue Jaume Blasco quien, a través de un esfuerzo conceptual, integró elementos de diversas ciencias dentro de una exposición coherente con la elaboración de proyectos (Blasco et al., 2002; García et al., 2007). La metodología se basa en desarrollar 9 fases (ejercicios-procesos), estructuradas como una serie de aspectos específicos, que deben ser resueltos por los proyectistas que diseñan el proyecto. Las ocho primeras fases corresponden a la resolución de determinados aspectos que permiten precisar el conflicto y plantear alternativas de solución compatibles con las restricciones; la fase restante es una presentación visual de la solución concreta que se propone (figura 2).

Una de las cualidades de esta metodología es que es adecuada al diseño de todo tipo de proyectos y aplicable a casos concretos, combinando de forma innovadora una base teórica con un trabajo colaborativo estructurado de tal modo que permite asimilar los conceptos teóricos y una plataforma de trabajo consistente en un entorno virtual que permite tanto el trabajo a distancia como guardar registros de la fase creativa del proyecto (Gracia et al., 2002). El entorno virtual se aporta mediante el programa BSCW (Basic Support for Cooperative Working).

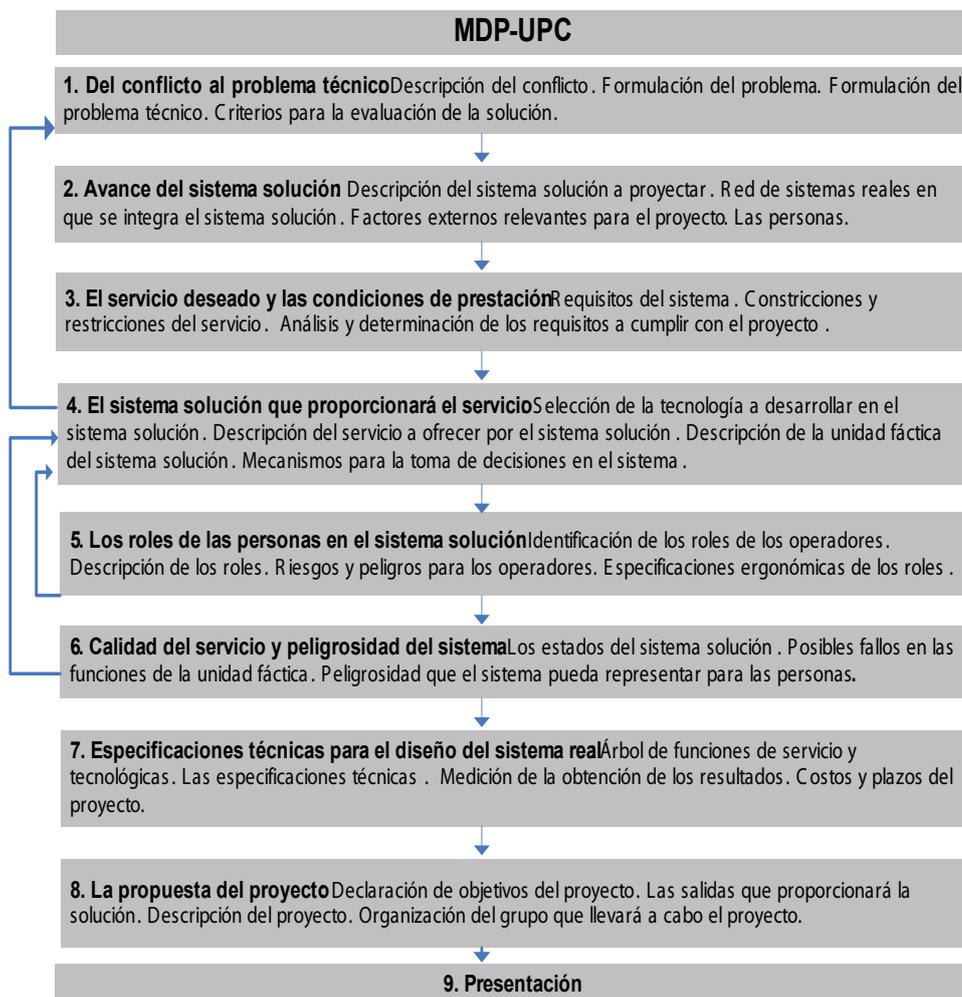


Figura 2. Fases-procesos de la MDP-UPC

Del conflicto al problema técnico

1. Descripción del conflicto

- 1.1 La situación actual.
- 1.2 La situación ideal
- 1.3 Lugar.
- 1.4 Momento.
- 1.5 Personas que quedarían afectadas por la supresión del conflicto.
- 1.6 Conflicto resumido.

2. Formulación del problema

- 2.1 Enunciado del problema a resolver.
- 2.2 Condiciones de una posible solución.
- 2.3 Constricciones y restricciones a tener presentes en la resolución y en la solución.
- 2.4 Tecnologías existentes de posible utilización.

3. Formulación del problema técnico

- 3.1 Enunciado del problema en lenguaje técnico.
- 3.2 Variables y parámetros relevantes del problema técnico.
- 3.3 Objetivo del proyecto, en función del problema técnico.
- 3.4 Finalidad del proyecto, en función del conflicto

4. Establecimiento de los criterios para la evaluación de la solución

- 4.1 Criterios técnicos con los que se evaluará la solución al problema técnico.
- 4.2 Criterios con los que se evaluará el éxito en la superación del conflicto.

Figura 3. Diagrama de flujo del proceso del conflicto al problema técnico (fase 1) de la MDP-UPC.

4.2. Metodología propuesta: CCDP.

Para desarrollar la metodología CCDP, es necesario identificar los procesos sobre los cuales se aplicará el modelo PCM. En este caso, una vez identificadas cada una de las 9 fases de la metodología de diseño, deberán definirse sus límites correctamente, de manera que todas las actividades claves sean incluidas. De esta manera, sería necesario el diagrama de flujo de cada una de las fases de la MDP-UPC, que facilitará la identificación de todas las actividades claves y propietarios del proceso dentro de los límites del mismo. Debido a la extensión de la metodología, en este artículo solamente se desarrollará la primera fase de la MDP-UPC, del conflicto al problema técnico (figura 3). Tomando en cuenta el diagrama de flujo del proceso, es necesario definir las entradas, salidas, controles y recursos pertinentes para cada fase. Deben identificarse todas las salidas de cada proceso, así como sus conexiones con uno u otros procesos. Las entradas de un proceso también deben ser identificadas, tales como los materiales, datos, etc., así como los controles y recursos. Los resultados se pueden plantear, tal como se muestra en la tabla 1. De esta manera, a partir de los datos recopilados en la tabla 1, se podría establecer gráficamente el modelo PCM para esta fase, tal como se muestra en la figura 4. Otro aspecto fundamental de la metodología CCDP propuesta, es la determinación de los costes de la calidad para cada fase de la MDP-UPC, una vez que el modelo PCM ha sido aplicado. 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. Los costes de la calidad serían la suma de los COC y los CONC, tal como lo establece el modelo PCM; una aproximación hipotética para la fase 1 de la MDP-UPC, podría ser realizada en un formato tal como se muestra en la tabla 2. Una vez calculado el coste total de cada fase (COC+CONC) de la MDP-UPC, se podría presentar un reporte de los costes de la calidad del diseño (tabla 3). La figura 5, es un gráfico radial en el que se identifican las fases de la metodología y la relación entre los COC, los CONC y el total. Esta información es más amplia que sólo afirmar que el CONC representa el 10% del coste total del diseño, como cantidad absoluta, tal como se maneja en diversas publicaciones.

Nombre de la fase o proceso: Del conflicto al problema técnico (fase 1/MDP-UPC)	
Identificación de entradas y proveedores	
Entradas	Proveedores
Conflicto – problema. Información recolectada	Cliente Proyectista
Identificación de salidas y clientes	
Salidas	Clientes
Finalidad del proyecto en función del conflicto. Conflicto resumido. Redacción del problema técnico. Variables y parámetros relevantes del problema técnico. Afectación a las personas por la supresión del conflicto. Criterios para evaluar la solución al problema técnico y la superación del conflicto. Alternativas tecnológicas propuestas. Restricciones y constricciones planteadas. Objetivo del proyecto en función del problema técnico.	Proyectista
Identificación de controles, recursos /fuente	
Controles	Recursos y fuente
Constricciones legales, sociales, comerciales – Gobierno. Lineamientos y procedimientos estándar – Empresa/consultoría. Restricciones – Cliente/Entorno.	Proyectistas- Personal/Consultoría Espacios de oficina para reuniones – Servicios de sitio/Consultoría. Equipamiento (ordenadores con entorno BSCW) – Departamento informático-Consultoría.

Tabla 1. Entradas, salidas, controles y recursos para la fase 1 de la MDP-UPC

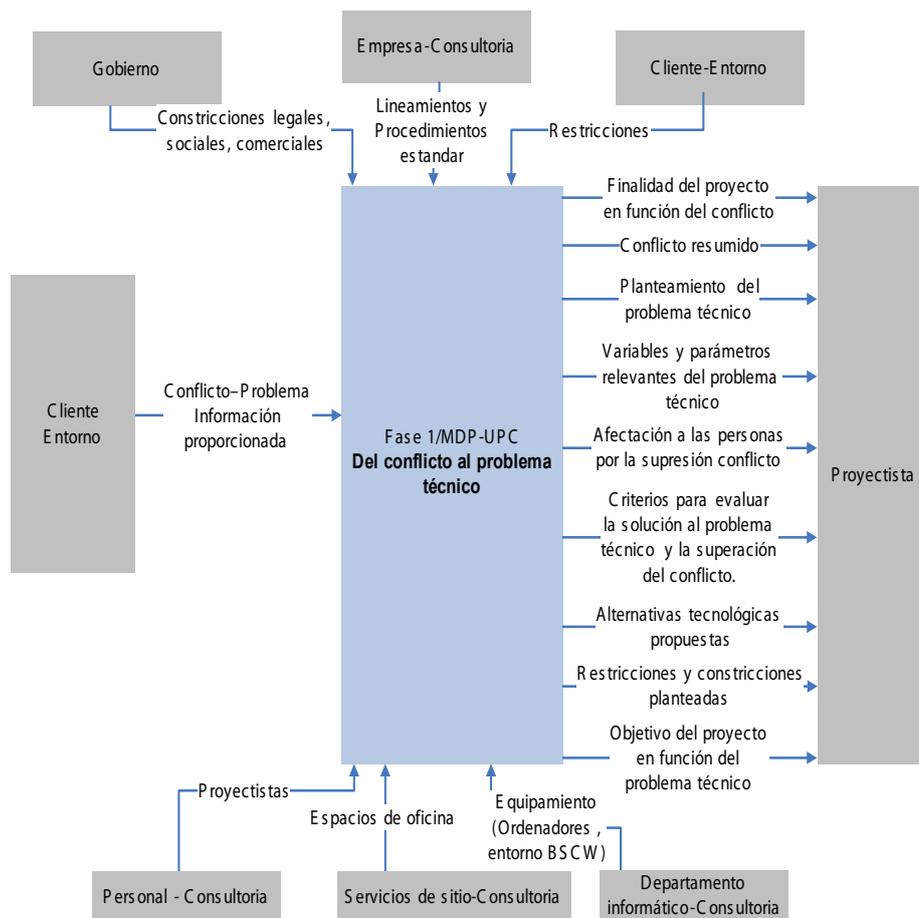


Figura 4. Modelo PCM del proceso del conflicto al problema técnico de la MDP-UPC.

Identificación de costes para actividades claves							
Código	Actividad clave	Costes del proceso del conflicto al problema técnico (obtención de la redacción del problema técnico)					
		Coste de conformidad			Coste de no conformidad		
		t(d)	€/d	T(€)	tr(d)	€/d	T(€)
Reuniones:							
1.V1.1	Reunión proyector-cliente-promotor						
	Ingeniero proyectista	1	80	80			
	Asistente proyectista	1	50	50	1	80	80
	sub-total			130			80
1.V1.2	Recopilación e investigación de información objetiva						
	Asistente proyectista	3	50	150	1	50	50
	sub-total			150			50
1.V1.3	Reunión equipo de proyectistas						
	Ingeniero proyectista A	2	80	160			
	Ingeniero proyectista B	2	80	160	1	80	80
	Asistente proyectista	2	50	160	1	50	50
	sub-total			480			130
Evaluación y prevención:							
1.V1.4	Evaluación de procesos						
	Ingeniero supervisor	0.5	80	40			
	sub-total			40			
1.V1.5	Capacitación-proyectista						
	Ingeniero proyectista	2	80	160			
	sub-total			160			
Otros:							
1.V1.5	Equipamiento y servicios						
	Espacio de reunión	3	20	60			
	Equipo y material de referencia	3	15	45			
	sub-total			105			
	Total			1065			210
t(d)= Tiempo en días, de utilización del concepto						€/d= Coste por día	
tr(d)= Tiempo en días, de reutilización del concepto						T(€) = Coste total	

Tabla 2. Costes para actividades claves de la fase (basado en Dzul y Gracia, 2008b; Ch- uang y Tsai, 2005; Love et al., 2000; Love et al., 1999)

Reporte de los COC y CONC del proceso de diseño por fase						
Proceso: Diseño básico del Proyecto XXX (fases de la MDP-UPC/)						
Propietario del proceso: Consultoría					Fecha: xx/yy/zz	
Fases	COC (€)	COC /Total (%)	CONC €	CONC/Total (%)	Total (€)	Total (%)
Fase-1	1065	83.53	210	16.47	1275	13.17
Fase -2	580	85.29	100	14.71	680	7.02
Fase -3	925	90.24	100	9.76	1025	10.59
Fase -4	1120	91.80	100	8.20	1220	12.60
Fase -5	875	94.59	50	5.41	925	9.56
Fase -6	875	94.59	50	5.41	925	9.56
Fase -7	1535	89.50	180	10.50	1715	17.72
Fase -8	1340	88.16	180	11.84	1520	15.70
Fase -9	370	93.67	25	6.33	395	4.08
Total Diseño	8685	90.00	995	10.00	9680	100.00
Elaborado por: xxx			Firma:			
Aprobado por: zzz			COC: Coste de conformidad CONC: Coste de no conformidad			

Tabla 3. Reporte del coste del proceso por fases (basado en Dzul y Gracia, 2008b; Ch-
uang y Tsai, 2005; Love et al., 2000; Love et al., 1999)

De igual manera, a partir de la tabla 3, se podría elaborar un gráfico que complementara la información recopilada, relacionando el porcentaje de CONC en cada fase (figura 6); de esta manera, se podría observar la tendencia de los CONC durante el proceso de diseño y poder tomar decisiones de mejora durante la realización, ya que en ocasiones, lo conveniente sería una disminución de los CONC, buscando una pendiente horizontal de tendencia de los mismos. Así como un excesivo COC puede sugerir la necesidad de un rediseño del proceso. La organización debería adoptar un formato uniforme para el reporte total de los costes del diseño; dicho reporte debería contener una lista completa de los elementos de los COC y los CONC, especificando si se usan costes reales o estimados y los medios de cálculo para cada elemento de coste. Una aproximación hipotética de un reporte del coste de las fases de la MDP-UPC, podría ser el que se muestra en la tabla 4; debiendo contener una lista completa de los elementos de los COC y de los CONC. Es

necesario incluir en el reporte, el propietario del proceso o responsable, de una particular actividad clave (Aoieong et al., 2002; BSI, 1992).

Un programa de actividades de mejora de la calidad debería ser planificado, en base a la información contenida en los reportes de costes de la calidad y establecer prioridades. El propietario del proceso debería considerar ciclos iterativos de mejora, empleando personas determinadas o equipos, para controlar los cambios de costes (BSI, 1992); es necesario que el propietario del proceso esté involucrado en el equipo de mejora (Aoieong et al., 2002). Considerando el balance inicial de los COC y CONC, se pueden tomar decisiones sobre si el diseño del proceso o la eliminación de rediseños, son las primeras prioridades. Mediante la comparación con periodos previos, pueden identificarse las áreas de mejora. Después de que se ha implementado la mejora, el balance puede cambiar y llevarnos hacia otro aspecto; este proceso puede continuar, al menos hasta que otras áreas del balance muestren más posibilidad de mejoras y ganancias. La figura 7 presenta un diagrama de flujo de la metodología CCDP propuesta, la implementación del PCM en cada uno de los procesos de diseño 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.

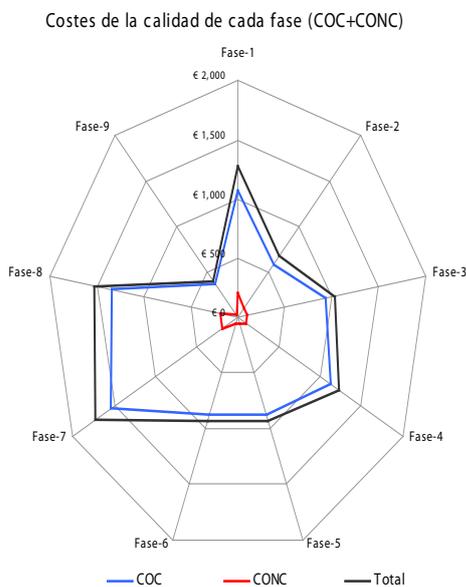


Figura 5. Costes de la calidad de cada fase (COC + CONC)

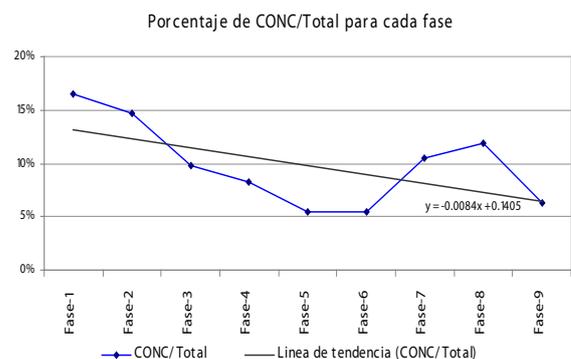


Figura 6. Porcentaje de CONC para fase, mostrando su línea de tendencia

Reporte de coste del proceso de diseño									
Proceso: Diseño básico del Proyecto XXX (Fases de de la MDP-UPC)									
Propietario del proceso: Consultoría								Fecha: xx/yy/zz	
Procesos de conformidad	Coste			Responsable	Procesos de no conformidad	Coste			Responsable
	R	E	€			R	E	€	
Reuniones - Ingeniero proyectista - Asistente proyectista	*		7875	Consultoría	Reuniones - Retrasos - Errores debidos a información incorrecta. - Cambios iniciados por el cliente - Corrección de fallos del diseñador.	*		785	Consultoría
Evaluación y prevención. - Ingeniero supervisor - Capacitador	*		860	Consultoría	Evaluación y prevención. - Errores y retrasos por re-evaluaciones -	*		250	Consultoría
Otros - Equipo y material de referencia. - Espacios de reunión	*		1815	Consultoría	Otros - Retrasos por equipo no funcional -		*	110	Consultoría
Total del coste de conformidad del proceso			10555		Total del coste de no conformidad del proceso			1145	
Elaborado por: xxx					Firma:				
Aprobado por: zzz					R=Real E=Estimado				

Tabla 4. Reporte del coste del proceso (basado en Dzul y Gracia, 2008b; Chuang y Tsai, 2005; Love et al., 2000; Love et al., 1999)

5. CONCLUSIONES

Existe interés profesional y académico en el desarrollo de sistemas de costes de la calidad, pudiéndose encontrar información teórica y práctica. De igual manera, se pueden encontrar datos publicados sobre el empleo de modelos de costes de la calidad, destacando la poca información en relación a la industria química. Generalmente, los sistemas de costes de la calidad desarrollados para proyectos, se aplican a partir de la fase de ejecución del proyecto; el diseño se considera solamente como una

causa de fallo. Actualmente, se puede destacar la falta de un enfoque sistemático en los procesos del diseño, que permita conducirlos de manera eficiente, sobre todo en la fase del diseño básico. De esta manera, este trabajo destaca la necesidad de una herramienta que permita medir la calidad en los procesos de diseño y por lo tanto, gestionar la mejora continua.

Es decir, la aplicación de un modelo de costes de la calidad en el diseño de proyectos, constituye un buen método para su identificación y medición, permitiendo tomar de decisiones para reducirlos. Los proyectos que aportan so-

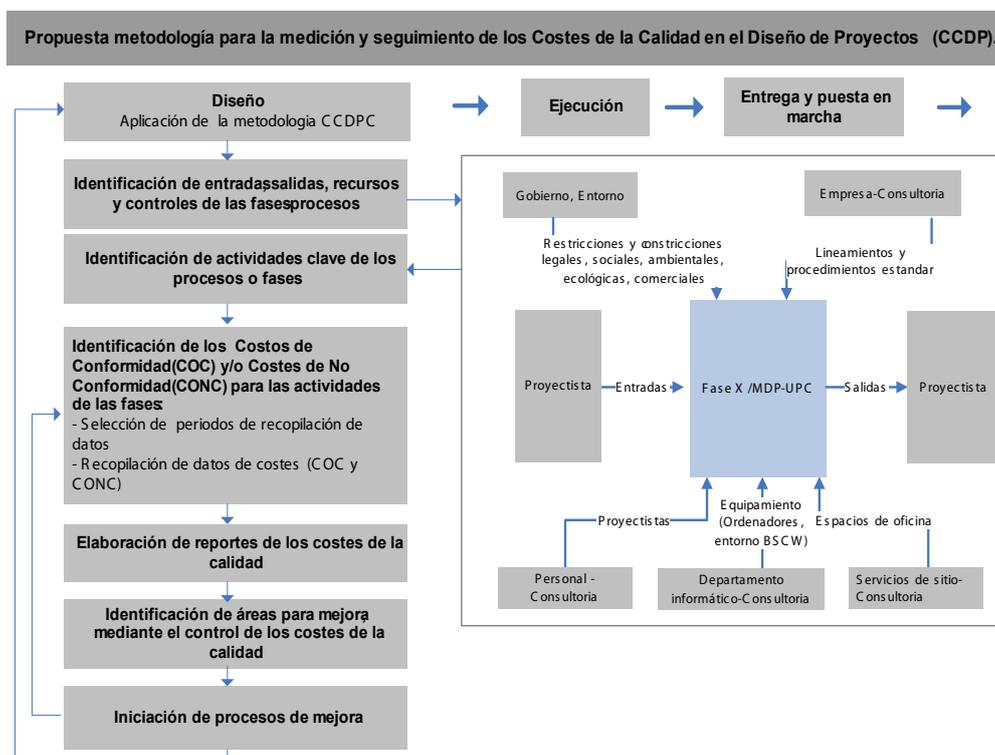


Figura 7. Diagrama de flujo de la propuesta metodología para la medición y seguimiento de los costes de la calidad en el diseño de proyectos (CCDP).

luciones a la industria química, tienen por lo general, una estructura por procesos, que los convierten en fácilmente sintetizables y por lo tanto, la aplicación de la metodología CCDP en la fase de diseño básico es previsiblemente sencilla, aumentando la posibilidad de disminuir tiempos y costes.

Con este trabajo, se busca establecer referencias en el tratamiento de los costes de la calidad en el diseño de proyectos, bajo un enfoque sistemático y analítico. Un sistema de medición de costes de la calidad no puede resolver por sí mismo los problemas de calidad u optimizar el sistema de gestión de calidad. De esta manera, un sistema de control de los mismos 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.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado con el apoyo del Departament d'Innovació, Universitats i Empresa de la Generalitat de Catalunya y el Fondo Europeo para el Desarrollo, como parte de una beca para la formación de investigadores otorgada a uno de los autores (L. Dzul).

REFERENCIAS

1. Aoieong R., Tang S. L. and Ahmed S. "A process approach in measuring quality costs of construction projects: model development". *Construction Management and Economics*, **20(2)**, 179-192, 2002
2. Blasco J., Estay C., Cisteró J. y García A. "Docencia de proyectos con un enfoque cooperativo y un entorno colaborativo presencial y virtual: resultados de nuestra experiencia y sugerencias futuras". *VI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*, Barcelona, España, 2002
3. BSI. "Guide to the Economics of Quality: Process Cost Model, BS 6143: Part 1". *British Standards Institution*, London, 1992
4. CEFIC. "The European chemical industry in a worldwide perspective, September 2007". (en línea). Disponible en: http://www.cefic.org/factsandfigures/downloads/F&F_2007_report.pdf. (Accesado el día 7 de Mayo de 2008). (2008a)
5. CEFIC. "Executive summary of chemical industry 2015: roads to the future, a study by the european chemical industry council (en línea)". Disponible en: <http://www.cefic.org/files/Publications/Scenarios2.pdf>. (Accesado el día 24 de Abril de 2008). (2008b)
6. Chuang, Ch.-Ch. and Tsai, Ch.-Ch. "A fuzzy neural approach for diagnosing PCM executing problem". *Proceedings of the 2005 Systems and Information Engineering Design Symposium*, 171-176, 2005
7. Dzul L., L. Gracia V., S., González Benítez, M. y García-Carrillo, A. (2008a). "Los costes de la calidad: una herramienta para la gestión de la calidad en la industria química". *Afinidad*, **65**, 536, 269-275, 2008
8. Dzul L. A. y Gracia S. "Los costes de la calidad en el diseño de proyectos de construcción: un enfoque de procesos". *DYNA*, **83**, 1, 411-422, 2008b
9. Dzul L. A. y Gracia S. "The quality costs in design of construction projects: a processes approach" *Proceedings of the XI International Congress on Project Engineering 2007*, Lugo, 2170-2181, 2007b
10. Ezeldin S. and Abu-Ghazala H. "Quality Management System for Design Consultants: Development and Application on Projects in the Middle East". *J. Manag. Eng.*, **23**, 2, 75-87, 2007
11. FEIQUE. "Informe de Sostenibilidad de la Industria Química Española 2007". (en línea). Disponible en: <http://www.feique.org/comunica/isq2007.pdf>. (Accesado el día 5 de Mayo de 2008). (2008a)
12. FEIQUE "Radiografía del sector químico español (Julio 2007)". (en línea)". Disponible en: <http://www.feique.org/comunica/rad707.pdf>. (Accesado el día 24 de Abril de 2008). (2008b)
13. García-Carrillo, A., Gracia, S., Estay, C. y Cisteró, J. "Metodología de enseñanza-aprendizaje colaborativo y cooperativo basada en la resolución de problemas proyectos con soporte de entornos virtuales de trabajo". Ponencia presentada en: *X Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*, Valencia, España, 2942-2947, 2006
14. García-Carrillo, A.; Gracia, S.; Estay-Niculcar, C.; Cisteró, J.; Fernández-Ros, J.; Álvarez-Larena, A. "Metodología de enseñanza-aprendizaje en diseño de proyectos de ingeniería". *Afinidad*, **64**, 529, 456 - 463, 2007
15. Gracia, S.; Estay, C.; Tamayo, J.; García-Carrillo, A.; Cisteró, J. "Análisis comparativo de herramientas informáticas para proveer soporte al trabajo colaborativo de proyectos: resultados desde la practica docente del ETSEIB en la utilización de entornos computacionales orientados al trabajo colaborativo". Ponencia presentada en: *VI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*, Barcelona, España. 1-11, 2002
16. Gracia, S., García-Carrillo, Á., Estay, C., Ordieres, J., Rebollar, R., Fernández-Ros, J., Saenz, M., Maydana, H., Balarezo, S., Cremades, L., González, M., Sierra, C., Mantilla C., Álvarez, R., Arteaga, L. "Proyectos de cooperación sin fronteras". Ponencia presentada en: *X Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*, Valencia, España, 1804-1815, 2006
17. Gracia S. y Dzul L. A. "Modelo PEF de costes de la calidad como herramienta de gestión en empresas constructoras: una visión actual" *Revista Ingeniería de Construcción*, **22**, 1, 43-56, 2007a
18. Juran J. M. y Gryna F. M. "Manual de control de calidad" 1, McGraw-Hill, México, 1996
19. Love P., Mandal P. and Li H. "Determining the causal structure of rework influences in construction" *Construction Management and Economics*, **17**, 4, 505-515, 1999
20. Love P., Mandal P., Smith J. and Li H. "Modelling the dynamics of design error induced rework in construction" *Construction Management and Economics*. **18**, 567-574, 2000
21. Schiffauerova, A. y Thomson, V. "A review of research on cost of quality models and best practices" *International Journal of Quality and Reliability Management*, **23**, 6, 647-669, 2006
22. Tang, S.L., Ahmed, S.M., Aoieong, Raymond T. and Poon, S.W. *Construction Quality Management*. Hong Kong University Press, Hong Kong. 2005
23. Wang, Ch.-H., Tsai, Ch.-Ch. and Cheng, Y.-Y. "Knowledge-based diagnosis model for PCM executing problems in public construction" *Construction Management and Economics*, **2**, 2, 129-142, 2007