

Aplicación de las TICs en el Ámbito de la Construcción

María Martínez Rojas, Nicolás Marín Ruiz, M^a Amparo Vila Miranda

Dpto. Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial, Universidad de Granada
 {mmrojas, nicm, vila}@decsai.ugr.es

Resumen

La industria de la construcción posee una serie de características propias que la hacen muy diferente de otros sectores industriales; entre ellas destaca la gran cantidad de agentes que intervienen en el proceso constructivo y la cantidad de documentación que se genera y necesita desde la fase de diseño hasta la terminación del proyecto. La complejidad de los proyectos conlleva que cada uno de ellos sea diferente, único y singular, lo que hace más difícil la toma de decisiones y genera claramente la necesidad de disponer de sistemas que aporten la información necesaria a los decisores en cada momento. En este sentido, las TICs ofrecen una herramienta inmejorable.

Hoy en día no basta con utilizar técnicas efectivas de almacenamiento y recuperación de datos, sino que también es necesario desarrollar técnicas que nos permitan explorar la "mina de oro" que suponen los datos operacionales recolectados en relación con la información que pueden aportar sobre el funcionamiento del negocio que los genera. En este trabajo, se presenta la arquitectura de un sistema de información integrado de gestión de la información para el sector de la construcción que contempla tanto la faceta operacional, para dar soporte al funcionamiento diario de los agentes involucrados en el proceso, como una faceta analítica que incorpora un valor añadido a la hora de afrontar la toma de decisiones estratégicas durante el desarrollo del proceso.

INTRODUCCIÓN

Cada día en el sector de la construcción se crea una ingente cantidad de datos sobre diversos aspectos, tales como costes, actividades, tiempos y personas. La construcción es un sector donde intervienen gran cantidad de agentes durante todo el proceso, siendo la mayoría de estos ajenos a la empresa constructora encargada de llevar a cabo el proyecto. Aparte de los agentes que participan en el proyecto, existen muchas empresas que colaboran para que este se ejecute, como pueden ser los proveedores, empresas de control de calidad, etc. Durante todo el proceso se van generando multitud de datos de diferentes tipos que son muy importantes tanto para el día a día como para el futuro.

Asimismo, las empresas tienen necesidad de acceder a una gran variedad de información para facilitar o apoyar sus operaciones diarias. Los diferentes procesos que se desarrollan en el sector de la construcción generan una gran cantidad de datos que se distribuyen a través de diversas bases de datos operacionales. Estos datos juegan un papel importante para asegurar la finalización de un proyecto en su plazo, dentro del presupuesto, cumpliendo las especificaciones de diseño y atendiendo a un cierto nivel de calidad. En la actualidad, las empresas de gran tamaño son las que han comprendido la

importancia de los sistemas de información para disponer de datos que pueden mejorar significativamente la calidad de las decisiones. Además, a diferencia de los recursos de consumo, la información como activo intangible de una organización puede ser reutilizada una y otra vez sin perder su valor; es más, se enriquece día a día durante el proceso cotidiano de la empresa.

Para tener éxito hoy en día en el entorno empresarial, debemos comprender qué hicimos en el pasado, dónde estamos, y cómo posicionarnos correctamente para el futuro. Por esta razón, se ha pensado en el empleo de la tecnología relativa a los Data Warehouses o Almacenes de Datos (R. Kimball, 1996, *The Data Warehouse Toolkit: Practical Techniques for Building Dimensional Data Warehouses*) en el ámbito de la construcción. Esta es una tecnología relativamente reciente que ha evolucionado durante la última década. Básicamente, tiene la intención de proporcionar a todos los usuarios de una empresa, según sus responsabilidades, el acceso oportuno a la información. Proporciona un modelo de arquitectura basada en el flujo de datos de sistemas operacionales, puestos en marcha con anterioridad, para su posterior utilización con diversas herramientas DSS (decision support systems).

El Data Warehouse está continuamente recogiendo datos de diversas fuentes, organizándolos de manera eficiente para su fácil recuperación, manteniendo los datos pasados para el análisis histórico; además, permite el acceso y uso de los datos convenientemente organizados para que los usuarios puedan hacerlo con facilidad. Éste es una herramienta de uso cotidiano que aporta a una empresa una ventaja ante la competencia, y de carácter estratégico (J-M Franco et al., 1996, *El Data Warehouse*).

A pesar de su popularidad en otros sectores, los estudios y la implantación en el sector de la construcción en España son limitados. En el estudio de la literatura que desarrollaremos en este trabajo se analizan sistemas propuestos por autores de diversos países. Como veremos, las propuestas son incipientes y focalizadas en partes locales del proceso de la construcción, cuando la tecnología de sistemas de información actual, como también veremos, permite afrontar el problema en su totalidad y ser ambiciosos en cuanto a los resultados y mejoras conseguidos.

El principal objetivo de este trabajo es hacer un repaso de la literatura para conocer las propuestas existentes en el ámbito de los almacenes de datos en relación con el proceso constructivo y analizarlas para presentar la arquitectura de un sistema de información integrado que contemple tanto la faceta operacional como la fase analítica de soporte a la toma de decisiones, aplicado de manera integral al problema de la construcción.

ANTECEDENTES

Los ochenta podrían ser caracterizados como la década dónde la ingeniería y la informática se introducen a gran escala en el trabajo diario. Desde entonces, la colaboración entre ambas disciplinas ha resultado profusa en logros, de manera que, hoy día, nadie duda de los beneficios que esa interacción conlleva.

En el ámbito de la construcción, ya en la citada década de los ochenta, M. L. Gilmore anticipaba la necesidad de incorporar las TICs en las distintas etapas del proceso de construcción (Gilmore, 1989, *Int. J. Proj. Manag.*, 7:147-153). Y, si se repasan los resultados de los últimos años, se puede observar que no andaba desencaminado en su consejo. En el ámbito de los sistemas de información, sin embargo, el trabajo, como veremos, es incipiente y deja abiertos muchos campos de aplicación y mejora que conviene explorar.

En primer lugar, empezaremos esta sección haciendo un recorrido por las aportaciones desde el punto de vista del problema que resuelven y se terminará con el estudio de las propuestas desde el punto de vista de la tecnología que emplean para resolverlo.

Desde el punto de vista de la construcción

Conocer cómo se distribuyen los costes del proyecto y evaluar el impacto que sobre los mismos tienen las distintas dimensiones del contexto de la construcción es de vital importancia. Los autores (Moon et al., 2007, *Autom. Constr.*, 16: 336-344) presentan un nuevo enfoque para la gestión de costes de la construcción basándose en datos de proyectos anteriores. Los contratistas - que, según la LOE (Ley de Ordenación de la Edificación) (Gobierno de España, 1999, BOE 266: 38925:38934), asumen contractualmente ante el promotor el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al proyecto y al contrato - son los principales interesados en que durante el proceso de ejecución se disminuyan los costes y se evite que se repitan los problemas en base al conocimiento de proyectos anteriores. En esta misma línea, los autores (Tserng et al., 2004, *Autom. Constr.*, 13: 781-802) presentan una aplicación de gestión de costes específica para constructores. Finalmente, (Abudayyeh et al., 2001, *Adv. Eng. Softw.*, 32: 87-94) piensan que para llevar una efectiva gestión de los proyectos se tiene que disponer de un buen acceso y control a la información de proyectos anteriores y, por esta razón, diseñan e implementan un sistema de intranet específica para costes. El objetivo principal de su propuesta es poder terminar a tiempo el proyecto y dentro del presupuesto.

Otro tema que ha despertado mayor interés a la vista de las propuestas que se encuentran en la literatura es el análisis de riesgos. Los autores (Arditi et al., 1989, *Int. J. Proj. Manag.*, 7: 141-146) se acercan al problema del análisis de costes pero centrándose en la gestión de reclamaciones en los proyectos de construcción, ya que en éste ámbito existen muchas controversias entre los distintos agentes que intervienen, produciendo alteraciones en la ejecución del proyecto. La asignación de riesgos entre las partes contratantes es una decisión importante para el éxito del proyecto. Por esta razón, los autores (Lam et al., 2007, *Expert. Syst. Appl.*, 25: 485-493) se centran en el contrato entre las partes interesadas. Kamardeen Imriyas (Imriyas, 2009, *Expert. Syst. Appl.*, 36: 4021-4034) propone un sistema en tiempo real de evaluación de riesgos, tales como la seguridad, condiciones de mercado y factores internos de las empresas aseguradoras, durante la ejecución del proyecto. Asimismo, establece una estrategia de control de riesgos a través de un sistema de incentivos para los contratistas, que les permitirá ser más competitivos a la hora de licitar algún proyecto, ya que las primas de las aseguradoras se reducen por la gestión de la seguridad.

El proceso de construcción es bastante complejo ya que, como ya hemos comentado, genera y necesita una ingente cantidad de documentación desde la fase de diseño hasta su terminación. Por esta razón, la gestión de toda la información que se genera entre los distintos agentes es tema de preocupación. Conocer y mejorar el proceso de los datos desde el almacenamiento, intercambio y acceso desde cualquier centro de trabajo, es un tema de máximo interés. En este sentido los autores, (Finch et al., 1996, *Autom. Constr.*, 5: 313-321) describen un método basado en la tecnología de código de barras, para transferir electrónicamente documentos entre el proyectista y el constructor. Existiendo gran variedad de formatos, los autores se centran en la transferencia de planos ya que

representan una parte muy significativa del total de los documentos. Chassiakos et al. (Chassiakos et al., 2008, *Adv. Eng. Softw.*, 39: 865–876), presentan una propuesta que facilita la gestión de la información y comunicación entre las partes interesadas durante la fase de ejecución. Antes de la implementación del sistema, los autores llevaron a cabo una encuesta entre varias empresas del sector de la construcción, estando todas de acuerdo en que la eficiente comunicación entre todos los agentes es fundamental para el éxito del proyecto. La industria de la construcción posee una serie de características propias que la hacen muy diferente de otros sectores industriales. Entre ellas cabe destacar que la ubicación del trabajo, la obra, en la gran mayoría de los casos se encuentra situada a gran distancia de la sede administrativa de la empresa, generando importantes problemas de comunicación y transmisión de datos entre miembros de la misma empresa. Es de especial interés la propuesta (Dawood et al., 2002, *Autom. Constr.*, 11: 557–572), que desarrollan un sistema para facilitar y mejorar la distribución, almacenamiento y acceso a la información de los proyectos entre los miembros del equipo.

La planificación del proyecto, tanto temporal como económica, es fundamental para poder cumplir los objetivos, ya que normalmente los plazos están muy ajustados. El retraso en la ejecución del proyecto puede suponer pérdidas incalculables para la empresa constructora. El autor (Yamazaki, 1992, *Autom. Constr.*, 1:21-26), describe un enfoque para establecer un sistema integrado para mejorar la planificación y la gestión de la productividad en la fase de diseño. Otros estudios, como el que se puede encontrar en (Li, 2009, *Autom. Constr.*, 18:912-918), usan la tecnología de prototipos virtuales para ayudar a los agentes encargados de planificar a comprender mejor el proceso de construcción y predecir los posibles errores que puedan aparecer.

En el ámbito de la toma de decisiones, también hay algunas propuestas de interés. En la mayoría de las ocasiones, los distintos agentes del proceso de construcción disponen de multitud de información almacenada de distinta naturaleza y difícil de analizar por una persona debido a su envergadura. En la empresa constructora, el factor tiempo es imprescindible ya que los plazos son muy ajustados y el éxito del proyecto va a depender en parte de este factor. Por esta razón, se necesitan de sistemas de apoyo a la toma de decisiones (DSS) que ayuden a decidir en el menor tiempo posible, (Rujirayanyong, 2006, *Autom. Constr.*, 15:800-807). En otras ocasiones, los datos se encuentran repartidos en distintas fuentes y no están organizados de forma que sean de utilidad. En este contexto, los autores desarrollan un DSS para ayudar a los constructores a seleccionar el emplazamiento del proyecto (Ahmad et al., 2004, *Autom. Constr.*, 13:525-542).

Desde el punto de vista de tecnología que se emplea

La utilización de sistemas de información en su sentido más amplio en el ámbito de la construcción viene de lejos. Aunque a finales de los años noventa los sistemas de información aparecen en el debate sobre la necesidad de las TICs en el ámbito de la construcción (Björk, 1999, *Int. J. Des. Comput.*, 1:1-16), a principios de esa década podemos encontrar trabajos de carácter seminal (Björk, 1991, *AI in Engineering*, 6:46-56) donde se introducen algunos principios básicos, métodos y el papel que pueden desempeñar.

En este apartado, se va hacer un breve panorama de la tecnología que se ha utilizado para afrontar las soluciones a esos problemas. Es decir, después de la lectura de la literatura podemos hacer una clasificación de los artículos

dependiendo de los distintos sistemas que se emplean para resolver los problemas que en el apartado anterior se destacan.

Desde un punto de vista más general, se han encontrado trabajos que utilizan sistemas expertos. Los autores (Arditi et al., 1989, *Int. J. Proj. Manag.*, 7: 141–146), definen un sistema experto como un sistema interactivo que incorpora experiencias de juicios, intuiciones y la experiencia de otros para proporcionar una asesoría experta sobre disputas que se puedan generar durante el proceso de construcción. El modelo GPM (General Performance Model) desarrollado por los autores Luis F. Alarcón et al. (Alarcón et al., 1998, *Int. J. Proj. Manag.*, 16:145–152), presenta una metodología para evaluar el impacto de las decisiones referentes a gestión durante la ejecución del proyecto. Existen otros estudios que han sido aplicados a proyectos de construcción de autovías, como el desarrollado por Tserng y Lin (Tserng et al., 2004, *Autom. Constr.*, 13:781–802).

Con respecto a los sistemas operacionales se han encontrado varias propuestas, donde el objetivo de la mayoría es facilitar la transferencia de documentos e información entre los distintos agentes que intervienen en el proceso, (Finch et al., 1996, *Autom. Constr.*, 5: 313–321), (Chassiakos et al., 2008, *Adv. Eng. Softw.*, 39: 865–876), (Shen et al., 2002, *Int. J. Proj. Manag.*, 20:247–252) and (Russell et al., 2009, *Autom. Constr.*, 18:1045–1062).

Para hacer frente a la gran cantidad de datos que se genera durante el proceso de construcción, más allá de los sistemas operacionales, hacen falta los nuevos y sofisticados métodos de procesamiento de datos entre los que destaca el uso de técnicas OLAP (*On-Line Analytical Processing*). Esta tecnología de software que permite a los distintos agentes decisores en el ámbito de la construcción conocer y analizar la información que se ha almacenado a través de diferentes maneras ha sido empleado en varios trabajos:

Los autores, (Rujirayanyong, 2006, *Autom. Constr.*, 15:800–807) proponen un sistema llamado PDW (project-oriented Data Warehouse) que plantea el uso de esta técnica específica para contratistas. El sistema utiliza Microsoft SQL server para la gestión de la base de datos. La aplicación de PDW involucra dos tareas principales: la creación de la estructura del DW y el diseño de la estrategia y las herramientas para llenar el DW. La estructura de la propuesta es compleja, por lo que puede resultar complicado encontrar el dato que necesitamos a la hora de realizar la consulta.

Ante los problemas que presentan algunas propuestas, Cao et al. (Cao et al., 2002, *EDCIS*, 360–369), proponen CMDSS (*Construction Management Decision Support System*), donde se integran DW (*Data Warehouse*) y DSS para proporcionar un sistema que permita a los agentes de la construcción disponer de suficiente información para tomar decisiones y poder visualizar los resultados desde muchas perspectivas. La principal característica de CMDSS es la separación de la base de datos de análisis de la base de datos operacional, para que el proceso de apoyo a las decisiones sea más rápido. Otro avance es el uso de OLAP, el cual cambia los datos de una base de datos relacional a cubos multidimensionales en la que los datos pueden ser observados desde varias perspectivas.

S. W. Moon et al. (Moon et al., 2007, *Autom. Constr.*, 16:336–344), también utiliza DW y OLAP para mejorar la efectividad de la utilización de datos de costes anteriores empleando Microsoft SQL server para la gestión de la base de datos. Finalmente, en (Zhiliang, 2005, *Autom. Constr.*, 14:405–412) los autores proponen un sistema llamado Explizer donde utilizan DW sobre los datos que se extraen a partir de documentos almacenados. Los datos de entrada se obtienen a partir de un sistema de almacenamiento de documentos operacional propuesto por los mismos autores con anterioridad. El sistema se divide en dos partes; la gestión

de documentos, encargada de extraer los documentos de otras fuentes; y un módulo de análisis de los datos que utiliza DW.

En la mayoría de los sistemas, el principal punto débil que se ha encontrado es que los autores se centran en una parte del proceso de construcción, no en su totalidad. El segundo punto débil que se ha localizado es que en algunos casos carecen de buenos módulos de capturas de datos o buenas bases de datos que sirvan como fuentes al Data Warehouse.

MODELO PROPUESTO

El análisis de las propuestas de la literatura, expuesto en el apartado anterior, ha servido para comprobar lo que ya suponíamos en la introducción: el área de sistemas de información tiene mucho que aportar en el ámbito de los procesos de construcción. Tanto en su faceta operacional, para dar soporte al funcionamiento diario de los agentes involucrados en el proceso, como en su faceta analítica para incorporar un valor añadido a la hora de afrontar la toma de decisiones estratégicas durante el desarrollo del proceso.

En esta sección se va a presentar una arquitectura para la implantación de un sistema de información integrado de gestión de la información para el sector de la construcción que contemple ambas facetas: la operacional y la analítica.

Arquitectura del modelo

La solución que proponemos está basada en el uso de un Sistema Integral de Gestión de la Información durante el proceso de la construcción. El objetivo del sistema es dar una solución integrada a la gestión de datos y al análisis de los mismos para el soporte a la toma de decisiones.

Las tecnologías involucradas en la solución son variadas como puede verse en la **Figura 1**.

En la base tenemos el soporte para la actividad diaria en el proceso de construcción, es decir, los sistemas operacionales. Nuestra propuesta es integrar aquí tres tipos de fuentes de datos:

- A la vista de nuestro análisis en secciones anteriores está claro que el vehículo fundamental de los datos durante el proceso de la construcción son los documentos. Una base de datos de documentos, que recopile de manera centralizada los documentos intercambiados entre los distintos agentes que intervienen en el proceso de la construcción, es necesaria. Los documentos estarán preferiblemente descritos usando formatos semiestructurados con, por ejemplo, tecnologías relativas a XML, de forma que se pueda afrontar la extracción de datos de los mismos con cierta facilidad y garantías. En cualquier caso, por cada formato de documento aceptado en la base de datos se dispondrá de una herramienta de análisis para la extracción de datos relevantes.
- El funcionamiento diario de la empresa estará asistido por un conjunto de aplicaciones de gestión en las que las necesidades de almacenamiento y recuperación de datos estarán cubiertas por una base de datos operacional estructurada (por ejemplo, en base al modelo relacional de datos). Parte de los datos de esta base de datos podrán adquirirse desde la fuente documental, a través de las utilidades de extracción.

- Otras fuentes externas de datos, completan el panorama de las fuentes de información de nuestro sistema. Entre ellas, cabe especial mención el uso de Sistemas de Información Geográfica (GIS - *Geographic Information System*), que permitan dar soporte espacio-temporal a los datos de carácter geográfico involucrados en el proceso de la construcción. La integración de planos y mapas es de especial interés.

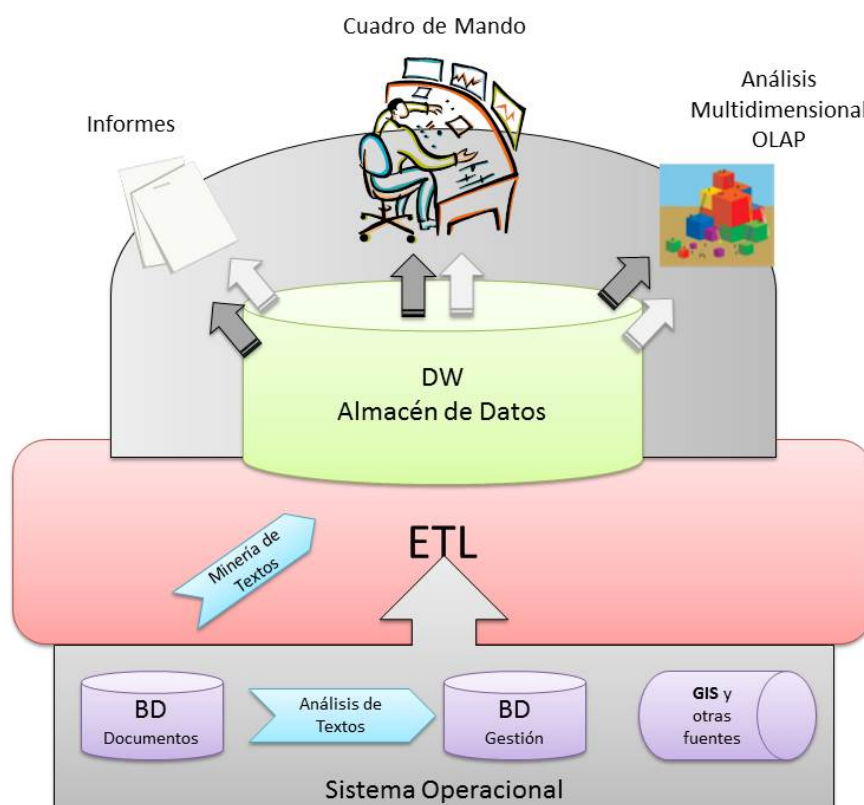


Figura 1. Arquitectura del Modelo Propuesto.

El conjunto de datos operacionales gestionado en la base se integra, en un nivel superior, en un Data Warehouse global para el soporte a la toma de decisiones. La arquitectura de este Almacén de Datos depende del tamaño de la organización y del volumen de datos generado. Esta capa estará integrada por un conjunto exhaustivo de cubos diseñados con el modelo multidimensional de datos. Como particularidad, parte de los datos del almacén pueden obtenerse mediante procesos de minería de textos sobre los documentos almacenados en la capa previa. Gracias a estas técnicas (un ejemplo se puede encontrar en (Ruíz et al., 2006, *FOAS*, 4027:613-624), (Martín-Bautista et al., 2008, *Lecture Notes in Computer Science*, 5182:347-256)), la recuperación de información de los pequeños textos presentes en los documentos se vería mejorada.

En la capa superior, tres tipos de aplicaciones para interactuar con el almacén de datos y visualizar la información:

- En primer lugar, una herramienta de generación de informes, capaz de elaborar de manera automática los informes requeridos por los responsables de cada departamento involucrado en el proceso de la construcción, en base a los datos del almacén.

- En segundo lugar, proponemos la incorporación de un conjunto de aplicaciones visuales que implementen cuadros de mando integrados para los agentes del proceso de la construcción involucrados en el seguimiento del proceso en todos los aspectos que conlleva (por ejemplo, cuadro de mando de seguimiento de obra, cuadro de mando de control de inventario en almacén, cuadro de mando de seguimiento de costes, etc). La elaboración de este tipo de interfaces de acceso al almacén de datos de la empresa ha demostrado ser uno de los vehículos más adecuados para encauzar la interacción de usuarios no expertos con sistemas complejos como los que aquí se describen (Martinsons, 1999, *Decis. Support Sys.*, 25:71-88), permitiendo la supervisión del ajuste del funcionamiento real del proceso de la construcción con el esperado o diseñado.
- Por último, una herramienta de interacción directa con el almacén que permita analizar mediante operaciones OLAP el conjunto de los datos almacenados.

En la última capa, entre el almacén y las aplicaciones de visualización se puede observar una doble flecha (negra y gris). A través de la flecha negra se representa el flujo de los datos tal cual. La flecha gris representa una aportación especial de este modelo, en el que parte de los datos que se transfieren a las aplicaciones de visualización lo hacen de manera resumida utilizando herramientas que permitan elaborar frases cercanas al lenguaje natural. En algunos contextos, mostrar un volumen grande de gráficos o datos puede resultar abrumador, mientras que una sentencia breve que exprese las características más importantes de una serie de datos puede ayudar bastante. La investigación respecto al análisis y resumen de series de datos temporales mediante el uso de técnicas cercanas al lenguaje natural no ha pasado desapercibida en la literatura y se pueden encontrar propuestas interesantes que nos permitan avanzar por este camino, por ejemplo mediante técnicas de Soft Computing (Castillo-Ortega et al., 2011, *Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing*, 17:157-182), (Castillo-Ortega et al., 2010, *IPMU*, 330:339).

Desde el punto de vista de la comunicación, las aplicaciones de uso del sistema propuesto deben ser utilizables desde distintas plataformas de ejecución. A las convencionales de servidores y PCs de sobremesa añadimos el uso del ordenador portátil y, más aún, de dispositivos más ligeros como las pdas, que permitan que la interacción con el sistema pueda hacerse en el sitio donde se produce la necesidad de soporte en lugar de obligatoriamente en la oficina. El diseño de aplicaciones de visualización e interacción con almacenes de datos para que puedan ejecutarse en dispositivos móviles no es trivial y requiere de un esfuerzo capaz de ajustar los requerimientos de visualización y procesamiento a las limitaciones de dichos dispositivos. En la literatura pueden encontrarse algunas aproximaciones en esta línea, por ejemplo en el ámbito de los citados cuadros de mando integrados (Costa et al., 2005, *SIGDOC*, 103-107).

CONCLUSIONES

El principal objetivo de una empresa constructora cuando comienza un proyecto, es el de terminarlo con el menor coste, dentro de plazo y cumpliendo una calidad establecida, por lo que es necesario tener un control muy exhaustivo en todo momento. Actualmente con la tecnología que se utiliza, resulta complicado poder realizar un análisis en poco tiempo, ya que la información no se encuentra almacenada correctamente.

En este trabajo se ha realizado un repaso de la literatura desde dos puntos de vista. Primero, desde el punto de vista de la construcción y en el segundo lugar desde la tecnología que emplea. De este detallado estudio se ha comprobado la necesidad del uso de los sistemas de información y, más concretamente, la tecnología OLAP y de Datawarehousing, para mejorar el proceso de toma de decisiones en el proceso de edificación. Finalmente, hemos propuesto una arquitectura de un sistema de información integral que aborde el proceso de la construcción de manera completa, tanto desde el punto de vista operacional como desde el punto de vista analítico para el soporte a la toma de decisiones es necesario para este sector. Además de tratarse, hasta donde llega nuestro conocimiento, de la primera propuesta de gestión global del proceso de la construcción, nuestra arquitectura incluye módulos de extracción y análisis de textos en documentos como una herramienta novedosa y propone el uso de interfaces basadas en el resumen mediante sentencias cercanas al lenguaje natural de las series de datos utilizando técnicas de Soft Computing.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado en parte por el proyecto Representación y Manipulación de Objetos Imperfectos en Problemas de Integración de Datos: Una Aplicación a los Almacenes de Objetos de Aprendizaje (P07-TIC-03175) de la Junta de Andalucía (Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa, ahora Consejería de Economía, Innovación y Ciencia).