

**Juan Manuel Mieres R.**  
 Ingeniero de Caminos  
 Canales y Puertos  
 Director  
 Departamento de I+D+i  
 NECSO Entrecanales Cubiertas, S.A.

**Aitor Cuesta C.**  
 Ingeniero Informático

**Alvaro Orgaz F.**  
 Ingeniero de Caminos Canales y Puertos

**Daniel López B.**  
 Técnico Informático

**José Calderón P.**  
 Ingeniero Técnico de  
 Sistemas Electrónicos

**Roberto Antonio Buj G.**  
 Ingeniero Técnico Informático  
 de Sistemas

# Nuevas Tecnologías de Información: Más Producción y Seguridad

Los accidentes laborales y las «horas perdidas» son las principales variables que disminuyen la productividad de la industria de la construcción en Europa. Para revertir la situación se sugiere la incorporación de nuevos sistemas de gestión.

El sector construcción se caracteriza por ser la industria europea con menor productividad, mayores índices de siniestralidad y mayor producción de CO<sub>2</sub>, residuos sólidos y consumo energético. Conclusiones a las que llega la Comisión Europea en su documento COM(97) 539 final. Esta medida es exportable al resto de mercados internacionales, Asia, Ibero América y Norteamérica.

En el caso de la OSHA (Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo), se identifica la construcción como la actividad industrial con mayor índice de siniestralidad:

- Número total de accidentes anuales en Europa 4.757.611. De ellos el 17% (808.793) se producen en el sector de la construcción.
- Accidentes con muertes 5.549 (datos de Eurostat-1996). De ellos el 30% (1.664) se produjeron en construcción.
- En Europa el sector de la construcción pierde 13 millones de días de trabajo por ausencias debido a accidentes laborales.

La productividad por persona ocupada en construcción en términos de PIB (Producto Interno Bruto) fue de 19,2 Euros en el año 2000 frente a los 36,8 Euros para el resto de las industrias.

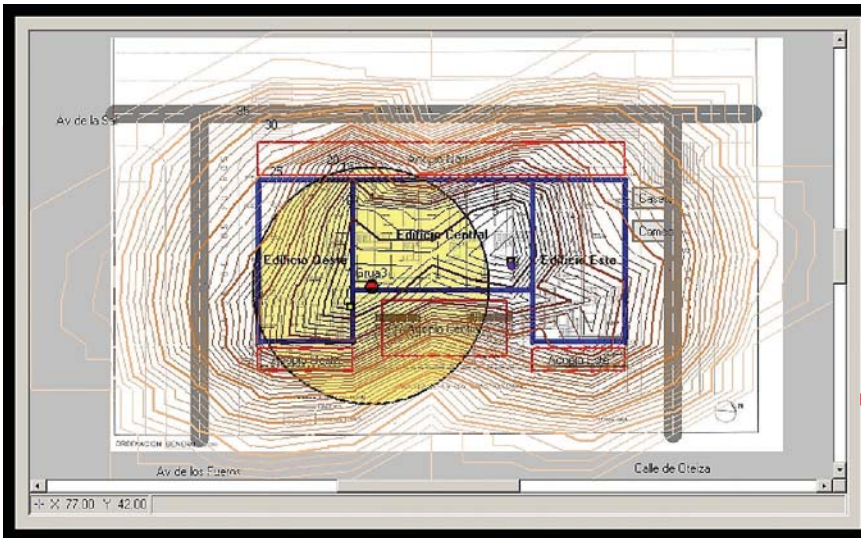
En algunas empresas constructoras, las fechas de entrega en obras de edificación sufren retrasos medios cercanos al 20%, lo que coincide con el estudio Atkins -elaborado para analizar la problemática de la construcción en Europa. Según el FMI aproximadamente una tercera parte (30%-35%) de las horas de trabajo en construcción constituyen la categoría de horas perdidas, y éstas hubieran podido ser productivas si se hubiese contado con un buen sistema de gestión. La pérdida de material en obra representa el 20% del total recepcionado.

El costo de la calidad deficiente se estima entre el 5 y el 10% del total del valor del proyecto. Y de este porcentaje más de la mitad se debe a una incorrecta gestión de recursos (materiales, maquinaria y equipo humano).

## Gestión de Recursos

Según los análisis llevados a cabo por la Comisión Europea en el documento "THE COMPETITIVENESS OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY" una de las causas principales





■ ■ ■ Figura 1.

de esta ineficacia es atribuible a la poca profesional gestión de recursos en obra. También en Estados Unidos han llegado a esta conclusión, según el "Construction Industry Cost Effectiveness Project" 1983 USA.

Este último documento cita como una de las razones, el primitivo concepto de gestión en el que se basan las herramientas actualmente utilizadas (Primavera, Pert Master, Microsoft Project, etc.). Estas consideran la planificación de actividades con asignación de recursos, pero:

- No incorporan un sistema de captación de datos eficaz en tiempo real, aplican un mecanismo que dificulta en gran medida las actualizaciones, la detección de desviaciones y la toma de decisiones. En gran parte de los casos, la planificación se convierte en una herramienta ineficaz que va por detrás de los acontecimientos.
- Las herramientas actuales no consideran los movimientos de recursos. El análisis es estático, igual que la gestión de recursos.
- La optimización de recursos se hace posteriormente a la introducción de datos y al reajuste estático. Nuestro sistema permitirá un reajuste automático en tiempo real.
- Los sistemas actuales no permiten el análisis de operaciones de alto riesgo para la seguridad de los trabajadores. Tampoco quedan registrados movimientos y posicionamientos de recursos para analizar las causas de accidentes, o mejorar la gestión en futuros proyectos.



■ ■ ■ Figura 2.

La conclusión a la que se llega tras este rápido análisis es que la Gestión del Proyecto es una de las más importantes y menos desarrolladas áreas de investigación que tendrán en un futuro inmediato un mayor impacto en mejorar los parámetros anteriormente descritos. Una segunda conclusión que se deriva de lo anterior es que es necesario acudir a las Nuevas Tecnologías de la Información, entendiéndolo por ello:

- Nuevos sistemas de adquisición de datos en tiempo real (red de captación dinámica de procesos, sensores, tecnología de transmisión y recepción de datos en ambientes hostiles).
- Nuevo software de control automático de adquisición y gestión.
- Sistemas integrados de toma de decisiones basados en teorías de "conocimiento

aproximativo" y en el análisis de sistemas complejos no lineales.

- Nuevas metodologías de simulación y herramientas software para la utilización de las tecnologías de Realidad Virtual, Realidad Aumentada e Interfaces Tangibles en el sector de la construcción.
- Nuevas plataformas de comunicación móvil que permitan la integración de los trabajadores en terreno.

### Gestión Integral de Proyectos

Contar con una División de I+D e Innovación, cuya actividad de investigación abarque proyectos relacionados con el desarrollo de materiales avanzados, biotecnología, energías renovables, nanotecnología, y nuevos sistemas de producción y de gestión de procesos, es hoy



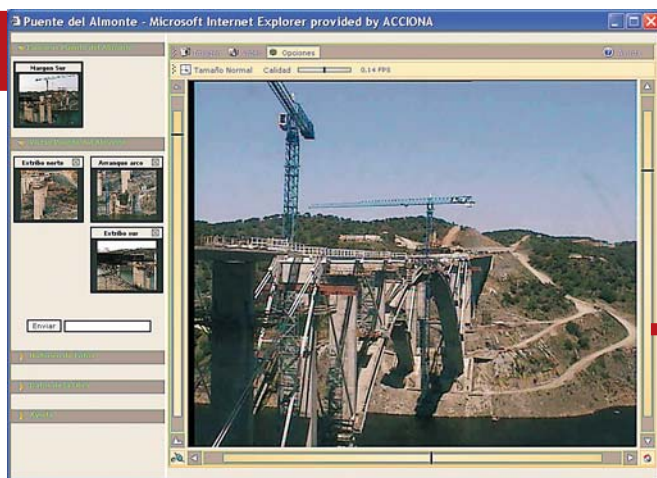


Figura 3.

crucial para implementar un buen sistema de gestión en la industria.

La mejor estrategia para conseguir un resultado óptimo en el desarrollo e implantación de nuevas tecnologías en la gestión, es afrontar un macroyecto de construcción de forma integrada, englobando aspectos de productividad, seguridad, gestión de calidad y de medioambiente. Al mismo tiempo, se debieran incorporar en una sola herramienta todos los recursos que forman parte de un proyecto.

Sin embargo esta estrategia siendo la óptima, no es viable dada la complejidad del sistema a analizar y la cantidad de variables a tener en cuenta que nos obligaría a abordar un proyecto con una duración excesiva, teniendo en cuenta las necesidades urgentes de nuestra industria.

### Caso Español

Se planteó abordar de forma independiente dos proyectos, sin olvidar la relación entre ellos y otros de futura ejecución que están previstos en nuestro Plan Quinquenal. Estos se llaman:

#### 1. Sistema de gestión mediante técnicas avanzadas de modelización y control de grúas torre.

El objetivo del proyecto es el desarrollo de una aplicación informática para la

simulación, análisis y control de las zonas de trabajo en obras de edificación, que permite la representación del estado de la construcción en las diferentes fases o etapas de la misma.

Además, durante la fase de ejecución, el Sistema de Gestión Global de Obra, mediante Técnicas Avanzadas de Modelización y Control de Grúas (HEARTCRANE), permite la recolección de información para la actualización de bases de datos históricos, que proporcionan un mejor planeamiento de futuros proyectos en términos de costos, calendarios y localización de los equipos. Con esta herramienta se consigue:

- Mejorar la gestión de la maquinaria de elevación desde las primeras fases del proyecto.
- Averiguar el mejor equipo a emplear en cada caso y su mejor localización en la obra para cumplir el proyecto con costo mínimo.
- Detectar conflictos en los movimientos de material en la obra y errores de localización antes de que sucedan. Esto reducirá los accidentes causados por una ubicación y operación equivocada de la maquinaria de elevación.
- Detectar desviaciones de lo planeado y tiempo empleado en las operaciones con las grúas en las diferentes zonas de la obra, además de posición de las grúas en tiempo

real. Este ayudará al director de obra a llevar a cabo su tarea y tomar decisiones.

- Estos datos serán usados para crear y mantener bases de datos que permitirán mejorar los futuros procesos de planeamiento en términos de costo, plazo y maquinaria.
- Mejora del proceso constructivo y reducción del impacto ambiental mediante la disminución de emisiones contaminantes, ruido y polvo generados por las grúas, debido a la minimización de los movimientos realizados con ellas, gracias a su localización óptima en la zona de trabajo.
- Mejora de la eficiencia energética de los edificios, debido a la reducción del consumo de energía en las operaciones de movimiento y transporte con grúa.

La herramienta consta de un módulo principal de representación y toma de datos, que permite la introducción de todos los elementos de la obra: edificios, zonas de descarga y acopio de materiales, casetas de obra, maquinaria de elevación, y de los condicionantes: división parcelaria, viario, servicios urbanos afectados. Este módulo permitirá la selección y localización de la mejor maquinaria de elevación, dentro de unas curvas de equieficiencia, resultado de un modelo matemático basado en algoritmos geométricos y probabilistas (Figura 1).

Un segundo módulo de modelización y simulación, que permitirá ensayar diferentes escenarios y composiciones virtuales de la obra, considerando posibles colisiones, accesibilidad a los recursos de producción. La simulación de las operaciones de alto riesgo permitirá realizar medidas complementarias previas a la ejecución. Este módulo se implementará mediante técnicas avanzadas de realidad virtual que modelizan la

obra con los datos obtenidos en el primer módulo y permiten una total interacción entre el usuario y los elementos del escenario (Figura 2).

Y por último un tercer módulo de adquisición de información remota, análisis y almacenamiento en una base de datos. Este módulo permite el control en tiempo real de las operaciones de elevación y su completo análisis y registro. Ello se complementa con un sistema de transmisión de datos, capturados en la obra, hasta el ordenador en el que reside la aplicación principal (el del jefe de obra). El sistema de transmisión debe ser inalámbrico, por radio frecuencia, para que no interfiera en las actividades propias de la construcción.

Los datos remotos son generados por un equipo de posicionamiento local similar al GPS, pero de corto alcance y con una precisión razonable de varios metros. Este equipo consta de cinco estaciones fijas y de varios sensores situados en las grúas. Estos aparatos deben ser robustos, considerando el ambiente agresivo de la obra. Mediante el análisis de los datos enviados se podrá determinar la posición y los movimientos de las grúas. Los tres módulos interaccionan entre sí para formar una sólida aplicación de fácil utilización, consiguiendo un control total de las grúas y una nueva herramienta para la gestión de la obra.

## 2. Nuevos sistemas multimedia de gestión compartida del conocimiento.

Este proyecto se basa en el uso de Internet y de la tecnología webcam para crear una plataforma corporativa de gestión de información que permita aumentar la productividad a través del seguimiento en tiempo real de los proyectos en ejecución. Esta plataforma permite compartir

conocimiento y registrar información dinámica para su análisis y la posterior toma de decisiones.

Los aspectos o campos de aplicación en los que actualmente se está trabajando en este proyecto son la productividad, gestión de recursos, seguridad, calidad y medio ambiente en el ámbito del proyecto donde se instala la herramienta. Adicionalmente, la plataforma a nivel corporativo se utilizará como repositorio del conocimiento, donde se podrán encontrar procedimientos multimedia constructivos, con información sobre rendimientos, recursos e incidencias. De esta forma los nuevos ingenieros que anualmente se incorporan a la empresa pueden acceder a la experiencia acumulada por los profesionales más experimentados. Con esta tecnología, a través de la plataforma descrita, a

pesar de la dispersión geográfica de los proyectos, nuestros ingenieros podrán colaborar y mejorar procesos con la consiguiente repercusión en la mejora de la productividad de la empresa (Figura 3).

Esta herramienta permite acceder en tiempo real al emplazamiento de la obra, con un cómodo movimiento del mouse desde cualquier lugar del mundo se controla las cámaras. Con movimientos de 180° y un potente zoom la movilidad a través de la obra es perfecta. El software permite también una grabación de procesos, imágenes con comentarios y posibilidades de gran flexibilidad en el registro de información. La integración de los sistemas de gestión de calidad, seguridad y medioambiente dentro de esta plataforma es lo ideal para que el enlace, registro y toma de decisiones en estos tres aspectos sea eficiente (Figura 4). **B**



■ ■ Figura 4.

