

ORGANIZACIÓN Y HERRAMIENTAS DE PROGRAMACIÓN DE LOS NUEVOS SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA, ECOCONSTRUCCIÓN Y MODULAR 3D. INTERRELACIÓN CON LA CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL

ORGANIZATION AND PROGRAMMING TOOLS FOR NEW INDUSTRIALIZED, ECO-CONSTRUCTION, AND 3D MODULAR CONSTRUCTION SYSTEMS. INTERRELATIONSHIP WITH TRADITIONAL CONSTRUCTION

Miguel López-García ⁽¹⁾, Javier Garabito López ⁽²⁾, Roberto Vallejo-Diez ⁽³⁾, Carmelo Muñoz Ruipérez ⁽⁴⁾, José Carlos Garabito-López ⁽⁵⁾

¹ Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos, Burgos, España, miguellg@ubu.es

² Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos, Burgos, España, jgarabito@ubu.es

³ Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos, Burgos, España, rvdiez@ubu.es

⁴ Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos, Burgos, España, cmruip@ubu.es

⁵ Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos, Burgos, España, jcgarabito@ubu.es

RESUMEN

La construcción actual está en constante evolución y cada día aparecen materiales nuevos, que mejoran y modifican los sistemas constructivos y permiten soluciones prefabricadas en 2D y 3D.

El sector de la construcción industrializada y modular 3D se encuentra en plena transformación tecnológica, impulsada por la integración de materiales innovadores, procesos de fabricación fuera de obra (off-site) y metodologías avanzadas de planificación y control. La formación de los futuros profesionales requiere competencias digitales, conocimiento de herramientas colaborativas y capacidad de anticipación frente a los cambios de programación, costes y sostenibilidad. La industrialización de la construcción obliga a comprender la interrelación entre obra tradicional y nuevos sistemas prefabricados, optimizando el flujo de trabajo, la logística y la gestión de recursos humanos y materiales.

La normativa y la mentalidad profesional se centran hoy en la sostenibilidad, la eficiencia energética y la reducción de la huella de carbono, apoyadas en certificaciones como LEED, BREEAM o Passivhaus.

También han surgido nuevas herramientas digitales y de gestión, como BIM, la planificación 4D y 5D, el Last Planner System o el Lean Construction, junto a software de control económico y planificación. (Prinex, Sigrid, Project, Primavera P6).

Estos cambios han transformado la planificación de obra y el papel del Jefe de Obra, que debe coordinar materiales, tiempos, costes y sostenibilidad, tanto en obra nueva como en rehabilitación.

En resumen, la formación actual requiere que se trabaje la planificación, recursos digitales con una innovación constante, adaptándose a un sector en plena transformación hacia una construcción más eficiente, tecnológica y sostenible.

Palabras clave: jefe de obra, construcción modular, construcción industrializada, construcción 3D, organización de obras.

ABSTRACT

Modern construction is constantly evolving, with new materials emerging daily that improve and modify construction systems and enable prefabricated 2D and 3D solutions.

Regulations and professional mindsets are now focused on sustainability, energy efficiency, and reducing the carbon footprint, supported by certifications such as LEED, BREEAM, and Passivhaus.

New digital and management tools have also emerged, such as BIM, 4D and 5D planning, the Last Planner System, and Lean Construction, along with cost control and planning software (Prinex, Sigrid, Project, Primavera P6).

These changes have transformed construction planning and the role of the Site Manager, who must coordinate materials, timelines, costs, and sustainability in both new construction and renovation projects.

In short, current training requires a focus on planning, digital resources, and constant innovation, adapting to a sector undergoing a profound transformation toward more efficient, technological, and sustainable construction

Keywords: site manager, modular construction, industrialized construction, 3D construction, construction organization

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción y contexto

La construcción actual está en constante evolución y cada día aparecen materiales nuevos, que mejoran y modifican los sistemas constructivos y permiten soluciones prefabricadas en 2D y 3D.

El sector de la construcción industrializada y modular 3D se encuentra en plena transformación tecnológica, impulsada por la integración de materiales innovadores, procesos de fabricación fuera de obra (off-site) y metodologías avanzadas de planificación y control. La formación de los futuros profesionales requiere competencias digitales, conocimiento de herramientas colaborativas y capacidad de anticipación frente a los cambios de programación, costes y sostenibilidad. La industrialización de la construcción obliga a comprender la interrelación entre obra tradicional y nuevos sistemas prefabricados, optimizando el flujo de trabajo, la logística y la gestión de recursos humanos y materiales.

Cada vez más los proyectos se diseñan con materiales novedosos, como el GRC (Glassfibre Reinforced Concrete), (Figuras 1 y 2), CLT (Cross Laminated Timber), o con paneles de composite reciclado y hormigones avanzados (Figuras 3 y 4). Estas soluciones modifican y mejoran los sistemas constructivos donde se emplean: forjados de grandes luces, fachadas ventiladas, muros cortinas.



Figura 1. Fachada con panel GRC (Fuente: Prehorquisa); Figura 2: Detalle fachada con panel GRC de Prehorquisa en obra de rehabilitación del edificio de la policía local y bomberos de Burgos (Fuente propia)



Figura 3. Cúpulas de la energía, Garrañeta (Soria) (Fuente: GRUPO HERCE)



Figura 4. Cúpulas de la energía, Garrañeta (Soria) (Fuente: GRUPO HERCE)

Estos materiales forman parte y definen nuevos sistemas integrales de la construcción, como pueden ser prefabricados 2D (paneles, muros y forjados), construcción modular 3D o como elementos prefabricados (fabricación off-site) (Figura 5).



Figura 5. Propuesta de baño prefabricado (Fuente: Porcelanosa)

Asimismo, ha cambiado la normativa de aplicación y la mentalidad en cómo se plantean los proyectos, dando especial relevancia a la reducción de la huella de carbono, a la economía circular, eficiencia energética, la gestión de residuos y las certificaciones que controlan estos procesos: LEED, BREEAM, Passivhaus.

A su vez han surgido herramientas nuevas:

- Para la Gestión del proyecto (Project Management):
Lean Construction, Last Planner System, etc....
- Para el Diseño y planificación digital:
BIM (Building Information Modeling) como eje de coordinación.
Planificación 4D y 5D (tiempo y costes).
- Herramientas tecnológicas para facilitar funciones de la obra y/o proyecto:
Software de modelado paramétrico (Revit, Archicad, Tekla).
Plataformas colaborativas (Autodesk Construction Cloud, Trimble Connect).
Integración con sistemas de fabricación (CNC, impresión 3D, robótica).

1.2 El jefe de obra

Los cambios anteriormente enumerados han transformado radicalmente la planificación de obra y el papel del Jefe de Obra, que debe coordinar materiales, tiempos, costes y sostenibilidad, tanto en obra nueva como en rehabilitación (Pham, 2022).

Cuando alumnos del Grado en Arquitectura Técnica finalizan sus estudios universitarios una de las salidas naturales es incorporarse a una empresa constructora, ya sea en producción, estudio o ayudante de jefe de obra, finalizando gran parte de ellos como jefe de obra con la responsabilidad máxima en la misma.

La labor del jefe de Obra ha evolucionado con todos estos avances, no solo en el conocimiento de la correcta puesta en obra de estos materiales y sistemas si no afectando a cambios en la programación, planificación, coordinación de oficios y en la viabilidad económica de la obra (Yepes, 2022).

El jefe de obra ahora debe supervisar la coordinación entre la obra tradicional y los prefabricados, anticipar la fabricación y entrega de módulos, gestionar medios auxiliares para su montaje, asegurar interfaces entre instalaciones y módulos, y controlar que se cumplan los estándares de eficiencia energética

y sostenibilidad. Además, debe supervisar los indicadores de planificación avanzada como el porcentaje de cumplimiento (CCU) y restricciones eliminadas dentro del LPS.

Lo mismo que hemos interiorizado el montaje de prefabricados como pilares o paneles de hormigón debemos familiarizarnos con los procesos de los nuevos elementos prefabricados o el montaje de elementos 2D (premontados en obra o fuera de obra) ya que influyen en la manera de programar la obra no solo en el momento de montaje sino previendo (LPS) el momento en el que se debe tener resuelto por la DF todos los detalles para proceder a realizar el pedido para la fabricación, considerando la relevancia del transporte, la posibilidad de almacenamiento en obra, medios auxiliares para su montaje... Incluso cuando integramos módulos 3D o prefabricados, como pueden ser baños dentro de una obra, con zonas donde se construye de manera tradicional tiene mucha relevancia en la planificación el momento de puesta en obra, la afección de las instalaciones,...

Así como el jefe de producción en fábrica controla la planificación de la producción de módulos, la secuencia de fabricación, la calidad y logística hacia obra, el jefe de instalaciones coordina acometidas, sistemas domóticos, energías renovables, SUDS, integrando sus actividades con la secuencia de montaje y anticipando interferencias, en obra estas figuras, debido a que la industrialización de la construcción gana cada vez más peso.

Otro factor que influye en la evolución que está sufriendo la planificación de la obra es el avance que han tenido las instalaciones (figura 6). Desde la fase de proyecto la ingeniería adquiere gran relevancia en el diseño y posterior control de instalaciones de la obra (aeroterminia, domótica, solar...). La influencia del cambio climático hace que se prevean e incorporen los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS), pavimentos drenantes, cubiertas aljibe (figura 7),... Todos estos nuevos sistemas y aplicaciones requieren de un conocimiento y previsión para su encaje en la programación global de la obra.



Figura 6. Vista de la cubierta de un edificio con recuperadores, climatizadores, paneles solares. Fuente propia.

Con la incorporación de sistemas prefabricados y el mayor peso de las instalaciones en los nuevos proyectos, las figuras de jefe de producción en obra o jefe de instalaciones adquieren responsabilidad y carga de trabajo.

Todos estos condicionantes adquiere especial relevancia cuando la actuación implica la rehabilitación de un edificio, donde van a coexistir elementos de construcción tradicional con elementos novedosos que en la mayoría de los casos no está pensados para una puesta en obra en edificios preexistentes.

Todo este conjunto de variables nos obliga a realizar una planificación detallada de cada actuación, conocer y analizar las interferencias de los diferentes sistemas constructivos y realizar una previsión pormenorizada de los tiempos y pedidos. Para ello es necesaria una formación específica y un dominio de herramientas que facilitan y controlan todos estos procesos.



Figura 7. Vista de una cubierta aljibe del edificio. Fuente propia.

2. HERRAMIENTAS DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL

Debido a la evolución de la manera de planificar las obras, es necesario incorporar las nuevas herramientas de planificación que involucran a todos los intervinientes y analizan los procesos desde la fabricación Last Planner System (LPS) (Shehab, 2023) y las herramientas para controlar el alcance, tiempo, costes y determinar la ruta crítica como Microsoft Project (figura 8) o Primavera P6 para obtener cronogramas tipo Gantt.

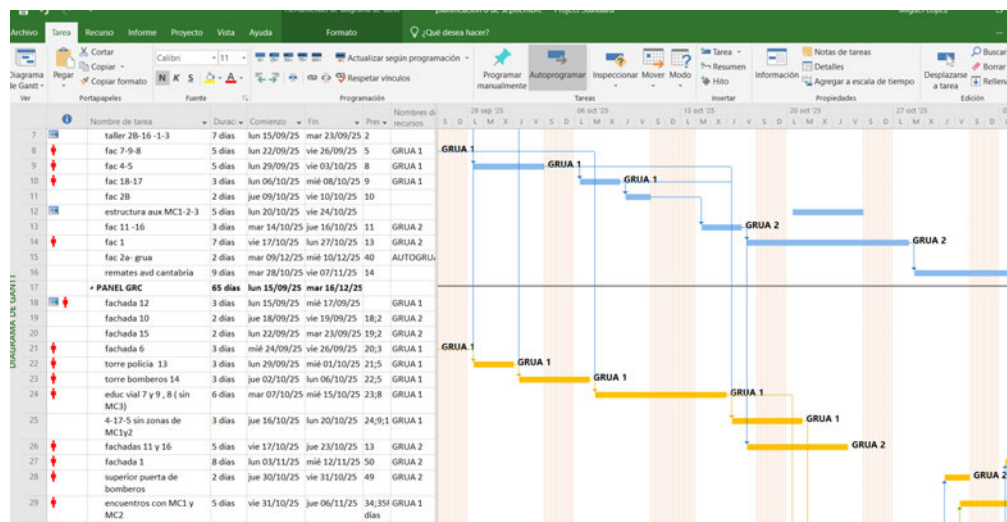


Figura 8. Ejemplo de cronograma tipo Gantt realizado con Microsoft Project. Fuente propia.

De este modo, se tienen en cuenta los factores que influyen en los tiempos de la puesta en obra de los diferentes elementos: diseño → fabricación off-site → transporte → montaje, así como pedidos y logística, y control económico. Mediante indicadores de fiabilidad y flujo nos permiten medir las desviaciones y mejorar la planificación.

Otro de los aspectos que condiciona la labor del jefe de obra, y debe controlar en todo momento, es el análisis continuo de la viabilidad económica de la misma, así como los desvíos que pueden ocurrir durante la ejecución.

Si partimos de un estudio económico inicial para ofertar la obra, en el momento de la adjudicación se analiza la obra, las diferentes partidas, desde los escenarios Actual – Previsto – Optimo (APO). Este estudio se actualiza según avanza la obra con continuos reestudios económicos.

En obra se debe controlar los costos imputados a la misma de proveedores mediante proformas, albaranes, anticipos, retenciones, así como los gastos directos, indirectos

Para llevar a cabo estos controles económicos nos tenemos que apoyar en herramientas de software integral de obra como pueden ser Prinex o Sigrid (figura 9).

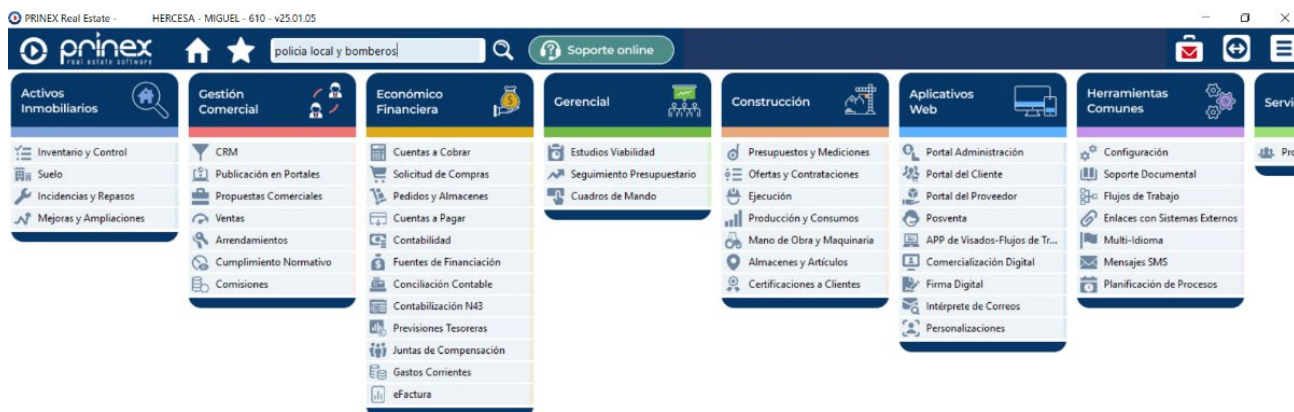


Figura 9. Ejemplo de planificación económica realizado con Prinex. Fuente propia.

La planificación y el control de la obra que se hacía hace 25 años nada tiene que ver con la que se exige hoy en día. Las condiciones del mercado han cambiado sustancialmente y la previsión en los pedidos adquiere gran importancia. Para una correcta planificación se requiere de un conocimiento detallado ya no solo de los procesos de la obra sino de cómo se implementan los nuevos materiales o instalaciones, dependencias o ligaduras, medios auxiliares y puesta en obra. Está adquiriendo una relevancia notable la planificación de la obra y sus consecuencias en los resultados económicos de la misma.

Esta evolución de la industria de la edificación y la aparición de nuevas herramientas de programación y control nos obliga a un aprendizaje continuo para que los técnicos que se forman en nuestras universidades salgan al mercado laboral con la formación y conocimientos de estos nuevos procesos así como de la influencia en la programación y el conocimiento de las herramientas de gestión, diseño y planificación.

3. DISEÑO DE LA EXPERIENCIA DOCENTE

De acuerdo a lo expuesto en los puntos anteriores, se plantea una experiencia docente en la que los alumnos conozcan las nuevas metodologías de programación, para organizar una obra determinada, empleando las nuevas soluciones constructivas.

3.1 Diseño a nivel teórico

Se plantea una primera toma de contacto de los estudiantes con las herramientas que van a necesitar manejar en obra.

- Incluir en la programación de la asignatura de Organización una planificación de obra con herramienta informática, como puede ser Microsoft Project.
- Justificar los objetivos de aprendizaje: enfoque práctico y competencial, basado en el aprendizaje constructivista, donde el estudiante aprende haciendo. Se busca que el alumnado comprenda y aplique los principios de la planificación y gestión de proyectos mediante el uso de una herramienta digital real, propia del entorno profesional.
- Analizar cómo funcionan y que resultados buscan las herramientas de control económico de la obra. Definir de un presupuesto el A.P.O., el estudio económico, reestudio y el modificado de obra.

3.2 Diseño a nivel practico

Con un ejemplo real de obra, en este caso una actuación que se encuentra en proceso de licitación, se plantea el estudio de la misma, determinando la previsión de subcontratas, dependencias y tiempos. Los pasos son los siguientes:

- Plantear un caso práctico real mediante la realización de una planificación de una obra que se encuentra actualmente licitando.
- A través de la plataforma de contratación del estado, analizar un proyecto real y obtener una planificación con la aplicación enseñada (figura 10).

Los estudiantes aprenden haciendo, enfrentándose a situaciones reales del entorno profesional. Desarrollan competencias técnicas al usar Project y al mismo tiempo aprenden de la experiencia práctica.

Al trabajar en grupos, se fomenta la comunicación, la cooperación y la toma de decisiones conjunta, simulando el trabajo en equipo de una obra real (coordinación entre distintos roles técnicos, como: jefe de grupo, jefe de obra y jefe de producción).

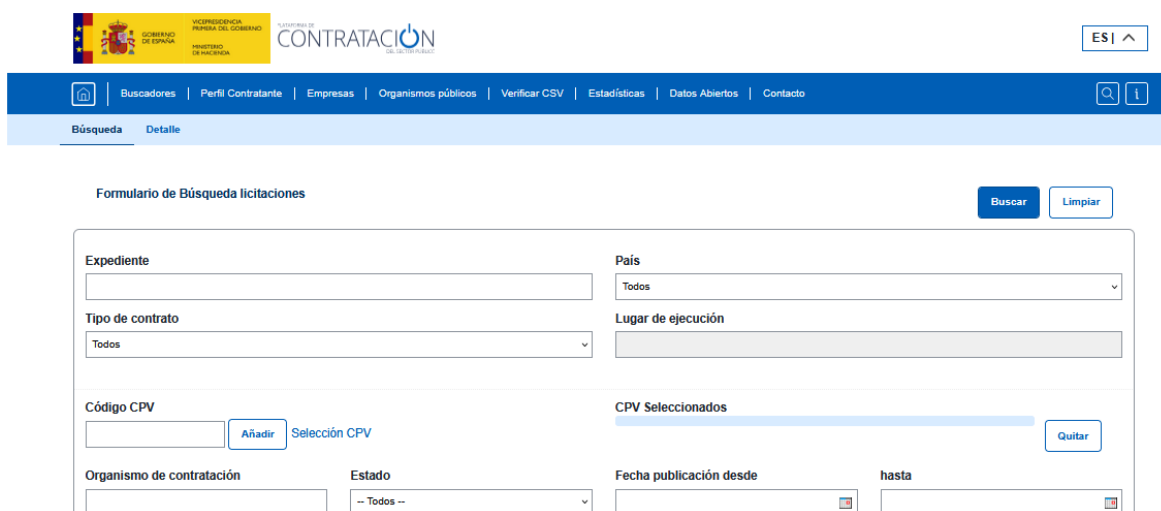


Figura 10. Pantalla de búsqueda de la Plataforma de Contratación del Estado.

4. RESULTADOS Y VALORACIÓN DEL APRENDIZAJE

Una vez completada la experiencia docente, podemos detallar cuales han sido los resultados obtenidos y la valoración del aprendizaje del alumnado.

- Comprender y aplicar los principios de la planificación de obras.
- Manejar eficazmente Microsoft Project para crear, organizar y controlar cronogramas.
- Relacionar teoría y práctica, integrando conocimientos técnicos, económicos y de gestión.
- Trabajar en equipo de forma coordinada, asumiendo distintos roles del ámbito de la construcción.
- Analizar la viabilidad y eficiencia del proyecto, comprendiendo el impacto de las decisiones en tiempos y costes.
- Desarrollar autonomía, pensamiento crítico y responsabilidad profesional en la gestión de proyectos.

5. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Finalmente, como conclusiones y líneas futuras de actuación, podemos plantear las siguientes:

- Resumir el impacto de la experiencia en la innovación docente.
- Formación práctica y real del alumno en sus últimos cursos como puente entre la docencia universitaria y la práctica profesional.
- Proponer ideas para consolidar este tipo de colaboraciones en el currículum de los grados en Edificación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Pham H, Pham T, Dang CN (2022), Assessing the importance of transformational leadership competencies and supply chain learning to green innovation: construction practitioners' perspectives. *Construction Innovation: Information Process Management*, Vol. 22 No. 4 pp. 1138–1154, doi: <https://doi.org/10.1108/CI-03-2021-0037>
- Shهاب, L., Al Hattab, M., Khalife, S., El Samad, G., Abbas, Y., & Hamzeh, F. (2023). Last Planner System Framework to Assess Planning Reliability in Architectural Design. *Buildings*, 13(11), 2684. <https://doi.org/10.3390/buildings13112684>
- Yepes, V. (2022). Gestión de costes y producción de maquinaria de construcción. Universidad Politécnica de Valencia.