

# ENSEÑANZA VISUAL DE PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN. IMÁGENES DE UN CAJON HINCADO.

Fernando González Vidosa

*Ph.D., DIC, Dr. Ing. Caminos, Univ. Politécnica de Valencia, ETS Ing. Caminos - Dpto. Ingeniería Construcción.*

Victor Yepes Piqueras

*Dr. Ing. Caminos, Univ. Politécnica de Valencia, ETS Ing. Caminos – Dpto. Ingeniería Construcción.*

Alberto Domingo Cabo

*Dr. Ing. Caminos, Univ. Politécnica de Valencia, ETS Ing. Caminos – Dpto. Ingeniería Construcción.*

J. Vicente Marti Albiñana

*Ing. Caminos, Univ. Politécnica de Valencia, ETS Ing. Caminos – Dpto. Ingeniería Construcción.*

## **RESUMEN**

El objeto de la comunicación es resumir las innovaciones docentes que están siendo desarrolladas por el grupo de procedimientos de construcción y organización de obras de la ETSICCP de Valencia; y presentar un ejemplo de unidad didáctica fundamentalmente visual. Las innovaciones se centran en el uso extensivo de imágenes de construcción en la docencia de la asignatura de procedimientos.

En la comunicación se resumen las materias y métodos tradicionales de enseñanza de la asignatura troncal de procedimientos de construcción y organización de obras; y se justifica la necesidad del empleo extensivo de imágenes de construcción. Se resume a continuación el plan de toma sistemática de fotografías y videos de construcción que se está realizando por parte de la unidad docente de procedimientos de construcción de Valencia en el marco de un proyecto UPV-PIE (proyecto de innovación educativa de la UPV). El plan incluye el desarrollo de presentaciones informáticas de las imágenes con las que mejorar la docencia de procesos constructivos, maquinaria e instalaciones.

Finalmente, se presenta un ejemplo de resultados del plan de innovaciones docentes. El ejemplo es la secuencia completa y comentada de imágenes de construcción de un cajón hincado construido en la carretera Juncar-Moncófar (Castellón, finalizado en 2002). La secuencia constituye un ejemplo de unidad didáctica visual para la enseñanza aplicada de procedimientos de construcción.

## 1. LA ENSEÑANZA DE PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

La metodología docente universitaria ha evolucionado notablemente en la última década. Los nuevos planes de estudios han supuesto una notable reducción de las horas lectivas de las materias troncales y han abierto los planes a numerosas asignaturas optativas. Por otra parte, el grado de experimentalidad y la consecuente carga de prácticas de laboratorio han aumentado de forma espectacular. En este contexto, la reducción de horas de las troncales ha motivado la casi necesidad del uso de nuevas publicaciones docentes (apuntes) para facilitar el escaso tiempo de estudio disponible por el alumnado. Asimismo, los futuros planes de estudios no sólo reducirán de nuevo las horas lectivas, sino que se basarán en los créditos de trabajo del alumno; presionando más aun en la necesidad de material docente auxiliar que favorezca el autoestudio. Por último, las nuevas posibilidades que ofrecen las presentaciones digitales abren nuevos campos de innovación en materia docente.

La asignatura de procedimientos de construcción es un clásico en los planes de estudios de las distintas escuelas de ingenieros de caminos, siendo obligado mencionar los trabajos del profesor Aracil en la Escuela de Madrid. En el ámbito internacional se corresponde con lo que habitualmente se designa como métodos de construcción, equipos y planificación (Peurifoy y Schexnayder, 2002; Nunnally, 2001; Harris, 1994; Day y Benjamín, 1991). Y en el ámbito nacional con lo que se suele designar como maquinaria de construcción y organización de obras (Díaz del Río, 2001).

En la Tabla 1 se resume el programa de la asignatura en la Escuela de Valencia. El temario se estructura en dos bloques. El primero de métodos y maquinaria de construcción se resume en reconocimiento y mejora del terreno; excavaciones mecánicas y voladuras; tratamiento de áridos; compactaciones y extendido de firmes; maquinaria auxiliar; equipos de elevación; cimentaciones y entibaciones; hormigones y estructuras; y costes y producción de equipos. Y el segundo bloque es el de organización y planificación de obras. El hilo conductor del primer bloque se entiende mejor siguiendo las fases de construcción de una obra paradigmática en la ingeniería civil: la construcción de un tramo de carretera. Se comienza con el reconocimiento y mejora o no del terreno. Se continúa con el movimiento de tierras, excavaciones con medios mecánicos o con explosivos de trincheras y túneles. Los productos útiles de las excavaciones se emplean para la formación y compactación de terraplenes. Los productos de voladura pueden procesarse en instalaciones de tratamiento de áridos para la fabricación de zahorras y áridos para hormigones y aglomerado asfáltico. Paralelamente se ejecutan las estructuras, generalmente de hormigón, que puede fabricarse en planta montada en obra. Las estructuras conllevan la ejecución de cimentaciones, el montaje de cimbras y encofrados, transporte y puesta en obra del hormigón; así como el montaje de prefabricados con equipos de elevación. Finalmente se procede al extendido de firmes procedentes de planta propia o externa. El bloque se complementa con equipos auxiliares (bombas, compresores, equipos de ventilación) y con el estudio de costes, producción, mantenimiento y fiabilidad de equipos.

La metodología docente que se emplea es la de clases descriptivas de los distintos equipos y métodos de construcción en las que se emplea abundante material docente con imágenes. Estas clases descriptivas se complementan con ejercicios prácticos, videos de obras y visitas a obra. Según se ha citado anteriormente, la escasez de tiempo nos ha llevado a renovar en estos últimos años el material docente para facilitar el autoestudio por parte del alumnado (véase Vidosá, Yepes, Martí, Domingo; 1997-2003). Nuestra intención es completar con

<b>PARTE A. METODOS Y MAQUINARIA DE CONSTRUCCION</b>	
<b>1. INTRODUCCION</b>	Tema 1. Introducción.
<b>2. SONDEOS Y MEJORA DE TERRENOS</b>	Tema 2. Sondeos y perforaciones. Tema 3. Mejora de terrenos.
<b>3. EXCAVACIONES Y VOLADURAS</b>	Tema 4. Movimiento de tierras. Generalidades. Tema 5. Movimiento de tierras. Equipos. Tema 6. Equipos de transporte. Tema 7. Equipos de dragado. Tema 8. Explosivos y accesorios de voladura. Tema 9. Voladuras de rocas. Tema 10. Voladuras especiales y demoliciones. Tema 11. Métodos y equipos de excavación en túnel.
<b>4. TRATAMIENTO DE ARIDOS</b>	Tema 12. Extracción y transporte de áridos. Tema 13. Tratamiento y almacenamiento de áridos.
<b>5. COMPACTACIONES Y FIRMES</b>	Tema 14. Compactación. Suelos y ensayos. Tema 15. Equipos de compactación. Tema 16. Extendido de firmes.
<b>6. MAQUINARIA AUXILIAR, COMPONENTES Y EQUIPOS DE ELEVACION</b>	Tema 17. Maquinaria auxiliar. Tema 18. Componentes mecánicos. Tema 19. Maquinaria y equipos de elevación.
<b>7. CIMENTACIONES Y ENTIBACIONES</b>	Tema 20. Cimentaciones superficiales y profundas. Tema 21. Entibaciones.
<b>8. HORMIGONES Y ESTRUCTURAS</b>	Tema 22. Fabricación de hormigones. Tema 23. Transporte y colocación de hormigones. Tema 24. Cimbras, andamios y encofrados. Tema 25. Prefabricados de hormigón. Tema 26. Construcción de obras de fábrica.
<b>9. COSTES Y PRODUCCION DE EQUIPOS</b>	Tema 27. Mecanización de las obras. Tema 28. Costes de la maquinaria. Tema 29. Producción de los equipos. Tema 30. Mantenimiento y fiabilidad de los equipos.
<b>PARTE B. ORGANIZACION Y PLANIFICACION DE OBRAS</b>	
<b>10. ORGANIZACIÓN Y PLANIFICACION</b>	Tema 31. La organización de las obras. Tema 32. Planificación y control de obras (I). Tema 33. Planificación y control de obras (II). Tema 34. Seguridad e higiene. Tema 35. Aseguramiento de calidad.

**Tabla 1. Temario asignatura Procedimientos de Construcción ETSICCP Valencia.**

publicaciones docentes renovadas el total del temario en los próximos años, para con ello facilitar la adaptación a la nueva situación del futuro plan de estudios, que, según lo dicho, favorecerá el autoestudio por parte del alumno. En lo que respecta al uso de videos de obra, es fácil entender que acercan las obras al alumno, dando una visión realista de cómo se construye y de cuál será su labor profesional. Por ello, también hemos hecho un esfuerzo de captación y catalogación de videos de obra, contando en la actualidad con una biblioteca de videos, en su mayoría de constructoras, siendo obligado agradecer las facilidades dadas por FCC, Ferrovial y Dragados. Por último, las visitas a obra, que siendo muy deseables, las tenemos que reducir a una visita general a obra, generalmente un tramo de autovía en construcción, dado el elevado número de alumnos con el que contamos. (En las asignaturas optativas, e.g. Pequeñas Obras de Fábrica, el número de alumnos es reducido y podemos realizar varios viajes de visita de obra.)

La principal innovación docente en curso se centra en la confección de secuencias visuales completas de construcción paso a paso. Entre las unidades visuales ya realizadas se encuentran la secuencia de construcción de un cajón hincado que se presenta en el tercer apartado (ver Figuras 1-2); la secuencia de construcción de un paso superior pretensado; y la secuencia de construcción de un viaducto de vigas pretensadas con pilas también prefabricadas. El interés de estas unidades se centra en que describen visualmente una construcción paso a paso, por lo que suscitan un gran interés en el alumnado. Se proyectan las imágenes una a una y se va describiendo cómo se construye una unidad estructural. De esta forma el alumno recibe en una clase la mayor parte de la información relevante que hubiera adquirido con una estancia de semanas o meses en obra. Estas unidades aventajan a las visitas a obra en que el alumno no recibe una foto fija de un instante de la construcción de un elemento sino el proceso completo paso a paso. Por otra parte, también aventajan a los videos de obras porque se detalla en mayor profundidad las fases de construcción. La confección de estas unidades visuales requieren una toma sistemática de imágenes de obra que se detalla en el siguiente apartado.

## **2. PLAN TOMA DE IMÁGENES DE CONSTRUCCION**

La docencia en laboratorios es una parte fundamental de las enseñanzas en ingeniería civil, puesto que acercan los conocimientos teóricos-prácticos a la realidad. Así, por ejemplo, el profesor de puertos explica los conceptos teóricos de oleaje, realiza ejercicios prácticos y finalmente en el laboratorio se simula la acción del oleaje contra un dique u otro elemento portuario. En el caso de procedimientos de construcción el equivalente al laboratorio son las propias obras. De ahí la importancia de los videos de obras y de las visitas a obra.

Las limitaciones de los videos de obra y de las visitas nos llevaron hace unos pocos años a comenzar un plan sistemático de toma de imágenes y videos de obra con el fin de poder acercar las obras (nuestro laboratorio) a la docencia. Téngase en cuenta que los videos de obra, siendo muy interesantes en cuanto que describen obras completas, no detallan secuencias sencillas de operaciones de construcción, e.g. secuencia de formación y compactación de un terraplén. En cuanto a las visitas de obra, nos encontramos con dos dificultades importantes. La primera, el elevado número de alumnos de la asignatura troncal de procedimientos, que imposibilita una adecuada organización de pequeños grupos a los que poder llevar y dar explicaciones in situ de



**Fig. 1 Fases de construcción sobre solera de un cajón de hormigón armado.**

las construcciones. Y en segundo lugar, las crecientes dificultades que por motivos de seguridad interna de las propias obras imposibilitan las visitas salvo en grupos muy reducidos.

El objetivo de la toma de imágenes es desarrollar una base de datos propia de imágenes y videos digitales para utilizarla en la docencia de procedimientos de construcción. El principal uso docente que se le puede dar a la base es el de extraer secuencias completas de imágenes de procesos como el que aquí se presenta en el siguiente apartado. Y entre los usos secundarios que se le puede dar está la toma de imágenes propias para publicaciones docentes o acceder en clase via intranet a determinadas imágenes-videos.

El desarrollo del trabajo lo realizan los propios profesores y un becario concedido por la UPV para este proyecto de innovación docente, PIE-12041C, que se encuentra en su segundo año. El trabajo consiste en visitar 5-6 obras al año, generalmente tramos de carretera, en varias ocasiones y tomar fotografías-videos digitales de operaciones, equipos, instalaciones, etc. Las imágenes se catalogan con un código del tipo por el DEFnnn; donde DE identifica la obra, e.g. AG para las imágenes de la carretera Juncar-Moncofar; F subidentifica, e.g. AGB para el cajón hincado bajo ferrocarril de la carretera Juncar-Moncofar; y nnn es un número de 1 a 1000. Al trabajo de profesores y becarios se suman las aportaciones de los alumnos que desarrollan ejercicios de fin carrera mediante estancias en obras. Actualmente contamos con unas 1000 Mb. de imágenes-videos digitales catalogadas con el sistema descrito y repartidas en 16 obras.

La mayor parte de las imágenes tomadas hasta la fecha son de ejecución de estructuras, fruto de lo cual se han podido extraer las secuencias completas de construcción del cajón hincado del siguiente apartado, de un paso superior pretensado y de un viaducto de vigas pretensadas con alzados también prefabricados (véase Vidoso et al., 2003). En el futuro se prevee ampliar la base datos con secuencias de movimiento de tierras y excavaciones: ejecución de un terraplén, excavación de una trinchera, preparación de una voladura, etc; así como con imágenes de cualquier otro tipo de proceso constructivo, según los tipos de obra a los que tengamos acceso.

### **3. IMÁGENES DE CONSTRUCCION DE UN CAJON HINCADO**

La secuencia completa de imágenes de construcción del cajón hincado de la carretera Juncar-Moncofar se presente en forma de mosaicos en las Figuras 1 y 2. Las imágenes son un extracto de los varios cientos de imágenes tomadas por Juan González Gil con motivo de su ejercicio final de carrera (“Colaboración en la ejecución del cajón empujado bajo la línea ffcc Valencia-Teruel PK 2+750 carretera Juncar-Moncofar (Castellón)”, EFC tipo III, titulación ITOP Transportes, ETSICCP Valencia, Marzo 2002). Es obligado agradecer la colaboración de Juan González y las facilidades dadas por el Ministerio de Fomento y la UTE AZVI-LUBASA. De los cientos de imágenes tomadas se extrajeron las aproximadamente 70 imágenes que forman la unidad visual de construcción paso a paso de un cajón hincado. En la Figura 1 se detalla la secuencia de construcción del cajón previa a su empuje e hinca bajo las vías que se detalla en la Figura 2.

Las imágenes de la Figura 1 se corresponden con la construcción del cajón. De entre las diferencias entre este tipo y los cajones ejecutados en su ubicación definitiva cabe destacar las





**Fig. 2 Fases de apeo de vía, empuje del cajón y excavación de tierras.**

siguientes: ejecución de una solera de deslizamiento, ejecución de un muro de reacción de los esfuerzos de empuje, ejecución de muretes laterales de guiado en planta del cajón, y geometría acuñada y refuerzos de bordes de ataque. En las fases comunes a todo tipo de cajones nos encontramos con ejecución de solera; ferrallado, encofrado y hormigonado de hastiales; y cimbrado, encofrado, ferrallado y hormigonado de la losa superior.

Las imágenes de la Figura 2 son específicas de los cajones hincados. Las principales fases son sustitución de traviesas y apeo longitudinal de vía con paquetes de carriles; colocación de vigas de maniobra sobre el cajón; empuje mediante gatos apoyando en el muro de reacción; extensión de la carrera de los gatos mediante vigas y columnas auxiliares; excavación de tierras; rozas y avance de vigas de maniobra; hormigonado de contrasoleras; apoyo provisional de vía sobre bloques de hormigón y traviesas de madera; retirada de vigas de maniobra; y reposición de balasto, traviesas y bateado.

#### 4. CONCLUSIONES

- Los nuevos y futuros planes de estudio reducen las horas lectivas de asignaturas troncales como procedimientos de construcción, lo que nos lleva a la necesidad de renovar y completar las publicaciones docentes con el objeto de promover el autoestudio por parte del alumnado.
- La confección de una base de datos de imágenes y videos de obra mejora la docencia práctica de procedimientos de construcción al permitirnos acercar las obras a la enseñanza de procesos constructivos.

#### Bibliografía

- PEURIFOY y SCHEXNAYDER** (2002), "Construction planning, equipment and methods", 6ª ed., Ed. McGraw-Hill, 669 pp, ISBN 0071122575.
- NUNNALLY** (2001), "Construction methods and management", 5<sup>th</sup> ed., Ed. Prentice Hall, 549 pp, ISBN 0130859621.
- HARRIS** (1994), "Modern construction and ground engineering equipment and methods", Ed. Prentice Hall, 650 pp, ISBN 0582236576.
- DAY y BENJAMÍN** (1991), "Construction equipment guide", 2nd ed., Ed. Wiley, 437 pp., ISBN 0471888400.
- DIAZ DEL RIO** (2001), "Manual de maquinaria de construcción", Ed. McGraw-Hill, 749 pp., ISBN 84-481-3028-6.
- VIDOSA, YEPES, MARTI, DOMINGO** (2002), "Temas de procedimientos de construcción. Equipos de movimiento y transporte de tierras", UPV, SP.UPV.2002.738, 119 pp.
- VIDOSA, YEPES, DOMINGO y MARTI** (2003), "Temas de procedimientos de construcción. Métodos y equipos de compactación", UPV, SP.UPV.2003.233, 75 pp.
- VIDOSA, MARTI, YEPES y DOMINGO** (2003), "Imágenes de construcción de pasos superiores, puentes de vigas y cajones hincados", UPV, SP.UPV.2003.342, 102 pp.
- MARTI, VIDOSA, YEPES y DOMINGO** (2003), "Temas de procedimientos de construcción. Extracción y tratamiento de áridos", UPV, SP.UPV.2003.165, 82 pp.
- MARTI, VIDOSA, YEPES y DOMINGO** (2003), "Temas de procedimientos de construcción. Mejora de terrenos", UPV, SP.UPV.2003.844, 52 pp.
- MARTI, VIDOSA, YEPES y DOMINGO** (2003), "Temas de procedimientos de construcción. Métodos y equipos de excavación de túneles", UPV, SP.UPV.2003.835, 52 pp.
- MARTI** (2001), "Empleo de explosivos. Voladuras, canteras, demoliciones", UPV, SP.UPV.2001.942, 83 pp.
- YEPES** (1997), "Equipos de movimiento de tierras y compactación. Problemas resueltos", UPV, SP.UPV.1997.439, ISBN 8477215510, 253 pp.