

## PROGRAMAS OFICIALES DE LAS ASIGNATURAS

ASIGNATURA:	ESTÉTICA DE LA INGENIERÍA CIVIL			
TITULACION:	Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos (Plan Estudios BOE nº54 de 4/3/02)			
DEPARTAMENTO:	EXPRESION GRAFICA ARQUITECTONICA Y EN LA INGENIERIA <a href="http://expresiongrafica.ugr.es/">http://expresiongrafica.ugr.es/</a>			
AREA DE CONOCIMIENTO:	EXPRESIÓN GRÁFICA EN LA INGENIERÍA			
CARGA DOCENTE:	4,5 créditos	Teoría:	3 créditos	
		Práctica:	1,5 créditos	
CURSO:	1º			
CUATRIMESTRE:	<input type="checkbox"/> Primer cuatrimestre <input checked="" type="checkbox"/> Segundo cuatrimestre <input type="checkbox"/> Anual			
TIPO:	<input type="checkbox"/> Irónica <input checked="" type="checkbox"/> Obligatoria <input type="checkbox"/> Optativa <input type="checkbox"/> Libre configuración			
PRERREQUISITOS y RECOMENDACIONES:	NINGUNO			
PROFESOR/ES RESPONSABLE/S: Incluir email y dirección de contacto para tutorías	ISABEL BESTUE CARDIEL <a href="mailto:ibestue@gmail.com">ibestue@gmail.com</a> ETSICCP. Edificio Politécnico, 4ª planta, despacho 58			
PROFESOR/ES COLABORADOR/ES:	NINGUNO			
PRESENTACION:	<p>La asignatura de Estética de la Ingeniería ha formado parte de todos los planes de estudios en la formación de los Ingenieros de Caminos desde sus orígenes. La necesidad de conocer el acervo histórico-técnico sobre el que se cimenta la actual ingeniería y la posibilidad de reflexionar y profundizar en la importancia de las posibilidades estéticas de las obras públicas en relación con su utilidad social, hacen de esta asignatura un pilar fundamental a tener en cuenta en los primeros años de formación de los futuros Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.</p>			
OBJETIVOS:	<p>Proporcionar al alumno los instrumentos básicos para poder desarrollar una visión crítica sobre los valores estéticos de las obras públicas. Desarrollar en el alumno una percepción y sensibilidad estética que pueda aplicar en su vida profesional. Proporcionar al alumno los conocimientos históricos generales específicos de la evolución de la ingeniería, de modo que puedan serle de utilidad en su vida profesional.</p>			
ACTIVIDADES Y HORAS DE TRABAJO ESTIMADAS	<u>ACTIVIDAD</u> Lecciones magistrales Prácticas Exámenes Talleres (otros) Total	<u>Horas Clase</u> x	<u>Horas estudio</u> y	<u>Total</u> X+y
SISTEMA DE EVALUACION: (incluir criterios de calificación)				



## PROGRAMAS OFICIALES DE LAS ASIGNATURAS

Examen general final y trabajos específicos de los diferentes temas, desarrollados por los alumnos a lo largo del curso. Se valorará también la asistencia y participación en clase.

Las prácticas de la asignatura se intercalarán con las clases teóricas. Se realiza un viaje de estudios con los alumnos para conocer directamente algunas de las obras más insignes de la ingeniería de la antigüedad.

### PROGRAMA RESUMIDO:

El programa resumido de la asignatura se estructura en torno a 30 temas que son los siguientes:

Tema 1. Ingeniería y Naturaleza. Forma y construcción. Estética. Tema 2. Obras en Egipto y Mesopotamia. Tema 3. La talasocracia en la Grecia Clásica. Los puertos. El mundo helenístico. Ptolomeos y Atálidas. Tema 4. Roma. Nuevos materiales y técnicas constructivas. Tema 5. El agua en la ciudad romana. Acueductos para la ciudad, el riego y la industria. Tema 6. Las calzadas romanas. Tema 7. Los ríos y los puentes. El arco de dovelas. Tema 8. Grandes cubiertas. Bóvedas y cúpulas romanas. Tema 9. Los puertos y los faros. Tema 10. La estética del mundo medieval. Tema 11. El agua en el Islam y la Cristiandad Medieval. Tema 12. La revolución de los molinos de agua y viento. Tema 13. Los caminos y los puentes medievales. Puertos y atarazanas medievales. Tema 14. Los ingenieros renacentistas precursores. Tema 15. La organización de las obras en el Renacimiento. Tema 16. Los nuevos caminos de España y América. Tema 17. Los Austrias. Puentes del Viejo y el Nuevo Mundo. Tema 18. El mundo portuario hispánico durante los Austrias. Tema 19. Abastecimientos de agua en época de los Austrias. Tema 20. Los ingenieros de la Ilustración. Tema 21. Abastecimientos de agua, regadíos e industria. Tema 22. Canales de navegación interior. Los puertos de la Ilustración. Diques secos. Tema 23. El siglo XIX. Ingeniería y Sociedad. Tema 24. Las carreteras y los puentes del siglo XIX. Tema 25. El ferrocarril en el siglo XIX. Tema 26. El siglo XX. Las grandes presas. Tema 27. Grandes cubiertas en el siglo XX. Tema 28. Puentes y acueductos de hormigón armado. Tema 29. Puentes pretensados, metálicos y mixtos. Tema 30. Puentes colgantes y atirantados.

### PROGRAMA DETALLADO: (contenidos y distribución en créditos de la carga lectiva)

#### BLOQUE I. Temas 1, 2, 3 (0,3 créditos)

##### Tema 1. Ingeniería y Naturaleza. Forma y construcción. Estética

**Objetivos:** En este primer contacto con los alumnos se busca llevar a cabo una reflexión previa acerca de la relación poliédrica entre la Ingeniería y la Naturaleza.

**Contenidos:** Las diversas percepciones entre ingeniería y naturaleza a lo largo de la historia. Del "homo faber" frente a la Naturaleza hostil a la idea de una Naturaleza débil que presagia el nacimiento del pensamiento ecológico.

La construcción de dólmenes y sus significados iconográficos e iconológicos. Las "antas" de la Península. Talayots y navetas.

**Prácticas:** Se realizará un viaje de estudios a los dólmenes de Antequera.

##### Tema 2. Obras en Egipto y Mesopotamia

**Objetivos:** Mostrar la génesis de las más antiguas obras de ingeniería hidráulica, su relación con el territorio en que se desarrollan y su carácter simbólico y práctico. Se trata de mostrar la riqueza y diversidad de grandes obras de ingeniería alejadas del mundo occidental, para tratar de evitar que el alumno perciba una visión excesivamente europeísta o nacionalista, algo casi inevitable a partir del mundo renacentista.

**Contenidos:** Las redes de canales del Egipto de los faraones y su relación con la escritura jeroglífica. Ideogramas de nomos y nomarcas. El control de las crecidas del Nilo. El Nilómetro de la isla de Elefantina. Las obras de regadío del faraón Amenemhet III (1842-1797) en el lago Meris, sus esclusas ("kataskeuasma", "kleithra") y el palacio llamado "EL Laberinto". Las presas y canales de regadío de Mesopotamia. Hammurabi (1792-1750) y su legislación relacionada con el agua. Estratagemas hidráulicas en Babilonia. Las obras de canalización y regulación del río Éufrates. Los lidios y sus leyes para mantener limpias las aguas de los ríos. El filósofo e ingeniero hidráulico Tales de Mileto (h. 624 - h. 546). Canales construidos para facilitar el transporte de personas y mercancías. El Canal Real de Mesopotamia. La gran obra para la navegación fluvial, el canal que unió el Nilo y el Mar Rojo. Las primeras grandes obras de encauzamiento del Éufrates.

##### Tema 3. La talasocracia en la Grecia Clásica. Los puertos. El mundo helenístico. Ptolomeos y Atálidas

**Objetivos:** Dar a conocer, de una manera sucinta, la aportación estética en el campo de la ingeniería y de la construcción de estos pueblos que durante siglos conviven, se enfrentan y se influyen en sus valores morales y estéticos. Las obras de navegación fluvial, clave para el desarrollo del comercio en el Mundo Antiguo.

**Contenidos:** La orientación del sistema productivo de Atenas y la Jonia hacia el comercio marítimo. Obras ingenieriles promovidas por Polícrates de Samos (535-522 a. C.). Construcción del canal navegable de Actium. Pericles y la Pentecontecia de Atenas. Construcción de la Acrópolis y el puertos del Pireo. Heródoto de Halicarnaso e Hipódamo de Mileto. La nueva estética de las ciudades helenísticas. Alejandro Magno y Alejandría. Sus obras públicas. La isla de Pharos. Los reyes Atálidas y

## PROGRAMAS OFICIALES DE LAS ASIGNATURAS

la Biblioteca de Pérgamo. Eumenes II (197 - 159 a.C.) y el abastecimiento de agua a la Acrópolis de Pérgamo. El sifón de plomo de Madradag y su enigmático fracaso. Los ingenieros helenísticos: Ctesibio de Alejandría, Filón de Bizancio, Herón de Alejandría y Arquímedes de Siracusa. Sus grandes inventos: bombas aspirantes impelentes, grúas, polipastos, tornillos o caracoles para subir agua.

### BLOQUE 2. Temas 4, 5, 6, 7, 8 y 9 (créditos 1, 5)

#### Tema 4. Roma. Nuevos materiales y técnicas constructivas

**Objetivos:** Mostrar los cambios de escala que la invención del arco de dovelas y la generalización del hormigón introducen en el campo de la ingeniería civil y la construcción. Asimismo señalar los distintos materiales de construcción en las obras públicas y su efecto estético.

**Contenidos:** El arco de medio punto construido con dovelas sueltas de piedra etrusco. Categorías de quienes trabajaban la piedra: el sculptor, el marmorarius, el lapidarius. Los diferentes sistemas de aparejos romanos u opus.

El uso de la madera en techumbres, encofrados, construcción de ataguías y encofrados correspondía a los carpinteros o fusteros. El opus caementicium u hormigón de cal romano. El hormigón hidráulico romano. Los morteros impermeabilizantes u opus signinum. El funcionamiento de las corporaciones o gremios (Collegium) de los diferentes oficios: lapidarii, structores, tignarii, aquarii, fabri ferrarii, vecturarii y ratiarii.

#### Tema 5. El agua en la ciudad romana. Acueductos para la ciudad, el riego y la industria

**Objetivos:** Mostrar al alumno el papel que desempeña el agua en la organización y vida cotidiana de una ciudad romana, dando pie a comentar aspectos relacionados con la planificación urbanística y la ingeniería civil. Mostrar la gran diversidad tipológica de las grandes obras de ingeniería hidráulica romana y su relación con el territorio en el que se asientan. Aspectos estéticos de los acueductos romanos. Mostrar la extraordinaria percepción espacial y dominio del territorio que requieren obras de este tipo. Hacer una valoración estética de las arcuaciones (acueductos elevados sobre arcadas) y de los castella o depósitos de distribución de agua. Mostrar el uso - por vez primera en la historia - del agua al servicio de la industria (molinos hidráulicos) y de la minería del oro ("ruina montium"). Resaltar la importancia patrimonial de este tipo de obras, aparentemente modestas, pero que son clave para la historia de la tecnología.

**Contenidos:** La traza de una nueva urbs definida por el agrimensor o gromaticus. La ubicación del castellum aquae en la ciudad para el reparto de agua a los barrios. El erogatio aquarum o reparto de las aguas. El tratado hidráulico de Frontinus. Los diferentes sistemas de abastecimiento de aguas: puteus, aquaeductus, etc. Trazado y construcción de los acueductos. Sistemas especiales en los acueductos romanos: sistemas de captación de agua, pozos de disipación de energía, sifones, túneles, arcadas, desarenadores, decantadores, etc. Sistemas constructivos en los acueductos. Ejemplos emblemáticos: Mérida, Segovia, Córdoba, Cádiz. Variedad y belleza de las presas romanas. Técnicas constructivas. Ejemplos emblemáticos: Proserpina y Cornalvo. El reparto del agua en la ciudad: ninfeos, fuentes públicas, termas y baños, edificios públicos, casas particulares y redes de saneamiento. La administración del volumen de agua disponible (ubertas). Características comunes de los canales para el regadío y la industria. Plinio el Viejo establece las diferencias entre los corrugi y los aquaeducti. Canales al servicio de la industria. Las factorías de salazones (garum sociorum) de Sexi (Almuñécar). La fabricación de harina. Los molinos hidráulicos de Barbegal. El agua en la minería del oro. Las Médulas de Carucedo (León).

**Prácticas:** Visita optativa a la ciudad de Almuñécar visitando el acueducto-sifón, la Cueva de Siete Palacios y la factoría de garum.

**Viaje de estudios:** a Mérida para visitar las obras hidráulicas romanas más emblemáticas de la Península Ibérica. Acueducto de los Milagros, Conducción Rabo de Buey-San Lázaro, presas de Proserpina y Cornalvo. Se completa el viaje con la visita de obras actuales como las construcciones de nuevas presas, abastecimientos de agua, acondicionamiento de riberas y visita a otras ciudades en el mismo recorrido para conocer otras obras civiles de interés.

#### Tema 6. Las calzadas romanas

**Objetivos:** Mostrar las razones que aconsejaron su construcción - estrategia militar, mejora del comercio, dar cohesión al Imperio, prestigio, etc - y poner de relieve su importancia perdurable y el significado que hoy tienen dentro del conjunto del patrimonio artístico que hay que conservar y poner en valor. Facilitar al alumno la comprensión de lo que significa un viaje por una vía romana, de los vehículos que por las calzadas circulaban, y la señalización y equipamientos con que contaban.

**Contenidos:** Las fuentes antiguas. El Itinerario de Antonino y la recopilación del Anónimo de Ravena. Los vasos votivos de Vicarello. Los estudios arqueológicos del ingeniero de caminos de Eduardo Saavedra en la vía romana entre Uxama (Osma) y Augustobriga (Mur de Ágreda). Vías fluviales complementarias: la salida al mar de Caesaraugusta (Zaragoza) por el Ebro, y la de Hispalis (Sevilla) por el Guadalquivir. Diferentes categorías de calzadas: viae publicae, viae militares, actus y viae

## PROGRAMAS OFICIALES DE LAS ASIGNATURAS

privatae. Vías monumentales: la vía Appia y la vía Augusta. El sistema constructivo de las calzadas romanas. Sistemas excepcionales de construcción de calzadas: La vía Domitiana. Los diferentes modos de viajar en Roma. La señalización de los caminos. EL equipamiento de los caminos.

### Tema 7. Los ríos y los puentes

**Objetivos:** Mostrar la gran diversidad de puentes que se podían construir en el mundo romano, desde los antiquísimos puentes de barcas, a los de madera, resaltando la gran innovación - la más importante hasta la aparición del hormigón pretensado en el siglo XX - de los arcos formados por dovelas de piedra sobre una cimbra. Destacar las aportaciones estéticas de cada una de estas tipologías en función del entorno donde se ubican.

Mostrar los procesos constructivos de un puente en arco, el empleo de las cimbras, para después reflexionar sobre su ubicación, su relación con el territorio y su evolución técnica y estética, exponiendo algunos ejemplos significativos.

**Contenidos:** Los antiguos puentes de barcas. Representaciones que han llegado hasta nosotros. Los puentes de tablero o vigas de madera. Sus limitaciones técnicas. Los puentes formados por arcos de madera. El puente construido por Apolodoro de Damasco sobre el río Danubio en Orsovo (Rumania). Criterios de emplazamiento de un puente de cantería de época republicana sobre un río caudaloso. La cimentación de las pilas y estribos. La construcción de las pilas. El modo de voltear las bóvedas. Ingenios utilizados en la construcción de un puente de piedra. Los puentes de un arco único dominante y los puentes seriados de arcos múltiples. Los puentes de época republicana. El puente romano de Mérida. El puente evolucionado de época imperial. El puente de Alcántara sobre el río Tajo. Otros puentes de origen romano: el puente de Andújar, sobre el Guadalquivir, el puente de Córdoba, también sobre el Guadalquivir; el de Salamanca, sobre el Tormes; el de Zaragoza sobre el río Ebro. Finalmente se planteará la innovación sobre los puentes de piedra rebajados - "arcos de punto hurtado" - centrando la discusión en el puente de Alconétar y sus posibles reconstrucciones.

### Tema 8. Grandes cubiertas. Bóvedas y cúpulas romanas

**Objetivos:** Estimular al alumno en los aspectos estéticos y técnicos de las cubiertas de grandes edificios públicos, mostrando las dificultades que los constructores romanos tenían para resolver el encuentro entre dos bóvedas ortogonales.

**Contenidos:** La construcción de una bóveda de cañón utilizando cimbras según Vitrubio (libro VII, cap. III). El modo de evitar el encuentro de dos bóvedas de cañón ortogonales formando una bóveda de arista. Ejemplos en los anfiteatros de Arlés y Nîmes. Bóvedas de arista tardías de hormigón: las termas de Caracalla o el Coliseo, ambos en Roma. El posible origen hispano de las bóvedas de arista formadas por dovelas de piedra: el arco cuadrifronte de Cáparra (Cáceres). Otras bóvedas de aristas: el teatro de Philippopolis en Chahba (Siria) del siglo III d.C. y la cripta del mausoleo de Teodorico en Rávena (Italia), construida hacia el 530 d.C.

Las cúpulas. La construcción de una cúpula de media naranja de hormigón. Aligeramientos mediante casetones, ánforas y áridos porosos como la piedra pómez. Los óculos cenitales. La cúpula del Panteón de Roma. Su construcción en hormigón aligerado. El interior del Panteón: los casetones de aligeramiento, de gran atractivo visual y decorativo, y la luz difusa del óculo cenital. Las bóvedas de Hispania. Las bóvedas gemelas de los baños medicinales y termales de Alange, aún en servicio. La cúpula del mausoleo paleocristiano de Centcelles, cerca de Tarraco.

### Tema 9. Los puertos y los faros.

**Objetivos:** Mostrar la dualidad que los hombres del mundo antiguo sienten frente al mar, a la vez el medio físico más hostil y difícil de dominar, y la vía de comunicación más barata y conveniente para el comercio a grandes distancias. Señalar la importancia del puerto construido, con sus instalaciones de abrigo (diques) amarre (muelles) y orientación de los navíos (faros).

**Contenidos:** La navegación a remo y a vela. El viento como fuerza motriz. Los nautae o marineros, expertos en el manejo de las velas (incluso del velum del Coliseo). Los puertos heredados: el fenicio de Gádir (Cádiz), el griego de Emporion (Ampurias) y el púnico de Carthago Nova (Cartagena). Las grandes rutas comerciales de Hispania. La ruta del aceite de la Bética por el río Guadalquivir. El monte Testaccio, el mayor monumento al comercio de aceite, vino y garum de la España romana. Las comunicaciones de la Tarraconense con Roma. La navegación de Tarraco al puerto de Ostia. Los barcos y su construcción. El gubernaculum o gobernalle para maniobras. La identidad del barco. El comercio marítimo. La construcción portuaria: los hormigones hidráulicos de puzolana. La vida portuaria. El estudio del fondo marino. Los sondeos con catapirates o escandallo. La construcción de Ostia, el nuevo puerto de Roma. Obras de abrigo de época romana en Hispania. La construcción (hacia los siglos II-I a.C.) del puerto de Emporion (Ampurias). La cimentación en seco, cuando no se disponía de puzolana. Los faros romanos. Elementos comunes al faro de Alejandría e innovaciones técnicas. El faro de Brigantium (La Coruña), el único faro romano del mundo que hoy se mantiene en servicio.

## PROGRAMAS OFICIALES DE LAS ASIGNATURAS

### BLOQUE 3. Temas 10, 11, 12 y 13 (0,5 créditos)

#### Tema 10. La estética del mundo medieval

**Objetivos:** Hacer ver al alumno el abismo que se abre con la desaparición del orden romano en Occidente, mientras que en Oriente, el mundo bizantino no sólo sobrevive sino que lleva a cabo algunas de las obras más notables. Mostrar el florecimiento de al-Andalus bajo la cultura musulmana. Mostrar que el término "Edad Media" en un cajón de sastre que significa cosas muy diferentes en diversos países de Europa, y que en España engloba dos grandes culturas, el Islam y la Cristiandad.

**Contenidos:** Mientras el imperio romano de Occidente sufre un derrumbe y se sumerge en los "siglos oscuros", el mundo oriental o bizantino lleva a cabo obras maestras en el campo de la construcción. La gran catedral de ladrillo de Santa Sofía. Su gran cúpula sobre pechinas. La monarquía asturiana, sus iglesias y palacios. Los arcos con dovelas de clave en "T". Santa María del Naranco. La riqueza cromática del aparejo de piedra y ladrillo; la mezquita de Córdoba y el acueducto romano de Los Milagros. La percepción del espacio y el color en las catedrales góticas. El cuaderno del constructor Villard de Honnecourt. Las Vidrieras. El simbolismo cósmico en los palacios nazaríes de la Alhambra. Los cielos en las Sala de Embajadores y en la Sala de Dos Hermanas. Las cubiertas de madera. Cubiertas de par y nudillo. La carpintería medieval de lo blanco.

#### Tema 11. El agua en el Islam y la Cristiandad Medieval

**Objetivos:** Transmitir al alumno el cambio visual, estético y conceptual del agua en el mundo hispano musulmán. Las mismas técnicas del Mundo Clásico sirven para modificar profundamente la percepción del agua en el Islam.

**Contenidos:** La destrucción y abandono de muchos de los grandes acueductos romanos (Augusta Emerita, Toletum, Caesaraugusta, Gades) y la reutilización parcial de otros (Aqua Augusta que abastecía la Córdoba romana pasa a abastecer a Madinat al-Zahra). La construcción del acueducto de Valdepuentes. La reutilización de sillería romana para nuevas obras. La Alcazaba de Mérida y la construcción de su aljibe. El aljibe (al-yubb) y sus cubiertas. El aljibe de la Casa de las Veletas (Cáceres). El aljibe musulmán del castillo de Jimena de la Frontera (Cádiz) y sus arquillos de aligeramiento. Las bóvedas de ladrillo en las cubiertas de los aljibes del castillo de Martos (Jaén). Los aljibes mandados construir por el conde de Tendilla en la Alhambra de Granada. La cristiandad. La vida monástica. Hospederías y hospitales. El abastecimiento de agua al monasterio jerónimo de Santa María de Guadalupe. Continuidad en la ingeniería del mundo islámico y cristiano. El abastecimiento de aguas a la ciudad de Palma de Mallorca. Los regadíos. El huerto y el jardín. Almunias. Albercas (al-birka) de riego. La cultura del agua en el mundo nazarí. Las paratas y jardines del Generalife en Granada. Ingenios para sacar agua. Las azudas. La gran Albolafia de Córdoba. Azacayas granadinas. La tradición oriental de la noria de tiro. Las técnicas islámicas de regadío y dispersión de avenidas. Las obras de regadío de Jaime I el Conquistador (1208-1276). La construcción de la Acequia Real de Alcira. El azud de Antella y el gran sifón o cano excavado bajo la rambla de Algemesí. La organización territorial del canal principal y los brazales. Su abandono a finales de la Edad Media y su continuación durante la Ilustración.

**Prácticas:** visita opcional a la Alhambra de Granada. En la visita se hará especial hincapié en los aspectos técnicos y conceptuales que son en general menos conocidos, tratando de evitar repetir lo que una persona de cultura media y que vive en Granada ya conoce.

En particular, los abastecimientos de agua, los aljibes, las fuentes, la construcción en tapial, el arte de la lacería, las diferentes tipologías de bóvedas de la Puerta de la Justicia y los múltiples significados del hilal.

#### Tema 12. La revolución de los molinos de agua y viento

**Objetivos:** Ayudar a percibir al alumno la mayor innovación técnica que se produce a lo largo de la Edad Media en Europa, el empleo del agua como fuerza motriz en multitud de procesos industriales. Poner de relieve su importancia en España tanto en los reinos musulmanes como cristianos. Mostrar su integración en el territorio y la elección de la tipología en función del territorio.

**Contenidos:** Los molinos medievales. Elementos constitutivos (caces, cárcavos, rodeznos, ruedas, muelas, etc). Su implantación en el paisaje. Organización de los espacios de riego y molienda. Molinos populares de rodezno. Los molinos en ríos caudalosos. Las aceñas señoriales. Las grandes aceñas de Tordesillas y de Zamora. El molino mudéjar representado en la llamada Arca de San Isidro (La Almudena, Madrid). Las fiestas de san Juan y san Miguel y el uso racional del agua en los fueros. Los molinos de la Baja Edad Media. La evolución de los molinos de rodezno. La aparición del molino de cubo en el siglo XIII. La construcción de la presa del Estanque, en Guadalupe. Molinos de cubo y de regolfo. El mar, los esteros y los molinos de mareas. El patrimonio cultural de los molinos. Otras máquinas hidráulicas medievales rotatorias: molinos de sal, almazaras para el aceite, molinos para blanquear el arroz, ingenios para triturar la caña de azúcar, molinos de alheña. La difusión de ingenios de mazos y levas a partir del siglo X. Batanes de enfundir paños. Martinetes y barquines para la forja del hierro en las ferrerías. Las primeras factorías de papel hispanomusulmanas de Játiva. Los molinos papeleros de Córdoba y la

## PROGRAMAS OFICIALES DE LAS ASIGNATURAS

gran biblioteca de la ciudad. Las sierras de agua de Villar d de Honnecourt (s XIII). El origen oriental de los molinos de viento. De las llanuras ventosas del Sijistán (entre Persia y Afganistán) hasta occidente. Su difusión a través de los Cruzados y del Islam. La introducción del molino de viento en al-Andalus. Su emplazamiento en cerros y lugares eminentes. Su diversidad tipológica - molinos de poste y de torre - y su finalidad. Molinos para triturar cereales y molinos para alumbrar aguas.

### Tema 13. Los caminos y los puentes medievales. Puertos y atarazanas medievales.

**Objetivos:** Mostrar a los alumnos cómo incluso en los momentos en los que se produce una gran ruptura cultural las obras de ingeniería constituyen el esqueleto que proporciona continuidad y cohesión a los territorios a los que sirve, adaptándose a las nuevas necesidades, costumbres y rutas. Mostrar las innovaciones que tienen lugar en la navegación, la organización portuaria y la construcción naval a cubierto, en grandes atarazanas. Mostrar las nuevas rutas comerciales fuera del Mediterráneo, el avance de la cartografía y los nuevos sistemas de orientación debidos a los avances astronómicos y al uso generalizado de la brújula.

**Contenidos:** El culto de los bárbaros al caballo. La aparición del estribo y la herradura clavada y mejora del sistema de atalaje. Toledo capital del reino visigodo. La reconstrucción del puente romano de Alcántara para asegurar las comunicaciones entre la capital (Toledo) y el resto del reino. Los al-balat, caminos que pervivían del mundo romano. Las nuevas calzadas pavimentadas omeyas llamados arrecifes. La red viaria del califato Omeya. Los principales arrecifes que parten de Córdoba. La descripción de los caminos de al-Andalus por El Idrisi en su libro Nazhat al-Mustaq. El imperio almohade. Sevilla capital de al-Andalus; construcción del puente de barcas de Triana y la mezquita mayor con su gran alminar (la Giralda). El emirato nazarí. Los caminos de Granada a sus principales puertos: Málaga, Almería, Algeciras.

Los puentes de la España islámica. El puente califal (s. IX) de Pinos-Puente, sobre el río Cubillas, en Granada. Las posadas o casa de postas (manzil) en los caminos. Las fondas (funduq) en las ciudades importantes. El funduq llamado "El Corral del Carbón" en Granada. Las grandes rutas de la Reconquista cristiana. El Camino de Santiago, "la Kaaba de todos los cristianos". Puente la Reina, donde confluyen los caminos de Roncesvalles y de Jaca. Santo Domingo de la Calzada y Juan de Ortega. Los grandes hitos del camino. La descripción del camino según el Códice Calixtino. Huellas de la difusión de tecnología a lo largo del camino. La ferrería de Compludo (León). Los puentes medievales cristianos. El puente de San Bartolomé o puente del Diablo, sobre el río Llobregat en Martorell. Puentes mudéjares de piedra y ladrillo. El puente de Medina (s. XIV) sobre el río Arevalillo en Arévalo (Ávila). Los puentes fortificados. El puente de Frías sobre el río Ebro (s. XIII). El puente de San Martín sobre el río Tajo en Toledo. La aparición de los arcos rebajados. El Concejo de la Mesta. Las cañadas de la Mesta, que reutilizan antiguos caminos romanos y sobre todo medievales para la trashumancia del ganado.

Los principales puertos de las costas dominadas por los hispanomusulmanes, destacando Málaga, el puerto fluvial de Sevilla y Almería. Los puertos cristianos, comenzando por la extraordinaria importancia comercial del puerto de Barcelona. Los puertos del Cántabrico. Las construcciones de vigilancia y aviso vinculadas a las costas y a los puertos. La señalización de las costas y puertos mediante faros. La importancia de la construcción dentro de naves múltiples cubiertas que reciben el nombre de atarazanas.

**Prácticas:** visita optativa a Córdoba para visitar la Albolafia (azuda en el Guadalquivir), los molinos hidráulicos de rodete restaurados en la ciudad. Los restos de acueductos romanos y musulmanes en Medina Zahara. De camino, se puede realizar una parada en las grúas del Carpio para comprender cómo ha evolucionado en el tiempo el empleo de ingenios de elevación de agua con la mecanización en el renacimiento de estas máquinas. Veremos la gran mole de fábrica que sostenía las ruedas de las grúas del Carpio y que ha pervivido al paso del tiempo.

### BLOQUE 4. Temas 14, 15, 16 y 17, 18 y 19 (1,2 créditos)

#### Tema 14. Los ingenieros renacentistas precursores.

**Objetivos:** Señalar un cambio de época en la que resurgen las grandes obras de ingeniería del mundo clásico. Las vidrieras coloreadas de los rosetones y ventanas góticas se sustituyen por luz blanca, y reaparecen las cúpulas y puentes a la romana. Finalmente señalar la importancia de la imprenta en la transmisión a través del libro, de tratados antiguos y modernos.

**Contenidos:** La obra del arquitecto e ingeniero florentino Filippo Brunelleschi (1377 - 1446). Su diseño de una doble cúpula de ladrillo, que construye sin necesidad de cimbra en Santa María dei Fiori en Florencia. Leon Battista Alberti (1404 - 1472), prototipo del humanismo del Renacimiento. Leonardo da Vinci (1452 -1519) y sus proyectos de ingeniería hidráulica a través de sus cuadernos de notas. Miguel Angel Buonarrotti(1475 - 1564) diseña la cúpula de San Pedro (1557-1558), influida por la de Brunelleschi. El papel y la imprenta permiten en el siglo XVI la difusión como nunca hasta entonces de los saberes antiguos y modernos. En 1486 se publica por primera vez en un libro impreso la obra de Vitruvio, autor romano que conoce múltiples ediciones en toda Europa.

#### Tema 15. La organización de las obras en el Renacimiento.

---

## PROGRAMAS OFICIALES DE LAS ASIGNATURAS

**Objetivos:** En el tema anterior se hizo una introducción general al Renacimiento en Italia; en este, el primero de un conjunto de temas dedicados a la España de los Austrias, se introduce a los estudiantes en el mundo organizativo de las obras públicas, que perdurará de algún modo hasta nuestros días.

**Contenidos:** La formación de los técnicos en los gremios. Contratos de aprendizaje. Las Universidades y el latín. La fundación por Felipe II en Madrid (1582) de la Academia Real Matemática. Los primeros libros de tecnología en lengua castellana. Los manuscritos Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas. La primera edición impresa en castellana de la obra de Vitruvio De Architectura por Miguel de Urrea (1582). Los Teatros o tratados de máquinas.

Después se explicará cómo las obras públicas durante el gobierno de los Austrias (s.XVI y XVII) son financiadas en su mayor parte por los Ayuntamientos o Concejos, a diferencia de las fortificaciones que son financiadas por la Corona. Financiación de las obras públicas. Desarrollo de los proyectos: rasguños, trazas, capitulaciones, mesa de contratación, sistema de subasta, los prometidos y la adjudicación. Organización de las obras.

**Prácticas:** Visita al Palacio de Carlos V de la Alhambra. Representación con los alumnos de una "almoneda" o subasta de un puente en la explanada.

### Tema 16. Los nuevos caminos de España y América.

**Objetivos:** En este primer contacto de los alumnos con América se debe de hacer ver la extraordinaria diversidad de culturas, la dificultad de organizar política y administrativamente los nuevos territorios, y la importancia de asegurar una red de comunicaciones contando con las ya construidas por los pueblos precolombinos. Es importante hacer ver a los alumnos el cambio de escala entre las comunicaciones hasta ahora vistas en Europa, y las que obliga el nuevo mundo ultramarino.

**Contenidos:** El conocimiento de España y América a través de informes y encuestas. Las Relaciones Topográficas de los pueblos de España y las Relaciones Geográficas de Indias, ordenadas por Felipe II. Los nuevos caminos en España y en las Indias. La ruta de los azogues de Almadén a Sevilla. El nuevo camino de las lanas. La orientación en el camino. Los primeros libros impresos con itinerarios españoles. Los Reportorios de Pero Juan Villuga (1546) y Alonso de Meneses (1576). Los primeros caminos carreteros en América. El establecimiento de la primera línea de transporte por carros entre Puebla de los Ángeles y México. Los Caminos de los Virreyes. El Paso del Istmo de Panamá. El Canal del Dique de la Barranca.

### Tema 17. Los Austrias. Puentes del Viejo y el Nuevo Mundo.

**Objetivos:** Hacer vez la nueva estética de los puentes de piedra renacentistas y barrocos, mostrando el contraste entre los puentes levantados en las ciudades y los puentes construidos en parajes fuera de ellas. Señalar el desconcierto de los ingenieros incas ante los puentes en arco formados por piedras sueltas, y el asombro de los ingenieros españoles ante los puentes hamaca o puentes vegetales construidos por los incas.

**Contenidos:** Los puentes urbanos: El puente de Santa Trinità sobre el río Arno en Florencia. Los puentes renacentistas con perfil en "lomo de asno". El suntuoso puente de Rialto. La Nueva Puente Segoviana, construido en Madrid por Juan de Herrera. El nuevo Puente Real en Madrid.

Puentes fuera de las poblaciones: El puente de Almaraz, sobre el cauce del río Tajo. El gran arquitecto y maestro cantero Andrés de Vandelvira (1509 - 1575) proyecta y construye puentes. Los puentes de ariznejas o puentes hamaca construidos por los incas. Puentes colgantes de eslabones de madera.

### Tema 18. El mundo portuario hispánico durante los Austrias.

**Objetivos:** Poner de relieve el contraste entre el mundo portuario establecido y consolidado en la Baja Edad Media y el que se abre en América, indispensable para poder sostener el comercio ultramarino que permite la supervivencia económica y el orden administrativo de la Corona de Castilla. Mostrar las huellas de este nuevo orden, con las ciudades portuarias emergentes en España (Sevilla, Cádiz) y en Indias (Santo Domingo, La Habana, Nombre de Dios, Portobelo, Panamá, El Callao, Cartagena de Indias, Veracruz, Acapulco, etc).

**Contenidos:** La construcción portuaria y el dragado en los manuscritos españoles renacentistas Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas. El ingeniero Juan Bautista Antonelli y las obras entre Toledo y Lisboa en el Tajo. El comercio de especias y granos en las primeras décadas del siglo XVII. Innovaciones en la red de puertos peninsulares. Pasajes y sus astilleros de galeones. La construcción de los dos diques de abrigo de los puertos de Santa Catalina en San Sebastián. Bilbao y Portugalete y la exportación de las lanas de Castilla. Las obras del Muelle del Arenal en Laredo. La construcción de una dársena abrigada en el puerto de Santander en el siglo XVI. La construcción en la segunda mitad del XVI del puerto de Gijón. Sevilla, principal ciudad de España y cabecera fluvial y comercial con las Indias. El comercio hacia América y el del tor naviaje. El Compás de las Naos. El Muelle de las dos Ruedas y del Arenal. Los muelles de Triana: el Muelle de las Muelas, donde se carenaban las embarcaciones. Cádiz, puerto emergente. Los puertos del Mediterráneo. Málaga, puerto exportador de productos agrícolas. El proyecto de su gran dique de abrigo por el ingeniero genovés Fabio Bursoto y su construcción bajo

## PROGRAMAS OFICIALES DE LAS ASIGNATURAS

la dirección del veedor Gerónimo de Pinedo. El puerto de Cartagena, exportador de barrilla y alumbre. El puerto fortificado de Los Alfaques, control de la navegación fluvial por el Ebro. Barcelona, el gran puerto comercial y su atalaya de señales de Montjuich. Las obras del muelle durante los siglos XVI y XVII. La ruta de Indias. El puerto de La Isleta, principal puerto de Gran Canaria. Los puertos de Garachico y de Santa Cruz en la isla de Tenerife. Los puertos del Caribe. El puerto fluvial de Santo Domingo, en la desembocadura del río Ozama. La Habana una bahía abrigada que se transforma en un gran puerto. Nombre de Dios y Portobelo, los puertos para atravesar el Istmo camino del Perú. Cartagena de Indias, puerto de acceso hacia Santa Fe de Bogotá a través del Canal del Dique de la Barranca y el gran río Magdalena, navegable hasta el puerto fluvial de Honda. La red portuaria de la Mar del Sur (Pacífico). Los puertos de la ruta de Asia entre la Nueva España y las Islas Filipinas. Acapulco, principal puerto habilitado para el comercio asiático. El puerto fluvial de Manila, sobre el río Pásig. Panamá, punto de paso del mercurio y de la plata. El puerto natural de Paita. El Callao, puerto de la capital virreinal Lima.

### Tema 19. Abastecimientos de agua en época de los Austrias.

**Objetivos:** Transmitir al alumno la nueva relación de los hombres de los siglos XVI y XVII con el agua en las ciudades, y sus diferencias con las medievales. Exigencia de una mayor calidad - que se pone de relieve en la aparición de los filtros - y de una mayor presencia en el ornato de la ciudad, puesta de manifiesto en las fuentes públicas monumentales. También señalar la aparición de una moda que no nos ha abandonado desde entonces, la de enfriar algunos alimentos y sobre todo las bebidas en verano, dando lugar a unas nuevas obras de ingeniería, los pozos de nieve.

**Contenidos:** Se comenzará hablando de las principales unidades hidráulicas (buey, surco, naranja, real, paja, etc.) que se utilizaban en los diferentes territorios de España y de Ultramar, y de sus equivalencias. Dispositivos de filtrado, como la machina de agua clara del ingeniero Benito de Morales. Los Aljibes de las Peñuelas, en la Plaza de Melilla. Pervivencia de los qanats de tradición islámica en los Viages de Agua de Madrid, los Caños de Carmona de Sevilla, o la Mina del Moro en Baeza. El acueducto de cantería del arquitecto e ingeniero francés Pierres Bedel, en Teruel, de impecable estilo renacentista pero fiel al fuero medieval de Teruel en su exigencia de un nivel de paso peatonal. El acueducto de Zempoala (México) proyectado y construido por el fraile Francisco de Tembleque entre 1543 y 1560. Ingenio para elevar el agua en Toledo, proyectado y construido por el astrónomo, constructor de relojes e ingeniero italiano Juanelo Turriano. Fuentes, pilares y pilarejos. El pilar de Carlos V al pie de la Puerta de la Justicia de la Alhambra de Granada. La Fuente del Rey, en Priego de Córdoba, obra de Francisco del Castillo el Mozo. El Pilar de los Álamos en Alcalá la Real. La Fuente Grande de Ocaña (Toledo). Los pozos de nieve.

**Prácticas:** Visita opcional a Priego de Córdoba, para conocer el funcionamiento de su completo sistema hidráulico. Se visitará también el conjunto de las grúas del Carpio en el Guadalquivir.

Visita a Úbeda, Baeza y Jaén. En la catedral de Jaén se explicarán los valores renacentistas en contraste con los medievales (tanto del gótico como del arte islámico), la construcción de bóvedas baídas en la obra de Vandelvira. Asimismo se visitarán algunos puentes, entre ellos el de Úbeda, poco conocido aunque está bien documentado.

Se visitará asimismo los abastecimientos de agua y las fuentes de Úbeda y Baeza.

### BLOQUE 5. Temas 20, 21 y 22 (0,3 créditos)

#### Tema 20. Los ingenieros de la Ilustración.

**Objetivos:** Introducir a los alumnos es un nuevo periodo histórico - la Ilustración - una nueva organización de la ingeniería - que sigue el modelo de la Francia de los Borbones - y una nueva estética -la del ingeniero-artista - en el que la ingeniería abandona su empirismo y pone las bases del método basado en los conocimientos científicos y en la experimentación.

**Contenidos:** Lo castizo y lo ilustrado. Las artes liberales y las artes mecánicas. La reforma de la ingeniería. Jorge Próspero de Verboom y el nuevo Cuerpo de Ingenieros Militares (1711). La fundación de la Academia de Matemáticas de Barcelona. Las obras de ingeniería civil de los nuevos ingenieros. Sus obras en España, América y Filipinas. Agustín de Betancourt (1758-1824) y sus trabajos de espionaje industrial al servicio de España. Su labor como fundador de dos instituciones científicas de carácter educativo: el Real Gabinete de Máquinas (1792) y la Escuela de Caminos y Canales (1802). El fin de la Ilustración española. Agustín de Betancourt en Rusia. Su obra como ingeniero, urbanista y ministro del zar Alejandro I. Su concepción del arte y la técnica al servicio de las grandes obras de ingeniería.

#### Tema 21. Abastecimientos de agua, regadíos e industria.

**Objetivos:** Transmitir al alumno el relevante papel que juega el agua en las concepciones de gobernantes y técnicos de la Ilustración. Señalar las analogías del "triple uso" del mismo agua para abastecimiento, riego de huertas y fuerza motriz para la industria. Mostrar que por vez primera que superan los grandes logros del siglo XVI, recuperando el gran retraso científico y técnico del siglo XVII.

**Contenidos:** Un obispo ilustrado (José Molina Larios) y un arquitecto (José Martín Aldehuela) construyen el innovador

---



## PROGRAMAS OFICIALES DE LAS ASIGNATURAS

acueducto de San Telmo (1782-1784). Los acueductos de Humaina, Arroyo Hondo y Arroyo Quintana. Las "arcas" o "alcubillas" de estilo barroco. Las grandes presas de regadío en la cuenca del río Guadalentín, precursoras del actual concepto de "hiperembalses". Sus principales artífices: José Moñino (1728-1808), conde de Floridablanca, impulsor de los regadíos de Lorca (Murcia) y Gerónimo Martínez de Lara, arquitecto, proyectista y constructor de las presas del Estrecho de Puentes (1785-1791) - que con sus 50 metros de altura supera a Tibi - y del Estrecho de Valdeinfierno (1785-1806) de 30 metros de altura. Las presas y su entorno. Desagües de fondo y aliviaderos. La rotura por sifonamiento de la presa del Estrecho de Puentes y la catastrófica inundación de Lorca. El origen de la nueva Escuela de Ingenieros de Caminos y Canales de Madrid, especializada en ingeniería civil. Azudes y presas para usos industriales. Pedro Bernardo Villarreal de Bérriz (1669-1740) y su célebre tratado Máquinas hidráulicas de molinos y herrerías y gobierno de los árboles y montes de Vizcaya, publicado en Madrid en 1736. Sus presas de bóvedas escarzanas sobre contrafuertes en el País Vasco. Las presas de Ansotegui, Bedia y Laisota. Las presas de contrafuertes extremeñas para abastecer a molinos hidráulicos. Amador Merino y la presa de Albuera de Feria, terminada en 1747.

### Tema 22. Canales de navegación interior. Los puertos de la Ilustración. Diques secos.

**Objetivos:** Transmitir al alumno la importancia de la construcción de canales de navegación interior para el transporte en un país escasamente dotado de ríos navegables y con escasos caminos carreteros. Mostrar comparativamente las realizaciones europeas -en países menos montañosos y con lluvias menos irregulares- y la extrema dificultad de los dos grandes canales navegables realizados en España durante el periodo ilustrado.

**Contenidos:** Las fuentes de inspiración francesas: el Canal de Midi o Canal de Languedoc (1666-1681) de Pierre-Paul Riquet (1604-1680). El famoso túnel de Malpas. Los gobernantes ilustrados españoles siguen el modelo francés. Zenón de Somodevilla, marqués de la Ensenada. El ingeniero francés Carlos Lemaire (h. 1720-1785) llega a España (1750) y proyecta para la navegación y el regadío el Canal de Castilla (1753) utilizando las aguas del río Pisuerga. La construcción de los tres canales de la "Y". El Ramal del Norte, el Ramal Sur y el Ramal de Campos. Obras singulares del Canal de Castilla. Juan de Homar y el grupo de cuatro esclusas de Frómista. Fernando de Ulloa proyecta el puente-acueducto sobre el río Abánades. El puente de Valdemudo. El astillero de Villaumbrales. El Canal hoy, patrimonio cultural. Obras de mantenimiento. El Canal Imperial de Aragón. La gran labor del ingeniero hidráulico conquense Julián Sánchez Bort (1727-1785). El Canal Imperial de Aragón hoy, una obra pública en servicio y un monumento patrimonio histórico. El fracaso del Canal Navegable del Guadarrama. La construcción defectuosa de la gran presa de El Gasco. El abandono de las obras.

**Prácticas:** Se visitará a primera hora de la mañana el Archivo de Chancillería de Granada, donde se conservan muchos planos de este periodo, relativos a la construcción de puentes y obras hidráulicas. A última hora (o bien por la tarde) se explicarán las innovaciones que presenta el llamado "Puente Verde", uno de primeros puentes rebajados en España, proyectado y construido por Rafael Bauzá, discípulo de Agustín de Betancourt.

### BLOQUE 6. Temas 23, 24 y 25 (0,3 créditos)

#### Tema 23. El siglo XIX. Ingeniería y Sociedad.

**Objetivos:** Poner de relieve el abrupto final de la Ilustración con la Guerra de Independencia y las largas décadas de inestabilidad política y social que alejan a España de los países más avanzados de Europa. Mostrar de una manera global los grandes avances tecnológicos en el campo de la ingeniería civil y de las ideas estéticas.

**Contenidos:** El fin de la Ilustración. La invasión francesa. La clausura del Real Gabinete de Máquinas y de la Escuela de Caminos y Canales de Madrid. La percepción estética de la ingeniería en el mundo romántico. Wolfgang von Goethe (1749-1832) y su interés por las obras de canalización del Rin, llevadas a cabo por el ingeniero hidráulico Johann Gottfried Tulla (1770-1828). La nueva estética del hierro y del acero en puentes y estaciones ferroviarias. Gustave Eiffel (1832-1923) y sus esqueletos para la Estatua de la Libertad en Nueva York y la Torre Eiffel (1887-1889). Sus grandes puentes metálicos: el puente sobre el Duero en Oporto. El viaducto de Garabit sobre el Truyère (Francia). Los pintores impresionistas franceses y su percepción de las grandes obras de ingeniería. Los ingenieros españoles y la sociedad: su carácter multifacético y progresista.

#### Tema 24. Las carreteras y los puentes del siglo XIX.

**Objetivos:** Hacer ver que a diferencia del ferrocarril, que dispuso desde sus orígenes de locomotoras de vapor para arrastrar vagones y coches, los vehículos que transitaban durante el siglo XIX por las carreteras continuaron tirados por mulas y caballos. Asimismo poner de relieve la gran variedad de puentes, tanto por los materiales utilizados como por las tipologías (puentes en arco, celosías, puentes colgantes, etc.)

**Contenidos:** Las normas de 28 de abril de 1846, que establecen cuatro categorías de vías: carreteras nacionales, provinciales, caminos municipales y caminos vecinales. La adopción del Sistema Métrico Decimal (julio 1849). La obra de

---

## PROGRAMAS OFICIALES DE LAS ASIGNATURAS

Ignacio de Castilla, "Código y manual de construcción, conservación, mejora, administración y policía de los caminos vecinales". La evolución de las técnicas constructivas en la carretera de Madrid a Valencia. Lucio del Valle y el "Camino de las Cabrillas". Los puentes de madera: el Puente de Encinas sobre el río Tormes, construido en 1846. Los puentes de cantería rebajados: el puente de La Garriga sobre el río Congost (Barcelona). Los puentes en arco metálico: el puente de Triana sobre el Guadalquivir en Sevilla. El puente escarzano de El Grado (Huesca). Celosías metálicas de tramos rectos. Pablo de Alzola y el puente mixto sobre el río Guadalhorce (Málaga). Puentes colgantes. El puente de cadenas de San Francisco en Bilbao, proyectado por Antonio Goicoechea. Pedro Miranda, impulsor de los puentes colgantes en España. El puente colgante de cables de Arganda sobre el Jarama (1843) y el puente de Fuentidueña sobre el Tajo (1842). El puente colgante de Mengíbar (Jaén) sobre el Guadalquivir y sus torres metálicas aligeradas. Los puentes de Monzón, Fraga y Lascelles, este último un puente de tablero intermedio. Los puentes-transbordadores: el transbordador de Portugalete del arquitecto Alberto de Palacio.

### Tema 25. El ferrocarril en el siglo XIX.

**Objetivos:** Poner de relieve la revolución que significó en la vida ciudadana y en las comunicaciones la aparición del ferrocarril. Mostrar su influencia en la vida cotidiana.

**Contenidos:** El primer ferrocarril del mundo hispánico entre La Habana y Güines en la isla de Cuba, promovido por los hacendados de la isla. La razón de ser del ancho español (seis pies castellanos) y sus consecuencias.

El ferrocarril pionero en la Península entre Barcelona y Mataró, terminado en 1848. La línea palaciega entre Madrid y Aranjuez (1851). La formación de la red, con más de 13.000 kilómetros de vía férrea abierta al público a finales del XIX. La competencia entre el ferrocarril y la diligencia, y la paulatina decadencia de estas últimas. Los tramos más dificultosos: en la línea Madrid-Zaragoza los tramos Baidés-Arcos y Calatayud-Ricla. En la línea Manzanares-Córdoba el mítico paso de Despeñaperros. Entre Albacete y Cartagena el tramo entre Agramón y Calasparra. El paso de las sierras: el Guadarrama en la línea Madrid-Irún y el puerto de Pajares en el tramo entre León y Oviedo. El paso por terrenos fangosos y saladares: la línea Sevilla-Cádiz. Los ferrocarriles de vía estrecha, al servicio de la minería y de la industria. La línea de Tharsis al Odiel. El primer ferrocarril de vía estrecha para el transporte de viajeros: Palma-Inca, en la isla de Mallorca.

**Prácticas:** Se trata de realizar un corto viaje hasta la costa para exponer el significado que supuso la revolución industrial en la industria, la minería y los transportes. La primera parada se hará en Dúrcal, para ver el puente en celosía de uso ferroviario, lo que permitirá explicar las nuevas tipologías del hierro en el siglo XIX. Ya en la costa, en la población de Salobreña, se visitará la última factoría industrial de azúcar de caña, en la que se conserva una antigua máquina de vapor aún en uso productivo, ya que utiliza como combustible los restos prensados de las cañas.

### BLOQUE 7. Temas 26, 27, 28, 29 y 30 (0,4 créditos)

#### Tema 26. El siglo XX. Las grandes presas.

**Objetivos:** Mostrar la profunda relación del siglo XX con un nuevo material -el hormigón hidráulico moderno - a través de las grandes presas, las obras de ingeniería civil más masivas, monumentales y anónimas de toda nuestra historia. Poner de relieve su naturaleza de obra coral, y la relación profunda entre la obra y el territorio en el que se asienta.

**Contenidos:** El cemento Portland, el gran protagonista de las presas del siglo XX. La presa del Chorro promovida y construida por el ingeniero sevillano Rafael Benjumea sobre el cauce del río Turón. El proyecto de Manuel Jiménez Lombardo. José Orbeagozo, pionero de los saltos hidroeléctricos del Duero proyecta en 1930 la presa de Ricobayo (Zamora) de cien metros, la más alta de España cuando se terminó en 1935. Las presas de gravedad de la posguerra. Escales (125 m) sobre el Noguera Ribagorzana proyectada por Manuel Sánchez del Corral y G. Mollet. La presa arco-gravedad de Aldeadávila (Salamanca) de 140 m. de altura, la más elegante presa vertedero española, proyectada por José Orbeagozo, Pedro Martínez Artola y Ángel Galíndez. Presas aligeradas mediante contrafuertes: la presa de Alcántara (Cáceres) de 130 metros de altura, proyectada por M.Castillo y N. Navalón. Las presas bóvedas: Montejaque (Málaga), de 84 m de altura, que embalsa las aguas del río Gaduar es. Terminada en 1924, fue la primera presa bóveda española que se calculó por el procedimiento de "arcos apoyados y ménsulas en voladizo".

La presa bóveda de Caselles, sobre el río Noguera Ribagorzana (Lérida), proyectada por Sánchez del Corra. La presa de la Almendra sobre el río Tormes, que con sus 202 metros de altura, es la más alta de España.

Otras presas bóveda: Susqueda, Las Portas, Quéntar, Béznar. Presas de bóvedas múltiples en valles abiertos: la presa de Meicende (La Coruña), proyectada por Luciano Yordi de Carricarte. Presas de materiales sueltos. Utchesa (Lérida) construida en 1915; Valbornedo (La Rioja) proyectada por Manuel Lorenzo Pardo y terminada en 1931; Sotonera (Huesca) 1963; Por todemouros (entre La Coruña y Pontevedra) 1967; Arenós (Castellón) 1979, Cuevas de Almanzora (Almería) 1986, Canales (Granada), 1988.

## PROGRAMAS OFICIALES DE LAS ASIGNATURAS

### Tema 27. Grandes cubiertas en el siglo XX.

**Objetivos:** Mostrar cómo el hormigón armado permite el desarrollo de formas con gran versatilidad, que en algunos grandes ingenieros y arquitectos alcanzan ribetes de genialidad.

**Contenidos:** la larga tradición de las bóvedas tabicadas sin cimbra. Santa María de las Flores. Gaudí. Rafael Guastavino. Luis Moya. Las bóvedas de ladrillo y piedra, de brillante tradición, encontraron competencia en un nuevo material, plástico, resistente y barato: el hormigón armado. Las primeras bóvedas de hormigón armado de la estación de Bercy-Arrivage en París, por Simón Bousiron (1910). Los dos hangares para albergar dirigibles en Orly, obra maestra de Freyssinet, construidos en 1921. Las láminas de hormigón armado de Eduardo Torroja. El mercado de Algeciras. El esbelto perfil en ala de gaviota del frontón de Recoletos (1935). El nuevo hipódromo de Madrid (1936). El estudio de su obra teórica "Razón y Ser de los tipos estructurales". Las bóvedas de Ildelfonso Sánchez del Río en Asturias. El "paraguas" de hormigón de Oviedo (1929). El cuarto depósito de aguas de Oviedo, que evita columnas interiores (1930). El mercado de la Pola de Siero. Sus bóvedas onduladas.

### Tema 28. Puentes y acueductos de hormigón armado.

**Objetivos:** Poner de relieve el abanico de posibilidades tipológicas y estéticas que se abren con el hormigón armado, material de construcción que inicia su andadura con el siglo, y alcanza su máximo desarrollo en la construcción de puentes mediada la centuria.

**Contenidos:** Los orígenes del hormigón armado: el jardinero Joseph Monier (1823-1906) y el ingeniero François Hennebique (1842-1921). José Eugenio Ribera (1864-1936) propagandista en España de los puentes autocimbra del ingeniero checo Joseph Melan. El acueducto del Salto del Chorro (1903, Málaga). La estética de los puentes de hormigón armado en la ciudad. El puente de María Cristina (1905, San Sebastián), colaboración del ingeniero Ribera y el arquitecto Zapata. Los grandes arcos de hormigón armado. El puente de Plougastel sobre el estuario del Elorn, Francia, (1924-1930) proyectado y construido por Eugène Freyssinet. El viaducto sobre el embalse del Esla proyectado por Martín Gil y construido con autocimbra por Eduardo Torroja en 1942; Los elegantes puentes en arco sin rigidez del ingeniero suizo Robert Maillart (1872-1940). El puente sobre el arroyo de Schwandbach (1933, Schwarzenburg, Suiza).

### Tema 29. Puentes pretensados, metálicos y mixtos.

**Objetivos:** Hacer partícipe al alumno de la evolución estética de los puentes metálicos, mostrando la incorporación de nuevos materiales (corten, acero inoxidable, hormigón pretensado) y de los puentes realizados con estructura mixta acero-hormigón. Resaltar la gran cantidad de posibilidades que se presentan al proyectar un puente, poniendo de relieve la importancia de la elección en función de factores económicos y estéticos.

**Contenidos:** La estética de los nuevos puentes pretensados: Luzancy, sobre el río Marne, formado por dovelas prefabricadas y pretensadas, construido sin necesidad de cimbra. Los primeros puentes de hormigón pretensado en España: los pasos superiores de la autopista de La Coruña de Carlos Fernández Casado. Otros puentes pretensados de Carlos Fernández Casado: Almodóvar del Río (Córdoba) construido en 1962 sobre el cauce del Guadalquivir y el de Castejón (Navarra) sobre el río Ebro, de 1968. Construcción de puentes pretensados mediante carros de avance: el puente de Alconétar sobre el río Tajo y el puente de la Plata sobre el río Almonte. Los primeros puentes metálicos del siglo XX. El viaducto de Canalejas (Alcoy, 1907) de Próspero Lafarga. El puente de la Princesa (Madrid, 1909) de Vicente Machimbarrena. El gran arco metálico del "Viaducto de Pino" (Zamora), obra maestra de José Eugenio Ribera. Las estructuras mixtas de hormigón y acero. Los puentes de José A. Fernández Ordóñez y Julio Martínez Calzón. El puente y museo sobre la Castellana en Madrid (1968). Puentes metálicos para la Expo-92 de Sevilla. El puente de la Barqueta de Juan José Arenas y Marcos Pantaleón. El Cristo del Cachorro de José Luis Manzanares. La pasarela de la Car tuja (Sevilla, 1992), obra de Reiner Saul y Luis Viñuela.

### Tema 30. Puentes colgantes y atirantados.

**Objetivos:** En este tema se trata de mostrar la evolución de los grandes puentes sustentados por cables - que se emplazan en espacios de gran valor paisajístico - para mostrar cómo es posible lograr un impacto positivo mediante la construcción de obras dotadas de altas torres o mástiles y de múltiples cables que contrastan vivamente con su entorno.

**Contenidos:** a) Puentes colgantes. El puente de Amposta (Tarragona) sobre el río Ebro de José Eugenio Ribera. Los puentes del suizo Othmar Herman Ammann (1879-1965) en los Estados Unidos y sus riostras en arco de medio punto. George Washington (Nueva York) y Verrazano Narrows (Nueva York). Joseph Baermann Strauss proyecta y construye el Golden Gate (bahía de San Francisco). Los puentes proyectados y construidos por grandes compañías. Los puentes colgantes de Freeman, Fox and Partners en Europa: el primer puente sobre el Bósforo, el puente sobre el estuario del río Humber y el segundo puente sobre el Bósforo. El Akashi Kaikyo, entre las islas Honshu y Shikoku (Japón) el puente colgante de mayor luz del siglo XX (1991 m) y la pervivencia de las cruces de San Andrés en el diseño antisísmico. b) Puentes atirantados. Precursores de los puentes atirantados. El puente-acueducto de Tempul (río Guadalete, 1926) de Eduardo Torroja (1899-1961). Los puentes



## PROGRAMAS OFICIALES DE LAS ASIGNATURAS

atirantados, una tipología que surge a mediados del siglo XX. El puente de Strömsund (183 m. de luz, Suecia, 1955), el primer puente atirantado moderno. La gran diversidad de las formas de sus torres y de la disposición de sus tirantes. El puente del Ingeniero Carlos Fernández Casado, sobre el embalse de Barrios de Luna, en la autopista Asturias-León. El Puente del Centenario (sobre la dársena del Guadalquivir, Sevilla, 1987) proyectado por José Antonio Fernández Ordóñez y Julio Martínez Calzón. El puente de Tatará - de tablero metálico - terminado en 1999 en los enlaces entre las islas de Honshu y Shikoku (Japón). El síndrome de Pisa. Puentes atirantados de torres inclinadas. El puente Sancho el Mayor sobre el río Ebro en Navarra. El puente del Alamillo en Sevilla, de Santiago Calatrava.

**Prácticas:** Quizá las obras de ingeniería civil más notables del siglo XX sean las presas que acumulan el agua (abastecimientos, regadíos), regulan el cauce de los ríos (evitar inundaciones) y producen energía eléctrica. Tienen además una gran variedad de tipologías (gravedad, bóvedas, materiales sueltos) por lo resulta de gran interés la visita de aquellas que se encuentran dentro de la provincia. Entre ellas se visitarán las de Quéntar, Canales, Béznar y Rules, explicando sus tipologías y el modo en que afectan al entorno paisajístico.

Asimismo se discutirán las posturas extremas que generan en la sociedad este tipo de obras, los refractarios a los problemas de medio ambiente por un lado y los fundamentalistas o ególatras por el otro.

---

### BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

- Fernández Casado, Carlos, Naturalidad y artificio en las obras del Ingeniero, 1976.  
González Tascón, Ignacio. Velázquez, Isabel., Ingeniería romana en Hispania, Madrid, 2006.  
González Tascón, Ignacio. Ars Mechanicae. La ingeniería medieval en España.  
González Tascón, Ignacio. Ingeniería Civil en España. Madrid, 2008  
Bestué Cardiel, I. El salto hidroeléctrico del Chorro. Estudio para la recuperación del Caminito del Rey.

---

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- Alzola y Minando, Pablo. Estética de las obras públicas, Bilbao 1892  
Cerdà, Félix. Tratado de la Ingeniería estética. 1916  
Clarke, Somers y R. Engelbach., Ancient Egyptian construction and architecture. Oxford, Oxford University Press, 1930. Ed. Facs. New York, Dover Publications, 1990.  
Adams, El arte de construir en Roma.

---

### OTROS RECURSOS: (páginas web que ofrezcan información sobre la asignatura)

- [www.traranus.com](http://www.traranus.com)  
[www.cehopu.es](http://www.cehopu.es)
-