Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Escuela Profesional de
Ingeniería Civil
Sílabo 2027-I

1. CURSO

CE3F1. Megaconstrucciones (Obligatorio)

2. INFORMACIÓN GENERAL

2.1 Curso	:	CE3F1. Megaconstrucciones
2.2 Semestre	:	9^{no} Semestre.
2.3 Créditos	:	6
2.4 Horas	:	6 HT;
2.5 Duración del periodo	:	16 semanas
2.6 Condición	:	Obligatorio
2.7 Modalidad de aprendizaje	:	Presencial
2.8 Prerrequisitos	:	150Cr

3. PROFESORES

Atención previa coordinación con el profesor

4. INTRODUCCIÓN AL CURSO

Megaconstrucciones y Visión de Futuro es el curso deliberadamente disruptivo y adyacente a la capstone del programa de Ingeniería Civil, ubicado inmediatamente antes de la secuencia del Proyecto de Fin de Carrera (CE402-CE403, semestres 9-10). Su propósito no es repasar la práctica convencional, sino formar una mente de alto nivel capaz de proponer megaproyectos de ingeniería civil transformadores para el país. El curso se abre usando megaproyectos de escala mundial – la Represa de las Tres Gargantas, el Burj Khalifa, el Eurotúnel, la ampliación del Canal de Panamá – estrictamente como vara de medir la escala, la ambición y la planificación, nunca como modelo a copiar, y dedica la mayor parte de su peso a propuestas propias y audaces de lo que el Perú mismo debería construir: redes de transporte masivo y corredores transcontinentales, desalinización a gran escala y exportación de energía limpia, resiliencia sísmica y anti-Fenómeno del Niño, y la infraestructura física detrás de la Arquitectura Digital del Perú. Además desarrolla las tecnologías disruptivas de construcción (impresión 3D, robótica, gemelos digitales, construcción modular) que están cambiando la ejecución de megaproyectos, los factores de gobernanza y riesgo – la "ley de hierro"de Flyvbjerg, los modelos de APP/concesión, el riesgo de stakeholders y político – que determinan si estos proyectos tienen éxito, y las herramientas de planificación de escenarios de largo plazo y ética de la ingeniería necesarias para razonar responsablemente sobre la infraestructura 2050-2100. El curso culmina en un taller en el que cada estudiante desarrolla, justifica y defiende públicamente una propuesta propia de megaproyecto transformador para el Perú – ensayando directamente la selección de tema de investigación, la justificación técnica y la defensa pública que CE402 y CE403 exigirán sobre su Proyecto de Fin de Carrera real.

5. OBJETIVOS

- Usar como vara de medir la escala, la ambición técnica y la planificación de megaproyectos emblemáticos a nivel mundial frente a la infraestructura existente en el Perú, sin copiarlos nunca como modelo.
- Formular una visión propia y ambiciosa de la infraestructura de transporte y portuaria que el Perú necesita para alcanzar estándares de primer mundo.
- Formular una visión propia de la infraestructura hídrica, energética, de resiliencia y digital que el Perú necesita para superar sus déficits crónicos y sus peligros naturales.
- Evaluar cómo las tecnologías disruptivas de construcción (impresión 3D, robótica, gemelos digitales, construcción modular) cambian los supuestos tradicionales de costo, plazo y escala en la ejecución de megaproyectos.
- Evaluar los factores de gobernanza, financiamiento y riesgo político que provocan de forma sistemática el fracaso de los megaproyectos, y las estrategias de gestión de stakeholders que los mitigan.
- Discutir las implicancias éticas – territoriales, sociales y ambientales – de las obras de gran escala, y construir escenarios de infraestructura de largo plazo (2050-2100) para el país.

- Desarrollar, justificar técnicamente y defender públicamente una propuesta propia de megaproyecto de ingeniería civil transformador para el Perú, como preparación directa para elegir y defender un tema de investigación del Proyecto de Fin de Carrera (CE402/CE403).

6. RESULTADOS DEL ESTUDIANTE

ABET-2) Habilidad para aplicar el diseño en ingeniería y producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. (Usage)

ABET-3) Habilidad para comunicarse efectivamente con diversos tipos de audiencias. (Usage)

ABET-4) Habilidad para reconocer responsabilidades éticas y profesionales en situaciones de ingeniería y emitir juicios informados que consideren el impacto de las soluciones de ingeniería en contextos globales, económicos, ambientales y sociales. (Usage)

7. TEMAS

Unidad 1: Anatomía de Megaproyectos Globales (4 horas)	
Resultados esperados: ABET-2	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ La Represa de las Tres Gargantas (China): la obra hidráulica más grande del mundo ▪ Burj Khalifa y la carrera mundial por los rascacielos de mega-altura ▪ El Eurotúnel: ingeniería submarina transnacional ▪ La ampliación del Canal de Panamá ▪ Hyperloop y el transporte terrestre de muy alta velocidad ▪ Ciudades flotantes e infraestructura marina habitable	▪ Describir la escala y el desafío técnico de al menos tres megaproyectos emblemáticos a nivel mundial [Familiarizarse] ▪ Comparar la escala (inversión, tiempo, alcance) de un megaproyecto internacional con la infraestructura equivalente existente en el Perú [Usar] ▪ Usar un megaproyecto internacional como referencia (benchmark) para fundamentar la ambición de una propuesta nacional [Evaluar]
Lecturas : [FBR03]	

Unidad 2: El Perú que Debería Existir: Transporte y Puertos (8 horas)	
Resultados esperados: ABET-2	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Red de Metro Lima-Callao a escala mundial: de 2 líneas a una malla de 10+ (benchmark: Berlín, Madrid, Seúl, Shanghái) ▪ Sistemas de metro para Arequipa, Cusco, Trujillo y Piura ▪ El Puerto de Corío y la nueva geografía logística del Pacífico Sur, tras Chancay ▪ Corredor transversal Amazonas-Puno, integrando selva, sierra y altiplano ▪ Corredor bioceánico Chancay-Corío hacia Brasil: trenes de levitación magnética (Maglev) de carga y ductos neumáticos automatizados, con macro-viaductos encapsulados sobre el dosel amazónico para impacto ambiental cero, puentes atirantados de luces récord sobre cañones y cimentaciones profundas en suelos arcillosos tropicales inestables ▪ Perú como hub aéreo sudamericano: aeropuertos internacionales en Cusco, Arequipa e Iquitos	▪ Diagnosticar el déficit de transporte masivo de Lima y otras ciudades peruanas frente a referentes internacionales comparables en población [Familiarizarse] ▪ Proponer una red de transporte masivo para una ciudad peruana sin sistema de metro actual [Usar] ▪ Justificar, con datos de escala y demanda, una propuesta de corredor vial o ferroviario transformador para el país [Evaluar] ▪ Evaluar el impacto territorial y económico de conectar los megapuertos del Pacífico con Brasil por ferrocarril [Evaluar]
Lecturas : [DW11], [FBR03]	

Unidad 3: Autopistas y Transporte Terrestre Inteligente (6 horas)	
Resultados esperados: ABET-2	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ La "Panamericana Inteligente": autopista Tumbes-Tacna elevada de alta velocidad (2,500 km), sin interrupciones, exclusiva para carga masiva y vehículos autónomos ▪ Pavimentos autorreparables con grafeno y materiales inteligentes ▪ Carriles de inducción electromagnética para recargar camiones eléctricos en pleno movimiento ▪ Fibra óptica integrada como columna vertebral digital en todo corredor vial nuevo que se construya ▪ Infraestructura vial diseñada para vehículos autónomos y logística de carga sin conductor	▪ Explicar qué convierte a una autopista en "inteligente": sensores, columna digital, energía y materiales avanzados [Familiarizarse] ▪ Diseñar conceptualmente un tramo de autopista inteligente integrando pavimento autorreparable, carriles de recarga inductiva y fibra óptica [Usar] ▪ Evaluar la viabilidad técnica y de inversión de convertir un corredor vial existente en una autopista inteligente [Evaluar]
Lecturas : [Sus05]	

Unidad 4: Megatúneles y Túneles de Gran Alcance (6 horas)	
Resultados esperados: ABET-2	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ El Megatúnel Transandino: túnel ferroviario e hidrocarburífero de baja altitud (+40 km) de la cuenca del Atlántico a la Costa Central (Chancay/Callao) ▪ Red de túneles transandinos con autopistas integradas, costa-sierra-selva ▪ Tuneladoras (TBM) autónomas de última generación para excavación profunda a presiones extremas ▪ Sistemas de ventilación masiva gestionados por inteligencia artificial para túneles de gran longitud ▪ Diseño de revestimientos estructurales capaces de soportar el peso de una cordillera sísmicamente activa	▪ Describir los desafíos geotécnicos y constructivos de un túnel de más de 40 km bajo una cordillera activa [Familiarizarse] ▪ Comparar tecnologías de tuneladoras (TBM) para distintas condiciones geológicas de la cordillera peruana [Usar] ▪ Justificar técnicamente el trazado y revestimiento de un megatúnel transandino propuesto [Evaluar]
Lecturas : [MTM13]	

Unidad 5: Autopistas Subterráneas (6 horas)	
Resultados esperados: ABET-2	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Macro-anillo subterráneo de carga de Lima Metropolitana: autopistas de carga en tres niveles que conecten Ancón (Chancay), Callao y Lurín bajo el manto rocoso ▪ Geotecnia avanzada para excavación en conglomerados urbanos a profundidades nunca antes intentadas ▪ Sistemas de absorción y filtrado de CO2 dentro de los túneles mediante bio-reactores de algas ▪ Integración de robótica logística para la distribución automática de carga hacia la superficie	▪ Explicar por qué una ciudad densa puede requerir infraestructura vial subterránea en vez de superficial [Familiarizarse] ▪ Diseñar conceptualmente un tramo de autopista subterránea de carga en múltiples niveles [Usar] ▪ Evaluar los riesgos geotécnicos y ambientales de un anillo logístico subterráneo bajo una ciudad [Evaluar]
Lecturas : [Bro16]	

Unidad 6: Trenes de Alta Velocidad (6 horas)	
Resultados esperados: ABET-2	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Corredor norte de alta velocidad: Lima-Trujillo-Chiclayo ▪ Corredor sur de alta velocidad: Lima-Ica-Arequipa ▪ Ingeniería de vía para alta velocidad: curvatura, peralte y tolerancias dimensionales ▪ Benchmark internacional de alta velocidad (AVE español, Shinkansen japonés, alta velocidad china) como vara de medir ▪ Viabilidad económica y de demanda de corredores de alta velocidad en la geografía peruana	▪ Describir los requisitos de ingeniería de vía que distinguen un ferrocarril de alta velocidad de uno convencional [Familiarizarse] ▪ Comparar el corredor norte y el corredor sur propuestos en términos de demanda, topografía y viabilidad [Usar] ▪ Justificar la viabilidad económica de un corredor de alta velocidad específico para el Perú [Evaluar]
Lecturas : [Giv06]	

Unidad 7: Agua y Energía para un Perú de Primer Mundo (6 horas)	
Resultados esperados: ABET-2	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Desalinización masiva en la costa (modelos Israel/Chile) para Lima, Piura e Ica ▪ El desierto costero peruano como potencia solar mundial ▪ Saneamiento universal al 100 % y agua potable en comunidades amazónicas aisladas ▪ Perú como exportador de energía limpia e interconexión eléctrica con Ecuador, Brasil y Chile ▪ El "Mega-Chavimochic" automatizado del Sur: trasvase de los excedentes de las cuencas amazónicas del sur mediante represas automatizadas a más de 4,000 m.s.n.m. y cientos de kilómetros de túneles hidráulicos revestidos con nanopolímeros hacia la costa sur (Arequipa, Moquegua, Tacna) ▪ Compuertas y válvulas controladas por algoritmos predictivos de IA que analizan el clima global, microcentrales hidroeléctricas en cascada a lo largo del trasvase, y desalinización masiva de respaldo alimentada por energía solar	▪ Explicar por qué el déficit hídrico costero peruano es un problema de ingeniería resoluble, no solo climático [Familiarizarse] ▪ Dimensionar conceptualmente una planta desalinizadora para una ciudad costera peruana [Usar] ▪ Diseñar conceptualmente un sistema de trasvase interregional de agua, incluyendo control automatizado y generación hidroeléctrica en cascada [Usar] ▪ Proponer una estrategia de infraestructura para cerrar la brecha de saneamiento en comunidades aisladas [Evaluar]
Lecturas : [Vou12], [Int19]	

Unidad 8: Resiliencia y Territorio a Escala de Primer Mundo (6 horas)	
Resultados esperados: ABET-2	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Código sísmico y refuerzo masivo de infraestructura crítica (hospitales, colegios) ante el "Big One" en la costa ▪ Gestión de cuencas e infraestructura nacional anti-Fenómeno del Niño, no obras parche ▪ Vivienda social sismorresistente masiva y ciudades satélite planificadas	▪ Describir el riesgo sísmico de la costa peruana y su relación con la infraestructura crítica existente [Familiarizarse] ▪ Proponer una estrategia de infraestructura hidráulica preventiva frente al Fenómeno del Niño a escala de cuenca [Usar] ▪ Evaluar la viabilidad de un programa masivo de vivienda social sismorresistente [Evaluar]
Lecturas : [Kel20], [PCK07]	

Unidad 9: Arquitectura Digital del Perú como Megaproyecto de Infraestructura Invisible (6 horas)	
Resultados esperados: ABET-2	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Los 9 principios de la Arquitectura Digital del Perú: acelerador, transversal, escalable, modular, distribuida, soberana, sostenible, segura y centrada en el ciudadano ▪ Completar la Red Dorsal de Fibra Óptica Nacional, incluyendo fibra óptica integrada en todo corredor de autopista inteligente que se construya como estándar de diseño ▪ Conectividad 5G/6G como infraestructura nacional ▪ Ciudades inteligentes: gestión de tráfico, residuos y energía	▪ Enumerar y explicar los 9 principios fundamentales de la Arquitectura Digital del Perú [Familiarizarse] ▪ Aplicar los 9 principios de la Arquitectura Digital al diseño conceptual de un sistema de infraestructura digital nacional [Usar] ▪ Evaluar si una propuesta de infraestructura digital cumple con los principios de soberanía y seguridad [Evaluar]
Lecturas : [Sec21], [Bat13]	

Unidad 10: Tecnologías Disruptivas de Construcción a Gran Escala (6 horas)	
Resultados esperados: ABET-2	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Impresión 3D de concreto a escala de obra ▪ Robótica y automatización en obras de gran escala ▪ Gemelos digitales a escala de megaproyecto	▪ Describir cómo la impresión 3D de concreto cambia los supuestos tradicionales de plazos de construcción [Familiarizarse] ▪ Evaluar el rol de un gemelo digital en la gestión de un megaproyecto de infraestructura [Evaluar]
Lecturas : [Bus+18]	

Unidad 11: Construcción Modular y Prefabricación Acelerada (4 horas)	
Resultados esperados: ABET-2	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ El caso del hospital construido en 26 horas durante la pandemia (China) como referencia de velocidad posible ▪ Construcción ”lego”: piezas íntegramente prefabricadas offsite, ensambladas en obra ▪ Aplicación a un programa nacional masivo de infraestructura educativa en el Perú ▪ Control de calidad industrial en fábrica frente a la variabilidad de la obra tradicional ▪ Ventajas y límites de la construcción modular frente a la construcción convencional	▪ Explicar cómo la prefabricación offsite permite comprimir los plazos de construcción en órdenes de magnitud [Familiarizarse] ▪ Aplicar el modelo de construcción modular ”lego” al diseño conceptual de un programa masivo de infraestructura educativa [Usar] ▪ Evaluar los límites y riesgos de la construcción modular frente a la construcción convencional para un caso específico [Evaluar]
Lecturas : [Gib99]	

Unidad 12: Gobernanza, Financiamiento y Riesgo en Megaproyectos (6 horas)	
Resultados esperados: ABET-4	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ La "ley de hierro" de los megaproyectos (Flyvbjerg): sobrecostos y retrasos sistemáticos ▪ Modelos de Asociación Público-Privada (APP) y concesiones ▪ Gestión de stakeholders en proyectos de gran escala ▪ Riesgo político y social en megaproyectos de infraestructura	▪ Explicar la "ley de hierro" de los megaproyectos y por qué ocurre de forma sistemática [Familiarizarse] ▪ Identificar los principales stakeholders de un megaproyecto propuesto y sus intereses en conflicto [Usar] ▪ Evaluar el riesgo político-social de un megaproyecto de infraestructura nacional [Evaluar]
Lecturas : [FBR03], [Yes13]	

Unidad 13: Pensamiento Visionario, Ética y Diseño Especulativo (6 horas)	
Resultados esperados: ABET-2,ABET-4	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Planificación de escenarios 2050-2100 para infraestructura nacional ▪ Infraestructura adaptativa frente a escenarios climáticos extremos ▪ Ética del impacto territorial, social y ambiental de las obras de gran escala ▪ Liderazgo transformador en ingeniería civil	▪ Describir qué es la planificación de escenarios y por qué es relevante para la infraestructura de largo plazo [Familiarizarse] ▪ Construir un escenario de Perú al año 2050 que incluya al menos tres megaproyectos propios [Usar] ▪ Discutir las implicancias éticas del desplazamiento de comunidades o ecosistemas por un megaproyecto propuesto [Evaluar]
Lecturas : [Sch91], [MS10]	

Unidad 14: Taller de Propuesta de Megaproyecto País (8 horas)	
Resultados esperados: ABET-2,ABET-3	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Desarrollo de una propuesta propia de megaproyecto transformador para el Perú ▪ Justificación técnica y de escala de la propuesta ▪ Defensa pública de la propuesta ante pares y jurado	▪ Proponer un megaproyecto de infraestructura civil transformador para el Perú, con justificación técnica y de escala [Evaluar] ▪ Defender públicamente la propuesta de megaproyecto ante observaciones técnicas y críticas [Evaluar]
Lecturas : [FG23]	

8. PLAN DE TRABAJO

8.1 Metodología

Se fomenta la participación individual y en equipo para exponer sus ideas, motivándolos con puntos adicionales en las diferentes etapas de la evaluación del curso.

8.2 Sesiones Teóricas

Las sesiones de teoría se llevan a cabo en clases magistrales donde se realizarán actividades que propicien un aprendizaje activo, con dinámicas que permitan a los estudiantes interiorizar los conceptos.

8.3 Sesiones Prácticas

Las sesiones prácticas se llevan en clase donde se desarrollan una serie de ejercicios y/o conceptos prácticos mediante planteamiento de problemas, la resolución de problemas, ejercicios puntuales y/o en contextos aplicativos.

9. SISTEMA DE EVALUACIÓN

********* EVALUATION MISSING ********

10. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

[Sch91] Peter Schwartz. *The Art of the Long View: Planning for the Future in an Uncertain World*. Doubleday, 1991.

[Gib99] Alistair G. F. Gibb. *Off-site Fabrication: Prefabrication, Pre-assembly and Modularisation*. Whittles Publishing, 1999.

[FBR03] Bent Flyvbjerg, Nils Bruzelius y Werner Rothengatter. *Megaprojects and Risk: An Anatomy of Ambition*. Cambridge University Press, 2003.

[Sus05] Joseph M. Sussman. *Perspectives on Intelligent Transportation Systems (ITS)*. Springer, 2005.

[Giv06] Moshe Givoni. ■Development and Impact of the Modern High-speed Train: A Review■. En: *Transport Reviews* 26.5 (2006), págs. 593-611.

[PCK07] M. J. Nigel Priestley, Gian Michele Calvi y Mervyn J. Kowalsky. *Displacement-Based Seismic Design of Structures*. IUSS Press, 2007.

[MS10] Mike W. Martin y Roland Schinzinger. *Introduction to Engineering Ethics*. 2nd. McGraw-Hill, 2010.

[DW11] Juan de Dios Ortúzar y Luis G. Willumsen. *Modelling Transport*. 4th. Wiley, 2011.

[Vou12] Nikolay Voutchkov. *Desalination Engineering: Planning and Design*. McGraw-Hill, 2012.

[Bat13] Michael Batty. *The New Science of Cities*. MIT Press, 2013.

[MTM13] Bernhard Maidl, Markus Thewes y Ulrich Maidl. *Handbook of Tunnel Engineering*. Ernst & Sohn, 2013.

[Yes13] E. R. Yescombe. *Public-Private Partnerships: Principles of Policy and Finance*. 2nd. Elsevier, 2013.

[Bro16] Wout Broere. ■Urban underground space: Solving the problems of today's cities■. En: *Tunnelling and Underground Space Technology* 55 (2016), págs. 245-248.

[Bus+18] Richard A. Buswell et al. ■3D Printing Using Concrete Extrusion: A Roadmap for Research■. En: *Cement and Concrete Research* 112 (2018), págs. 37-49.

[Int19] International Renewable Energy Agency (IRENA). *Future of Solar Photovoltaic: Deployment, Investment, Technology, Grid Integration and Socio-Economic Aspects*. Inf. téc. International Renewable Energy Agency, 2019.

[Kel20] Ilan Kelman. *Disaster by Choice: How Our Actions Turn Natural Hazards into Catastrophes*. Oxford University Press, 2020.

[Sec21] Secretaría de Gobierno y Transformación Digital, Presidencia del Consejo de Ministros. *Arquitectura Digital del Perú*. Inf. téc. Presidencia del Consejo de Ministros, Perú, 2021.

[FG23] Bent Flyvbjerg y Dan Gardner. *How Big Things Get Done: The Surprising Factors That Determine the Fate of Every Project, from Home Renovations to Space Exploration and Everything In Between*. Currency, 2023.