

UNLaR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA RIOJA

DPTO. DE CIENCIAS APLICADAS A LA PRODUCCIÓN, AMBIENTE Y URBANISMO

INTRODUCCION A LA INGENIERIA CIVIL

UNIDAD Nº 3: Epistemología, Ciencia, Tecnología e Ingeniería Civil

UNIDAD Nº 3: Historia, Ramas de la Ingeniería y Estudio de Casos de Obras

3.1 Historia y Evolución de la Ingeniería Civil:

Historia de la Ingeniería Civil desde la antigüedad (civilizaciones hidráulicas, Roma, Edad Media, Revolución Industrial) hasta la era contemporánea. Grandes hitos de la ingeniería mundial y nacional.

3.2 Obras de Arquitectura y Edificación:

Características, morfología y función. Relevamiento de una obra de arquitectura. Estudio de casos y resolución de problemas en edificación. Análisis de patologías, fallas y posibles soluciones técnicas. Ejemplos de aplicación de las ciencias básicas en estructuras de edificación. Elaboración y exposición de monografías y trabajos integradores.

3.3 Obras Hidráulicas:

Historia y antecedentes del aprovechamiento hídrico. Importantes obras hidráulicas mundiales, nacionales y regionales (ejemplos en La Rioja, Córdoba y región). Estudio de casos y resolución de problemas en obras hidráulicas (canales, presas, redes de agua). Posibles soluciones técnicas y aplicación de las ciencias básicas (mecánica de fluidos, hidrología). Exposición de trabajos.

3.4 Obras Viales y de Transporte:

Historia y antecedentes de las vías de comunicación. Importantes obras viales mundiales, nacionales y regionales (red vial de La Rioja, Córdoba y del país). Estudio de casos y resolución de problemas en infraestructura vial y del transporte. Posibles soluciones técnicas y aplicación de las ciencias básicas. Exposición de trabajos.

Historia y evolución de la Ingeniería Civil

La Ingeniería Civil antes de ser una profesión formal

Las Primeras Civilizaciones: Mesopotamia y Egipto

El paso del nomadismo al sedentarismo agrícola exigió la modificación deliberada del entorno físico. En Mesopotamia y el Valle del Nilo, la supervivencia urbana demandaba el control riguroso del agua y la edificación de estructuras representativas del poder gubernamental y religioso.



- **Mesopotamia:** canales de irrigación, diques y embalses permitió gestionar las crecidas impredecibles de los ríos Tigris y Éufrates, sentando las bases de la ingeniería hidráulica.
- **Estructuras de Adobe y Arcilla:** Los zigurats, construidos predominantemente con ladrillos de adobe secados al sol o cocidos al fuego
- **Egipto y la figura de Imhotep:** Destaca la figura de Imhotep (c. 2650 a.C.), diseñó la Pirámide Escalonada de Saqqara para el faraón Zoser, sustituyendo la madera y el adobe tradicional por bloques esculpidos de piedra caliza.
- **Dominio de la Piedra y Logística:** La edificación de la Gran Pirámide de Guiza implicó el transporte, alineación astronómica y levantamiento de más de 2.3 millones de bloques de piedra de hasta 15 toneladas,

La Antigüedad Clásica: Grecia y Roma

Durante la antigüedad clásica, la ingeniería dio un salto cualitativo al integrar principios geométricos y profundizar en el uso de nuevos materiales de construcción.

- **Grecia Clásica:** Los griegos perfeccionaron la arquitectura adintelada (columnas y vigas de piedra) e hicieron notables avances en la mecánica y la geometría aplicada a obras marítimas Pensadores como Arquímedes sentaron bases teóricas indispensables en hidrostática y mecánica de palancas.
- **El Imperio Romano:** Los romanos fueron los mayores constructores del mundo antiguo, orientando su talento hacia infraestructuras pragmáticas que conectaban y abastecían su vasto imperio.
- **El Hormigón Romano (Puzolana):** Desarrollo del 'opus caementicium' (hormigón romano), una mezcla de cal, arena, agregados de piedra y ceniza volcánica (puzolana).
- **Arco y Bóveda:** La combinación del arco de medio punto, la bóveda de cañón y la cúpula permitió salvar enormes luces sin peligro de colapso
- **Red Vial e Hidráulica:** Crearon más de 80,000 kilómetros de calzadas pavimentadas (como la Vía Appia) con capas superpuestas de grava, piedra y mortero para transporte militar y comercial.







1.3. La Edad Media y el Renacimiento



Con la caída del Imperio Romano de Occidente, el conocimiento constructivo se preservó y transformó principalmente a través de gremios artesanales y órdenes monásticas.

- **Edad Media (Siglos V al XV):** Desarrollo de la **arquitectura gótica**. Los maestros constructores introdujeron el arco apuntado, la bóveda de crucería y los arbotantes, Esto permitió elevar las alturas de las catedrales e integrar amplios ventanales con vitrales.
- **Renacimiento (Siglos XV y XVI):** Resurgimiento del pensamiento científico y del análisis estético y estructural..
- **Grandes Maestros:** Figuras polimáticas como L**eonardo da Vinci, Filippo Brunelleschi y Galileo Galilei** comenzaron a aplicar el método científico. Brunelleschi concibió y construyó la cúpula de la Catedral de Santa María del Fiore en Florencia mediante un innovador sistema de doble cascarón sin moldes ni cimbras de madera de gran tamaño.



1.4. Separación Progresiva entre la Ingeniería Militar y la Civil

A medida que las naciones europeas se consolidaron en los siglos XVII y XVIII, surgió una creciente necesidad de construir infraestructuras de uso exclusivamente civil y Para diferenciar a los especialistas dedicados a estas obras no bélicas de los ingenieros del cuerpo militar, comenzó a adoptarse paulatinamente el término 'Ingeniería Civil'.

1.5. La Formalización y Nacimiento de la Ingeniería Civil Moderna

El paso decisivo de la ingeniería como oficio empírico a profesión académica y formal ocurrió durante el siglo XVIII en Europa, impulsado por la Ilustración y la Revolución Industrial.

- **Francia y la Formación Académica (1747):** En Francia se fundó la 'École des Ponts et Chaussées' (Escuela de Puentes y Calzadas). Fue la primera institución educativa del mundo dedicada exclusivamente a la formación científica de ingenieros civiles.
- **John Smeaton y la Institucionalización (1759):** En el Reino Unido, John Smeaton se convirtió en el primer profesional en autodenominarse explícitamente 'Ingeniero Civil' para marcar la diferencia con los ingenieros militares. **Surgimiento de Sociedades Profesionales (1818):** En 1818 se fundó en Londres la 'Institution of Civil Engineers' (ICE), la primera sociedad profesional de la disciplina, otorgándole un código ético, estándares técnicos y reconocimiento jurídico formal.

1.6. La Ingeniería Civil en los Siglos XX y XXI

El siglo XX transformó radicalmente la escala y complejidad de las obras públicas gracias a descubrimientos científicos en física de materiales y el desarrollo de maquinaria pesada.

- **Revolución de Materiales:** El perfeccionamiento del hormigón armado (patentado por Joseph Monier y desarrollado teóricamente por François Hennebique) y el posterior hormigón pretensado (Eugène Freyssinet) revolucionaron el diseño de rascacielos, puentes de gran luz y presas.
- **Mecánica de Suelos y Geotecnia:** La aparición de la mecánica de suelos formalizada por Karl von Terzaghi permitió entender el comportamiento de las cimentaciones y la estabilidad de taludes sobre bases científicas rigurosas.
- **Era Digital y Computacional:** La incorporación de computadoras, programas de cálculo por elementos finitos (FEM), sistemas de diseño asistido por computadora (CAD) y la metodología BIM (Building Information Modeling) han optimizado la precisión, eficiencia y seguridad de los proyectos.





2. Civilizaciones hidráulicas



2.1. El Surgimiento de las Concentraciones Urbanas y el Imperio Fluvial

El tránsito de las comunidades nómadas de cazadores-recolectores hacia asentamientos sedentarios permanentes durante la Revolución Neolítica estuvo determinado por la disponibilidad de agua dulce. Sin embargo, el establecimiento de grandes concentraciones urbanas no ocurrió simplemente a orillas de cualquier fuente hídrica, sino en las cuencas de grandes ríos capaces de sostener una agricultura intensiva a escala masiva.

La magnitud de las obras requeridas —como diques de kilómetros de longitud, canales transversales y embalses de regulación— superaba con creces las capacidades de una sola familia o tribu local, haciendo indispensable una dirección técnica unificada, la división del trabajo y el nacimiento de las primeras instituciones públicas.

2. Civilizaciones hidráulicas

2.2. Análisis Regional de las Civilizaciones Hidráulicas

A) Egipto y la Regulación del Río Nilo



Egipto representó un modelo único de dependencia hídrica cíclica. La fertilidad del Valle del Nilo dependía íntegramente de la inundación anual (Ajet), provocada por las lluvias monzónicas en las fuentes del Nilo Azul en Etiopía. Al retirarse las aguas, dejaban sobre los campos una capa de limo fértil (*kemet*), idóneo para la siembra.

- **Los Nilómetros:** Medidores de nivel labrados en la roca o en pozos conectados con el río (como los de Elefantina o Menfis). Permitían predecir con meses de antelación el volumen de la cosecha, determinar la tasa de impuestos agrícolas y anticipar hambrunas o inundaciones catastroficas.
- **Gestión por Cuencas:** Desarrollo del riego por cuencas (*basin irrigation*). Los ingenieros egipcios dividían los terrenos en parcelas rodeadas por diques de tierra de contención. Durante la crecida, se abrían compuertas para inundar las cuencas, reteniendo el agua durante semanas hasta saturar el suelo y depositar el limo.
- **El Bahr Yussef (Canal de José):** Canal artificial de gran envergadura de más de 300 km de longitud que derivaba aguas del Nilo hacia la depresión del Oasis de Fayum, funcionando como un gigantesco embalse natural de regulación y almacenamiento.

2. Civilizaciones hidráulicas

2.2. Análisis Regional de las Civilizaciones Hidráulicas

B) Mesopotamia: La Red entre el Tigris y el Éufrates

A diferencia del Nilo, los ríos Tigris y Éufrates presentaban crecidas violentas, impredecibles y a menudo a destiempo (en primavera, durante la cosecha). Además, el terreno llano del sur mesopotámico (Sumeria, Babilonia) facilitaba el estancamiento de las aguas.



- **Canales de Derivación:** Los sumerios y babilonios construyeron una intrincada red tridimensional de canales principales, secundarios y acequias de derivación para transportar agua desde el Éufrates
- **Problema de Sedimentación:** El flujo de agua en zonas planas provocaba una acelerada acumulación de sedimentos que obstruía el cauce de los canales, exigiendo campañas constantes de dragado y limpieza.
- **Código de Hammurabi (c. 1750 a.C.):** Registra las primeras leyes escritas sobre responsabilidad en infraestructura civil. Los artículos 53 y 54 establecían que si un agricultor no reforzaba el dique de su propiedad y la rotura inundaba los campos vecinos, debía indemnizar totalmente las pérdidas económicas causadas.

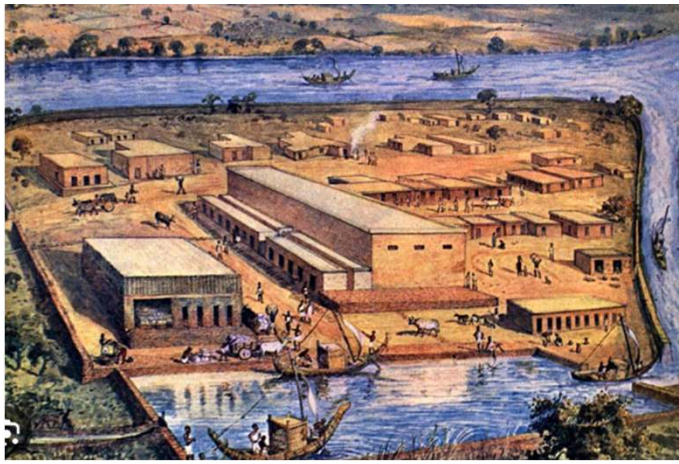
2. Civilizaciones hidráulicas

2.2. Análisis Regional de las Civilizaciones Hidráulicas

C) El Valle del Indo (Harappa y Mohenjo-Daro)

Entre los años 2600 y 1900 a.C., la civilización del Valle del Indo destacó no solo por la irrigación agrícola, sino por pioneros avances en la ingeniería sanitaria y el drenaje urbano.

- **Saneamiento Urbano:** Diseñaron manzanas urbanas regulares con redes de alcantarillado subterráneo construidas con ladrillos cocidos unidos por mortero de yeso o betún, completamente impermeables.
- **Colectores y Registros:** Cada vivienda contaba con baño privado y canalizaciones de aguas residuales que desembocaban en colectores principales bajo las calles, dotados de pozos de registro (*manholes*) para limpieza periódica.
- **El Gran Baño de Mohenjo-Daro:** Una gigantesca reserva pública de agua de 12 por 7 metros, impermeabilizada con capas de betún, destinada a rituales e higiene pública.





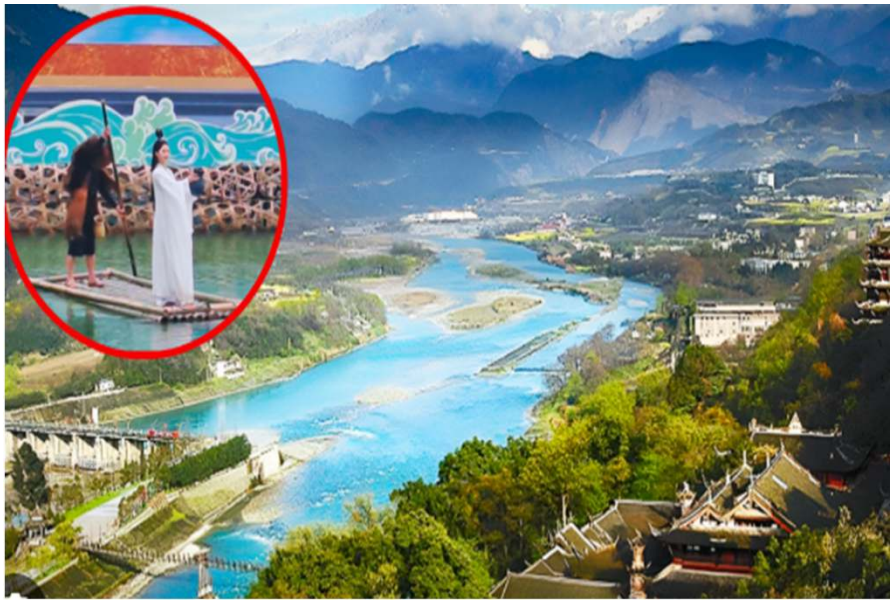
2. Civilizaciones hidráulicas

2.2. Análisis Regional de las Civilizaciones Hidráulicas

D) China Antigua: Regulación de Avenidas y el Canal Imperial

En las cuencas del Río Amarillo (*Huang He*) y el Río Yantsé, la lucha contra las devastadoras inundaciones impulsó obras de escala gigantesca.

- **Sistema de Irrigación de Dujiangyan:** Diseñado por Li Bing en el siglo III a.C. en la provincia de Sichuan. Dividió el río Minjiang en dos canales sin necesidad de construir una presa que obstruyera la navegación o la migración de peces, logrando irrigar la llanura de Chengdu y controlar las riadas. Continúa en funcionamiento óptimo en la actualidad.
- **El Gran Canal de China:** El canal artificial más largo del mundo (más de 1,700 km), iniciado en el siglo V a.C., construida para transportar grano y conectar comercialmente las cuencas del sur con las capitales del





2. Civilizaciones hidráulicas

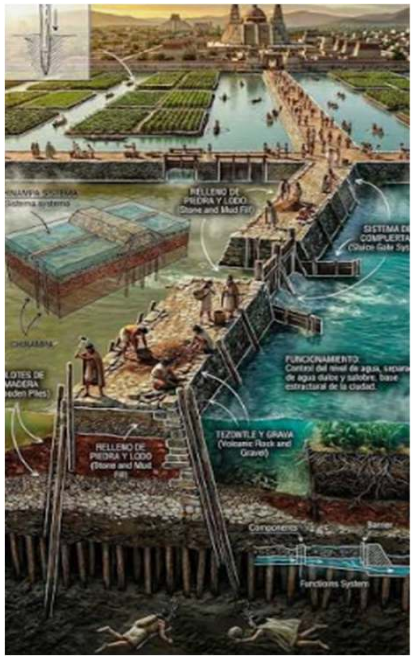
2.2. Análisis Regional de las Civilizaciones Hidráulicas

E) Civilizaciones Americanas

En el continente americano, diversas culturas desarrollaron soluciones adaptadas a sus topografías extremas.

- **Los Incas:** Dominaron la ingeniería hidráulica de montaña. En sitios como Tipón y Machu Picchu, construyeron canales tallados en roca, fuentes de presión constante y terrazas de cultivo (*andenes*) dotadas de capas de filtración de grava y arena para prevenir la erosión en pendientes empinadas.
- **Los Aztecas:** En la cuenca del Valle de México, concibieron el Albarradón de Nezahualcóyotl (un dique de más de 12 km) para separar las aguas salobres del lago de Texcoco de las aguas dulces del lago de Xochimilco, además de desarrollar las *chinampas* (islas artificiales hiperproductivas).
- **Los Mayas:** Crearon redes de cisternas subterráneas impermeabilizadas (*chultunes*) para almacenar agua de lluvia durante las estaciones de sequía prolongada.







2.3. Innovaciones Técnicas: Geometría, Topografía y Organización Laboral

La necesidad imperiosa de medir, trazar y mantener las obras hidráulicas obligó al nacimiento empírico de las matemáticas aplicadas a la edificación:

- **Nacimiento de la Geometría y Agrimensura:** Cada año, las riadas del Nilo borraban las lindes y límites de las parcelas agrícolas. Esto dio origen a los *estiradores de cuerdas* (*harpedonaptas*), agrimensores primigenios que utilizaban cuerdas con nudos a distancias fijas (fundamentadas en el triángulo rectángulo de lados 3, 4 y 5) para replantear los terrenos y calcular áreas.
- **Control de Pendientes y Topografía:** Para garantizar que el agua fluyera por gravedad a lo largo de decenas de kilómetros sin erosionar los canales por exceso de velocidad ni estancarse por falta de pendiente, se perfeccionaron instrumentos sencillos de nivelación por agua (como regatas llenas de líquido o plomadas).
- **Gestión y Logística de Proyectos:** La planificación de canales exigió estimar volúmenes de excavación de tierra y piedra, coordinar el suministro de alimentos para miles de trabajadores y fijar plazos de ejecución rigurosos antes del inicio de las estaciones de crecida.

2.4. Lecciones para la Ingeniería Civil Contemporánea

Las experiencias de las civilizaciones hidráulicas antiguas anticiparon conceptos fundamentales que rigen la práctica moderna de la ingeniería civil y de recursos hídricos:

2. Civilizaciones hidráulicas

1. El Ciclo de Vida de la Infraestructura

Un canal o un dique no cumple su propósito únicamente con ser inaugurado. Si no existe un plan sistemático de inspección, desazolve de sedimentos, mantenimiento de taludes y reparación de filtraciones, la infraestructura fallará inevitablemente.

2. De la Observación Empírica a la Modelación Cuantitativa

Los constructores de la antigüedad determinaban la sección transversal de un canal o la altura de un dique mediante la observación directa de eventos pasados y la prueba y error. Si el canal se desbordaba, se ampliaba; si se erosionaba, se revestía de piedra o arcilla.

En la actualidad, esas mismas variables (nivel hídrico, pendiente del terreno, velocidad media del flujo, erosión de márgenes, transporte de sedimentos y capacidad de transporte) se abordan desde las ciencias aplicadas:

- **Hidrología Médica y Estadística:** Permite calcular precipitaciones de diseño, periodos de retorno de avenidas máximas e infiltración en cuencas hidrográficas.
- **Hidráulica de Canales Abiertos y Conductos:** Mediante ecuaciones fundamentales como las de Manning, Chezy, Bernoulli y conservación de la masa, se determina con precisión matemática la geometría óptima de canales y tuberías.

Simulación Numérica y Software: Software como HEC-RAS, SWMM o modelos de dinámica de fluidos computacional (CFD) permiten simular digitalmente el comportamiento del agua ante escenarios de crecidas extremas antes de verter un solo metro cúbico de hormigón.



3. Grecia y Roma: sistematización de obras públicas

La civilización romana representa uno de los grandes antecedentes de la infraestructura a escala territorial. La red de caminos, los puentes, acueductos, puertos, termas, sistemas de saneamiento y edificios públicos exigieron soluciones repetibles, mano de obra organizada y criterios de durabilidad. La ingeniería romana se destacó menos por una teoría matemática abstracta que por la capacidad de estandarizar procedimientos constructivos y gestionar obras complejas.

Los acueductos romanos muestran la importancia del control de pendientes. Una pendiente insuficiente podía provocar depósitos; una excesiva, velocidades capaces de dañar la conducción. Los arcos permitieron salvar valles y transmitir cargas predominantemente por compresión. El uso de morteros y hormigones con materiales puzolánicos mejoró la durabilidad en determinadas exposiciones.

4. Edad Media y grandes estructuras de fábrica

Durante la Edad Media europea, la construcción de catedrales, murallas, puentes y obras urbanas produjo avances en geometría constructiva, cantería, carpintería y sistemas de transmisión de cargas. Las catedrales góticas constituyen un ejemplo especialmente didáctico: arcos apuntados, bóvedas nervadas y arbotantes permitieron aumentar la altura y abrir grandes superficies de muro para vitrales.

Estas soluciones pueden explicarse hoy mediante el equilibrio de fuerzas. Los empujes horizontales generados por arcos y bóvedas debían ser conducidos hacia contrafuertes y fundaciones. Cuando la geometría, los apoyos o los materiales no eran adecuados, aparecían fisuras, desplomes o colapsos. La lectura estructural de edificios históricos es una excelente práctica para comprender el camino de las cargas.

- **El Arco de Medio Punto y la Bóveda de Cañón:** La estructura románica dependía fundamentalmente del arco semicircular. Si bien es eficiente a compresión pura, genera considerables empujes horizontales hacia los lados en los puntos de apoyo o arranques.
- **Muros Portantes Masivos:** Para evitar que las bóvedas abrieran y colapsaran los muros exteriores, los constructores debían edificar muros de sillería de varios metros de grosor con vanos y ventanas muy pequeños, limitando drásticamente la entrada de luz natural al interior.
- **Contrafuertes Adosados:** Las cargas laterales se amortiguaban mediante contrafuertes adosados directamente a la cara exterior de los muros. Obras como la Basílica de San Sernín en Toulouse o la Catedral de Santiago de Compostela evidencian esta tipología de gran solidez física y apariencia impenetrable.

9. Grandes hitos de la ingeniería mundial

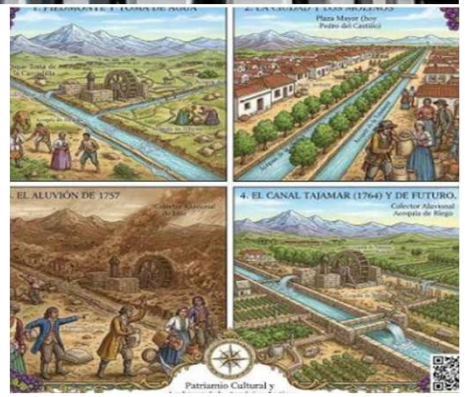
Hito	Importancia ingenieril	Conceptos para analizar
Pirámides de Egipto	Organización, geometría, transporte de materiales y estabilidad	Compresión, cimentación, logística.
Acueductos romanos	Abastecimiento por gravedad a gran escala	Pendiente, pérdidas, topografía.
Catedrales góticas	Optimización geométrica de estructuras de fábrica	Empujes, arbotantes, estabilidad.
Canal de Panamá	Conexión interoceánica mediante esclusas	Hidráulica, excavación, geotecnia, logística.
Torre Eiffel	Uso expresivo y eficiente del hierro	Viento, reticulados, estabilidad.
Puente Golden Gate	Gran luz mediante suspensión	Cables, aerodinámica, cargas móviles.
Presa Hoover	Gran infraestructura hidráulica multipropósito	Hormigón masivo, presiones, energía.
Túnel del Canal de la Mancha	Infraestructura subterránea de gran escala	Geotecnia, excavación, ventilación.
Burj Khalifa	Edificación de gran altura	Viento, sistema resistente, cimentación profunda.

10. Ingeniería Civil en Argentina: evolución y hitos

10.1. Antecedentes Coloniales y la Etapa Preacadémica (Siglos XVI al XIX)







Durante el periodo colonial español y las primeras décadas posteriores a la Revolución de Mayo (1810), la construcción de obras públicas en el territorio argentino estuvo dominada por el empirismo de constructores locales, arquitectos religiosos (especialmente la Compañía de Jesús) e ingenieros militares enviados por la Corona Española.

Las principales necesidades constructivas se centraban en la edificación de cabildos, templos, fortalezas defensivas costeras y primitivos sistemas de canalización hídrica. En las regiones áridas del Cuyo (Mendoza, San Juan y La Rioja), las comunidades locales heredaron y adaptaron las complejas redes de acequias de origen huarpe e incaico para transformar los oasis de pie de monte en valles productivos.

Hacia mediados del siglo XIX, la consolidación constitucional de la República Argentina y el vertiginoso aumento del comercio exterior exigieron superar los esquemas artesanales. La urgencia por dotar al país de puertos eficientes, caminos permanentes y redes de agua potable evidenció la necesidad imperiosa de formar profesionales con bases científicas y matemáticas rigurosas.

.

10. Ingeniería Civil en Argentina: evolución y hitos

10.2. La Institucionalización Académica: Luis A. Huergo y los Doce Apóstoles (1865-1870)

El nacimiento formal de la ingeniería argentina se produjo en el marco de las reformas educativas promovidas por el rector de la Universidad de Buenos Aires (UBA), Juan María Gutiérrez, durante la presidencia de Bartolomé Mitre.

A) La Creación del Departamento de Ciencias Exactas (1865)

Mediante decreto del 16 de junio de 1865, se restableció en la UBA el Departamento de Ciencias Exactas, contratándose a destacados profesores italianos como Bernardino Speluzzi, Emilio Rosetti y Pelegrino Strobel para impartir las cátedras de matemáticas, física y dibujo técnico orientadas a la ingeniería.

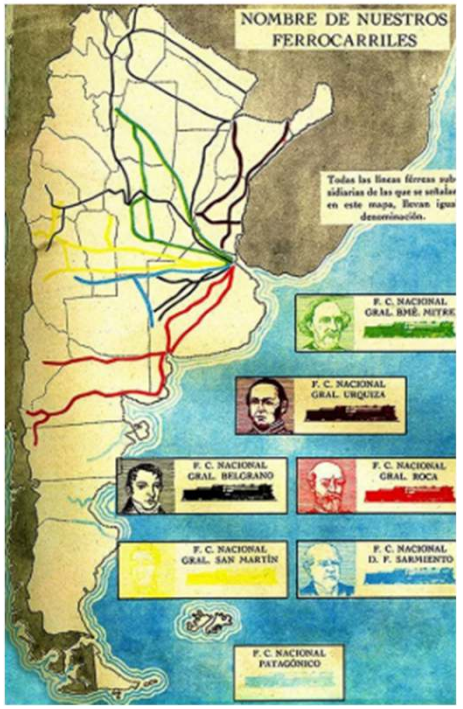
B) El Primer Ingeniero Argentino (1870)

- **Luis A. Huergo:** El 6 de junio de 1870, Luis Augusto Huergo defendió exitosamente su tesis titulada 'Vías de comunicación', convirtiéndose en el primer ingeniero civil graduado en una universidad argentina.
- **Los Doce Apóstoles:** Junto a Huergo, la primera cohorte estuvo integrada por otros once graduados — entre ellos Guillermo White, Valentín Balbín y Otto Krause
- **Consolidación Institucional:** En 1872 se fundó la 'Sociedad Científica Argentina' (SCA), presidida inicialmente por Huergo, convirtiéndose en el principal foro de debate e impulso de las obras públicas del país.

10. Ingeniería Civil en Argentina: evolución y hitos

10.3. La Era de la Infraestructura Agroexportadora y el Saneamiento Urbano (1870-1930)

Entre fines del siglo XIX y el primer tercio del siglo XX, Argentina experimentó una transformación física sin precedentes, impulsada por la inserción del país en el mercado mundial como exportador de carnes y cereales.



A) La Expansión Ferroviaria y Portuaria

- **La Red Ferroviaria:** Entre 1870 y 1914, la red ferroviaria argentina pasó de unos pocos cientos de kilómetros a más de 33,000 km, configurando un trazado radial convergente hacia los puertos del Plata y Rosario.
- **El Puerto de Buenos Aires (Huergo vs. Madero):** Un debate emblemático enfrentó a Luis A. Huergo (quien proponía un puerto abierto con dársenas escalonadas hacia el sur) con Eduardo Madero (quien impulsaba un diseño de dársenas cerradas con diques). Aunque prevaleció el proyecto Madero, las severas limitaciones operativas surgidas al poco tiempo confirmaron la superioridad técnica del diseño de Huergo, dando origen posteriormente al Puerto Nuevo.



10. Ingeniería Civil en Argentina: evolución y hitos



B) Obras Sanitarias de la Nación y la Lucha Sanitaria

Las epidemias de fiebre amarilla (1871) y cólera que azotaron a Buenos Aires revelaron el peligro mortal de las napas contaminadas.

- **Creación de OSN:** En 1892 se promulgó la creación de Obras Sanitarias de la Nación (OSN
- **Palacio de las Aguas Corrientes:** Destaca la construcción de la Planta Potabilizadora General San Martín en Palermo y el Palacio de las Aguas Corrientes en Balvanera, un monumental depósito de distribución con estructura de hierro fundido recubierto por más de 300,000 piezas de mayólica importada.

C) Pioneros de la Ingeniería Hidráulica y Vial



- **El Dique San Roque:** En Córdoba, los ingenieros Carlos Cassaffousth y Juan Bialet Massé diseñaron y construyeron el primer Dique San Roque (1886-1891), que en su momento fue el embalse de agua más grande del mundo.
- **El Subte de Buenos Aires (1913):** En 1913 se inauguró la Línea A del Subterráneo de Buenos Aires, la primera red de transporte ferroviario subterráneo de América Latina y del hemisferio sur.

10. Ingeniería Civil en Argentina: evolución y hitos

10.4. Industrialización, Grandes Embalses e Integración Territorial (1930-1990)

A partir de la década de 1930, el rol de la ingeniería civil viró hacia la integración territorial por carretera, la generación hidroeléctrica masiva y la interconexión física de las provincias meso e interfluviales.

A) La Red Vial Nacional y la Dirección Nacional de Vialidad (1932)

Con la sanción de la Ley de Vialidad N° 11.658 en 1932 y la creación de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV), Argentina planificó y pavimentó miles de kilómetros de rutas nacionales de hormigón y concreto asfáltico

B) Megaproyectos Hidroeléctricos y de Control de Crecidas

Para abastecer la demanda energética del desarrollo industrial, la ingeniería argentina concretó

- **El Chocón - Cerros Colorados (1972):** Complejo hidroeléctrico sobre el río Limay (Neuquén-Río Negro), hito en la ingeniería de presas de materiales sueltos y generación de energía renovable.
- **Salto Grande (1979):** Emprendimiento binacional con la República Oriental del Uruguay sobre el río Uruguay, con una potencia instalada de 1,890 MW.
- **Yacyretá (1994):** La mayor obra de infraestructura hidráulica compartida con la República del Paraguay sobre el río Paraná, con una potencia de 3,200 MW.

10. Ingeniería Civil en Argentina: evolución y hitos

C) Puentes de Gran Luz y Conexiones Interprovinciales

- **Túnel Subfluvial Hernandarias (hoy Uranga - Begnis):** Inaugurado en 1969, unió las ciudades de Santa Fe y Paraná bajo el lecho del río Paraná. Fue una proeza geotécnica e hidráulica al ser el primer túnel subfluvial de América Latina.
- **Puente General Belgrano (1973):** Primer puente atirantado de la Argentina, salvando el cauce principal del río Paraná para conectar las provincias de Chaco y Corrientes.
- **Complejo Zárate - Brazo Largo (1977):** Complejo ferroviario y carretero sobre los ríos Paraná de las Palmas y Paraná Guazú, con dos puentes atirantados de acero que integraron definitivamente al Entre Ríos y la Mesopotamia con el resto del país.





10. Ingeniería Civil en Argentina: evolución y hitos







10.5. Siglo XXI: Desafíos Urbanos, Sostenibilidad e Infraestructura Energética

En el siglo XXI, la ingeniería civil en Argentina enfrenta el reto de modernizar infraestructuras envejecidas, gestionar el riesgo de inundaciones por variabilidad climática y ejecutar megaproyectos energéticos sostenibles.

- **Puente Rosario - Victoria (2003):** Conjunto de puentes y viaductos de 60 km de longitud que atraviesan el valle de inundación del río Paraná
- **Saneamiento y Control de Inundaciones:** Plan de tunelería hidráulica con aliviadores de gran diámetro en CABAy el Plan de Saneamiento de la Cuenca Matanza-Riachuelo (Sistema Riachuelo/Lote 1, 2 y 3).
- **Infraestructura Energética y Vaca Muerta:** Obras de alta complejidad geotécnica e hídrica como las Represas del Río Santa Cruz en la Patagonia, los Parques Eólicos y Solares de la transición energética, y los grandes gasoductos de evacuación de no convencionales
- **Digitalización y Sostenibilidad:** La profesión adopta activamente la metodología BIM (*Building Information Modeling*), la ausculación estructural mediante sensores IoT, el diseño geotécnico avanzado y la evaluación de impacto ambiental en todo el ciclo de vida de las obras.

3.2 Obras de Arquitectura y Edificación

1. Concepto de obra de edificación

Una obra de edificación es un sistema construido destinado a alojar actividades humanas. Puede cumplir funciones residenciales, educativas, sanitarias, administrativas, comerciales, industriales, culturales o de servicios. Desde el punto de vista de la Ingeniería Civil, un edificio debe satisfacer simultáneamente requisitos de estabilidad, seguridad, funcionalidad, habitabilidad, durabilidad, constructibilidad y mantenimiento.

Aunque arquitectura e ingeniería tienen enfoques propios, una obra real exige coordinación interdisciplinaria.





3.2 Obras de Arquitectura y Edificación



1. Concepto de obra de edificación

Una obra de edificación es un sistema construido destinado a alojar actividades humanas. Puede cumplir funciones residenciales, educativas, sanitarias, administrativas, comerciales, industriales, culturales o de servicios. Desde el punto de vista de la Ingeniería Civil, un edificio debe satisfacer simultáneamente requisitos de estabilidad, seguridad, funcionalidad, habitabilidad, durabilidad, constructibilidad y mantenimiento.

Aunque arquitectura e ingeniería tienen enfoques propios, una obra real exige coordinación interdisciplinaria.

2. Características, morfología y función

La morfología describe la configuración geométrica del edificio: volumetría, número de niveles, regularidad en planta y altura, disposición de patios, núcleos, circulaciones, luces estructurales y relación lleno-vacío. La función refiere al uso y a las prestaciones requeridas. Una escuela, un hospital, un depósito y un edificio de viviendas pueden tener superficies similares, pero sus requisitos de carga, circulación, seguridad, instalaciones y mantenimiento son diferentes.

3.2 Obras de Arquitectura y Edificación

1. Concepto de obra de edificación

2. Características, morfología y función



La morfología describe la configuración geométrica del edificio: volumetría, número de niveles, regularidad en planta y altura, disposición de patios, núcleos, circulaciones, luces estructurales y relación lleno-vacío.

La función refiere al uso y a las prestaciones requeridas. Una escuela, un hospital, un depósito y un edificio de viviendas pueden tener superficies similares, pero sus requisitos de carga, circulación, seguridad, instalaciones y mantenimiento son diferentes.

Dimensión de análisis	Preguntas orientadoras
Función	¿Qué actividades aloja? ¿Cuántos usuarios? ¿Qué requisitos específicos existen?
Morfología	¿Es regular? ¿Cuántos niveles? ¿Qué luces y alturas predominan?
Estructura	¿Cuál es el sistema resistente vertical y lateral? ¿Cómo llegan las cargas a la fundación?
Materiales	¿Hormigón, acero, madera, mampostería, sistemas mixtos? ¿Por qué?
Envolvente	¿Cómo controla agua, aire, calor y radiación solar?
Instalaciones	¿Cómo se coordinan redes sanitarias, eléctricas, incendio y climatización?
Sitio	¿Cómo influyen suelo, pendiente, clima, sismicidad y accesos?
Ciclo de vida	¿Cómo se inspecciona, mantiene, repara o adapta?

3. Relevamiento de una obra de arquitectura





Relevar una obra significa observarla y documentarla de manera sistemática. El relevamiento puede ser:

- geométrico,
- constructivo,
- estructural,
- patológico,
- fotográfico o funcional.

Antes de visitar el sitio conviene definir el objetivo: no se releva del mismo modo un edificio para dibujar sus plantas que para diagnosticar humedades o evaluar una fisura.

Una ficha de relevamiento docente puede incluir ubicación, fecha aproximada de construcción, uso, sistema estructural, materiales, número de plantas, estado de conservación, modificaciones, evidencias de patologías y registro fotográfico. Las fotografías deben estar referenciadas y, cuando sea relevante, acompañarse por una escala o elemento de dimensión conocida.

3. Relevamiento de una obra de arquitectura

Procedimiento recomendado de relevamiento



1. Definir el propósito del relevamiento y preparar planos o croquis base.
2. Reconocer el entorno: topografía, accesos, drenaje superficial, edificaciones vecinas.
3. Identificar la organización funcional y los principales recorridos.
4. Reconocer el sistema estructural: losas, vigas, columnas, muros, arriostramientos y fundaciones conocidas.
5. Registrar dimensiones principales, luces, alturas, espesores y juntas.
6. Observar materiales y técnicas constructivas.
7. Identificar patologías: fisuras, humedad, corrosión, deformaciones, desprendimientos, asentamientos.
8. Realizar fotografías generales y de detalle con ubicación clara.
9. Entrevistar, si es posible, a usuarios o responsables de mantenimiento para conocer antecedentes.
10. Ordenar la información y elaborar hipótesis, evitando emitir diagnósticos definitivos sin evidencia suficiente.

4. Camino de cargas: herramienta básica de lectura estructural

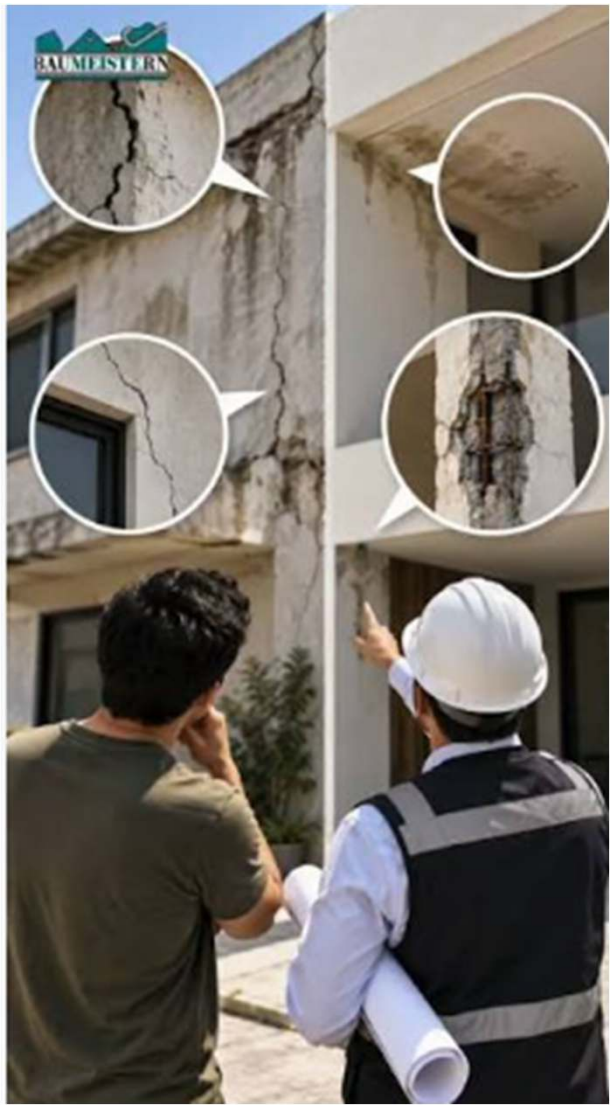
Una forma eficaz de analizar una edificación es seguir el camino de las cargas.

Las acciones gravitatorias comienzan en cubiertas y pisos, pasan a losas, luego a vigas o muros, continúan hacia columnas o elementos verticales y finalmente llegan a fundaciones y suelo.

Las acciones horizontales —viento o sismo— requieren sistemas capaces de trasladarlas hacia la base mediante pórticos, muros, arriostramientos o soluciones mixtas.

Si el camino de cargas es discontinuo o cambia bruscamente, pueden aparecer concentraciones de esfuerzos.

Ejemplos frecuentes son columnas que no continúan en niveles inferiores, grandes aberturas en muros resistentes, cambios abruptos de rigidez o plantas bajas muy abiertas. Estos aspectos son especialmente importantes en regiones sísmicas.



6. Patologías en edificación

Una patología es una manifestación de deterioro, defecto o comportamiento anómalo que afecta el desempeño de una construcción.

El diagnóstico patológico requiere una secuencia: observación, recopilación de antecedentes, formulación de hipótesis, ensayos o mediciones, interpretación y propuesta de intervención. Reparar directamente el síntoma sin corregir su causa suele producir reincidencia.

7. Fisuras y grietas

La lectura de fisuras considera ubicación, orientación, longitud, abertura, profundidad, patrón, edad y evolución. Fisuras verticales en mampostería pueden asociarse a movimientos térmicos o retracción; fisuras diagonales cerca de aberturas pueden relacionarse con concentraciones de tensión; patrones inclinados en muros pueden sugerir asentamientos diferenciales; fisuras longitudinales acompañadas por óxido y desprendimiento en elementos de hormigón pueden indicar corrosión de armaduras.

La evolución es un dato decisivo. Una fisura estabilizada no se interpreta igual que una fisura que continúa abriéndose. Pueden utilizarse testigos, fisurómetros o mediciones periódicas. En casos relevantes, la evaluación debe ser realizada por un profesional competente y puede requerir apuntalamiento preventivo.

8. Humedad y filtraciones

La humedad puede ingresar por lluvia, ascenso capilar, condensación, pérdidas de instalaciones o fallas en impermeabilizaciones. Cada mecanismo requiere una solución diferente. Impermeabilizar superficialmente un muro afectado por una pérdida activa puede ocultar temporalmente el síntoma sin resolver el origen.

Manifestación	Causa posible	Verificación	Línea de solución
Manchas desde piso	Ascenso capilar	Distribución, sales, humedad en base	Barrera, drenaje, revoque compatible.
Mancha bajo baño	Pérdida sanitaria	Prueba de instalaciones	Reparar pérdida y secar.
Moho en esquina fría	Condensación	Temperatura/humedad, puente térmico	Ventilación, aislación, control de vapor.
Filtración en cubierta	Falla impermeable o desagüe	Inspección y prueba de agua	Corregir pendientes, juntas o membrana.

9. Corrosión en hormigón armado

El acero embebido en hormigón suele estar protegido por la alcalinidad del medio. La carbonatación o el ingreso de cloruros pueden destruir esa protección. Cuando el acero se corroe, los productos de corrosión ocupan mayor volumen, generan tensiones internas y producen fisuración y desprendimiento del recubrimiento.

Una reparación adecuada no consiste solo en cubrir el desprendimiento. Debe eliminar material deteriorado, evaluar la armadura, limpiar o tratar el acero, restituir sección si corresponde, recomponer el hormigón con material compatible y reducir la causa de ingreso de agentes agresivos.

10. Asentamientos y problemas de fundación

Toda fundación transmite cargas al terreno. Si distintos sectores se deforman de manera desigual, aparecen asentamientos diferenciales capaces de fisurar muros, desnivelar pisos o trabar aberturas. Las causas pueden ser heterogeneidad del suelo, rellenos no controlados, cambios de humedad, pérdidas de agua, excavaciones cercanas o fundaciones insuficientes.

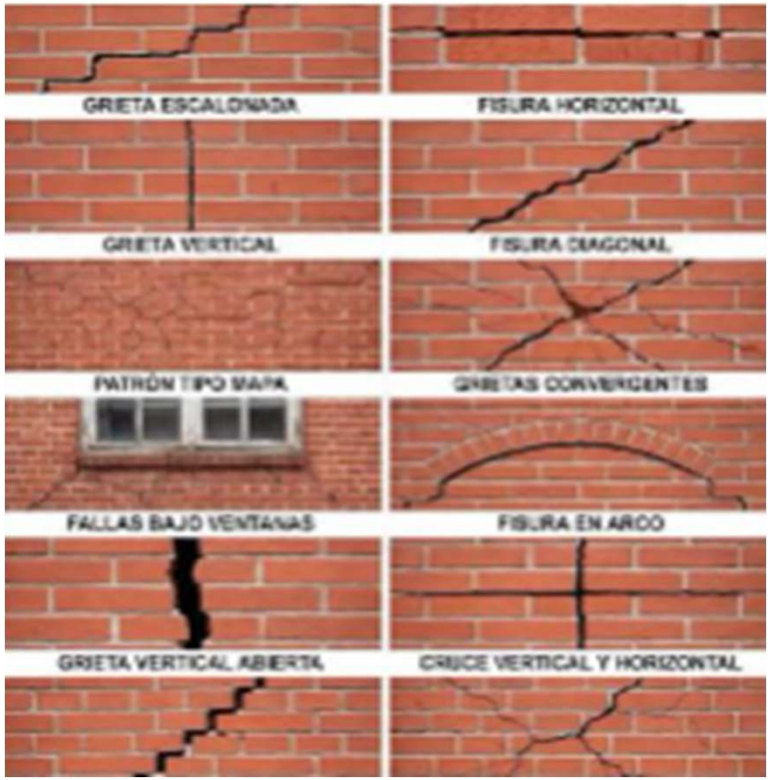
El diagnóstico combina geometría de las fisuras, nivelación, antecedentes constructivos y estudios geotécnicos. Las soluciones pueden incluir mejora de drenaje, reparación de pérdidas, recalce, micropilotes, inyecciones o redistribución de cargas, pero deben seleccionarse según la causa real.

11. Estudio de caso A: edificio con fisuras diagonales

Supóngase un edificio de mampostería de dos niveles que presenta fisuras diagonales en muros de planta baja, concentradas cerca de aberturas y más pronunciadas hacia uno de los extremos. Los usuarios indican que el problema se intensificó luego de una rotura prolongada de una cañería exterior.

Hipótesis inicial: la fuga modificó el contenido de humedad del suelo, redujo o alteró su rigidez y produjo un asentamiento diferencial. La fisura es la manifestación; el mecanismo se encuentra en la interacción suelo-estructura.

1. Relevar patrón y abertura de fisuras.
2. Verificar nivelación de pisos y deformaciones.
3. Localizar instalaciones y antecedentes de pérdidas.
4. Realizar exploración geotécnica si la magnitud lo justifica.
5. Controlar temporalmente la evolución.
6. Eliminar la fuente de agua.
7. Evaluar necesidad de recalce antes de reparar terminaciones.



12. Estudio de caso B: losa con flecha excesiva

Una losa puede ser resistente frente al colapso y, sin embargo, presentar deformaciones incompatibles con su uso. La flecha excesiva puede fisurar tabiques, generar sensación de inseguridad, provocar acumulación de agua o afectar instalaciones. El análisis debe considerar luz, espesor, armadura, cargas reales, edad del hormigón, fluencia y retracción.

Este caso muestra la diferencia entre estado límite último y estado límite de servicio. La Ingeniería Civil no busca solo evitar el colapso; también debe garantizar deformaciones, vibraciones, fisuración y durabilidad compatibles con el uso.



13. Estudio de caso C: filtraciones en cubierta plana

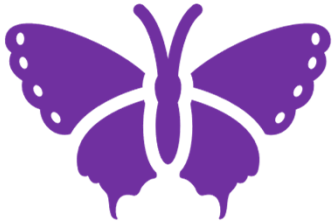
En una cubierta plana, la estanqueidad depende de pendientes, desagües, juntas, encuentros con parapetos y continuidad del sistema impermeable. Una obstrucción de sumideros puede aumentar la altura de agua y llevar la impermeabilización a trabajar en condiciones no previstas. Las fallas suelen aparecer en detalles y discontinuidades más que en superficies centrales.

Una estrategia de solución combina inspección, limpieza, prueba sectorizada, reparación de encuentros y verificación de pendientes. Si el problema es de diseño, una simple aplicación superficial puede no ser suficiente.





Fin de la clase





Preguntas ? Comentarios?

