

## IV JORNADAS “ESTRUCTURAS EN ARQUITECTURA” - 2022

### Docencia

#### Diseño y cálculo estructural de un puente-mirador.

Arq. Cecilia Bobeda – Arq. Daniel Cisneros  
Universidad de Flores. Facultad de Planeamiento Socio Ambiental  
Cipolletti. Rio Negro. Argentina  
[cecilia.bobeda@uflouniversidad.edu.ar](mailto:cecilia.bobeda@uflouniversidad.edu.ar)

PALABRAS CLAVES: DISEÑO-CÁLCULO-PUENTE

### RESUMEN

El presente trabajo pretende difundir la experiencia lograda en la materia “Diseño y Cálculo Estructural II”, correspondiente al tercer año de la carrera de arquitectura de la Facultad de Planeamiento Socio Ambiental (FPSA), en la cual se propone un trabajo práctico integrador de contenidos. La experiencia se remonta al trabajo solicitado en 2020 denominado "puente mirador" ubicado en la zona de bardas del norte de la ciudad de Neuquén.

Se trabajó con reticulados planos como solución estructural/método de construcción, ya que estos proporcionan una solución eficiente para llevar a cabo estructuras de grandes luces. A su vez son un claro ejemplo de que la lógica constructiva material termina siendo parte indivisible de la lógica constructiva formal.

La actividad consistió en:

- Análisis del sitio como oportunidad de intervención. El lugar se encuentra en el Parque Norte de la ciudad de Neuquén, plaza de las banderas.
- Análisis de material de proyecto elegido por el/la alumno/a.
- Diseño y cálculo estructural del puente/mirador. El mirador tenía el objetivo de unir dos puntos de la topografía irregular característica del lugar donde se emplazó. El proyecto debía contener un espacio estanco para contemplar el paisaje y, por otro lado, prever la circulación peatonal constante a través del mismo.

Se debía resolver mediante reticulados planos, los cuales debían contar con el diseño de sus barras, vínculos y los apoyos en el terreno. Los materiales a utilizar fueron metal y/o madera.

Luego de cinco clases de corrección se procedió a la entrega del proyecto, los alumnos realizaron una exposición oral de los trabajos y entregaron láminas impresas con implantación, plantas, cortes y vistas, detalles constructivos, renders y fotomontajes, memoria estructural con el análisis de carga y dimensionado de los elementos estructurales, aplicando los métodos aprendidos durante el ciclo lectivo.

Se integraron los conocimientos de análisis de cargas, dimensionados a flexión plana y oblicua, método de cremona con notación bow para el cálculo de los esfuerzos de las barras de los reticulados y dimensionado a sollicitación axil, aplicándolos al diseño de un proyecto lo que entendemos le da un valor agregado a lo aprendido.

## INTRODUCCIÓN

En una constante búsqueda por repensar los métodos de enseñanza, en el año 2020 se llevó adelante como último trabajo práctico integrador de contenidos realizado al final de la cursada de la materia Diseño y Cálculo Estructural II, el diseño y cálculo de un puente-mirador ubicado en las bardas al norte de la ciudad de Neuquén. La intención del trabajo fue que los estudiantes puedan integrar los conocimientos adquiridos previamente y aplicarlos en el diseño y cálculo de un proyecto de arquitectura en el que se pudieran identificar los distintos elementos estructurales, su función dentro del conjunto, el recorrido de las cargas y el tipo de sollicitación de trabajo para poder dimensionarlos.

Entendiendo que, al plasmar los procedimientos a un objeto en concreto (puente), se logra visualizar y asimilar conceptualmente lo aprendido, avivando la tensión entre forma y estructura, propiciando como método de enseñanza la observación, la experiencia y el pensamiento crítico, abordando herramientas útiles para generar la construcción del conocimiento.

Esta experiencia permitió repensar las prácticas de enseñanza de un espacio curricular que demanda de los estudiantes pensamiento complejo, articulación de otras áreas de conocimiento y habilidades cognitivas para el logro de los objetivos.

## DESARROLLO

### Tema

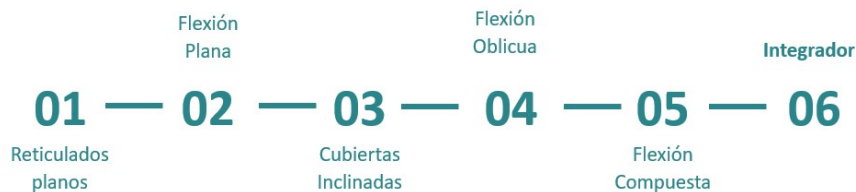
“Diseño y Cálculo Estructural II”, es una asignatura anual, cuya finalidad es capacitar al estudiante para interpretar las propuestas del especialista estructural, evaluarlas y proponer soluciones que permitan jerarquizar el proyecto arquitectónico, conformando un trabajo interdisciplinario con todos y cada uno de los actores que intervienen en el proceso de diseño y elaboración de la obra.

Los contenidos de la misma están divididos en seis unidades:

1. Reticulados planos
2. Flexión plana
3. Cubiertas inclinadas
4. Flexión oblicua
5. Flexión compuesta
6. Sistemas Isostáticos e Hiperestáticos

Cada unidad inicia a través del abordaje de la teoría como soporte inicial de los procesos de análisis, crítica y resolución de problemas. Estos contenidos se facilitan con el material digitalizado, a través del campus virtual, utilizando bibliografía de soporte y ejemplos prácticos y reales para su comprensión. A partir de este conocimiento teórico, se propiciará el entrenamiento en procedimientos metodológicos específicos para cada problemática a resolver, a través del desarrollo de trabajos prácticos en cada unidad.

El trabajo que se expone corresponde al último práctico del ciclo lectivo.



## Estrategia de enseñanza: el ensamble pedagógico y didáctico

En este punto cabe mencionar que se realizó el planteo de una actividad práctica de taller, en la cual se articuló el ámbito proyectual y de estudio de un material determinado, con el diseño y cálculo de su estructura resistente. Asumiendo un trabajo más abarcativo y completo desde lo proyectual, conceptual, técnico y pedagógico.

De este modo, se procuró integrar conocimientos adquiridos durante la primera mitad del año y los correspondientes a la materia de "Diseño y Cálculo Estructural I". Estos son análisis de cargas, dimensionados a flexión plana y oblicua, método de cremón con notación bow para el cálculo de los esfuerzos de las barras de los reticulados y dimensionado a sollicitación axil.

## Objetivos de la propuesta de enseñanza:

El objetivo general fue estimular en los alumnos la creatividad, el espíritu crítico y el trabajo en equipo aplicándolo a un tema concreto como es el diseño de un puente.

Como objetivos específicos se plantearon:

1. Proyectar sistemas estructurales que cumplan con un propósito definido.
2. Aplicar conocimientos adquiridos en las distintas asignaturas de la carrera.
3. Incorporar saberes necesarios para proponer soluciones estructurales de baja complejidad que integren, jerarquicen y/o definan el proyecto arquitectónico.
4. Vincular el diseño proyectual y el modelo estructural.
5. Realizar el estudio de las piezas resistentes principales en el contexto de una planta estructural global, evitando el análisis aislado de cada miembro estructural.

Como propósitos de la cátedra establecimos:

1. Procurar una visión totalizadora y una interpretación más precisa de la función que cumplen los elementos estructurales.
2. Estimular al alumno a tomar decisiones proyectuales que optimicen el comportamiento estructural.
3. Incentivar en el alumno la claridad dialéctica conceptual del discurso (exposición) y la discusión grupal, además de la comunicación gráfica ofrecida a sus compañeros.

## Descripción general de la actividad propuesta:

Se organizó el trabajo en apartados que procuraron orientar al estudiante.

a) Disposiciones generales:

El trabajo se resolvió de manera grupal en un número máximo de cuatro participantes, y fue corregido en el aula con una participación activa de cada grupo.

b) Modalidad de trabajo:

Las actividades se realizaron en la modalidad de taller, donde se buscó la orientación de los docentes, tanto para el seguimiento como para apoyo teórico y/o práctico.

Se ponderaron las correcciones grupales sobre las individuales, incentivando la participación colectiva, lo que ayudó a formar conciencia crítica en cada formulación.

c) Normas de diseño del puente/mirador del alto valle:

*"...Para que una obra se convierta en objeto de contemplación ha de poseer la propiedad de la transparencia, es decir, ha de lograr que la mirada del espectador no se detenga en ella, sino que la atraviese, llevando esa mirada más allá del límite físico definido por la propia obra..."* (Martí Aris, 2010)

El mirador se interpretó como un elemento de contemplación del paisaje y generación de una atmósfera inserta en la subjetividad de las múltiples miradas del observador. Los reticulados como método de construcción

proporcionaron una solución eficiente para llevar a cabo estructuras de grandes luces. A su vez fueron un claro ejemplo de que la lógica constructiva material termina siendo parte indivisible de la lógica constructiva formal.

El puente mirador tenía como objetivo unir dos puntos de la topografía irregular característica del lugar donde se emplazó, el sitio elegido fue en las bardas del Parque Norte de la ciudad de Neuquén. El proyecto debía contener un espacio estanco para contemplar el paisaje y prever la circulación peatonal a través del mismo. Se debía resolver mediante reticulados planos, utilizando madera y/o metal como materiales principales; y debía salvar una luz de 15 a 20m, con una altura máxima de 5m.

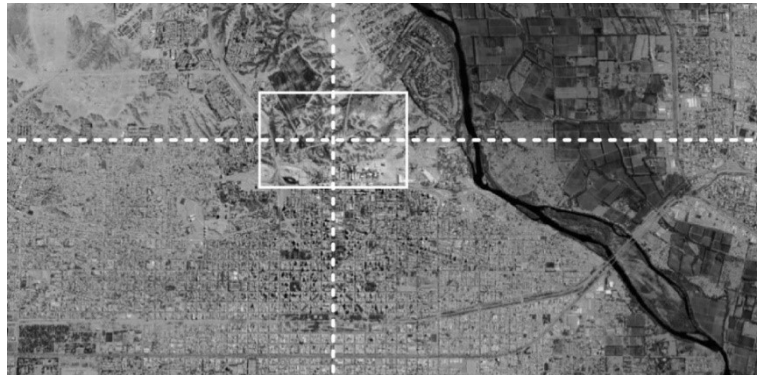


Imagen 1. Implantación general en sector norte de la ciudad



Imagen 2. Esquema de planta

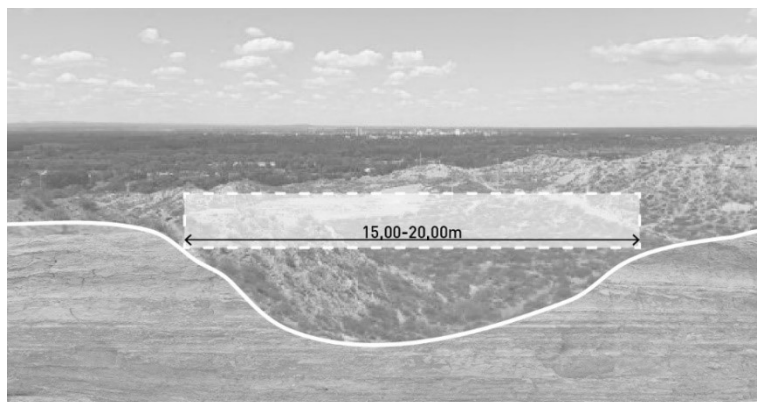


Imagen 3. Esquema de corte

El lugar no se contempló como una imposición que dicta sus leyes al proyecto, sino lo contrario. La observación del sitio toma registro de las invariantes, las preexistencias, el recorrido del sol, la dirección del viento, el dominio visual desde el edificio y su repercusión visual en el entorno. Al emplazar el edificio se ordena un sitio antes inadvertido, dotando de orden formal al espacio que lo rodea (Delluchi, 2018).

Se utilizó una metodología de proyecto común a todas las cátedras de la facultad, que consiste en utilizar obras de referencia como material de proyecto (Giuliani, 2018). Esta metodología se fue construyendo a raíz de distintas visitas e intercambios con el Arq. Helio Piñón, en la que, quien proyecta, se vale de la arquitectura anterior o contemporánea a su trabajo, como punto de partida (Piñón, 2009).

Una vez abordada la forma general del proyecto, se procedió al dimensionado y/o verificación de todos los elementos del sistema estructural planteado por los alumnos.

d) Pautas de entrega:

Se estipuló una fecha de entrega, en la que se realizó una exposición oral y entrega escrita.

Los temas a abordar en la presentación oral fueron:

- Material de proyecto. Que obras arquitectónicas se utilizaron como referencias, y que criterios de orden se adoptaron en el proyecto.
- Lugar. Que características del sitio se tomaron como condicionantes de proyecto. Si se buscó enfatizar las visuales, la orientación, el asoleamiento, etc.
- Función. Como se garantizó la circulación de un punto al otro, por dónde se transita y dónde se proponen los lugares de estadío.
- Estructura/función. Que decisiones proyectuales se adoptaron en la estructura para garantizar el correcto funcionamiento del programa a satisfacer.
- Estructura/cerramiento. Que intenciones proyectuales se buscaron en la visualidad del objeto en relación a sus cerramientos: solados, cubiertas, semicubiertos y tabiques.
- Forma/estructura. Cual fue el resultado de la forma en tensión con los pares anteriormente mencionados, que se buscó enfatizar y como se verifican esas intenciones con las secciones adoptadas de la estructura proyectada.

Asimismo, se les solicitó una breve conclusión/reflexión acerca del ejercicio de proyectar un objeto y poder verificarlo estructuralmente; así como la importancia de realizar estos procedimientos en el quehacer proyectual.

La documentación gráfica incluía: Implantación, plantas estructurales, cortes, vistas, detalles, axonométricas, renders, fotomontaje y memoria de cálculo con el análisis de carga y dimensionado de los elementos estructurales, aplicando los métodos de cálculo estudiados.

e) Criterios de evaluación:

Implicó una revisión del proceso de trabajo y resultados desarrollados por los alumnos, enmarcado en los contenidos mínimos del programa de la asignatura.

El criterio de evaluación se estableció de la siguiente manera:

- Diseño del proyecto.
- Precisión en los procedimientos de cálculo.
- Aspectos formales de la presentación gráfica.
- Orden y claridad en la presentación oral.
- Participación individual y grupal.
- Puntualidad en la entrega.

Se trató de establecer si el alumno cumplió con los objetivos que nos propusimos, determinados en el programa de la materia, así como el grado de adquisición alcanzado, sin compararlo con los otros compañeros del curso.

## Resultados

Los alumnos lograron desarrollar propuestas con alto grado de desarrollo y estudio. Definieron la volumetría, y pudieron dimensionar los principales elementos estructurales, logrando estudiar detalles constructivos de uniones y vinculaciones entre elementos.

A continuación, se muestran algunos ejemplos:

Diseño y cálculo estructural de un puente mirador.

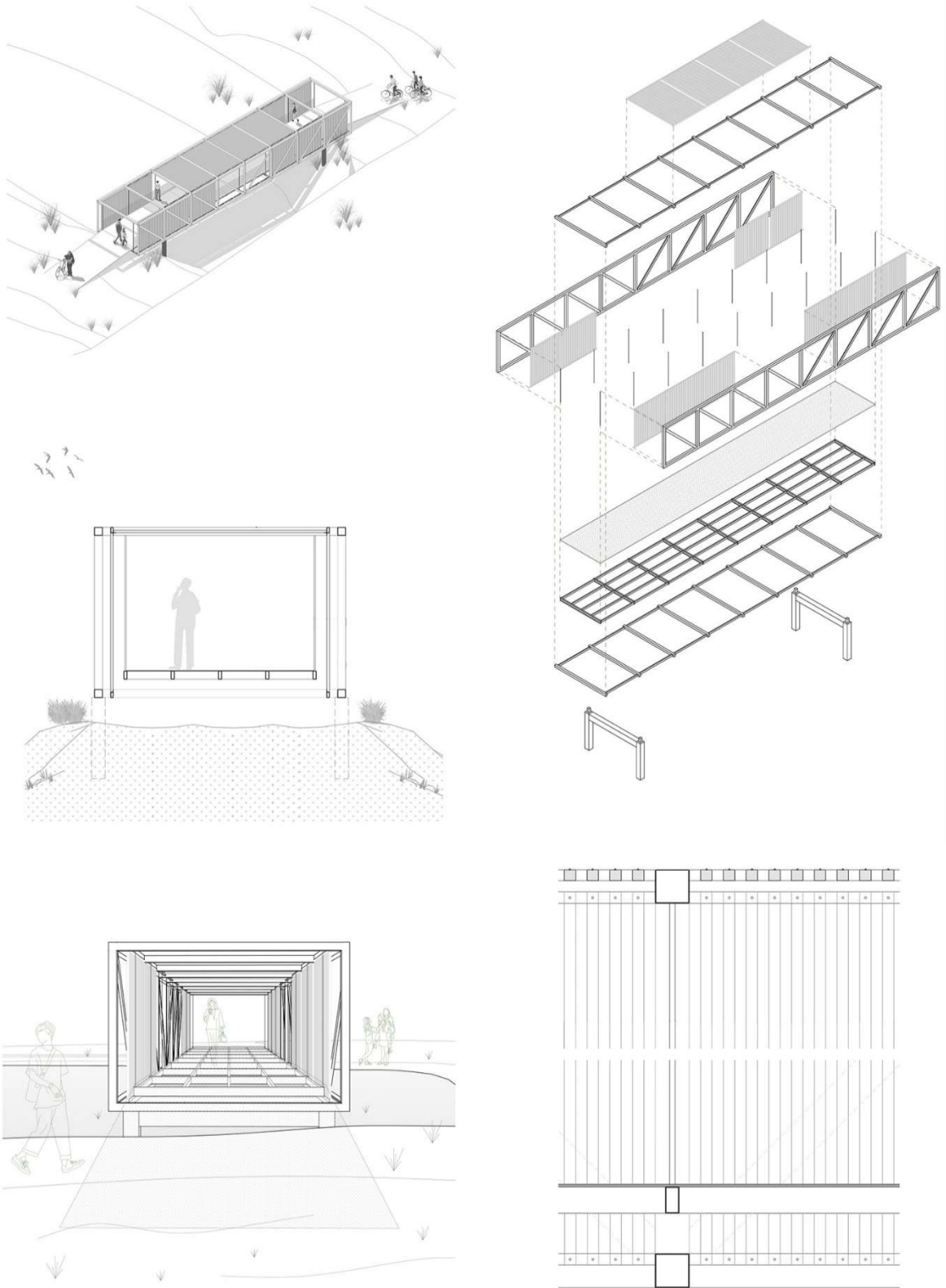


Imagen 4. Ejemplo grupo 1



**1. CERRAMIENTO HORIZONTAL**  
 Varilla de madera eucaliptus 2"x2", c/ 10cm [28 varillas por módulo]  
 pp.varillas =  $6.2\text{kN/m}^2 \times 0.05\text{m} \times 0.05\text{m} \times 3.5\text{m} = 0.054\text{kN} \times 28 = 1,519\text{kN}$   
 Angulo L=  $0.025\text{kN/m} \times 3\text{m} = 0.075\text{kN} \times 2 = 0.15\text{kN}$

pp.módulo =  $1,519\text{kN} + 0.15\text{kN} = 1.669\text{kN}$  / Sup módulo [ 10.5m<sup>2</sup>]  
 pp total =  $0.158\text{ kN/m}^2$

Carga permanente=  $1.2 \times 0.158\text{ kN/m}^2 = 0.19\text{ kN/m}^2$   
 Carga accidental=  $1.6 \times 1\text{ kN/m}^2 = 1.6\text{ kN/m}^2$

Carga Total Mayorada =  $0.19\text{ kN/m}^2 + 1.6\text{ kN/m}^2 = 1.79\text{ kN/m}^2$

**2. CERRAMIENTO VERTICAL**  
 Varilla de madera eucaliptus 2"x2", c/ 10cm [28 varillas por módulo]  
 pp.varillas =  $6.2\text{kN/m}^2 \times 0.05\text{m} \times 0.05\text{m} \times 2.9\text{m} = 0.0449\text{kN} \times 28 = 1,25\text{kN}$   
 Angulo L=  $0.025\text{kN/m} \times 3\text{m} = 0.075\text{kN} \times 2 = 0.15\text{kN}$

pp.módulo =  $1,25\text{ kN} + 0.15\text{ kN} = 1.40\text{ kN}$  / largo de módulo [ 3m]  
 pp =  $0.466\text{ kN/m}$

Carga permanente=  $1.2 \times 0.466\text{ kN/m} = 0.56\text{ kN/m}$

Carga Total Mayorada =  $0.56\text{ kN/m}$

**3. PISO**  
 pp chapa =  $0.069\text{ kN/m}^2$

Carga permanente=  $1.2 \times 0.069\text{ kN/m}^2 = 0.082\text{kN/m}^2$   
 Carga accidental=  $1.6 \times 3\text{ kN/m}^2 = 4.8\text{ kN/m}^2$

Carga Total Mayorada =  $0.082\text{kN/m}^2 + 4.8\text{ kN/m}^2 = 4.88\text{ kN/m}^2$

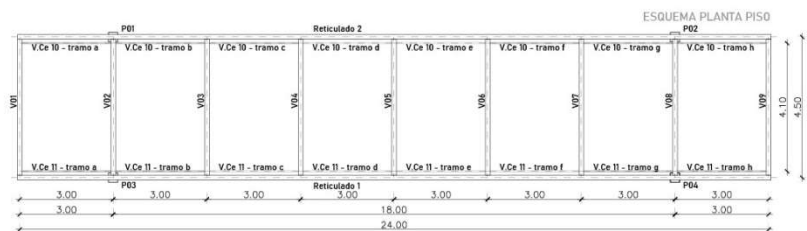
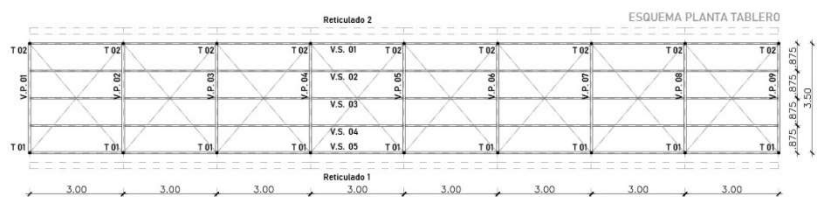
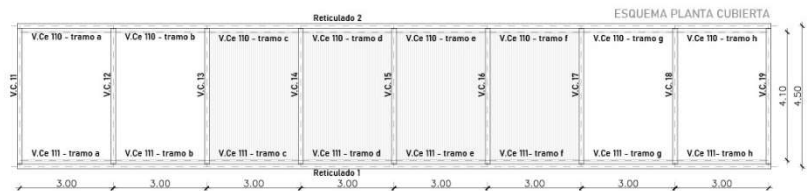


Imagen 5. Ejemplo grupo 1

Diseño y cálculo estructural de un puente mirador.

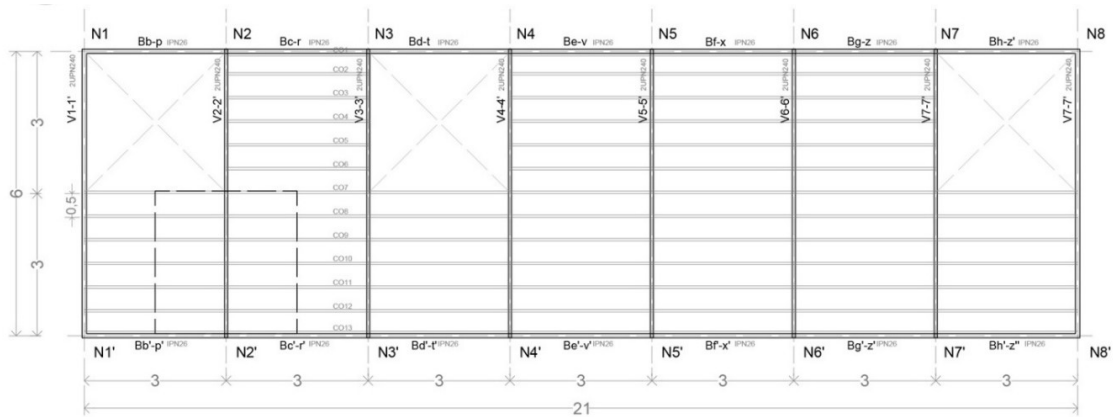
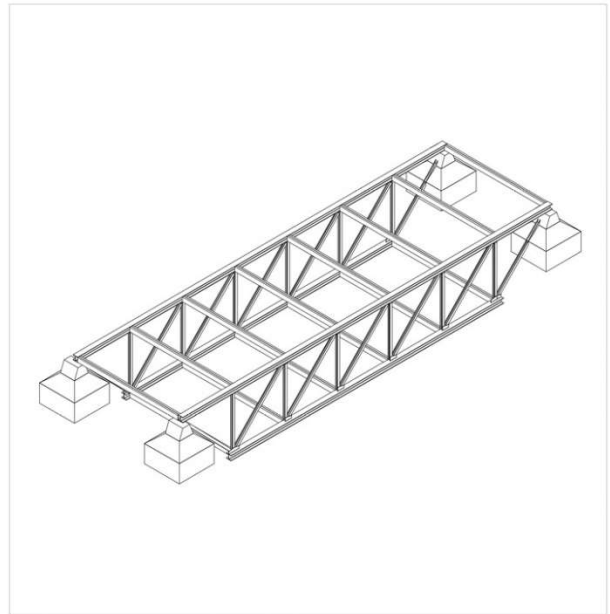
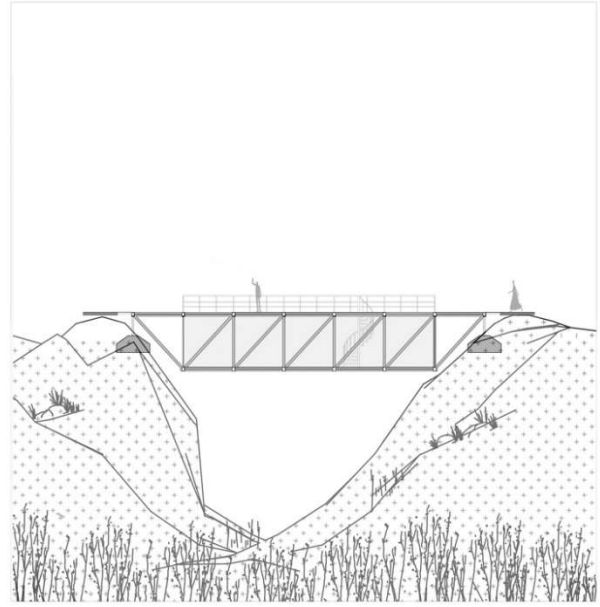
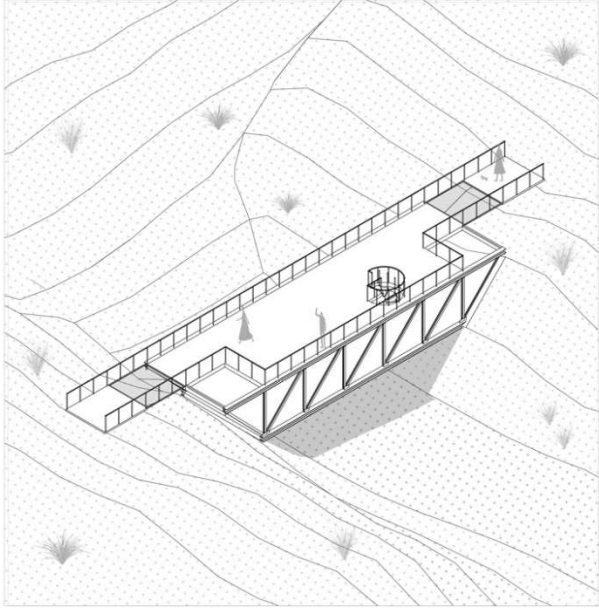


Imagen 6. Ejemplo grupo 2



## CONCLUSIONES

Se considera que la herramienta pedagógica y didáctica elegida cumple con los objetivos que se plantearon previamente. El análisis de los resultados obtenidos y la respuesta satisfactoria de los alumnos, nos invita a repensar y mejorar continuamente el trabajo.

En otros ciclos lectivos este trabajo se realizó en el marco de una articulación horizontal, con la materia "Producción II", en la que los alumnos elaboran un proyecto de pequeña escala (parador, stand), el cual es analizado por esta materia con el objetivo de verificar los elementos estructurales que tienen previamente proyectados.

En esta asignatura nos interesa que los estudiantes entiendan y razonen los contenidos abordados, evitando la memorización y repetición. Insistimos en que las fórmulas y procedimientos de cálculo los encontrarán siempre en algún libro o reglamento, no necesitan memorizarlas, por lo que es más importante generar criterios de análisis y evaluación de situaciones y resultados.

Durante la aplicación de trabajos prácticos debemos conducir a los alumnos a observar, criticar, relacionar, diferenciar y sintetizar, de manera de acostumbrarlos a una autoevaluación permanente, buscando siempre la forma de estimular al alumno en su aprendizaje.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cisternas, A. y Pedro, B. (1999). *Estructuras 1*. Buenos Aires: FADU UBA Cátedra vertical Estructuras del Arq. Perles
- Delluchi, A. (2018). El proyecto como revelación del lugar.
- Giuliani, S. (2018). Análisis y material de proyecto.
- Martí Aris, C. (2010). *Silencios Elocuentes*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Pedro, P. (2016). *Temas de resistencia de materiales: introducción a nueva norma CIRSOC 301-05 y CIRSOC 601-05-13*.
- Piñon, H. (2009). *helio-piñon.org*. Obtenido de [https://helio-pinon.org/escritos\\_y\\_conferencias/det-materiales\\_de\\_proyecto\\_i58440](https://helio-pinon.org/escritos_y_conferencias/det-materiales_de_proyecto_i58440)
- Reglamento INPRES-CIRSOC (Centro de Investigación de los Reglamentos nacionales de Seguridad para las Obras Civiles) 101,102,105,107 y 303. (2005). Buenos Aires: INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial).