

# HERRAMIENTAS DIDÁCTICAS PARA LA CONTINUIDAD ESTRUCTURAL

**Ing. Alberto Elicabe, Ing. Alicia Adler, – Ing. Horacio Altamirano , Ing. Gabriela Torrisi ,  
Arq. Gabriela Asís, Ing. Dolores Aramburu, Arq. Laura Bellmann.**

Amelia Earhart 4451 – Bº Valle del Cero – Córdoba – (5009)- Te 0351 48144 58 –

Ing. Alberto Elicabe: [arelicabe@gmail.com](mailto:arelicabe@gmail.com)

Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, UNC

**PALABRAS CLAVE: DEFORMADA – DIDÁCTICA – MODELOS**

**EJE TEMÁTICO: DOCENCIA**

## **Resumen**

En este trabajo se presenta un conjunto de herramientas didácticas para la enseñanza de la deformación en vigas y losas continuas. Está orientado a alumnos del tercer nivel de la carrera de Arquitectura, los que han tenido un curso previo de la asignatura Estructuras.

En este nivel los contenidos incluyen la temática de la continuidad estructural. Esta problemática se aborda mediante el estudio de las deformaciones generadas por las cargas en estructuras continuas, a partir de la cual pueden establecerse los puntos de inflexión y ubicación de las fibras traccionadas, lo que resulta necesario para la disposición de armaduras en hormigón armado.

Conocida la deformada y el tipo de cargas actuantes pueden graficarse cualitativamente los diagramas de momentos flectores y corte correspondientes.

Para efectuar la transposición didáctica se opta por recurrir a modelos, tanto computacionales como físicos. La innovación presentada consiste en que el modelo computacional, además del eje del elemento, permite visualizar la vista deformada del mismo, lo que facilita la comprensión del fenómeno. Se la acompaña con los diagramas de esfuerzos y de cargas, para una rápida interpretación por parte de los alumnos. Se han desarrollados dos modelos de este tipo: uno para viga con doble voladizo y otro para una viga continua de dos tramos.

También indicaremos los modelos físicos utilizados por la cátedra y por los alumnos en sus clases de taller, con los dispositivos necesarios para detectar la posición de las zonas traccionadas. El método, que utiliza elementos sencillos, permite visualizar el efecto beneficioso de las armaduras correctamente ubicadas, tanto por la disminución de deformaciones como por el aumento de resistencia.

## INTRODUCCIÓN

La abstracción que supone la representación de una estructura de barras por sus ejes genera dificultades para la aprehensión de los contenidos que requieren de su utilización.

Los estudiantes actuales poseen habilidades que favorecen el estudio de elementos concretos, por lo cual es conveniente emplear herramientas que las empleen.

En la asignatura Estructuras II A de la FAUD, UNC, se requiere el estudio de la deformación de estructuras constituídas por barras continuas, tanto vigas como pórticos. El abordaje por la deformación ha sido una constante en la historia de nuestra facultad, basándonos en lo desarrollado por maestros como Eduardo Torroja (Razón y ser de los tipos estructurales).

Para la enseñanza de esta temática se recurre a modelos que permiten visualizar la deformación de la estructura en estudio bajo las acciones que se le aplican. Mediante la ubicación de los puntos de inflexión se puede establecer la cara en la cual se ubican las fibras traccionadas. La transmisión de momentos y los valores absolutos de los mismos en los nudos se puede relacionar con los giros que se producen. De este modo, complementando el tema con criterios sencillos de trazado de los diagramas de momentos y corte, es posible evaluar de un modo cualitativo la distribución de esfuerzos que permitirá diseñar el elemento.

Para complementar los modelos que utiliza el docente se han desarrollado otras herramientas que permiten al alumno experimentar por sí mismo.

Describiremos las mismas.

## GRAFICACIÓN DE LA DEFORMACIÓN DEL ELEMENTO

El desarrollo consiste en representar la viga en vista con su altura relativa, a fin de visualizarla como si se tratara de un modelo físico.

A tal efecto se han desarrollado dos casos, la viga con dos voladizos y la viga continua de dos tramos. En ambos se puede aplicar tanto cargas concentradas como distribuidas de distinto valor a fin de observar cómo afecta al resultado.

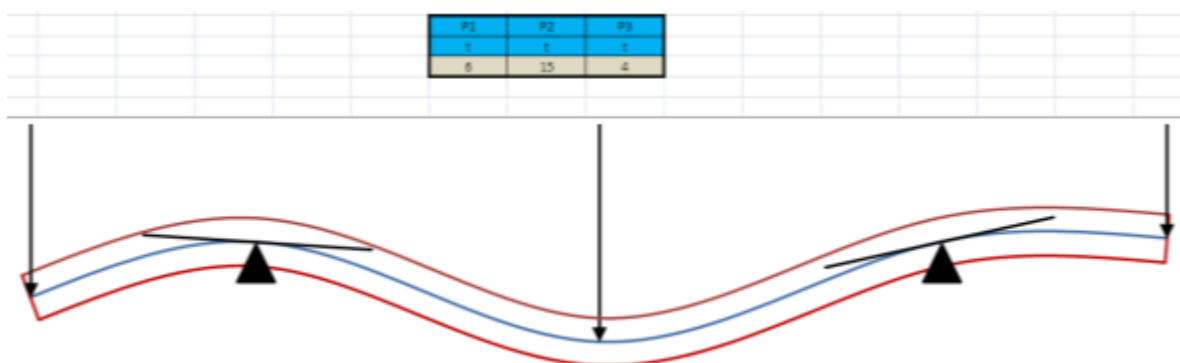


Figura 1 – Viga con dos voladizos y cargas concentradas.

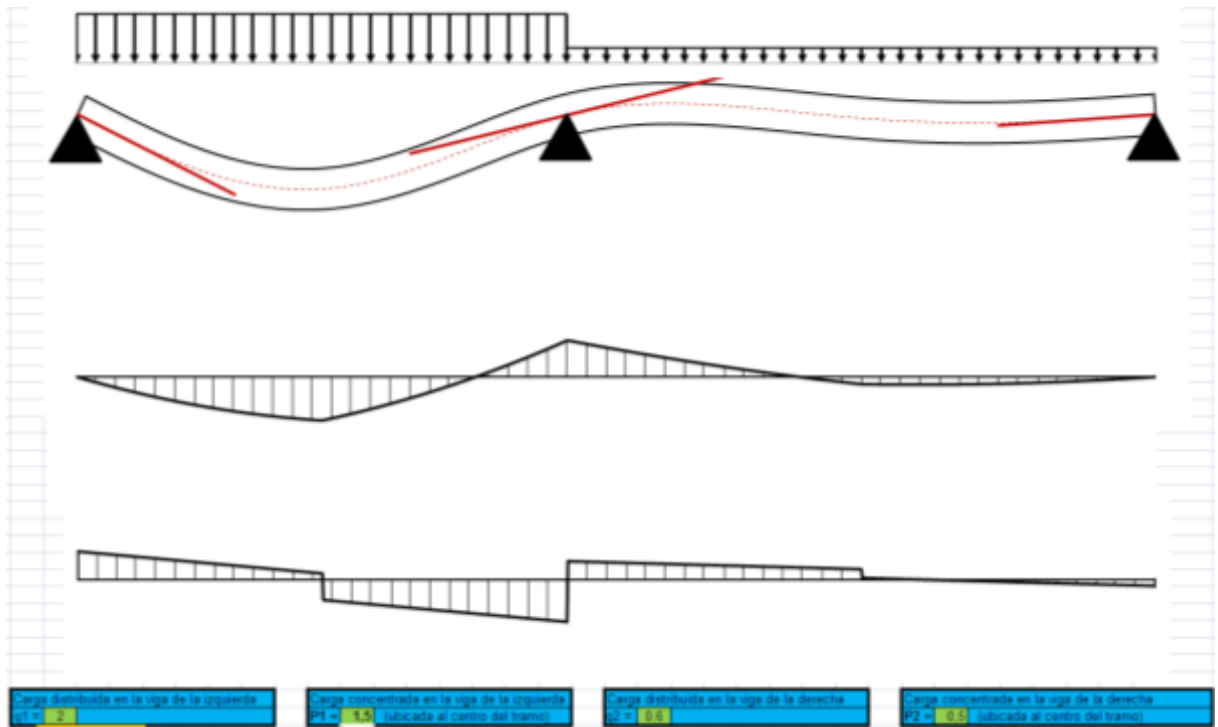


Figura 2 – Viga continua de dos tramos con cargas concentradas y distribuidas.

Los programas han sido elaborados en Excel, empleando cálculo matricial y las posibilidades que este software ofrece para la graficación. Como puede observarse en la figura 1 y 2 se acompañan de los correspondientes diagramas de esfuerzos y también se grafican las tangentes en cada nudo.

Los alumnos pueden variar las magnitudes de cada carga a fin de analizar los cambios que se producen tanto en los esfuerzos como en las deformaciones.

De un modo análogo se estudian los efectos producidos en un pórtico de un tramo por la acción de una carga horizontal aplicada en el dintel, Figura 3.

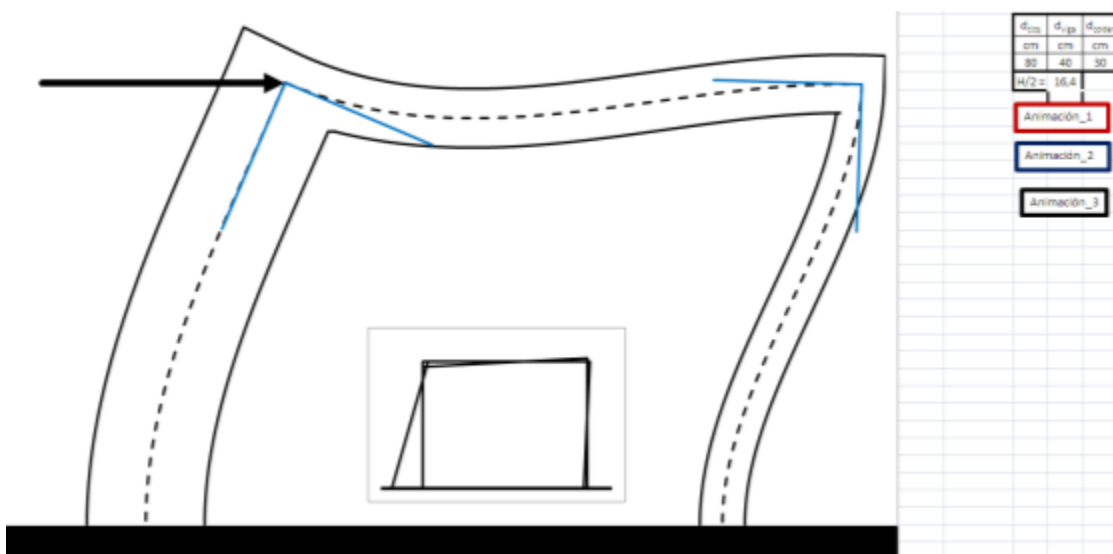


Figura 3 – Pórtico bajo una fuerza horizontal

Este último caso puede estudiarse con variantes en la altura de cada una de las tres barras, lo que pone en evidencia la influencia de la rigidez relativa de las mismas, Figuras 4 y 5. También es apreciable a simple vista la variación del giro de los nudos en cada caso.

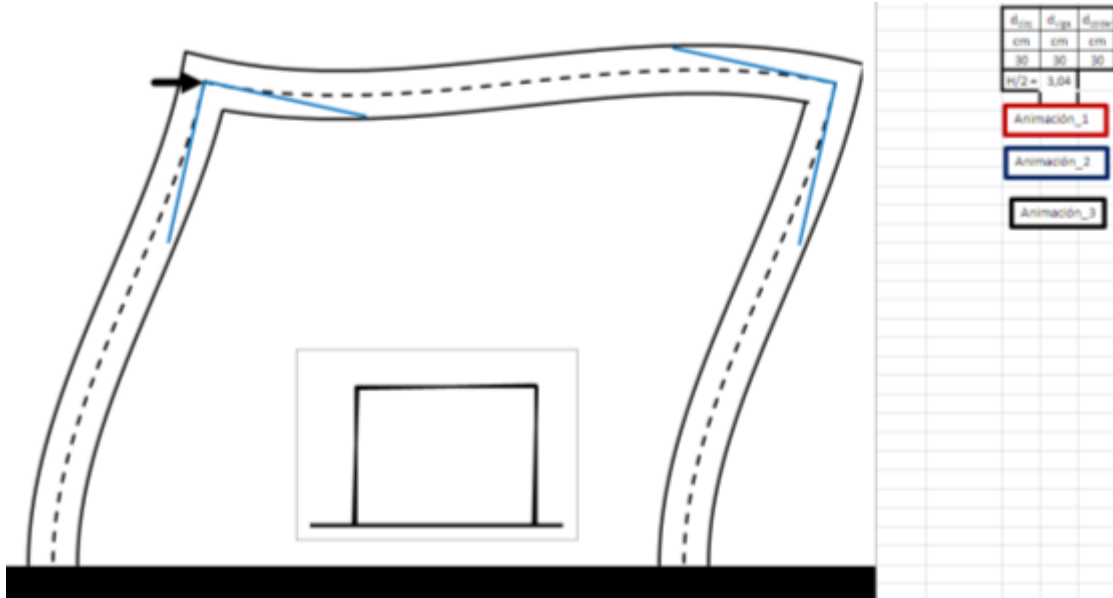


Figura 4 – Pórtico con barras de igual sección.

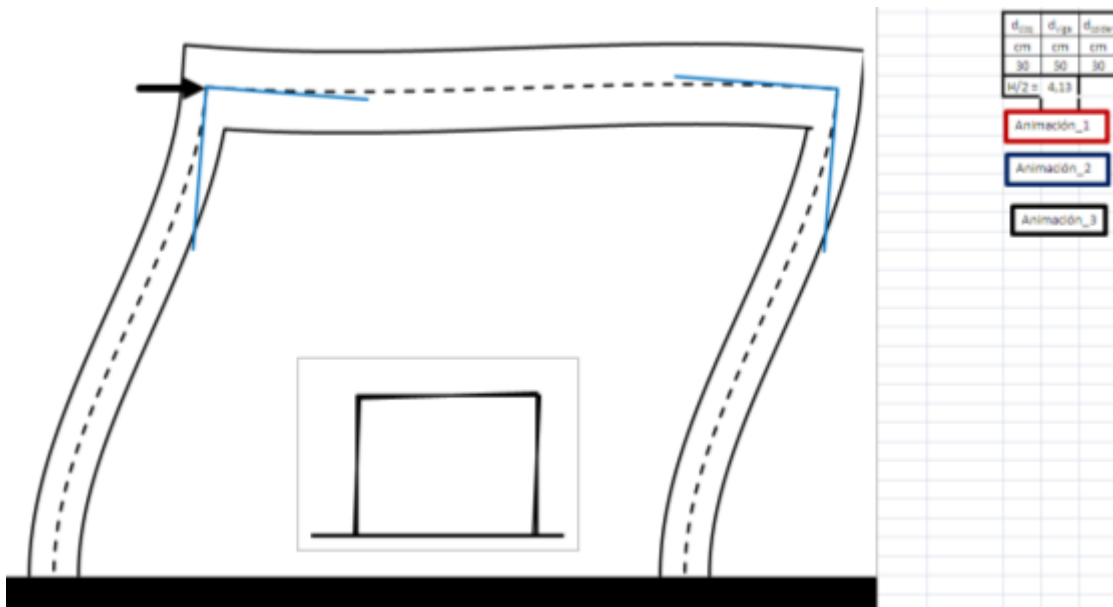


Figura 5 – Pórtico con dintel de mayor rigidez que las columnas.

Se acompaña cada gráfico con el valor de la fuerza horizontal correspondiente a un mismo desplazamiento, como también el diagrama de momentos flectores realizada a una misma escala.

## BARRAS DE POLIESTIRENO

Para la utilización en taller, en la resolución del caso en estudio correspondiente a cada alumno, se recurre a modelos con los cuales trabajan.

Se emplea barras de poliestireno de aproximadamente 2 x 2 centímetros las que se apoyan en triángulos de cartón de 2 mm de espesor. Se cargan con plomadas de 10 y de 20 gramos y se busca de posicionar las tangentes correspondientes al giro de los nudos mediante palitos de helado.

Utilizando cinta de enmascarar se logra una mayor resistencia y rigidez y se pueden apreciar claramente las zonas comprimidas, lugares en que la cinta se arruga.



Figura 6 – Trabajo en taller

## MODELOS USADOS POR LOS DOCENTES

Se utilizan de dos tipos: de poliestireno para enfatizar las diferencias de rigidez de las barras y de acrílico que permite grandes deformaciones elásticas.

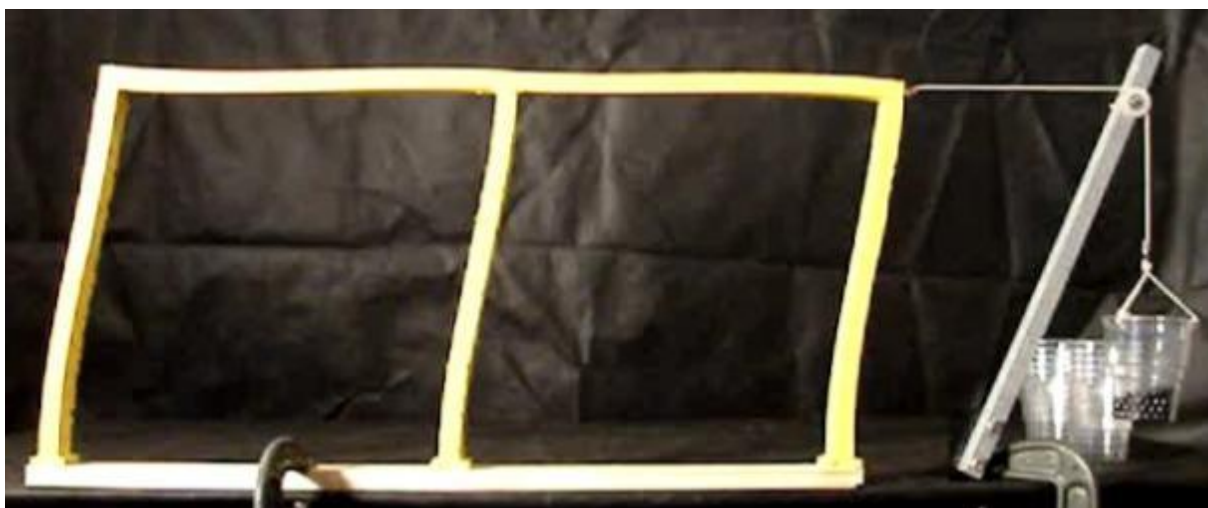
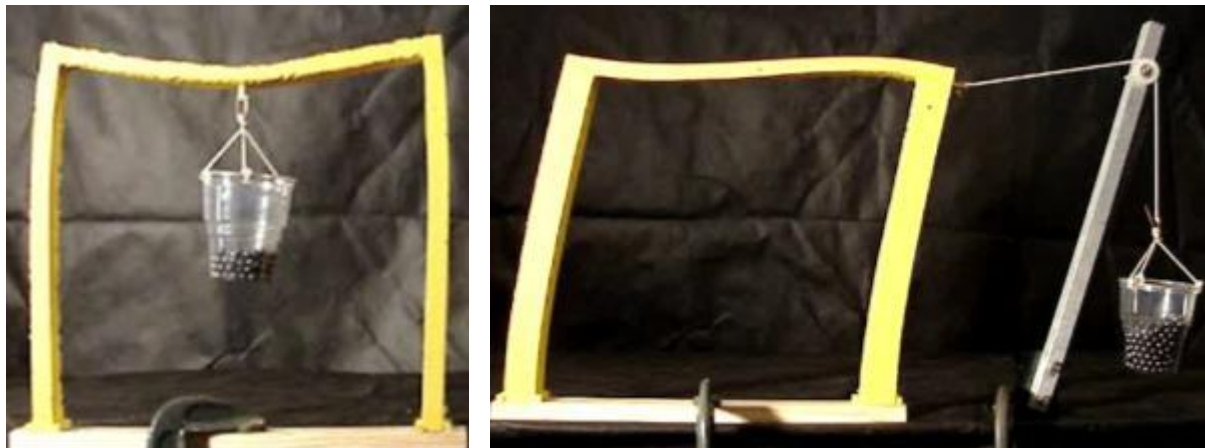


Figura 7 – Modelos de pórticos de poliestireno



Figura 8 – Modelo de viga continua de poliestireno

Los modelos de acrílico se arman mediante la utilización de nudos de madera que permiten insertar hasta cuatro varillas en cada uno, además pueden ajustarse para impedir la rotación cuando simulan un apoyo empotrado, fueron diseñados por el Arq. Gustavo González, profesor adjunto de las cátedras de Estructuras III y IV de la FAUD. El conjunto está montado sobre tubos que se fijan a las mesas de trabajo mediante prensas. Un brazo se acomoda inclinado a fin de permitir la aplicación de cargas horizontales.



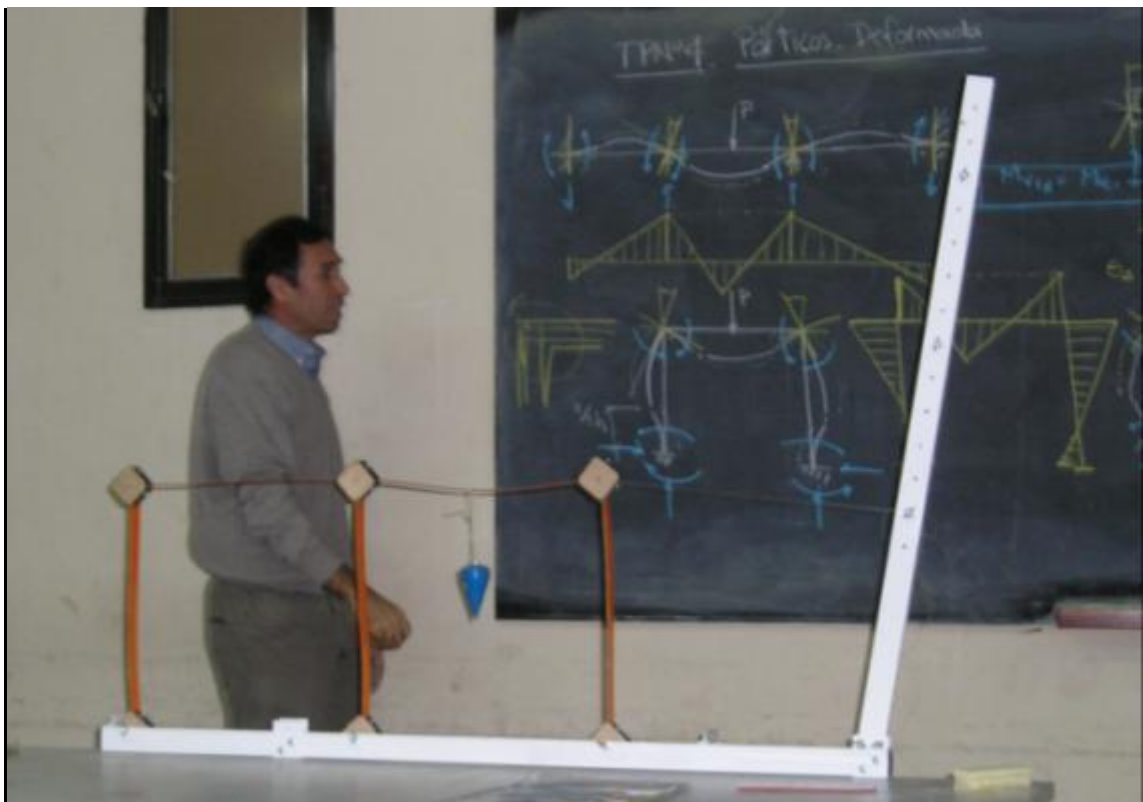


Figura 9 – clase de taller con utilización de los modelos de acrílico

## OTROS MODELOS

Se utilizan modelos de losas y vigas en poliestireno reforzado con láminas de aluminio con el objeto de simular un entrepiso de losas macizas apoyado sobre columnas. Estas se materializan con vasos de pet colocados boca abajo. El objeto de la experiencia es cargar la superficie con un vaso de agua en cada decímetro cuadrado de la misma y luego proceder a contrapesar uno de los puntos de apoyo. Cuando se alcanza una situación de equilibrio es porque el contrapeso se ha llenado con una cierta cantidad de vasos, la que a su vez corresponde a la carga de la superficie de influencia de la columna que se elimina (el vaso correspondiente se retira). De este modo los alumnos pueden corroborar la delimitación de áreas que corresponde a cada columna supuesta en su trabajo práctico.



Figura 10 – modelo y dispositivo para determinar el área de influencia de columnas



## **CONCLUSIONES**

La metodología utilizada ha resultado adecuada para la enseñanza en la FAUD. La utilización de modelos permite que los alumnos visualicen los casos que se les proponen, adviertan que caras de las barras están traccionadas o comprimidas y así se les facilita la interpretación del armado. También colabora en la percepción de las ventajas que acarrea la continuidad estructural en términos de deformaciones.

El abordaje mediante distintas herramientas (computacionales, modelos de acrílico y poliestireno), acompañadas de la explicación en pizarrón permite llegar a individuos con diversos tipos de capacidades para el aprendizaje.

Por último el hecho de que los alumnos utilicen los modelos les permite enriquecerse con las experiencias de sus compañeros, ya que un modelo se visualiza desde una mesa a otra a diferencia de lo que sucede con lo trazado en papel.