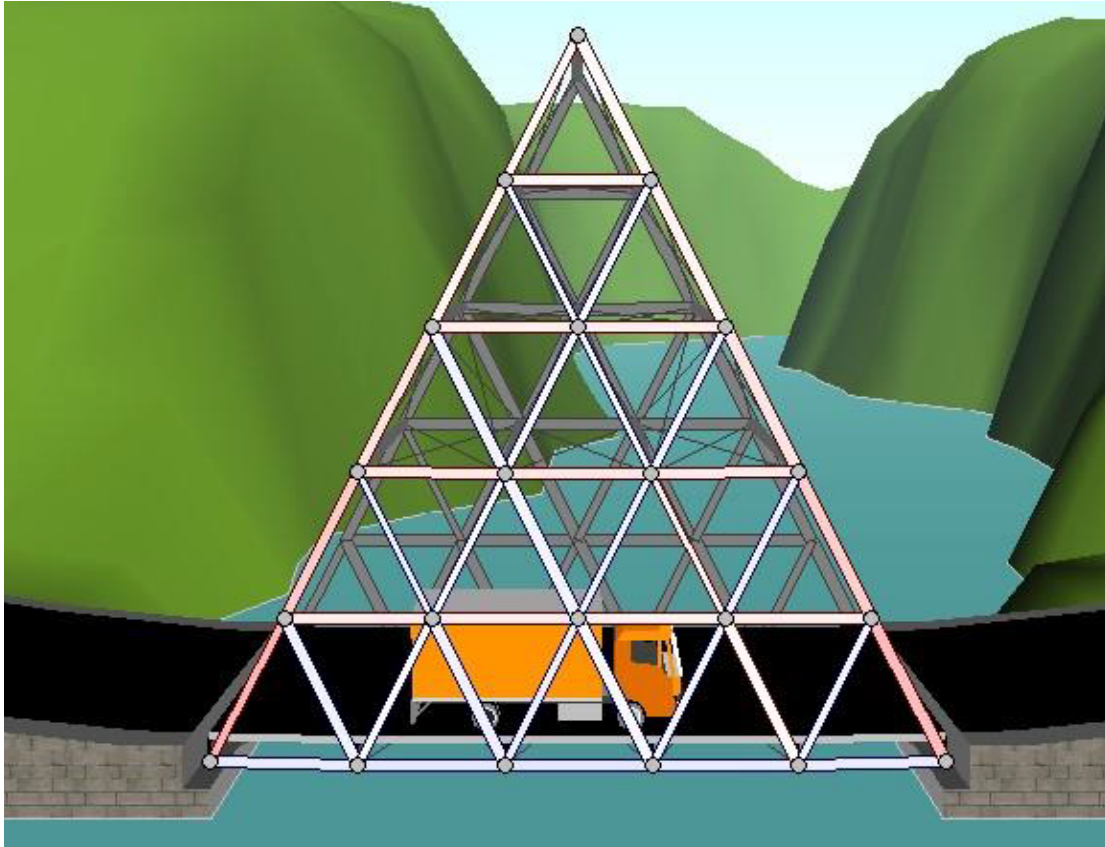


# TUTORIAL BRIDGE DESIGNER



AUTOR: Osvaldo Gutiérrez Pérez



## Índice de contenido

Breve introducción al Bridge Designer.....	3
Instalación del programa Bridge Designer.....	3
Comenzando a trabajar con el programa Bridge Designer.....	4
LA VENTANA DEL BRIDGE DESIGNER.....	13
El Tablero de Dibujo.....	17
EL TEST DE CARGA O SIMULACIÓN.....	20
Ejercicio Guiado.....	21

## **Breve introducción al Bridge Designer**

Cuando utilizamos el Bridge Designer, experimentamos la ingeniería y el proceso de diseño de manera simplificada. Diseñamos puentes de vigas de acero en gran parte de la misma manera que lo hacen los ingenieros civiles que diseñan puentes de carretera en el mundo real.

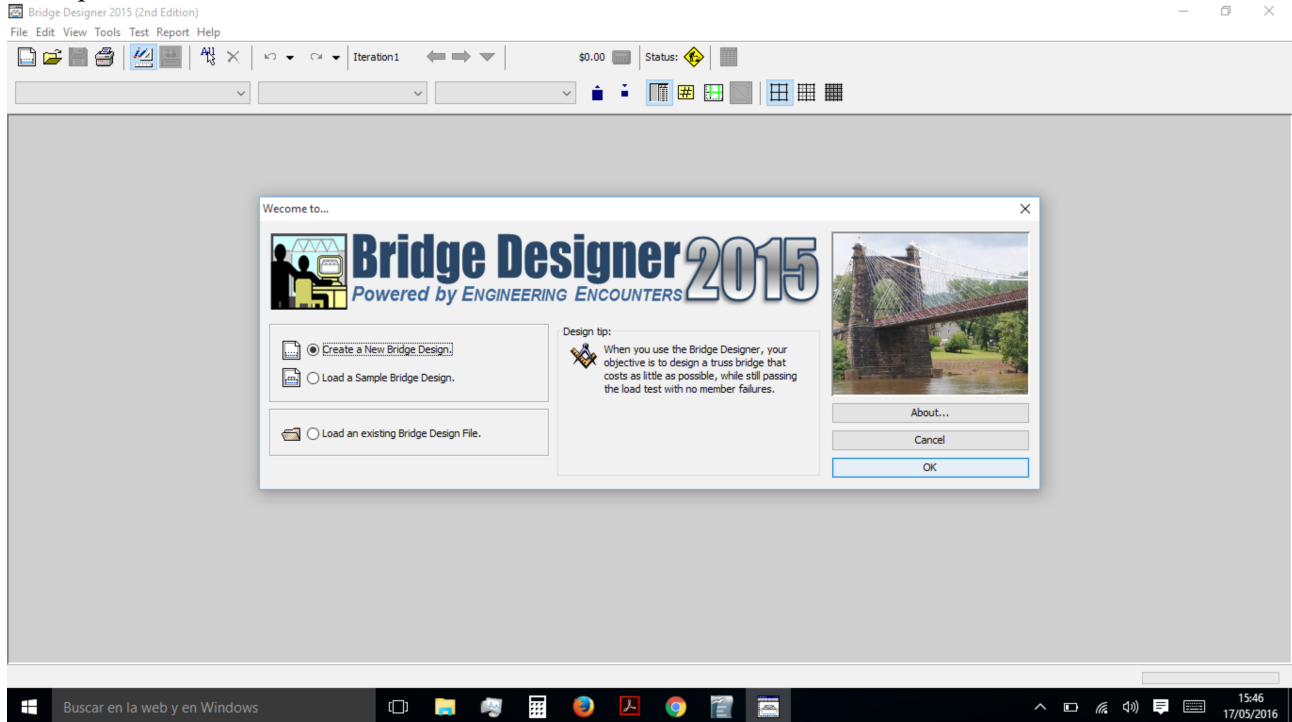
Nuestro objetivo, al igual que el de los ingenieros civiles, es crear un diseño óptimo de nuestro puente. Un diseño óptimo es aquel que cumple todas las especificaciones de diseño previas, pasa con éxito un test de simulación, y por último y no menos importante, cuesta lo menos posible, lo cual lo hace rentable.

### ***Instalación del programa Bridge Designer***

Para la labor de diseñar puentes necesitamos tener instalado el Bridge Designer en nuestro ordenador. Si deseamos descargarlo en nuestro equipo tenemos que disponer de una conexión a internet y visitar el sitio web <https://bridgecontest.org/resources/previous-versions-of-the-software/> donde encontraremos una serie de versiones del programa en función del año de creación y del sistema operativo que utilicemos: Windows o Macintosh.

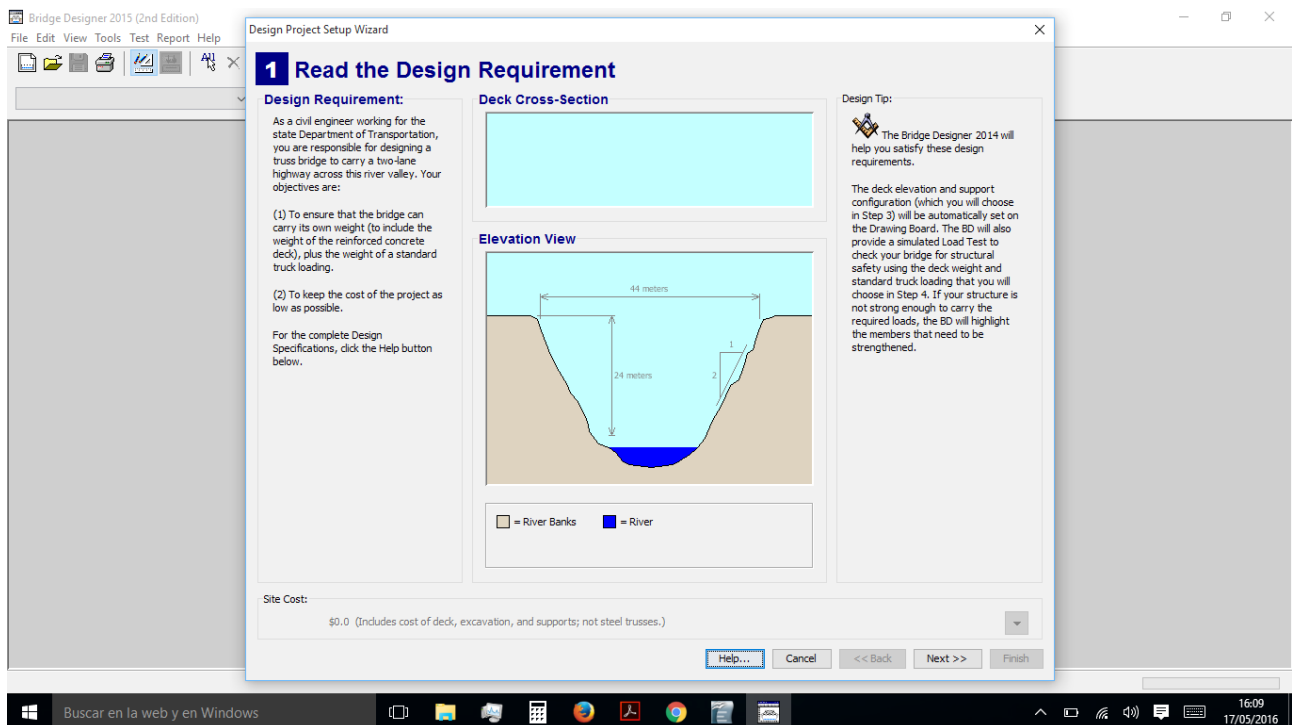
# Comenzando a trabajar con el programa Bridge Designer, de ahora en adelante BD.

Cada vez que inicie el BD, el cuadro de diálogo de Bienvenida aparece y se ofrecen las siguientes tres opciones:



Hay tres opciones para empezar. La ultima de ellas “Abrir un archivo de diseño ya existente” nos permite recuperar archivos de diseño guardados previamente.

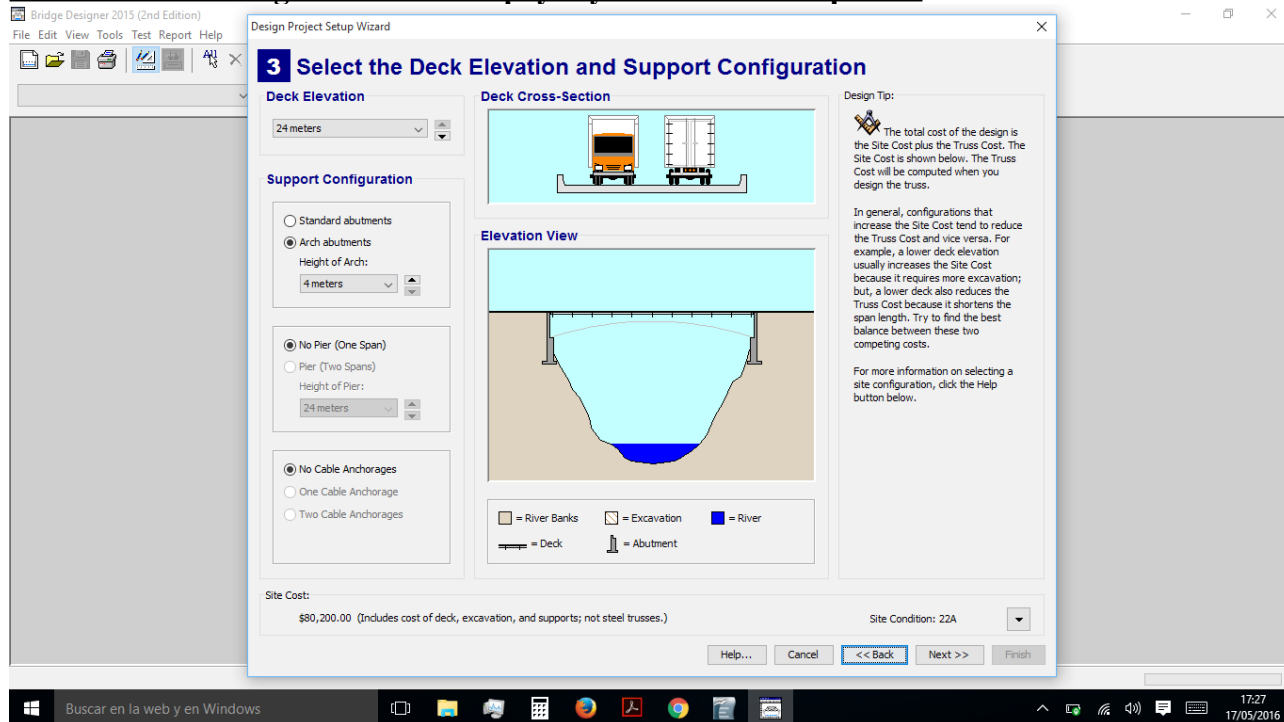
Si seleccionamos la opción **Crear un nuevo puente de diseño** (viene activada por defecto), y hacemos clic en **OK**, se mostrará el Asistente para configuración de proyectos de diseño de puentes.



En primer lugar, debemos revisar los requisitos de diseño y familiarizarnos con el sitio del proyecto, como se muestra en la ventana de vista previa. Hacemos clic en el botón **Siguiente (Next >>)** y nos piden que ingresemos un código de concurso local. Como no estamos participando en un concurso de diseño de puentes local, ya viene activada la opción **No**.

Es posible elegir entre varias configuraciones de apoyo del puente y hasta dos tipos de carga y de material diferentes disponibles. Haga clic en el botón **Siguiente (Next >>)** de nuevo para realizar estas selecciones como aparece en las siguientes imágenes:

### Elección de la configuración de los apoyos y la elevación del puente



### *Configuración del sitio con los apoyos y la elevación*

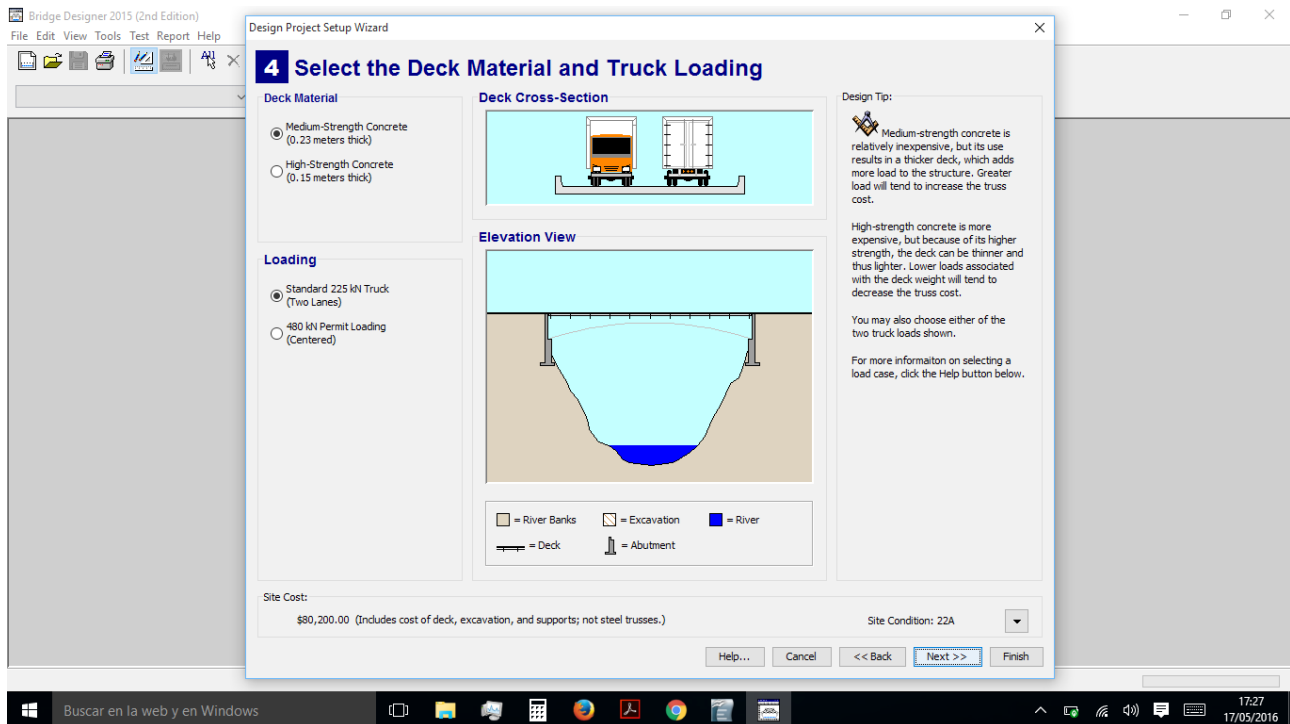
La configuración del sitio se compone de:

- Elevación del pavimento por encima del nivel del agua: Elección de apoyo simple (**abutments**: soportes tipo arco o contrafuertes) y su altura o los soportes estándar (**standard abutments**) que no es necesario definirles su altura.
- La altura del pilar, si se utiliza (**pier**), no aplicable si se eligen contrafuertes.
- La elección de uno o dos tensores o tirantes, o un puente sin anclaje.

Cada una de estas selecciones afecta al coste, el cual se muestra en la parte inferior del asistente de configuración de diseño del proyecto.

Una vez que hayamos hecho la selección, hacemos clic en el botón **Siguiente (Next>>)** para configurar la carga y los materiales.

## Elección del material y de la carga del puente



### *Configuración del material y de la carga del puente*

En el caso de los materiales consiste en la elección de materiales de resistencia media o alta del tablero del puente.

En el caso de la carga consiste en la elección de dos camiones, uno en cada carril de tráfico; o un camión de carga solo, lateralmente centrada en el tablero del puente.

Existen dos ventanas posteriores dentro del asistente, una para elegir una plantilla o patrón de la armadura o entramado (cercha) para el puente, que es opcional, y la otra para registrar la autoría del proyecto.

### *Plantilla o patrón de la armadura o cercha para el diseño del puente*

Una vez que se haya seleccionado la configuración de sitio, conviene agregar un patrón de la cercha del puente de las que vienen propuestas en el asistente de configuración. El BD nos permite utilizar algunas plantillas o patrones de armadura para terminar de configurar el puente, siempre y cuando el modelo estructural que se crea sea estable.

El desarrollo de un modelo estructural estable para nuestro puente puede ser complicado sin las plantillas, por eso recomendamos encarecidamente que los usuarios nuevos e inexpertos comiencen con una configuración que incluya una plantilla de armadura estándar, con la cual puedan cargar y mostrar un entramado para ayudarles a dibujar correctamente las articulaciones y los miembros del puente a diseñar, como veremos más adelante en el ejercicio guiado.

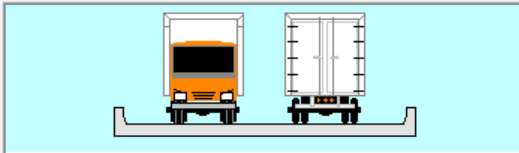
Design Project Setup Wizard

## 5 Select a Standard Truss Template (optional)

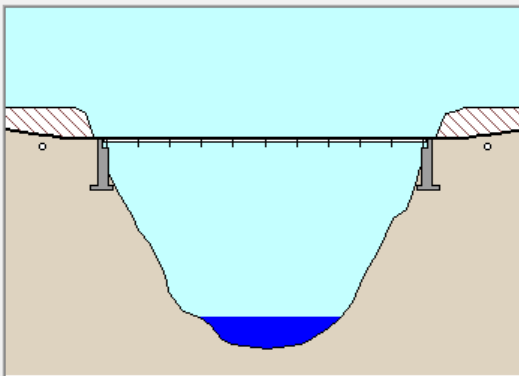
Select A Template






<none>  
Cable Stayed Warren Truss  
Suspended Warren Truss

Deck Cross-Section




Elevation View



 = River Banks     = Excavation     = River  
 = Deck     = Abutment

Design Tip:

 A template is a diagram that depicts a standard truss configuration. If you select a template, it will be displayed in light dotted lines on the Drawing Board. The template will show you where to draw joints and members to ensure that your bridge design is stable.

A stable truss is one that is composed of interconnected triangles. An unstable truss cannot carry any load. For more information about structural stability, click the Help button below.

Site Cost: \$83,400.00 (Includes cost of deck, excavation, and supports; not steel trusses.)

Site Condition: 16A

Help... Cancel << Back Next >> Finish

El trabajo con los elementos de unión y con los miembros de la estructura del puente se explicará más adelante utilizando un ejercicio guiado al final de este tutorial.

Una vez que haya hecho su selección, y escrito su nombre en la siguiente pantalla como autor del diseño, puede hacer clic en el botón **Finalizar (Finish)** para completar la configuración del proyecto de diseño y entrar en el tablero de dibujo.

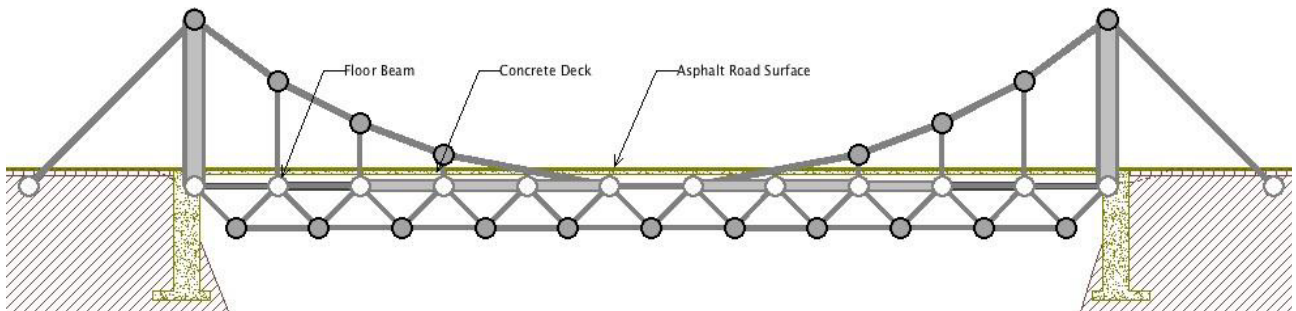
**Aclaración importante:** Una vez que el programa se está ejecutando, la única manera de cambiar la configuración del sitio o el material o la carga es comenzar un nuevo diseño.



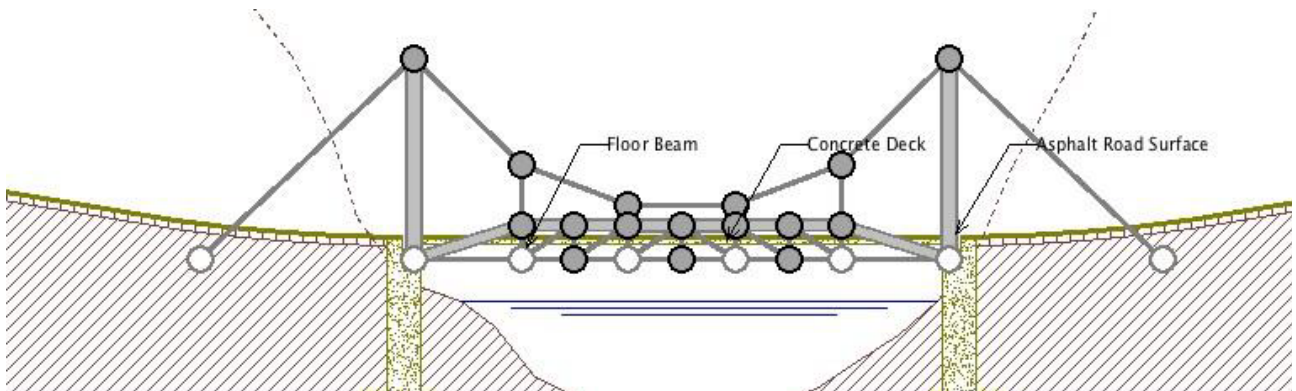
## Opción “Abrir un ejemplo de diseño de puente” (Load a Sample Bridge Design)

Hay diez diferentes puentes de muestra proporcionados por el BD

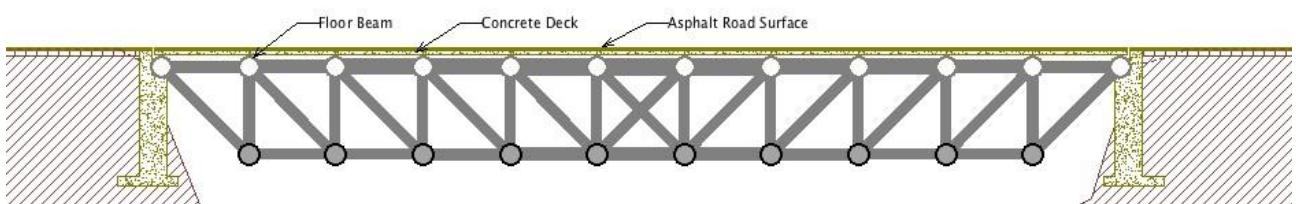
1. Suspension Bridge 44 meter span (Puente colgante con 44 metros de longitud)



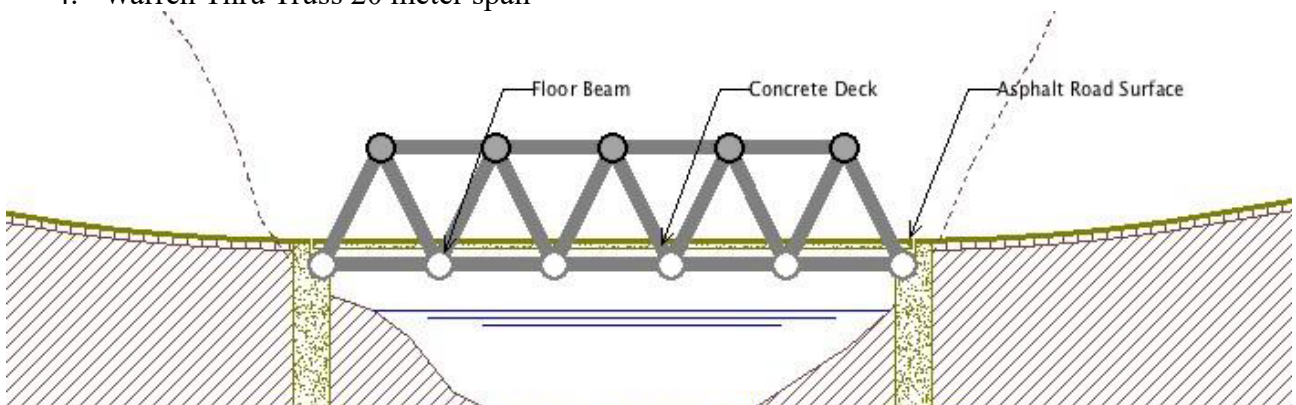
2. Suspension Bridge 20 meter span (Puente colgante con 20 metros de longitud)



3. Pratt Deck Truss 44 meter span

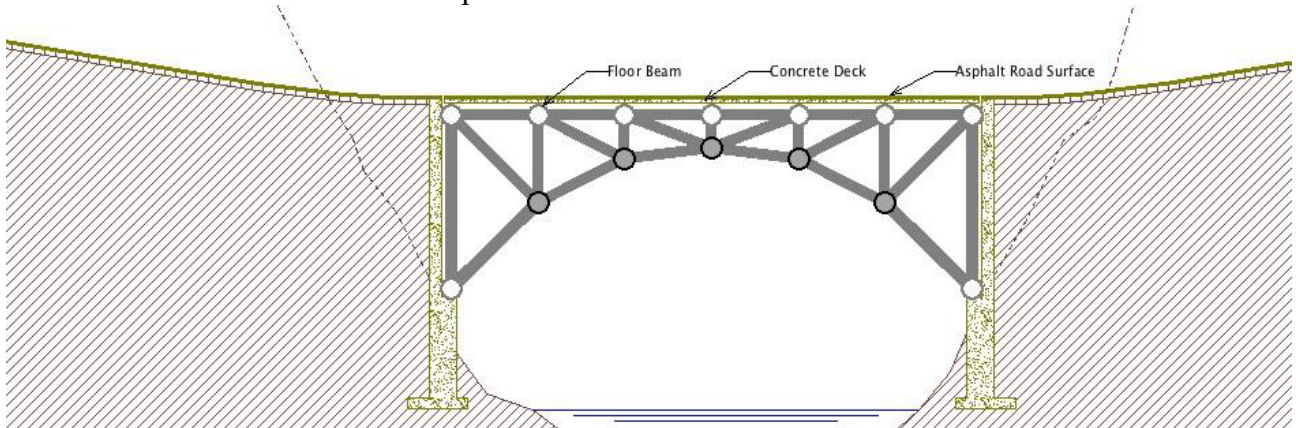


4. Warren Thru Truss 20 meter span

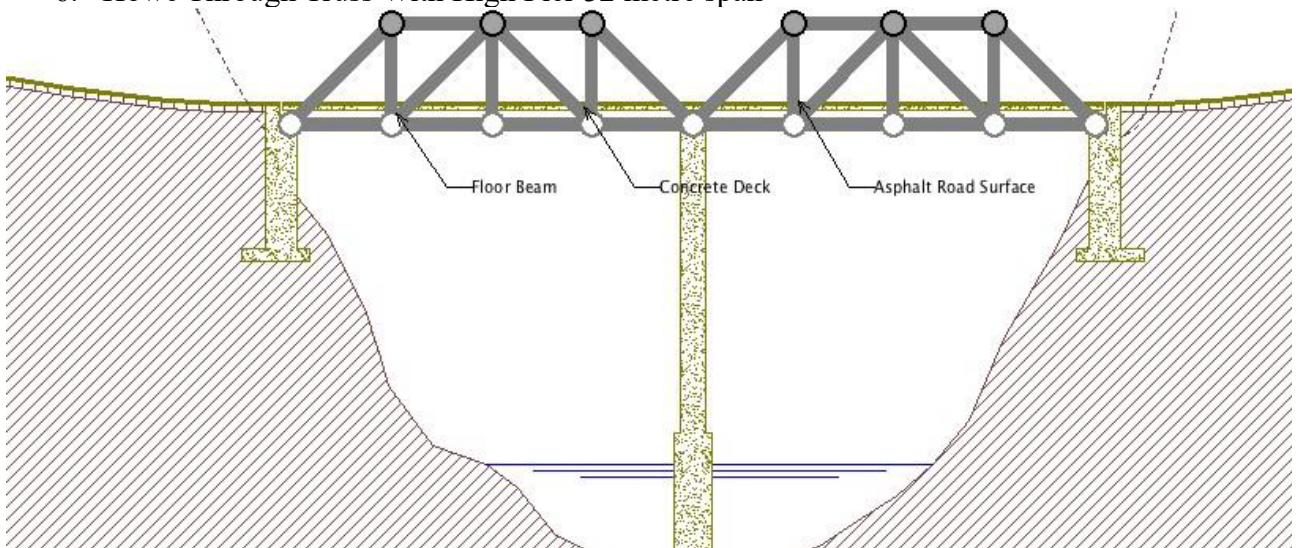




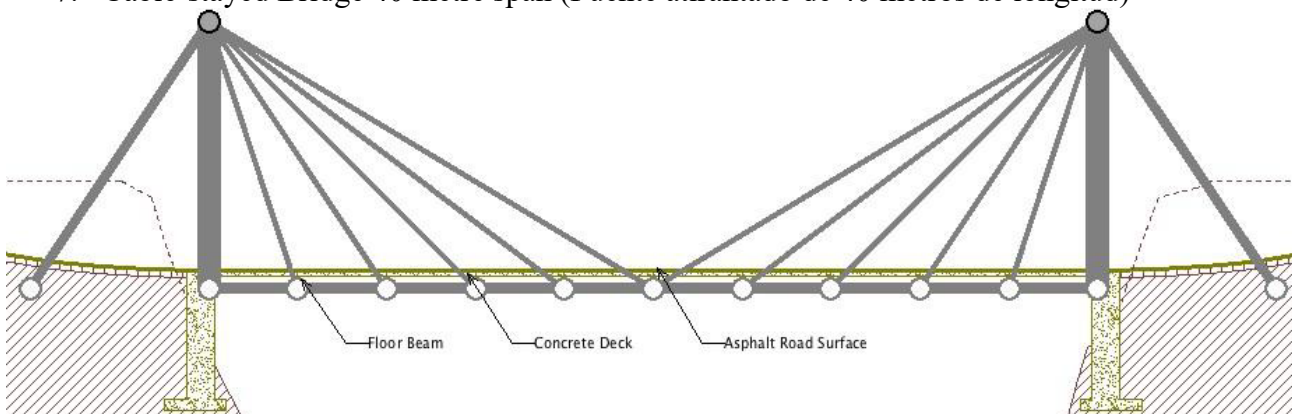
5. Continuous Arch 24 metre span



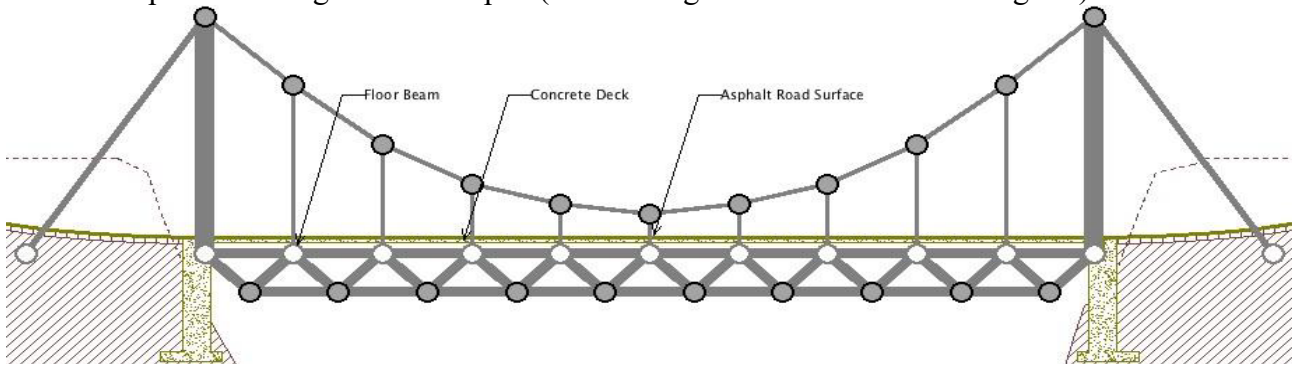
6. Howe Through Truss With High Pier 32 metre span



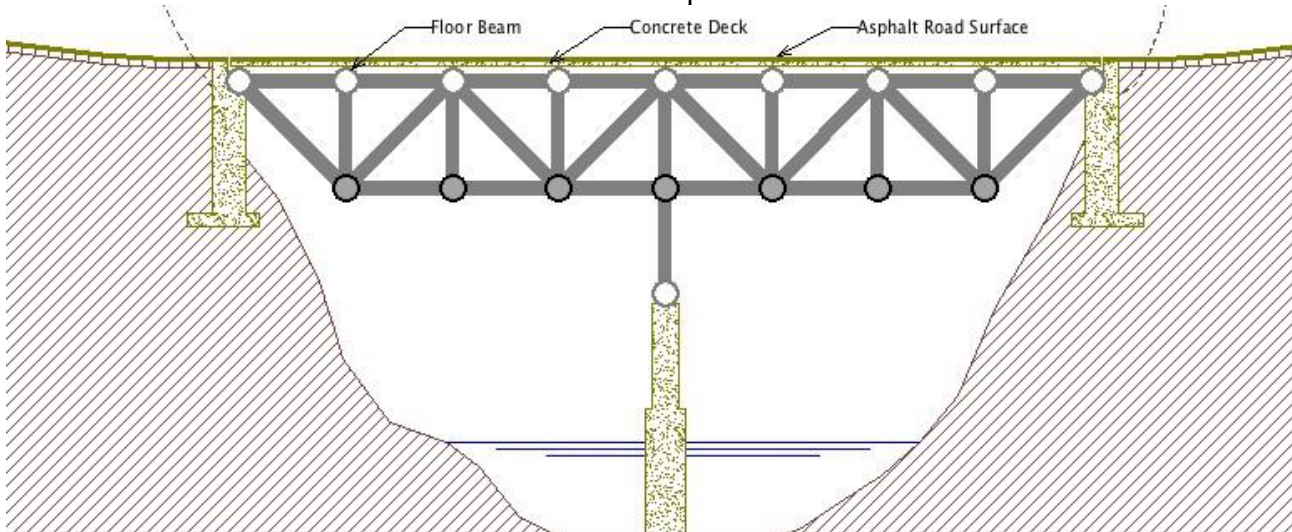
7. Cable-stayed Bridge 40 metre span (Puente atirantado de 40 metros de longitud)



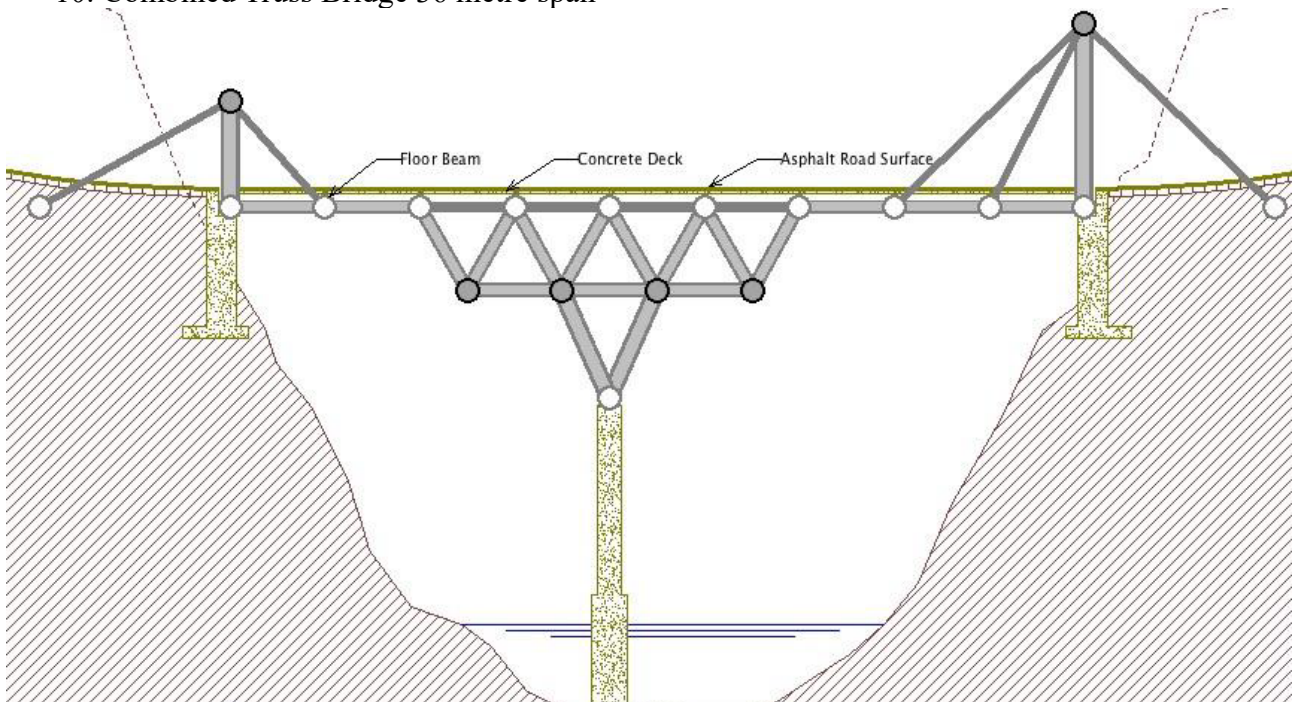
8. Suspension Bridge 40 metre span (Puente colgante de 40 metros de longitud)



9. Warren Deck Truss With Low Pier 32 metre span



10. Combined Truss Bridge 36 metre span



Los 10 ejemplos de puentes que ofrece el programa son proyectos terminados y que han pasado con éxito el test de simulación de carga. No obstante, todos ellos son susceptibles de ser editados, modificados y optimizados en su diseño original, utilizando el tablero de dibujo (**Drawing Board**)

y sus herramientas, aunque este trabajo de edición del diseño de estos puentes de ejemplo se hace más recomendable para los usuarios experimentados.

## Notas y sugerencias para la optimización de costes en el diseño de puentes

El coste total del puente es igual al coste de sitio, más el coste del entramado (cercha), si se elige tener uno. Cada configuración tiene un coste diferente, y el coste del sitio siempre constituye una importante parte del coste total del puente. Pero escoger la configuración con el más bajo coste de sitio, no necesariamente se traducirá en el coste total más bajo.

Una configuración de sitio con una elevación alta tendrá generalmente un coste relativamente bajo, debido a que una ubicación más alta requiere poca o ninguna excavación en el terreno. Pero una configuración con una elevación alta, también tiene una longitud mayor de tablero del puente, lo que resulta en una armadura o cercha de más alto coste.

Los contrafuertes o soportes de arco cuestan más que los estándar, y si le damos altura suelen costar aún más. De este modo, las configuraciones de sitios que usan arcos tienden a tener mayor coste. Pero debido a la forma en V del valle del río, los arcos también reducen la longitud del tramo. Los soportes de arco también proporcionan más restricción lateral que los estándar.

La construcción de un muelle con pilares en el medio de un río puede ser bastante caro. Así las configuraciones con pilares tienen significativamente más altos costos que las de los sitios que no los tienen. Sin embargo, el muelle con pilares también divide un palmo de largo del puente en dos cortos y dos arzones cortos son generalmente mucho menos caro que una sola larga.

Los anclajes de los cables también son caros, pero sirven para dar apoyo adicional (por ejemplo, el cable que sirve de apoyo a un puente atirantado) y por lo tanto puede reducir significativamente el coste del entramado o armadura del puente.

La elección del material del tablero o carretera del puente afecta tanto al coste del sitio como a las cargas aplicadas durante la prueba de carga. El hormigón de resistencia media es menos costoso que hormigón de alta resistencia. Por lo tanto, los resultados con una cubierta más gruesa, que es más pesada, con hormigón de alta resistencia, siempre son más caros, que los que dieran lugar con una cubierta más delgada, la cual es más ligera.

La elección de la carga del camión no tiene ningún efecto sobre el coste de sitio, pero tendrá un efecto significativo en el coste del entramado o armadura, si se escoge esta opción de diseño.

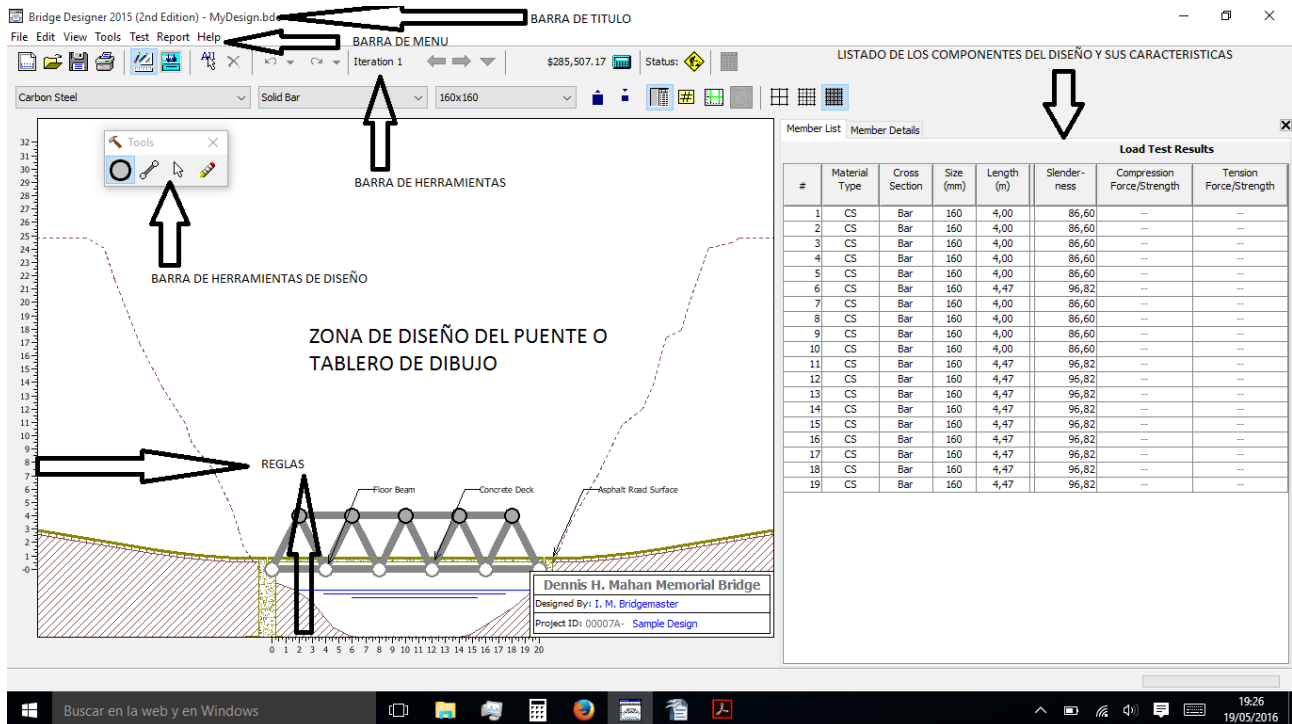
Concluyendo, el diseño de ingeniería siempre implica ventajas y desventajas; y el equilibrio entre el coste de una estructura y el coste de su soporte es un aspecto importante en la mayoría de los diseños de puente del mundo real.

Por ahora, no nos preocupemos mucho por ello. Simplemente decidamos un diseño y pasemos a la siguiente fase del proceso. Vamos a tratar de encontrar la configuración óptima de sitio y de estructura más tarde, cuando avancemos más en el desarrollo del diseño.



# LA VENTANA DEL BRIDGE DESIGNER

La ventana de diseño del BD es el entorno gráfico en el que se crea, se prueba, se optimiza y se guarda el diseño del puente. Aconsejamos mantener maximizada esta ventana cuando estamos trabajando en nuestro diseño, si no está maximizada es más complicado trabajar sobre el modelo estructural de diseño elegido. El siguiente diagrama muestra los componentes funcionales principales que componen la ventana de diseño



**Barra de título:** es el área rectangular en la parte superior de la ventana de diseño del puente. Se muestra las palabras "Bridge Designer 2015", seguido por el nombre del proyecto.

**Barra de menú:** La barra de menús se encuentra en la parte superior de la ventana de diseño del puente, inmediatamente debajo de la barra de título. La barra de menú proporciona todos los comandos del programa dentro de cada uno de sus menús. También podemos acceder a casi todos ellos desde las barras de herramientas.

File Edit View Tools Test Report Help

**Barras de herramientas:** BD incluye cuatro barras de herramientas, normalmente agrupadas en dos hileras justo debajo de la barra de menú, y una paleta de herramientas de flotante. Juntas todas las barras contienen todos los controles que necesitamos para crear, probar, optimizar y guardar un diseño. Las barras de herramientas y sus correspondientes controles se representan y describen a continuación:

1.- Barra de herramientas principal y funciones de algunos de sus controles:





Crear un nuevo proyecto de diseño de un puente



Abre un proyecto de diseño de puente ya existente



Permite guardar nuestro proyecto



Permite imprimir el proyecto



Control que nos permite volver al tablero de dibujo para seguir trabajando en el diseño



Control que nos permite comprobar el buen funcionamiento de nuestro puente con un test de simulación de carga



Al hacer clic en este control se seleccionan todos los elementos de nuestro diseño actual y podemos cambiar sus propiedades simultáneamente



Al hacer clic en este control eliminamos de nuestro diseño todos los elementos y uniones seleccionados previamente



Estos controles son Deshacer y Rehacer que funcionan cuando queremos volver a un estado anterior del diseño deshaciendo un cambio (Deshacer) o cuando queremos restaurar (Rehacer) un cambio que fue realizado erróneamente



Estos controles son para las anteriores y siguientes iteraciones de diseño de nuestro puente. Cada vez que se realiza uno o más cambios en el modelo estructural del puente, y a continuación, ejecutamos el test de carga hemos realizado una iteración de diseño. El programa contabiliza y guarda todas las iteraciones de diseño creadas durante la actual sesión y proporciona la capacidad de revertir a versiones anteriores de iteraciones en cualquier momento durante la misma.

El número de iteración de diseño actual siempre se muestra en la barra de herramientas principal. El número se incrementa al inicio de cada nueva iteración (cada vez que se hacen cambios en el modelo estructural después de un test de carga).

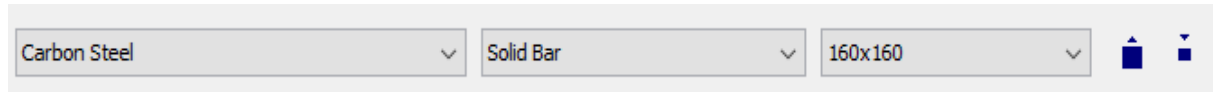
Los números de iteración de diseño nunca se duplican, y las iteraciones de diseño nunca se sobrescriben, incluso cuando se revierte a un iteración anterior. Por ejemplo, suponiendo que estamos trabajando en el diseño de la iteración 10, entonces decidimos volver a la iteración 6. El número de iteraciones de diseño que se muestra en la Barra de herramientas cambiará de 10 a 6 en consecuencia. Pero tan pronto como se haga cualquier cambio del modelo estructural en el diseño, el número de iteración de diseño se actualizará a 11, ya que ahora hemos puesto en marcha una nueva iteración. De esta manera, todas las iteraciones anteriores 6, 7, 8, 9, y 10 se conservan para su uso futuro.

Podremos ver cómo todas las iteraciones de diseño están relacionados desplegando la flecha de vista de árbol de la derecha. Volver a una iteración de diseño anterior puede ser particularmente útil cuando se está optimizando el diseño de un puente. El proceso de optimización nunca es lineal; y esta siempre marcado por resultados inesperados. Algunos de nuestros intentos de optimización

serán un éxito y otros no. Después de un intento fallido, simplemente se puede volver a uno exitoso e intentarlo de nuevo.

Cabe recordar que al iniciar un nuevo diseño o saliendo del programa, previamente se eliminaran todas las iteraciones. Así, las únicas iteraciones posibles de visualizar son las creadas durante la sesión actual.

## 2.- Barra de herramientas de los elementos del puente y sus propiedades

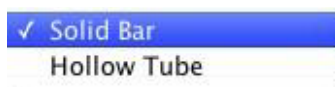


El primer menu desplegable contiene los tipos de aceros que podemos emplear en nuestro diseño. El BD le permite usar tres diferentes materiales en su diseño:

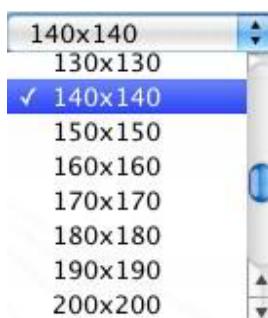
- 1.-*Acero al carbono*: Este es el grado más común de acero estructural, compuesto principalmente de hierro y aproximadamente 0,26% de carbono. Más barato pero menos fuerte
- 2.-*Alta resistencia y baja aleación de acero*: Este acero estructural cada vez más popular es similar al acero al carbono, pero significativamente más fuerte en un 40%. La fuerza mayor se alcanza a partir de pequeñas cantidades de manganeso, vanadio y otros elementos de aleación añadidos durante el proceso de fabricación. Es algo más caro que el acero al carbono.
- 3.-*Templado y de baja aleación de acero*: Es de muy alta resistencia de acero y similar al acero de baja aleación y de alta resistencia, pero su fuerza es aún mayor. Es el más caro y el más fuerte de los tres.



Este menu desplegable contiene los dos tipos de barras que podemos usar en BD: barras sólidas o barras huecas en forma de tubo. Por lo general es más económico utilizar tubos huecos para los miembros que llevan la carga principalmente en compresión y es más económico utilizar barras sólidas para los miembros que llevan la carga principalmente en tensión.



Este menu desplegable contiene los diferentes grosores que se permiten a las barras o tubos. Éstos van desde 30 x 30 a 500 x 500.



Estos controles hacen que los tamaños de las barras o los tubos seleccionados se hagan



más grandes o más pequeños. Por ejemplo, 180x180 a 190x190 y viceversa.

### 3.- Barra de herramientas de visualización



Este control funciona como un conmutador que permite visualizar o no (al hacer clic sobre él) la lista de elementos del proyecto que aparece a la derecha de la ventana del programa



Este control funciona como un conmutador que permite visualizar o no (al hacer clic sobre él) las reglas vertical y horizontal del proyecto, si no se ven las reglas el tablero de dibujo se agranda ligeramente



Este control funciona como un conmutador que permite visualizar o no (al hacer clic sobre él) los datos de autoría y de identificación del proyecto que aparecen en la zona derecha inferior del tablero de dibujo



Este control permite numerar en el tablero de dibujo todos los componentes del puente y así conocer como están relacionados e identificarlos con el correspondiente listado de componentes que aparece a la derecha de la ventana de BD



Este control funciona como un conmutador que permite visualizar o no (al hacer clic sobre él) dos líneas guías, una de ellas vertical y la otra horizontal en el tablero de dibujo. Estas líneas se utilizan para verificar la simetría del modelo estructural del puente cuando estamos dibujando y agregamos componentes o uniones al mismo



Este control funciona como un conmutador que permite visualizar o no (al hacer clic sobre él) la plantilla del modelo estructural en que se basa nuestro diseño



Estos controles varían la resolución de la cuadrícula invisible que existe sobre la que descansan las uniones que dibujamos en el tablero de dibujo de nuestro proyecto

### 4.- Barra de herramienta de estado



El BD calcula automáticamente el coste de su puente a medida que se va creando el mismo. Este coste se actualiza con cualquier variación del diseño que hagamos en el tablero de dibujo y se muestra continuamente en la Barra de herramienta de estado




Esto muestra cuánto cuesta nuestro puente.




Esto muestra en una ventana independiente, que se observa a continuación, una tabla con el


desglose de la cantidad de dinero de cada parte individual del puente

Cost Calculations Report				×
Type of Cost	Item	Cost Calculation	Cost	
Connection Cost (C)		(8 Joints) x (500.0 per joint) x (2 Trusses) =	\$8,000.00	
Site Cost (S)	Deck Cost	(5 4-meter panels) x (\$4,700.00 per panel) =	\$23,500.00	
	Excavation Cost	(102.500 cubic meters) x (\$1.00 per cubic meter) =	\$102,500.00	
	Abutment Cost	(2 standard abutments) x (\$4,000.00 per abutment) =	\$8,000.00	
	Pier Cost	No pier =	\$0.00	
	Cable Anchorage Cost	No anchorages =	\$0.00	
<b>Total Cost</b>	<b>M + C + P + S</b>	<b>\$0.00 + \$8,000.00 + \$0.00 + \$134,000.00 =</b>	<b>\$142,000.00</b>	
				<a href="#">Help...</a> <a href="#">Copy to Clipboard</a> <a href="#">Print</a> <a href="#">Close</a>

**Status:**  Este icono muestra qué tan seguro es nuestro puente. El diseño estará siempre en uno de los tres estados posibles:

En construcción. El modelo estructural aún no se ha finalizado, o tiene algún cambio desde el último test de carga.

**Status:**  Inseguro. El modelo estructural ha sido sometido a un test de carga, y uno o más componentes no son lo suficientemente fuertes como para garantizar que el modelo estructural es estable.

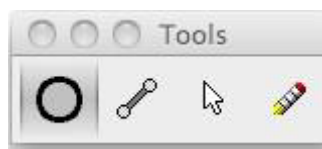
**Status:**  Seguro. El modelo estructural ha sido sometido a un test de carga, y todos los miembros son lo suficientemente fuertes como para soportar con seguridad las cargas especificadas. Cada vez que realizamos un cambio en el modelo estructural, el estado de este icono cambiará a “En construcción” hasta que se ejecute el siguiente test de carga nuevamente.

## El Tablero de Dibujo

El tablero de dibujo es la parte de la ventana de diseño del puente en la que se puede crear un modelo estructural de nuestro puente dibujándolo con el ratón.

En el modo de tablero de dibujo, también se puede editar el modelo estructural moviendo, agregando o eliminando las uniones; o cambiando las propiedades de los componentes; o también mediante la adición y la supresión de los mismos. Sobre el tablero encontraremos la barra de herramientas flotantes que nos facilitan el trabajo en la edición del modelo estructural.

*Barra de herramientas flotante para diseño*



Estas son las herramientas más importantes que se utilizan en el BD ya que nos permiten dibujar, editar y modificar todos los elementos de nuestro diseño. De izquierda a derecha son: el icono para crear uniones, el icono para crear los componentes: barras o tubos, el icono para seleccionar elementos en el tablero y el icono para borrarlos. Esta barra es la única que es flotante sobre el tablero de dibujo y es imposible que esté anclada.

Los estribos del puente, las vigas, la cubierta de hormigón, el asfalto de la calzada y nivel alto del

agua se muestran en el tablero de dibujo en todo momento. El tamaño y la posición de estos elementos se basa en la configuración de sitio que hemos seleccionado previamente.

### ***Reglas***

Las reglas son dos, una horizontal y la otra vertical, que se muestran en los bordes izquierdo e inferior del Tablero de dibujo. Las reglas nos permiten determinar con precisión la posición del puntero del ratón a medida que se dibuja o nos movemos con él.

La escala de las reglas esta en metros. El escalado y precisión de las reglas varia también con los tres controles de precisión de la cuadrícula invisible que tiene el tablero de dibujo (los vimos anteriormente en la barra de herramientas de visualización). Al variar la cuadrícula invisible a una



mallla más espesa (mayor resolución) observamos que el movimiento del ratón es menos espaciado entre las intersecciones de la cuadrícula invisible y las reglas tienen más divisiones en su escala.

### ***Listado de los componentes del diseño***

La lista de los componentes es una tabla que normalmente se muestra en la parte derecha de la ventana de diseño del puente. Cuando está en uso, la lista de miembros reduce el espacio disponible para el tablero de dibujo; sin embargo, puede ser fácilmente ocultada con el fin de ver o editar el proyecto en toda la pantalla.

Haciendo clic en el control “Cerrar” de la esquina superior derecha en la mencionada tabla, el proyecto quedaría con el tablero de dibujo ocupándolo todo y para volver a la lista de la tabla bastaría con hacer clic en la pequeña flecha en la esquina superior derecha y esta volvería a aparecer. También podemos ocultarla con el control correspondiente en la barra de herramientas de visualización o en el menu Vista.

La lista de miembros hace lo siguiente:

- Muestra una lista de todas las propiedades de ingeniería de cada elemento.
- Proporciona los resultados más recientes de los tests de carga de cada elemento.
- Nos permite seleccionar convenientemente uno o más miembros a la vez.
- Permite hacer una clasificación de los elementos por el número, por las diferentes propiedades de los mismos, o por los resultados de los tests de carga.

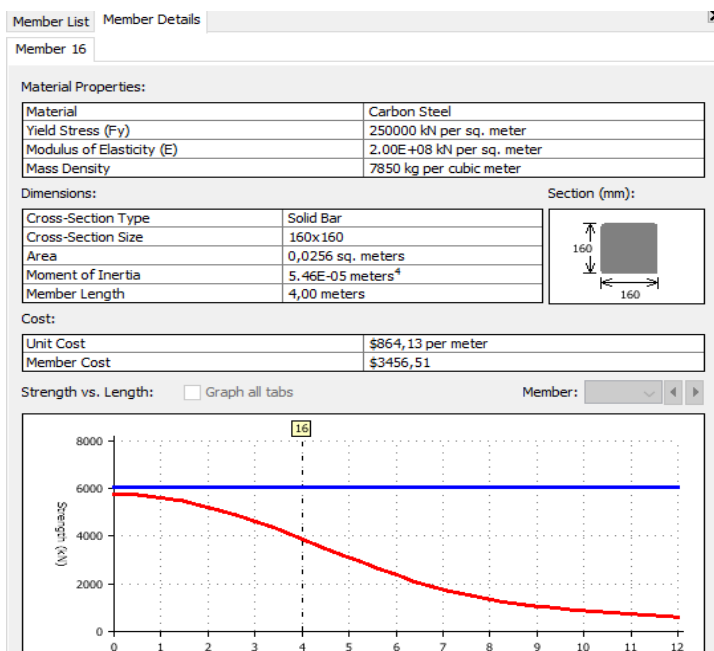
### **Interpretación de los resultados de los componentes en los test de carga**

En la lista de componentes, los resultados de los tests de carga de las dos ultimas columnas de la tabla, se muestran como una relación de fuerza de cada componente del puente, tanto en la compresión como en la tensión. Por lo tanto, si la relación es mayor que 1, el componente no es seguro. (A los componentes que son inseguros en la tensión, se les resalta en azul; y a los que lo son inseguros en la compresión aparecen resaltados en rojo.) Si la relación es menor que 1, quiere decir que el componente es seguro. Si la relación es mucho menor que 1, el componente es mucho más fuerte de lo que realmente tiene que ser y por lo tanto es probable que salga caro el incluirlo en el diseño y se recomienda sustituirlo por otro más barato.

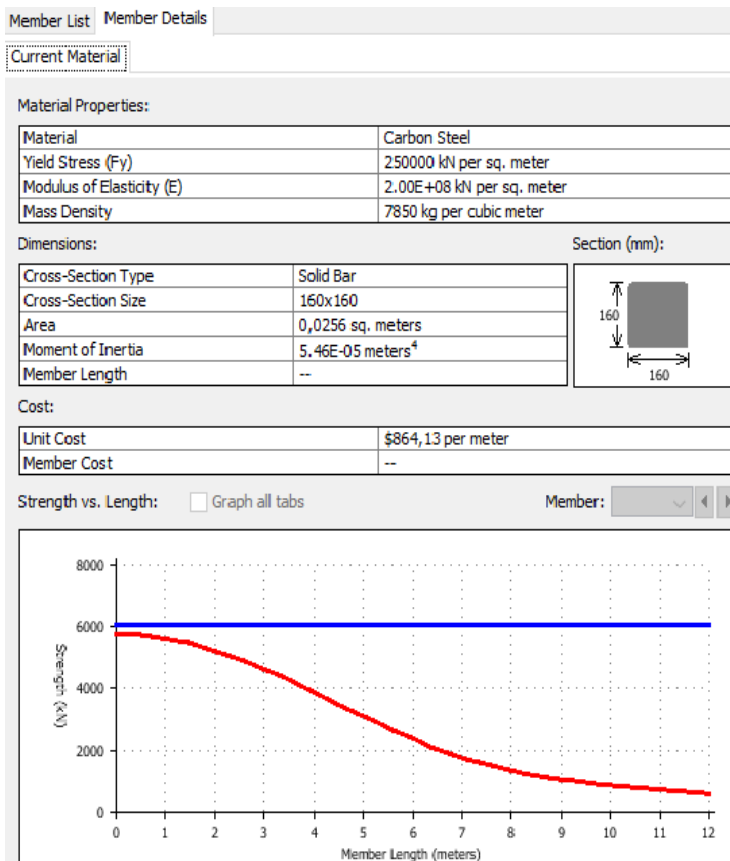
Para seleccionar un componente, hacemos clic en cualquier lugar dentro de la fila correspondiente de la tabla. Un componente seleccionado se resalta en color azul claro, tanto en la tabla de la lista de componentes como en el diseño del tablero de dibujo.

## Detalles del componente

Los detalles de cada componente o de un grupo de componentes es un explorador interactivo que muestra de forma detallada la información acerca de los materiales, la sección transversal y los tamaños de todos los componentes seleccionados.



Cuando ninguno de los componentes están seleccionados, se muestra información sobre el contenido actual de los componentes del proyecto. Cuando la lista de componentes esta visible, se puede cambiar a la de detalles haciendo clic en la pestaña en la esquina superior derecha.





# EL TEST DE CARGA O SIMULACIÓN



Una vez que tenga un modelo estructural de puente con un diseño completo y estable, se debe ejecutar una simulación o test de carga para garantizar que todos los componentes del diseño son lo suficientemente fuertes como para soportar las cargas.

Para el test de carga de su diseño:

- Haga clic en el icono .
- Siéntese y observe. BD llevará a cabo el test de carga, mostrará la animación y actualizará el indicador de estado de test de carga.  
Si no aparece la animación, es posible que tenga un ordenador que es incompatible con las funciones gráficas avanzadas del programa.
- Una vez que el test de carga se haya completado, haga clic en el icono  para volver al tablero de dibujo.

Cuando este ejecutándose el test de carga aparecerán los siguientes controles para las opciones de configuración de la simulación:



*Background:* Es el fondo, es decir, el río y los acantilados.

*Abutments:* Son los soportes del puente.

*Truck:* Es el camión. Si elimina esta selección, el camión se va.

*Colors:* Los colores son el azul (tensión) y el rojo (compresión).

*Exaggeration:* La exageración nos muestra la forma acentuada en que los elementos del puente se deforman.

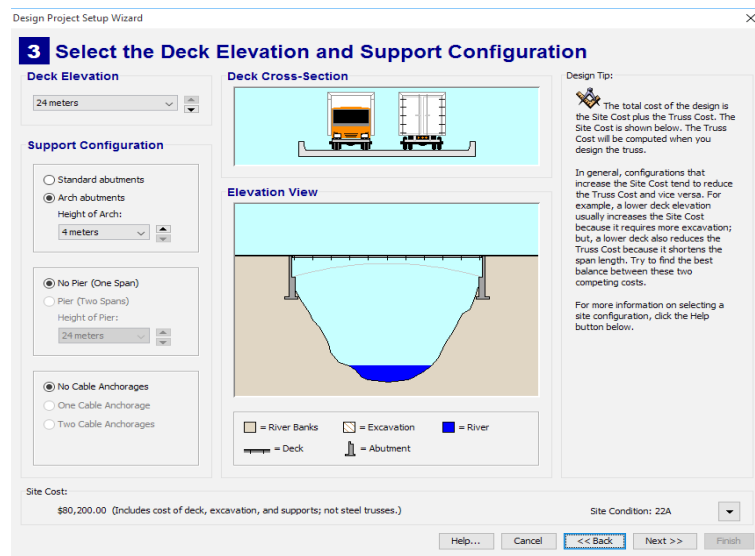
*Smoothing:* Define la apariencia del fondo: liso o rugoso.

Si lo desea y para ahorrar tiempo, puede ejecutar el test de carga sin mostrar la animación. Utilice las opciones del Test de carga para desactivar la animación.

Si no desea que el BD trate de corregir automáticamente una estructura inestable, se puede desactivar también esta función.

## Ejercicio Guiado: breve ejemplo de cómo comenzar a diseñar un puente con el programa de diseño

Una vez ejecutamos el programa comenzamos el proyecto con el asistente “Design Project Setup Wizard”. Las dos primeras ventanas no son de vital importancia para el diseño, la primera es explicativa de como garantizar un buen diseño dando algunos consejos constructivos y de utilizar la simulación para comprobar la efectividad de nuestro diseño, la segunda se refiere al concurso de puentes y en la tercera ventana es que ya comenzamos a definir los detalles de nuestro diseño.



Aquí ya tenemos los costes del sitio y probamos a mover la altura de la calzada del puente ( Deck elevation), y a variar la configuración de los apoyos según querramos: los contrafuertes y sus características (abutments), si queremos pilares (pier) y sus características y por último el anclaje con cables para puentes atirantados o colgantes. La leyenda que aparece debajo de la vista de elevación (Elevation View) nos ayuda a comprender que es cada elemento modificado dentro de la vista. Podemos jugar variando los valores de los parámetros antes mencionados para comprender mejor la configuración de los mismos.

Dejaremos los siguientes valores como se muestra en la figura más abajo y pasamos a la ventana 4 haciendo clic en Next:

- Deck elevation en 12 metros
- Standar abutments
- No pier
- No cable Anchorages

Design Project Setup Wizard

### 3 Select the Deck Elevation and Support Configuration

**Deck Elevation**

12 meters

**Support Configuration**

☒ Standard abutments  
☐ Arch abutments  
Height of Arch: 4 meters

☒ No Pier (One Span)  
☐ Pier (Two Spans)  
Height of Pier: 0 meters

☒ No Cable Anchorages  
☐ One Cable Anchorage  
☐ Two Cable Anchorages

**Deck Cross-Section**

**Elevation View**

☐ = River Banks    ☐ = Excavation    ☒ = River  
☐ = Deck    ☐ = Abutment

**Design Tip:**

The total cost of the design is the Site Cost plus the Truss Cost. The Site Cost is shown below. The Truss Cost will be computed when you design the truss.

In general, configurations that increase the Site Cost tend to reduce the Truss Cost and vice versa. For example, a lower deck elevation usually increases the Site Cost because it requires more excavation; but, a lower deck also reduces the Truss Cost because it shortens the span length. Try to find the best balance between these two competing costs.

For more information on selecting a site configuration, click the Help button below.

Site Cost: \$100,700.00 (Includes cost of deck, excavation, and supports; not steel trusses.)

Site Condition: 04A

Help... Cancel << Back Next >> Finish

En la cuarta ventana decidimos el material de nuestro puente y el tipo de carga que va a soportar. En este caso nos quedamos con las dos opciones por defecto y pasamos a la siguiente ventana número 5 haciendo clic en Next.

Design Project Setup Wizard

### 4 Select the Deck Material and Truck Loading

**Deck Material**

☒ Medium-Strength Concrete (0.23 meters thick)  
☐ High-Strength Concrete (0.15 meters thick)

**Loading**

☒ Standard 225 kN Truck (Two Lanes)  
☐ 480 kN Permit Loading (Centered)

**Deck Cross-Section**

**Elevation View**

☐ = River Banks    ☐ = Excavation    ☒ = River  
☐ = Deck    ☐ = Abutment

**Design Tip:**

Medium-strength concrete is relatively inexpensive, but its use results in a thicker deck, which adds more load to the structure. Greater load will tend to increase the truss cost.

High-strength concrete is more expensive, but because of its higher strength, the deck can be thinner and thus lighter. Lower loads associated with the deck weight will tend to decrease the truss cost.

You may also choose either of the two truck loads shown.

For more information on selecting a load case, click the Help button below.

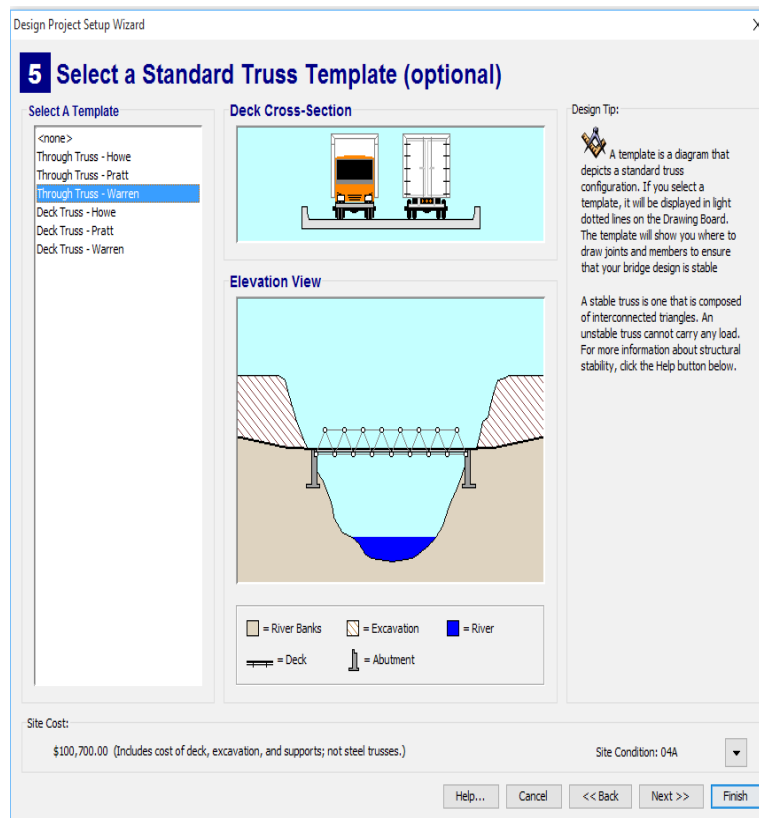
Site Cost: \$100,700.00 (Includes cost of deck, excavation, and supports; not steel trusses.)

Site Condition: 04A

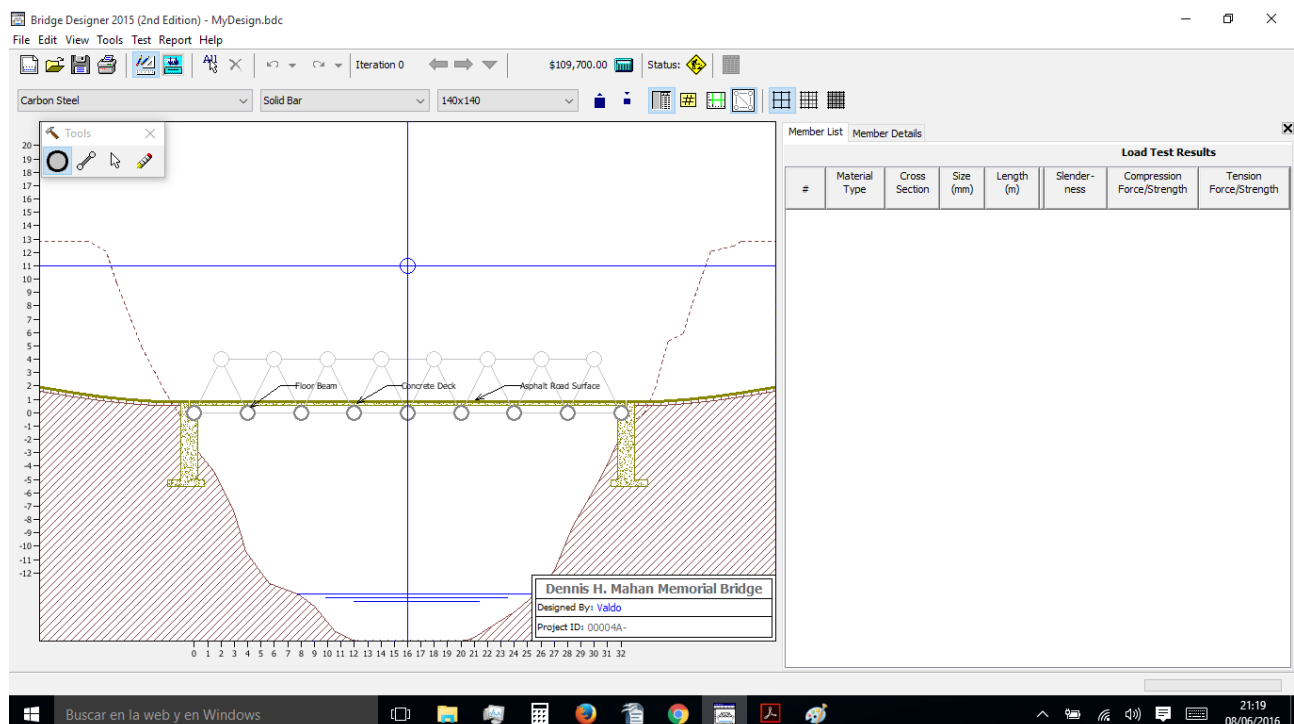
Help... Cancel << Back Next >> Finish

La ventana 5 es muy importante, fundamentalmente si se es principiante en el uso del programa, ya que nos permite elegir un patrón o plantilla de cercha para el diseño de nuestro puente que garantizaría de entrada la estabilidad de nuestro futuro modelo estructural del puente y su capacidad de soportar las cargas. Tenemos seis patrones de cerchas propuestos, de los cuales los tres primeros colocan la armadura por encima del puente y los tres últimos la colocarían por debajo. Escogeremos el tercer patrón “Trough Truss Warren”



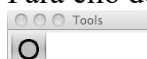


Luego pasamos a la última ventana y escribimos nuestro nombre en “***Designed by***” y le damos clic a ***Finish*** para salir del asistente e ir a la ventana de diseño que se muestra a continuación.

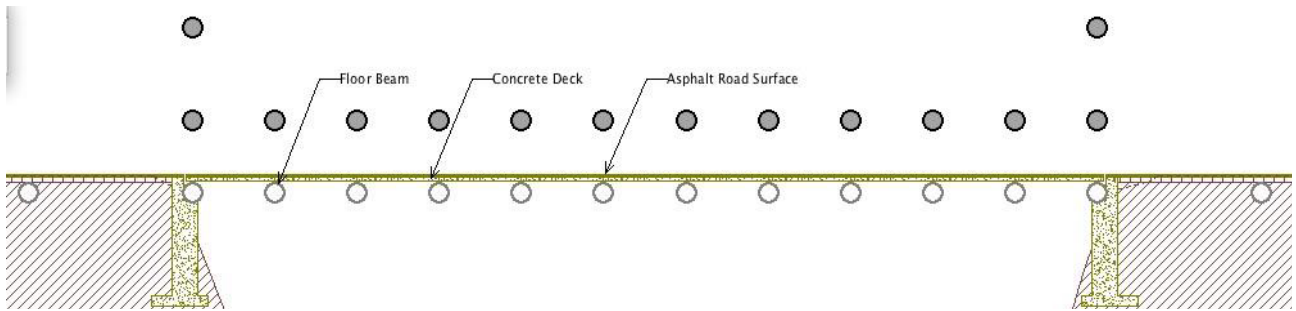


En esta ventana empezamos a dibujar nuestro diseño aprovechando el patrón seleccionado previamente.

Para ello desde la barra flotante elegimos el icono uniones (joints)



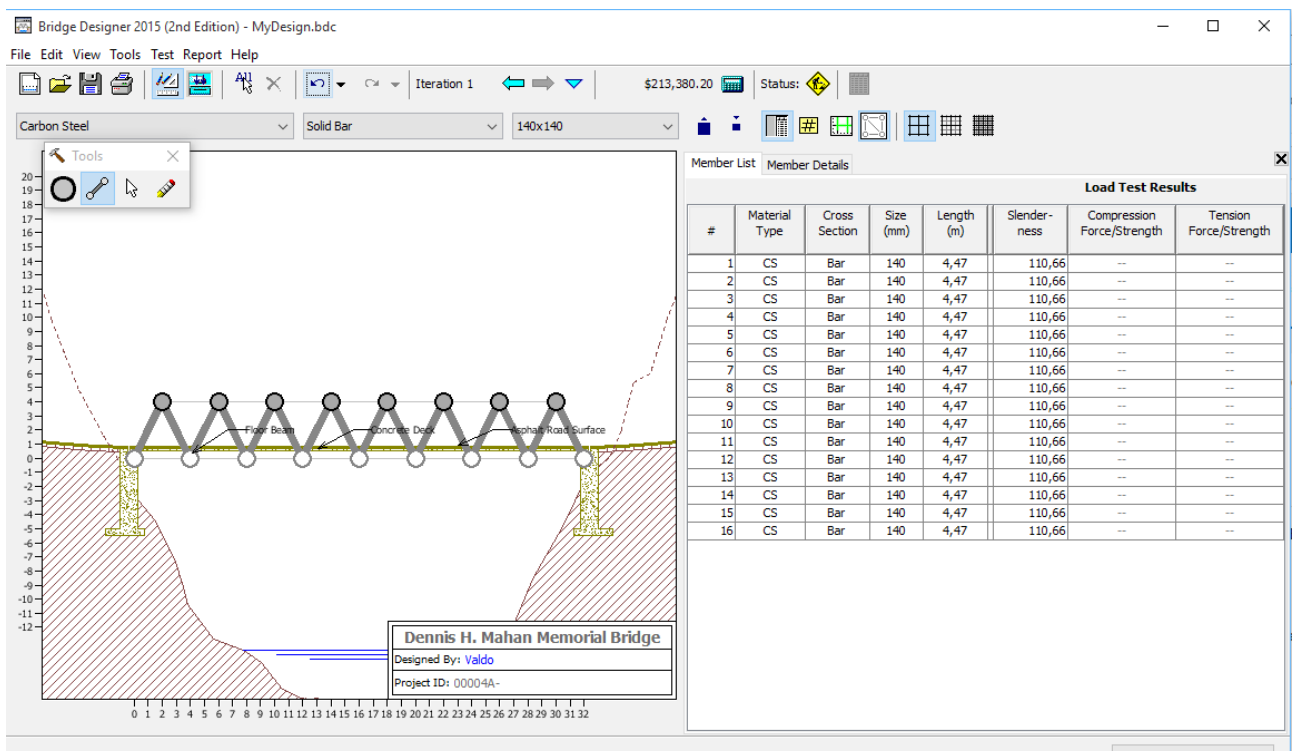
y dibujaremos las uniones haciendo clic sobre el patrón en los puntos grises que las representan



Una vez que estan todas las uniones agregadas, cambiamos en la barra de herramientas flotante para agregar los componentes de la cercha que conectan estas uniones utilizando el icono miembros (members)

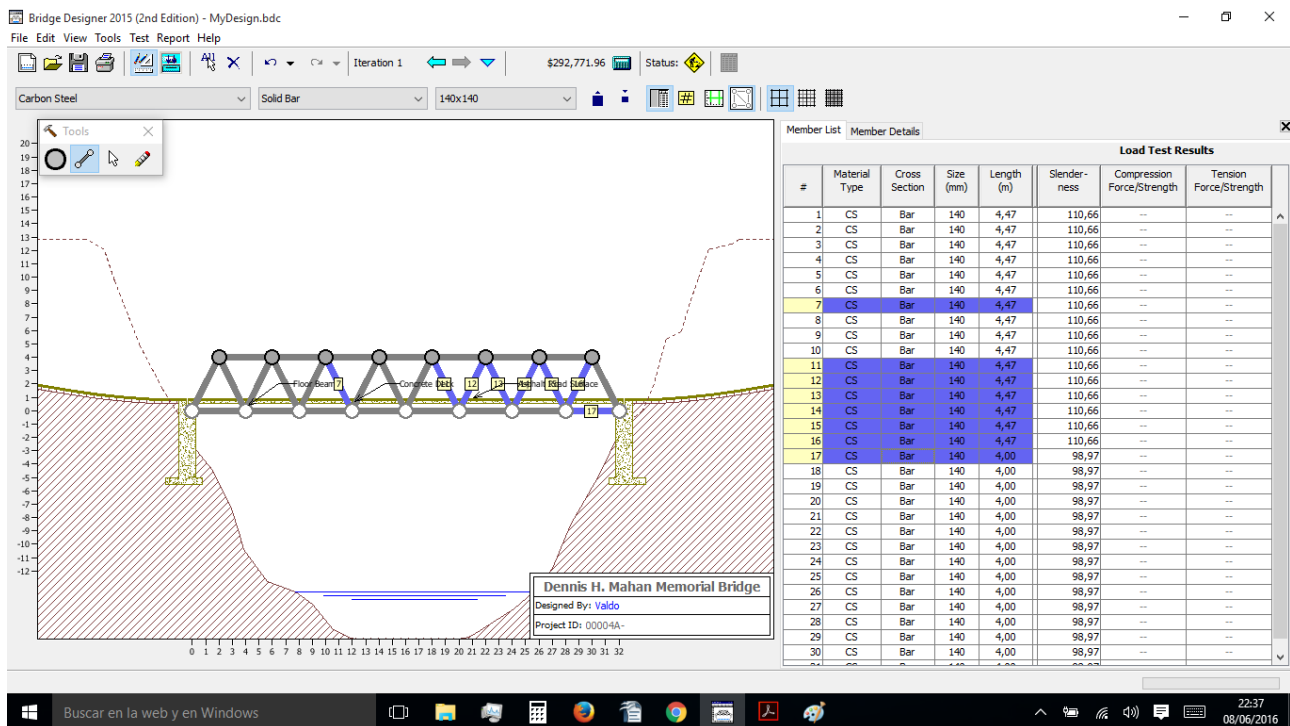



Los miembros se van dibujando haciendo clic en la primera unión y arrastrando el ratón hasta la otra unión y así sucesivamente hasta quedar como sigue en la imagen



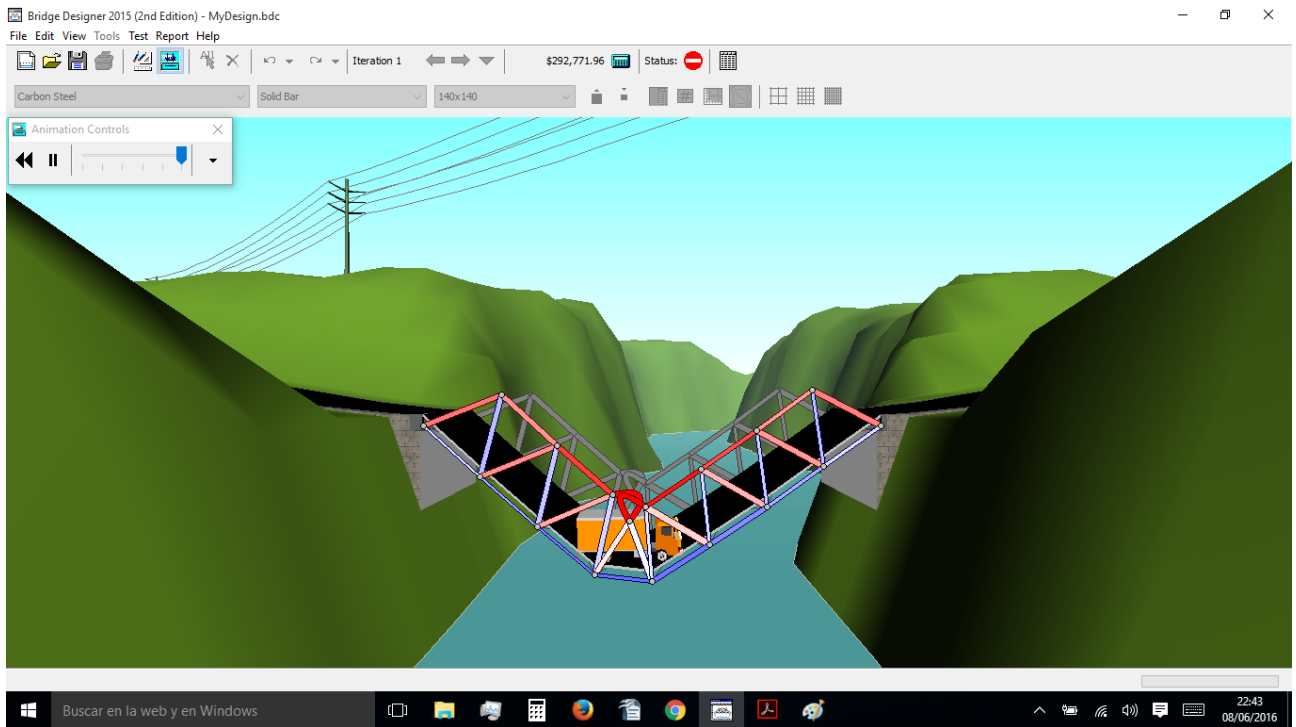
En la medida que vamos agregando miembros al diseño estos se van listando en la tabla de la zona derecha de la pantalla


Si elegimos uno (haciendo clic) o varios miembros en la tabla (arrastrando el ratón) estos aparecen resaltados siempre en azul no solo en la tabla, sino también en el diseño.

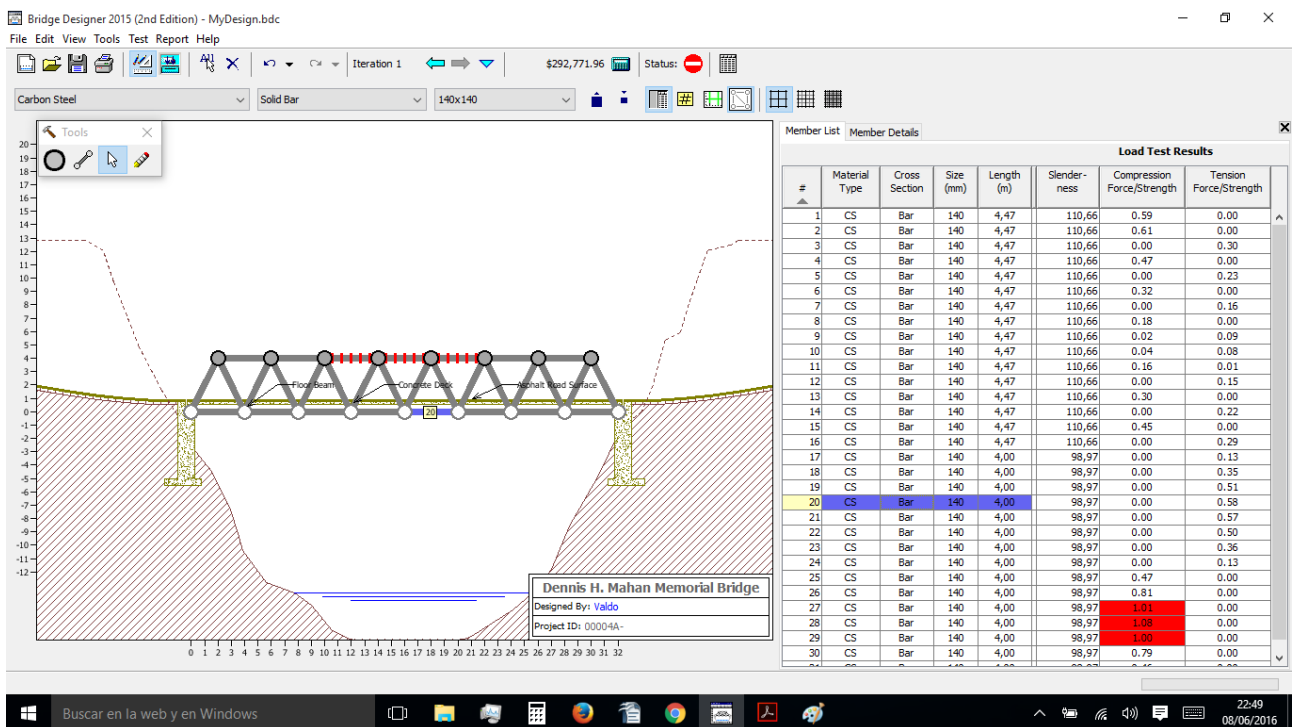


Y ahora vamos a hacer el test de carga a nuestro puente. Es conveniente hacer cada ciertos cambios en el diseño un test de carga para conocer el grado de estabilidad de nuestro puente. Para ello hacemos clic en 

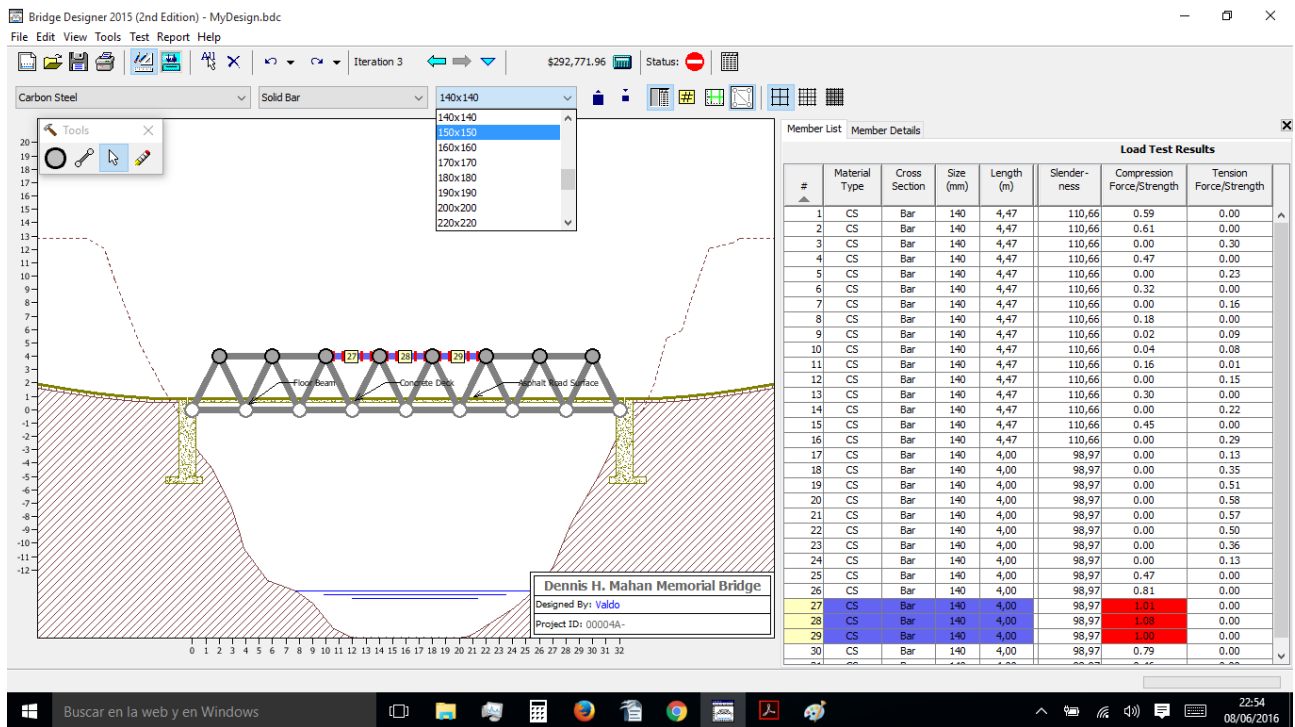
El resultado del test de carga aparece en la siguiente imagen e indica que nuestro diseño no es estable y hay que mejorarlo



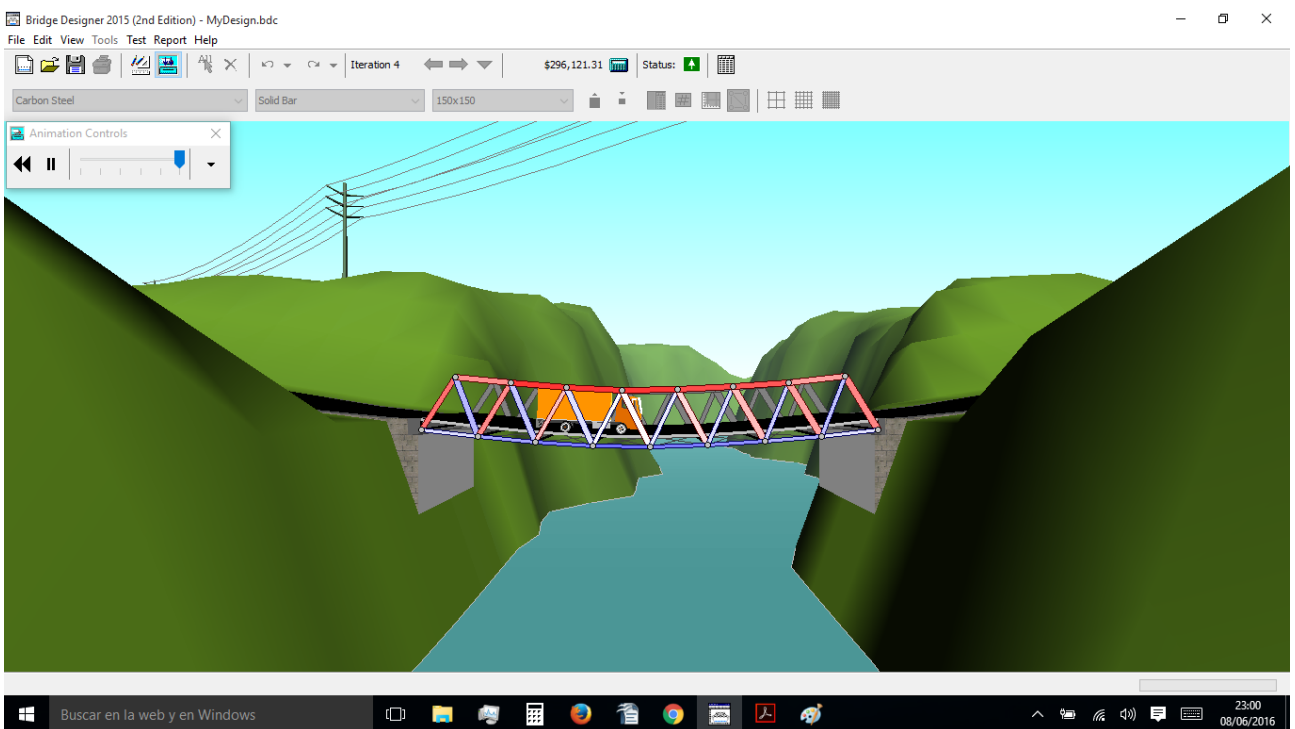
Para mejorar nuestro diseño pulsamos en el icono  y volvemos al modo de dibujo y observamos que algunos miembros aparecen en rojo en el tablero de dibujo y en la tabla de miembros como aparece en la siguiente imagen



Para corregir este fallo debemos seleccionar los miembros en rojo y aumentar su grosor que es de 140x140mm a 150x150mm en la barra de materiales y volver a ejecutar el test de carga



Una vez ejecutado el test de carga comprobamos que en esta ocasión la carga transita perfectamente sobre nuestro puente.



Una vez que nuestro diseño funciona podemos optimizarlo y reducir los costes del mismo. Para ello podemos modificar la forma del patrón de cercha, variar el grosor de los materiales, cambiar el tipo de barra sólida que utilizamos para los miembros por tubos o barras huecas, y cambiar el material de los miembros.

### *Algunas claves para la optimización de nuestros diseños*

Es importante conocer que en la simulación o test de carga las barras de la armadura o cercha del puente con color rojo intenso están sometidas a esfuerzos de compresión y las barras con color azul intenso están sometidas a esfuerzos de tensión. Las barras con colores menos intensos y las que tienen color blanco soportan mucho menos esfuerzos que las de color intenso y podemos reducir su tamaño, y/o cambiar el material que las constituyen o usar tubos para abaratar el proyecto.

También podemos rediseñar la cercha para acortar la elongación de los miembros lo cual redunda en menos costes.

Siguiendo estos consejos, ahora os toca una labor creativa: debemos modificar la armadura o cercha del puente y modificar los miembros que no están en colores intensos con material menos pesado o cambiando su forma y grosor, consiguiendo de esta manera reducir costes y que el puente siga siendo transitable y seguro.

En este link podeis encontrar ayuda para optimizar el puente:

<https://www.youtube.com/watch?v=FfZOkCK24qs&feature=youtu.be>

