

La transcendencia en la Ingeniería Estructural

Transcendence in Structural Engineering

Manuel Biedma García^a

^a Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Acciona Ingeniería. Jefe del Departamento de Estructuras Metálicas y Procedimientos Constructivos. manuel.biedma.garcia@acciona.com

RESUMEN

La experiencia de milenios enseña que la conjunción del material resistente, la forma en que estos materiales se ordenan y construyen, constituye un lenguaje desde el cual se producen diversas formas de interpretar el sentido estructural de los puentes y de las estructuras en general. Así, el puente, su metafísica, su sentido, conforman un todo único. La estructura *inmanente* (lo que se ve, la forma), se hace *transcendente* (en su forma de trabajo, en su resistencia) por medio de la *transparencia* de su alma, que son su historia, su profundo conocimiento, y la compasión que se percibe en la dedicación vital de sus creadores.

ABSTRACT

Years of experience teach us that the conjunction of resistant material, the way in which these materials are ordered and manufactured, constitutes a language from which different ways of interpreting the structural meaning of bridges and structures in general are produced. Thus, the bridge, its metaphysics, its meaning, make up a unique whole. The *immanent* structure (what we see, the shape), became *transcendent* (in its way of working, in its resistance) through the *transparency* of its soul, which is its *history*, its profound knowledge, and the compassion that it is perceived in the vital dedication of its creators.

PALABRAS CLAVE: inmanencia, transcendencia, transparencia, puentes, ingeniería estructural, arte..

KEYWORDS: immanence, transparency, bridges, structural engineering, art.

1. ¿Cuándo hablamos de ingeniería estructural, hablamos de arte?

Cuando Velázquez pintó las Meninas quería transmitir nuevos conceptos que cambiarían la forma de entender el arte. El cuadro está lleno de mensajes ocultos que una vez sacados a la luz muestran la genialidad de su autor.

Las obras de arte son obras realizadas por y para los seres humanos. Y los artistas, cuando hablan de arte, no hablan de belleza. Hablan de “acertar”, de armonía, de composición, de equilibrio. De cómo reunir formas y de colocar colores.

Así, cuando uno mira el cuadro de Las Meninas le llama la atención la armonía de la composición, cómo cada personaje está en el lugar que le corresponde. En realidad, se nos presenta como un trozo de vida de inocente claridad. Y, sin embargo, es una obra compleja.

Quizás podemos imaginar a Velázquez pintando a los reyes, y, en una visita inesperada aparece la Infanta Margarita rodeada de su séquito: las meninas María Agustina Sarmiento e Isabel de Velasco, la enana Maribárbola y el pequeño bufón Nicolasito Pertusato, el perro...

Tal vez, Velázquez cayó en la cuenta de que ahí había “temazo” para la historia, y comenzó a engendrar el cuadro que lo haría inmortal. Dibuja el espacio con prodigiosa profundidad. Crea la luz de manera que se puede tocar el aire interpuesto: se respira la atmósfera del momento.

El cuadro está lleno de mensajes ocultos.

Velázquez reivindica la nobleza de su arte, no como un artesano, sino como un genial artista. Su mirada, la actitud de pensar, los atributos de su categoría social le delatan: reivindica su nobleza y la de la propia pintura.

La disposición central de la infanta Margarita y el reflejo de los reyes en el espejo nos hablan del significado político y dinástico del cuadro.



Figura 1. Las Meninas (Velázquez).

Curiosamente la constelación de cabezas que el pintor dibujó envolviendo el espejo donde se encuentran reflejados los reyes, constituida por la del propio Velázquez, la menina Agustina de Sarmiento, la infanta Margarita, la menina Isabel de Velasco y al fondo la del aposentador real José Nieto, están dispuestas en la posición de las estrellas de la constelación Corona Borealis, en cuyo centro se encuentra la estrella llamada “La Perla” en el idioma vulgar, y cuyo nombre originario sería Margarita Coronae, precisamente el nombre de la infanta.

Existen en el cuadro otros muchos mensajes que no vemos. Gran parte del significado del cuadro está oculto. Lo que vemos, lo inmanente, se hace transcendente a través de la transparencia del conocimiento del cuadro.

Cuando miramos un puente podemos pensar que es una *forma resistente construida*. Sin embargo, definir el puente como *forma resistente construida* resulta incompleto. Es como definir un cuerpo sin alma. El alma del puente, su *melodía* arrastrada hasta nuestros días, es su propia historia.

Cuando contemplamos la armonía de puentes como el puente Vecchio, o el Rialto, o el puente de Brooklyn, ¿podemos afirmar que son obras de arte? La estética de su forma, la armonía de sus elementos, su trabajo resistente, y la experiencia de su construcción hacen que sean definidos como obras de arte.

El Ponte Vecchio de Florencia, construido sobre el río Arno, se comenzó en 1345. Tadeo Gaddi, a quien se atribuye el diseño del puente,

diseñó tres arcos. El arco central con 30 m de luz, y los dos laterales con 27 m de luz. Con una relación flecha/luz 1/6,7, se necesitó durante su construcción una gran precisión de dovelas y una cimbra rígida. Todo un hito.

Sin duda se adelantó a su tiempo. Fue preciso esperar al Renacimiento cuando la perfección técnica era mejor, para construir puentes similares.



Figura 2. Ponte Vecchio (Florencia).

Cuando se observa el puente se aprecian casas colgadas, viandantes que lo utilizan para el paso de un lado al otro del río Arno, ciudadanos asomados a las ventanas, y hoy en día siempre lleno de turistas. Seguramente Tadeo Gaddi no pensó tanta gente haciendo uso de él. Sin embargo, no cabe duda de que el puente fue realizado por y para los seres humanos. Pero con una *pincelada* muy especial. Y ya dijimos que los artistas, cuando hablan de arte, hablan de “acertar”, de armonía, de composición, de

equilibrio. Y esta armonía nos conduce a la belleza. ¿Alguien es capaz de afirmar que el Puente Vecchio no es una obra de arte?

2. ¿Qué es la transcendencia? “No se ve bien sino con el corazón. Lo esencial es invisible a los ojos” (Saint-Exúpery)

Pero además el puente, su metafísica, su sentido, conforman un todo único. La estructura

inmanente (lo que se ve, la forma), se hace *transcendente* (en su forma de trabajo, en su resistencia) por medio de la *transparencia* de su alma, que es su *historia*.

Como en las Meninas, el puente oculta lo mejor de sí mismo. El puente (realidad inmanente) hace presente algo que no es el puente (realidad transcendente). ¿Cómo lo hace? Por el puente y a través del puente. El puente se hace entonces transparente para la realidad transcendente. Deja de ser puramente inmanente.

Ahora para nosotros el puente es diferente. Y lo es porque recuerda y hace presente por sí mismo (inmanencia) y a través de sí mismo (transparencia) algo que va más allá de sí mismo (transcendencia).

Así, lo transcendente se hace presente en lo inmanente, logrando que se vuelva transparente.

Inmanencia, transparencia, transcendencia parece un juego de palabras pero no lo es. La esencia de sentido de las cosas reside detrás del velo que las oculta. Cuando rasgamos el velo, entendemos el porqué, el profundo significado, lo que le da sentido.

3. Tipos de transparencia en la ingeniería estructural

La transparencia, ese velo rasgado que hace visible lo transcendente, es poliédrica. Presenta diferentes miradas, distintas perspectivas. Cada una de ellas depende de nuestra relación colectiva o de nuestra relación individual con el

objeto en sí. Puede ser objetiva, pero también puede ser subjetiva. Depende en esencia del camino que se haya andado desde el pasado hasta su presente, haciendo incluso visible su futuro.

El transcurso de la historia ha demostrado que los puentes han sido contruidos por ingenieros obsesionados por un objetivo común: el diseño y la ejecución de la obra, obra a la que tanto amaban.

Estos ingenieros siguen vivos hoy en día en sus puentes y en los nuevos puentes que vieron la luz después de sus puentes. No sólo fueron creadores de sus obras, sino que crearon, sin saberlo, las que vinieron después. Lo inmanente se hace transcendente en su forma de trabajo, en su resistencia, y en la influencia en los puentes posteriores, por medio de la pátina transparente de la historia, y de la historia de las historias.

Por esta razón, los puentes no sólo constituyen éxitos técnicos, sino que, al mismo tiempo, continúan siendo, en todo el sentido del término, “obras de arte” insertas en el tiempo. Arte/tiempo que nos permite entender la evolución del diseño y construcción de los puentes.

Pero la transparencia del alma de una estructura no es sólo su historia. Podemos hablar además de la *transparencia del conocimiento* que es propia de los ingenieros, y podemos hablar también de una *transparencia compasiva*, que camina ligada a la tenacidad del ejercicio profesional.

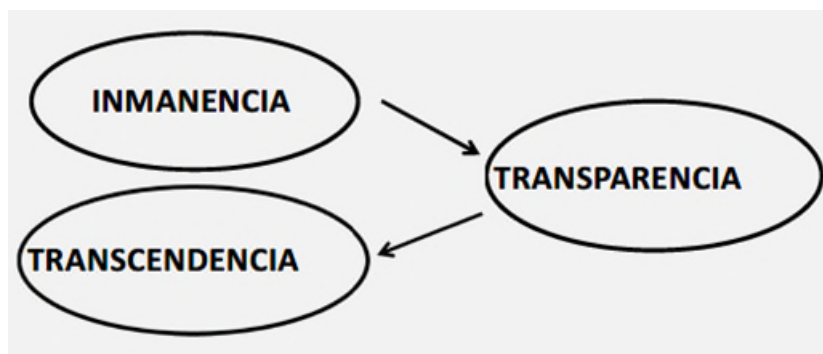


Figura 2. Relación entre inmanencia, transparencia y transcendencia.

3.1. La Transparencia Histórica

“Un hombre solo, una mujer / así tomados, de uno en uno / son como polvo, no son nada” (José Agustín Goytisolo)

La ingeniería estructural se hace trascendente con el paso del tiempo. Es cierto que como expresaría R. Strauss en *El caballero de la Rosa*, “todo se desvanece como bruma y sueño”. Pero no es menos cierto que como diría W. Shakespeare, “el hombre está hecho de la sustancia de la que se trenzan los sueños”. Y esos sueños han forjado la historia. Y la historia, se ha

alineado en la conjunción de tres elementos: el material, la forma en la que ordenan y la manera en que se construye. Estos tres elementos constituyen el lenguaje de los artífices de las estructuras, de los puentes, de los grandes edificios, con su vocabulario y sus reglas.

Y es la historia la que nos hace entender la razón de los puentes actuales, por qué los últimos puentes de fábrica diseñados por Sejourné, como el puente Adolfo de Luxemburgo, aunque maravillosos desde el punto de vista estético y estructural, son completamente decadentes por estar ya fuera de su tiempo; el sentido de las técnicas actuales; de dónde venimos y hacia dónde vamos.



Figura 4. Ejemplos de puentes históricos.

Historia que empieza muchos siglos atrás. Historia en cuyo devenir el puente de piedra romano alcanza su clímax con el arco, donde los sillares se alargan en el tiempo hasta finales del siglo XIX. Nuevos materiales como la fundición, el hierro, o el acero hacen posibles los puentes colgantes y atirantados contruidos de forma increíble en el siglo XIX, y cuyas máximas realizaciones son aún llevadas a cabo en nuestros días. Más adelante, con el nacimiento del hormigón, primero en masa, posteriormente

armado, desarrollado después de la primera guerra mundial, y ya después de la Segunda Guerra Mundial el uso extendido del hormigón pretensado, suponen una auténtica revolución en la construcción de puentes. Los ingenieros de forma continua inventan nuevas formas del arte de construir, que aún no ha cesado. Así, en las últimas décadas hemos sido capaces de crear puentes mixtos de acero-hormigón, en los que se sitúa cada material allí donde mejor trabaja, fundiendo varias notas allí donde se configura la

mejor armonía posible, creando melodías imposibles, escribiendo sinfonías inolvidables.

En la historia de la ingeniería civil del siglo XX los primeros treinta años han sido los más fecundos. Lo más nuevo, original y más emocionante desde el punto de vista estético se produjo en aquellos años. Sin embargo, a final de siglo el concepto del puente se corrompe en algunos casos, convirtiendo el puente en una imagen visual, y en algunos casos en una pieza seductora del marketing político. Así, hoy en día podemos hablar de puentes ortodoxos y de puentes heterodoxos. Los ortodoxos cumplen su función y tienen un sentido estructural. En los heterodoxos el puente pierde su sentido, conformando una gran escultura donde lo importante es sólo la forma, perdiendo el sentido de forma resistente construida, convirtiendo la melodía en un conjunto de notas disonantes.

La experiencia de milenios enseña que la conjunción del material resistente, la forma en que estos materiales se ordenan y construyen, constituye un lenguaje desde el cual se producen diversas formas de interpretar el sentido estructural de los puentes. Desde el principio de los tiempos hasta ahora se ha ido produciendo un continuo enriquecimiento de este lenguaje. La memoria histórica de los puentes es el definitivo

reflejo de este lenguaje, de su complejidad, y su única definición.

Así, el puente, su metafísica, su sentido, conforman un todo único. La estructura inmanente (lo que se ve, la forma), se hace trascendente (en su forma de trabajo, en su resistencia) por medio de la transparencia de su alma, que es su historia.

3.2. La Transparencia del Conocimiento

“Sólo se ama lo que se conoce” (Leonardo)

El proyecto y construcción del Firth of Forth en Escocia asombró a los ingenieros de su época. Todavía hoy en día nos asombramos ante su inmenso tamaño y su estética férrea. Antes de su construcción estaba previsto un puente colgante de dos vanos de 488 m de luz, diseñado por Thomas Bouch. La caída del puente Tay diseñado por el mismo ingeniero hizo que se desestimase la idea.

En 1890 se termina el Firth of Forth, con dos vanos laterales de 250 m de luz y dos vanos centrales de 520 m de luz, diseñados por Fowler y Baker como un puente robusto cantiléver o de ménsulas.

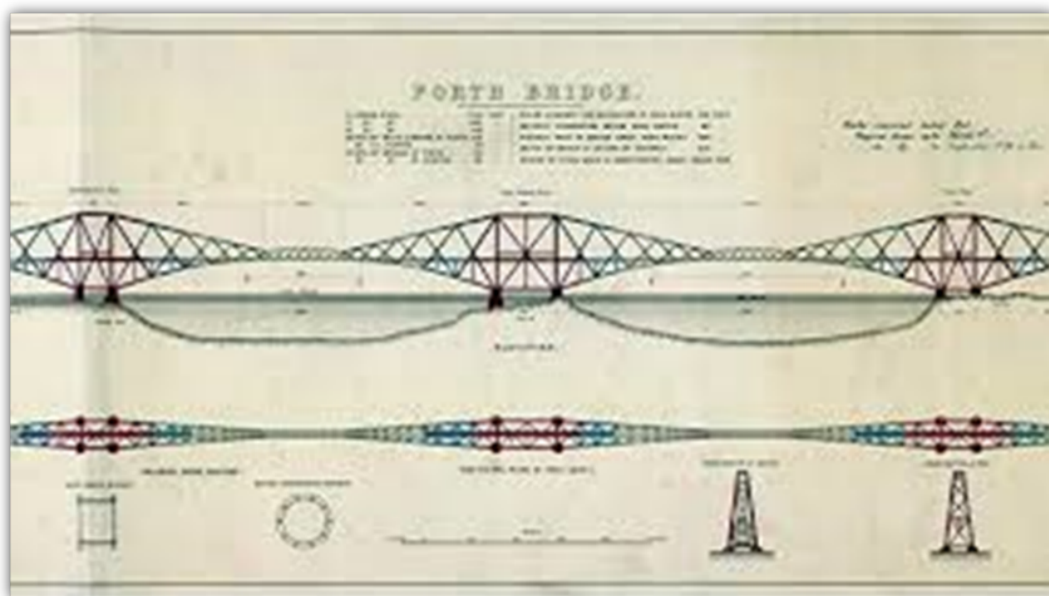


Figura 5. Planta y alzado del Firth of Forth.

El puente cantiléver se desarrolló con las celosías, que ofrecen una mayor rigidez y economía, y se pueden construir sin andamiaje,

permitiendo el paso de barcos durante su construcción.



Figura 6. Vista general del Firth of Forth

El profundo conocimiento del comportamiento del puente queda evidenciado ante la visual muestra del equilibrio de fuerzas y de la forma de trabajo del puente mostrado por sus diseñadores al mundo.

La transparencia del conocimiento saca a la luz la manera en que trabajan los puentes y las estructuras en general, su transcendente forma de respirar y de vivir.

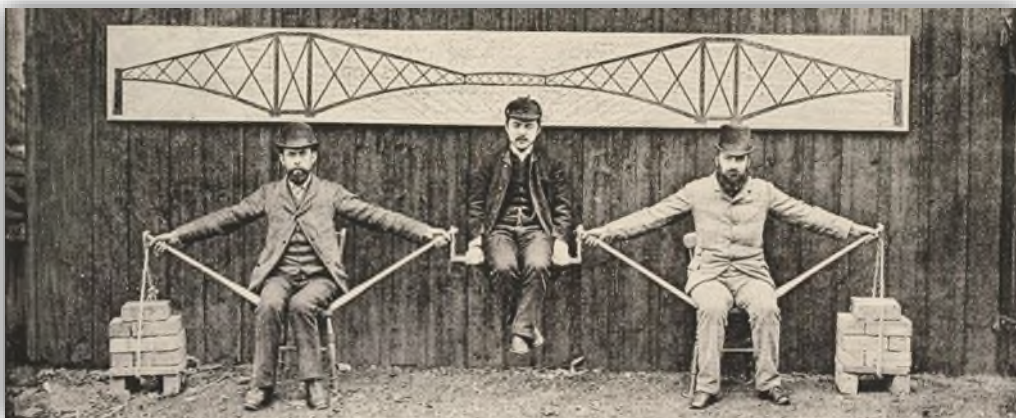


Figura 7. Funcionamiento vital del Firth of Forth.

3.3. La Transparencia compasiva

Cuando John Roebling diseñó el puente de Brooklyn ya tenía amplia experiencia en la ejecución de puentes colgantes. Siempre se superaba en el siguiente. Ingeniero, músico, filósofo, empresario. Alemán de nacimiento, había dejado joven, una vez formado, a su madre

en la rigidez de miras del imperio germánico. Se fue al Nuevo Mundo para no volver.

Llegó a Estados Unidos, se hizo granjero, y posteriormente desarrolló una patente de cables que con el tiempo le llevó a construir varios puentes colgantes.

El puente de Brooklyn era su obra cumbre, y así la vivió.



Figura 8. Puente de Brooklyn en construcción

Su entrega hizo que durante el replanteo de una de las cimentaciones de las torres del puente, un barco topara contra el muelle donde se encontraba, aplastándole el pie. Se le gangrenó la herida y falleció a los pocos días, sin ver casi empezar su obra culmen. En su lecho de muerte pasó el testigo de la construcción a su hijo, el coronel Washington Roebling. El hijo, joven ingeniero, aprendió a la sombra de su padre. Le cayó de repente una responsabilidad enorme. La asumió.

La cimentación se construyó mediante cajones neumáticos. El joven Roebling permanecía constantemente en el cajón, dirigiendo personalmente los trabajos. Trabajó día y noche con sus hombres en el cajón de aire comprimido, hasta que fatalmente su resistencia

se derrumbó. Tuvo que ser rescatado lisiado, víctima de la enfermedad de los cajones de aire comprimido, la aeropatía. No podía moverse. No podía hablar. Sin embargo no quedó afectado su razonamiento, y podía desarrollar su trabajo con plena capacitación mental. Washington decidió alquilar un apartamento frente al puente desde donde dirigir las obras. Seguía el progreso de la obra a través de sus prismáticos. Su esposa, Emily Warren se convirtió en su ayudante, preparando sus documentos, sus notas y llevando sus instrucciones a los hombres de la obra, haciendo de intermediaria entre Washington y los jefes de obra. Estudió matemáticas, leyes de física, etc., con el fin de transmitir los mensajes de su marido de forma adecuada.



Figura 8. John A. Roebling, Washington Roebling y Emily Warren Roebling.

La construcción del puente fue una lucha que duró 14 años. Sin embargo, el 24 de mayo de 1883 fue inaugurado con todos los honores por el presidente Chester A. Arthur. Washington fue el gran ausente. Nunca había visto el puente

terminado de cerca. El día de la apertura, once años después de su parálisis, enfocó su telescopio y vio al presidente inaugurar el puente desde su apartamento. El pueblo de Manhattan y de Brooklyn conocedores del coraje de W.

Roebing, y de su familia, caminó hasta el edificio donde residía, con el fin de rendirle honores. El pueblo era conocedor del esfuerzo vital realizado

por la saga familiar, y se lo agradecería ya siempre.



Figura 9. Vista del Puente de Brooklyn.

La inmanencia de la ingeniería estructural que se hace transcendencia a través de la *transparencia de la historia* y del *conocimiento* tiende a ser objetiva. Son herramientas necesarias para el ejercicio profesional de los ingenieros, tanto de las generaciones maduras, como de las nuevas, por medio del estudio y de su entendimiento. La mirada de los ingenieros hacia las estructuras, hacia el entendimiento de su forma de trabajo, es diferente a la de cualquier mortal. Y lo es porque entendemos los mensajes ocultos que transitan por sus fibras, como ocurre en las Meninas.

Sin embargo, la inmanencia de la ingeniería estructural que se hace transcendencia a través de la *transparencia de la compasión* tiende a ser vivida de manera subjetiva, aunque los hechos sean objetivos, porque apunta de manera directa al corazón. Quizás por esta razón admiro tanto el puente de Brooklyn. Además de abrir nuevos caminos, y de ampliar el conocimiento de la teoría de puentes, es sobre todo una hazaña de lucha contra todos los elementos. Y esa lucha

convierte al hombre un poco más divino, y esa pequeña divinidad hace al hombre un poco más humano.

No, no puedo evitar una mirada compasiva cuando contemplo el puente de Brooklyn. No puedo apartar de mi memoria la lucha de sus creadores. La transparencia de la compasión trasciende la humanidad que yace bajo cada gramo de acero y bajo cada milímetro de sus cables. Así lo siento. Así lo vivo. Y así lo disfruto.

Por ello es tan importante llenar de humanidad los estudios de Ingeniería Estructural, de historia, de filosofía, de arte, de psicología, de teología, etc. Sólo así humanizaremos nuestros diseños, los asimilaremos, los transmitiremos, y dejaremos un legado a las nuevas generaciones, que a su vez servirá de base a nuevas propuestas para las siguientes.

Ahí están. Están a la escucha. Están a la espera...