

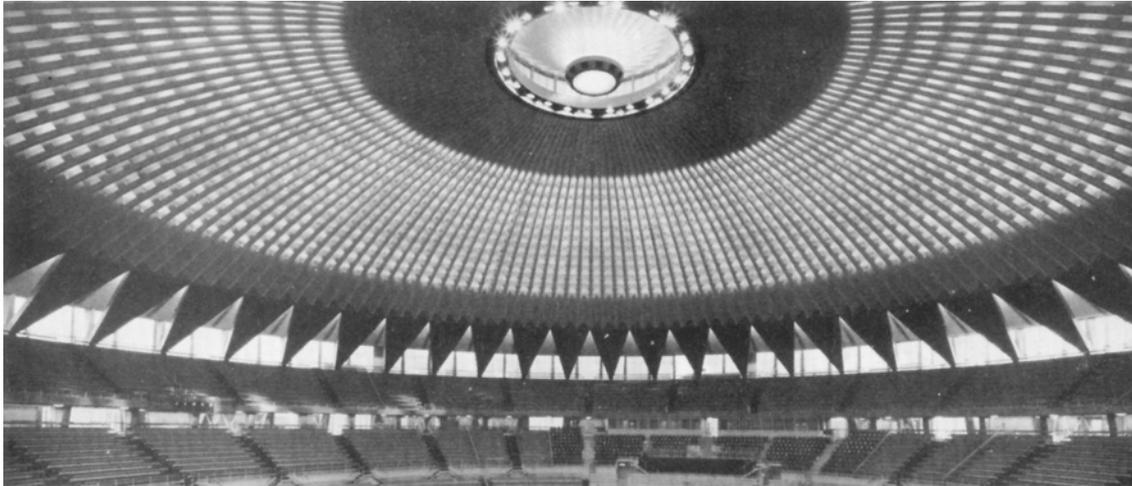
PALACIO DE LOS DEPORTES. ROMA, 1958-59.

Pier Luigi Nervi. En colaboración con Marcello Piacentini.



Se trata de un gran edificio exento para acoger los espectáculos deportivos propios de los juegos olímpicos que tendrían lugar en la ciudad en el año 1960.

El edificio es completamente circular en planta y la cubierta es un casquete esférico formado por nervios meridianos, de sección en V, que dejan un óculo en el centro. Estos nervios, de sección variable, quedan aligerados en el tramo central por aberturas que van reduciendo sus dimensiones en altura, hasta desaparecer en el tramo central, donde la cubierta se ciega para destacar la entrada de luz del óculo.



Vista de la cubierta desde el interior donde se evidencia la distribución de la iluminación natural a través del perímetro, las perforaciones de la cubierta y el óculo.

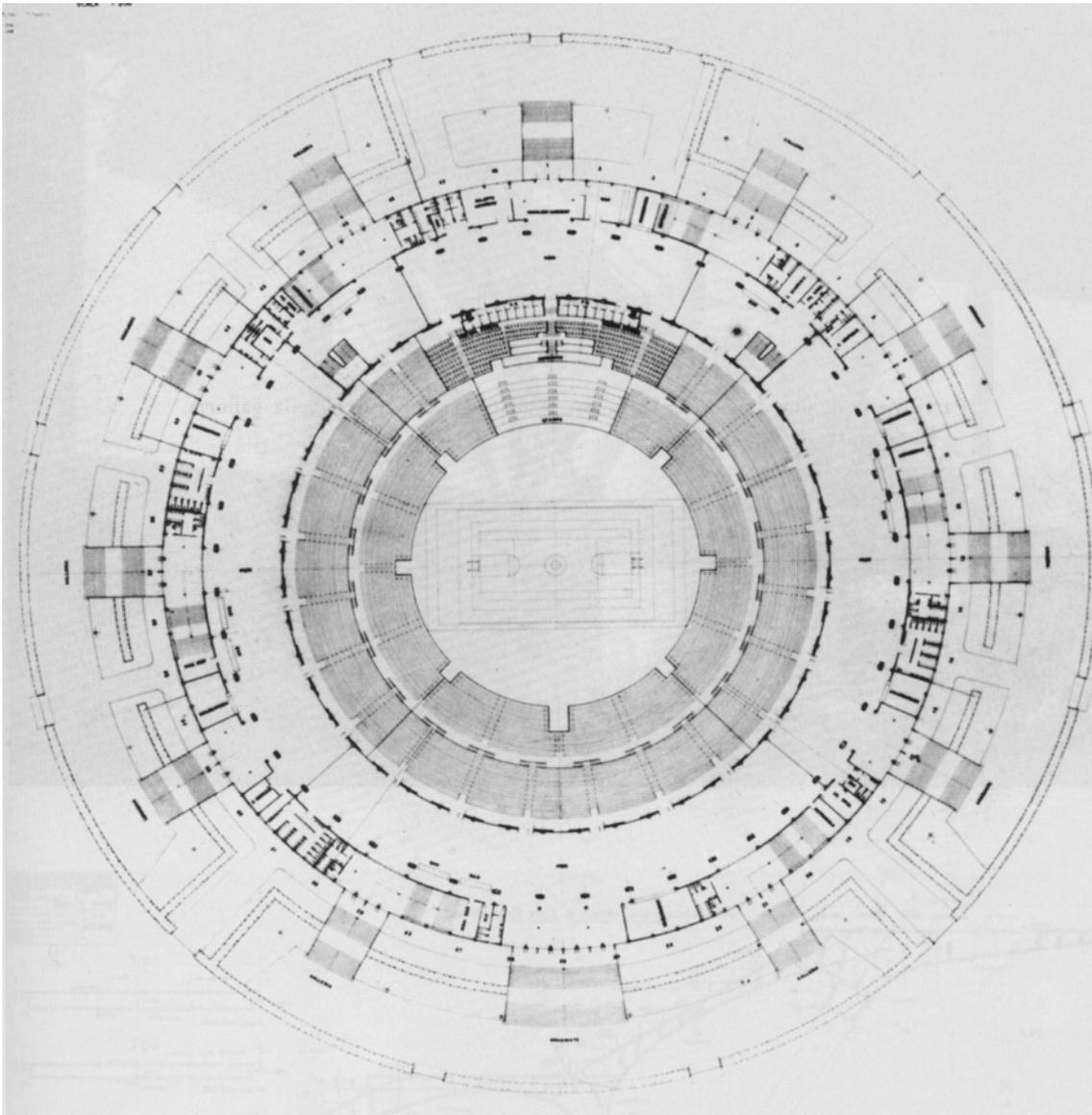
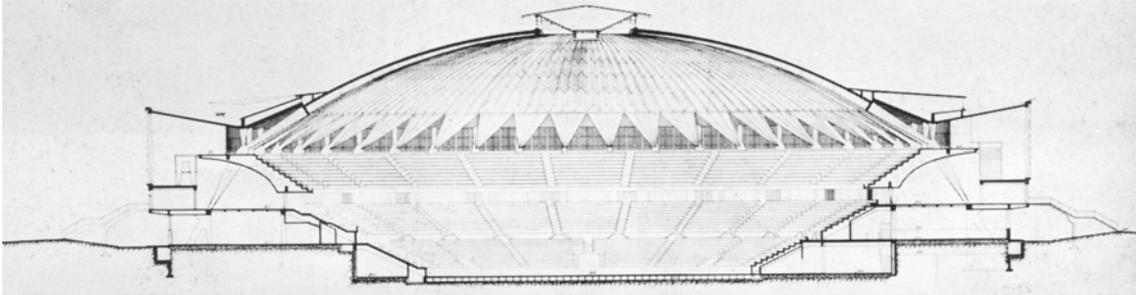
En el círculo perimetral, estas nervaduras meridianas se reúnen de tres en tres y transmiten su tensión a un pilar inclinado que tiene continuidad hasta los cimientos. La circunferencia la completan 48 de estos pilares. Los diferentes forjados y escaleras que se apoyan en la misma estructura colaboran a contrarrestar el empuje de la cubierta y centran las resultantes hacia los apoyos.

El espacio donde se sitúan los pilares queda libre, sin subdivisiones y se constituye en una gran sala de distribución del público donde los pilares inclinados son los protagonistas. Las escaleras de acceso desde el exterior desembocan en dicha sala y desde ahí se accede a las gradas. Por lo tanto es un espacio diáfano, con una sección asimétrica puesto que el techo -inclinado hacia el centro del edificio- es la bóveda de soporte de las gradas superiores. El otro lado aloja los aseos, las oficinas, los controles de entrada, las escaleras y otras dependencias de servicio, todo ello dispuesto en dos niveles formando una galería perimetral.



Vista interior de la sala anular bajo las gradas con los pilares inclinados.

Los tres niveles de gradas se disponen concéntricos entorno a las pistas deportivas. El primero queda más bajo que la cota de la calle, el segundo está servido desde el nivel del acceso principal y el tercero se apoya en el techo de la sala anular principal.



Planta y sección del edificio.

Una gran cristalera cilíndrica cierra las galerías de servicio y ofrece una fachada al exterior. El ritmo de las aberturas de esta cristalera y las escalinatas de acceso queda alterado por la transparencia de la fachada que deja ver los interiores. La curvatura y la perspectiva dan imágenes cambiantes de esa fachada. El hecho de que el nivel de acceso quede elevado respecto del suelo y que ese forjado vuele sobre

la planta inferior da una imagen de ingravidez que podría sugerir que se trata de un edificio giratorio. A una cierta distancia parece uno de esos artefactos precursores del cine con que jugaban los niños para ver figuras en movimiento.



La forma del edificio recuerda un praxinoscopio (juego infantil precursor del cine).

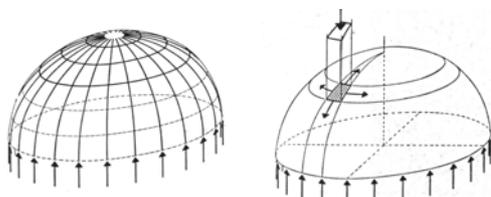
Es inevitable hacer alusión al edificio que sin duda fue un referente de éste y que es, de hecho, la imagen más ajustada: el Panteón, también en Roma. No sólo por la forma en planta y la cubierta esférica, sino por el esquema estructural, que añade peso para equilibrar, con cargas de gravedad, los empujes laterales de la cúpula; y por el principio constructivo, que va modificando la sección de los nervios y aligerando de masa la cúpula según va acercándose al óculo.



La concepción del palacio de los deporte tiene en el Panteón un referente evidente.

La forma de la cubierta.

Un casquete esférico sometido a su propio peso, distribuye siempre las fuerzas superficiales que siguen trayectorias meridianas y paralelas. Las primeras son siempre de compresión, y por tanto favorables a la estabilidad. Las segundas son de compresión en la zona superior pero, a una cierta distancia del punto superior, estas fuerzas anulares que siguen los paralelos son de tracción y aumentan los empujes laterales que generan las compresiones meridianas. Por esto es frecuente que las cúpulas esféricas sean muy rebajadas, como en este ejemplo. En cualquier caso los empujes centrífugos existen y son el caballo de batalla de constructores y arquitectos de todos los tiempos.



El esquema adjunto ilustra el principio estructural del comportamiento de la forma esférica ante las acciones gravitatorias. Las líneas continuas representan las compresiones y las discontinuas las tracciones.

El equilibrio se busca por dos medios complementarios: añadiendo peso en los apoyos del perímetro para corregir la resultante y aligerando la cobertura para reducir el empuje.

Y este objetivo es el que se persigue cuando se diseña la forma de cada nervadura de la cúpula. Por un lado se plantea una viga con una sección en V, con lo que se obtiene una lámina plegada que busca mejorar el momento de inercia y por lo tanto un mejor comportamiento ante las tensiones. Por otro lado, las perforaciones del tramo central de los nervios, restan un peso importante en la zona donde no se necesita material, trabajando como una viga de celosía.

La apariencia interior de la cúpula es de una ligera lámina calada, lo cual ofrece una imagen de gran ligereza, reforzada por la solución de apoyo sobre los 48 puntos repartidos en todo el perímetro.

La forma de los pilares inclinados.

Los pilares que recogen los empujes de la cúpula y protagonizan el espacio de la sala principal del edificio, tienen una forma que merece una atención especial. Su inclinación se debe a la trayectoria de los esfuerzos, pero el diseño de su fuste está especialmente cuidado para ser visto y es el motivo de haber escogido este ejemplo para el análisis ya que está resuelto como forma de transición.

La forma del pilar se plantea a partir de las dos secciones extremas. La base es un rectángulo inclinado, que se sitúa en una peana prismática, con el lado menor en el sentido radial del edificio. La sección en el capitel, inclinada para recoger la bóveda de las gradas, es también un rectángulo pero esta vez con el lado mayor en el sentido radial.



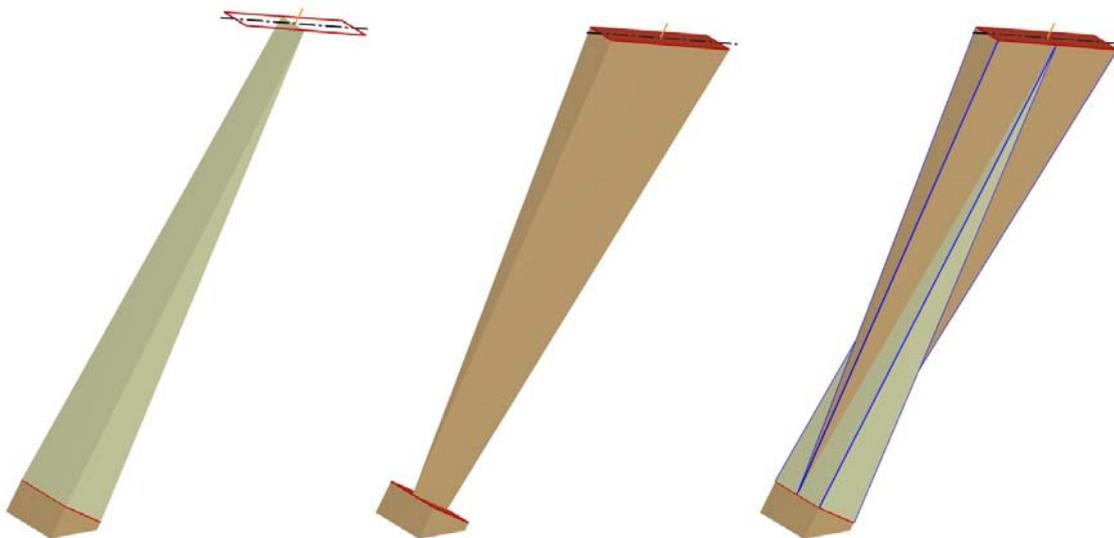
Vista de la sala que circunda el edificio con los pilares inclinados de soporte de la cubierta.

La situación privilegiada de estos elementos en la sala circundante hace que siempre queden vistos y, como se disponen radialmente, todos, desde la fachada acristalada, reciben luz en un mismo momento y desde todas direcciones. No es necesario esperar el movimiento del sol para tener una imagen cambiante del pilar; estando quieto, un observador puede apreciar todas las variantes posibles. Cada pilar se exhibe como una escultura en movimiento mostrando dos o tres de sus caras pero el conjunto permite ver todas las caras a un tiempo, como en una pintura cubista.

Geometría del pilar

El giro de 90 grados, entre la posición del rectángulo de la base y la posición del rectángulo del capitel, da pie a una figura de transición que se debe resolver con superficies adecuadas para que este cambio sea sin discontinuidades. La solución que Nervi propone en este pilar será utilizada en otros muchos casos parecidos de pilares de proyectos propios o en los que él colabora. En todos ellos la solución consiste en un ejercicio geométrico prácticamente idéntico aunque algunos aspectos estructurales o funcionales serán diferentes.

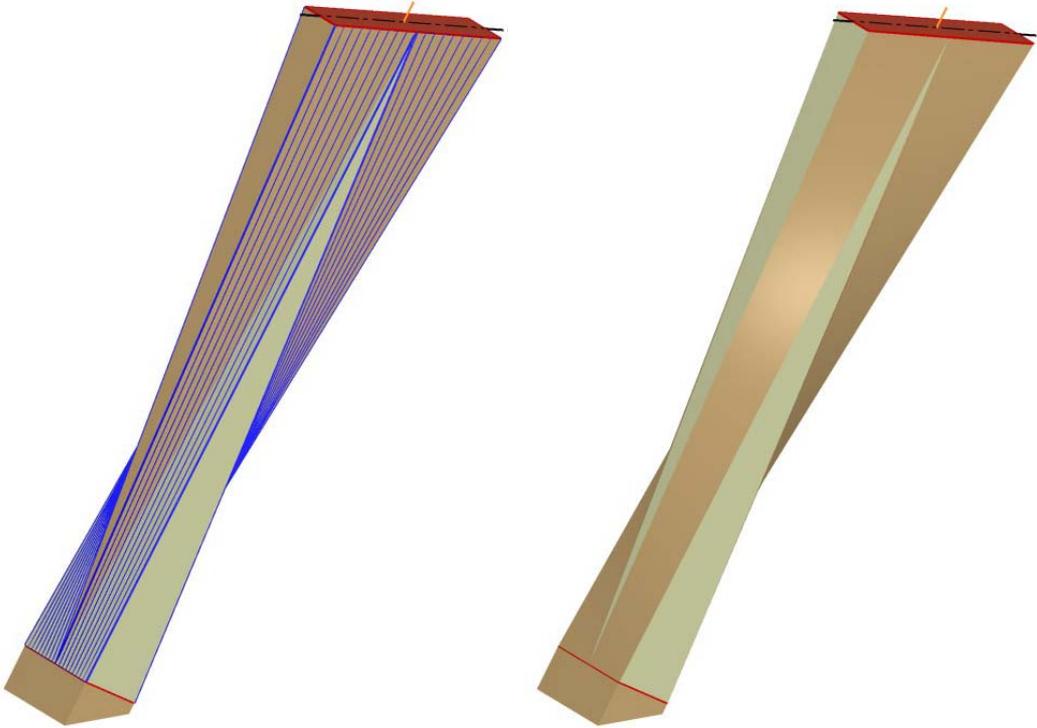
Básicamente la solución tipo es la formación de un fuste que alterna caras planas y caras alabeadas. Para entender esta construcción geométrica es útil pensar en figuras poliédricas más simples: una sería la comprendida entre la cara de la base y el eje menor del rectángulo del capitel (como muestra el primer dibujo), y la otra, invertida, la comprendida entre la cara del capitel y el eje menor del rectángulo de la base (como muestra el segundo dibujo).



Una vez definidos los extremos, cuya forma y disposición son consecuencia de requerimientos estructurales o funcionales, se ha planteado la construcción de esta figura a partir de la intersección de dos poliedros y la sustitución de aristas cóncavas por caras alabeadas.

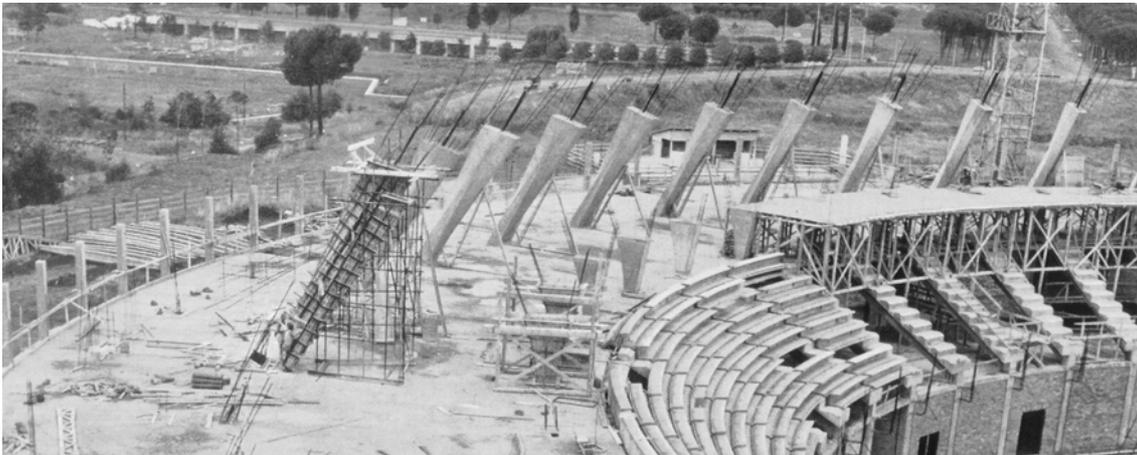
La unión de ambas figuras generaría cuatro nuevas aristas en el encuentro de las caras no triangulares que se forman (tercer dibujo). Estas aristas cóncavas plantearían muchos problemas constructivos en la formación del encofrado. En su lugar, y con el objetivo de obtener una forma adecuada para ser construida con hormigón y sin discontinuidades que compliquen el armado interior, se han dispuesto superficies alabeadas regladas definidas por cada uno de los cuatro cuadriláteros alabeados determinados por esta macla: dos lados de las caras triangulares y dos medios lados de los rectángulos de la base y el capitel.

Se trata, obviamente, de paraboloides hiperbólicos. Estas superficies hacen posible la construcción de sus encofrados con elementos rectilíneos, tanto para el armazón que lo soporta como para la propia superficie que está en contacto con el vertido, por ser superficies regladas de doble generación.



Las caras alabeadas reducen los ángulos de la macla inicial y posibilitan el armado del hormigón de la manera más adecuada.

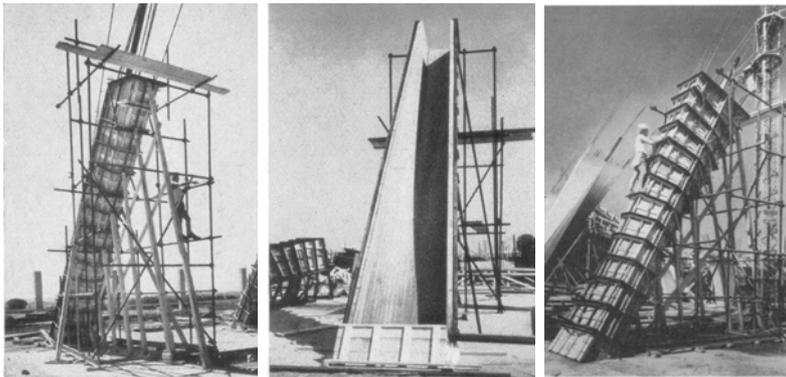
La construcción del pilar



El pilar se construyó con encofrados recuperables y el vertido se hizo in situ. Las fotografías que se conservan de la construcción muestran que el proceso de encofrado no se hizo, como en otros casos, por tramos sucesivos, sino que se formó todo el fuste de una vez.

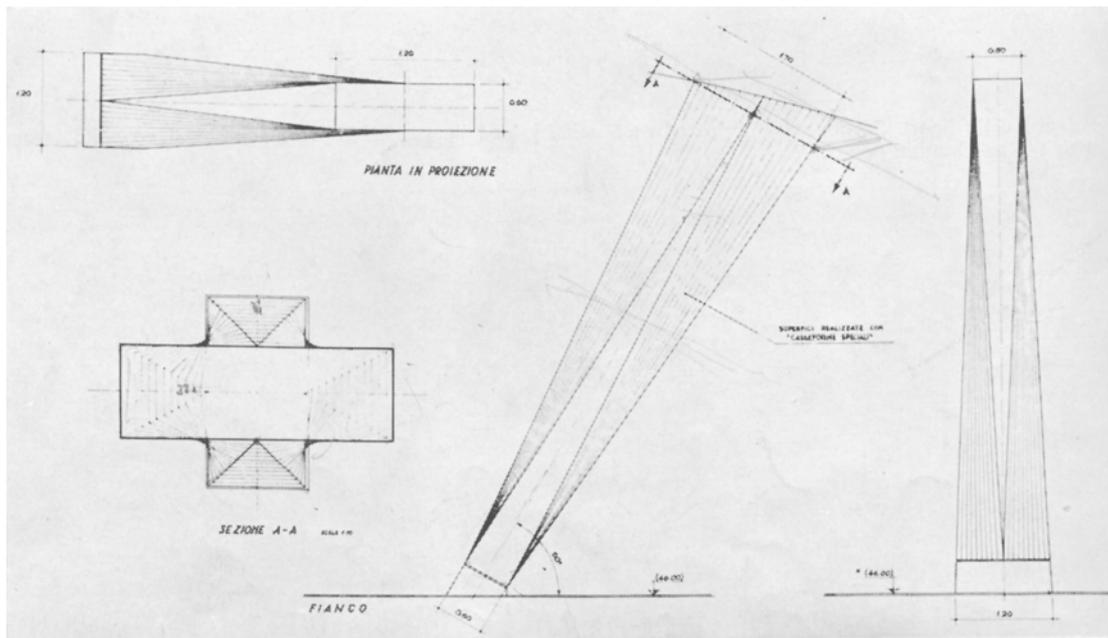
Una vez formado el molde de la mitad inferior y colocada la armadura, se completaba el encofrado para proceder al vertido. La forma de la caja quedaba asegurada por armazón exterior que sujetaba la superficie por anillos exteriores a modo de costillas. Estas costillas tenían la forma poligonal de la sección transversal al

fuste en cada punto. Por lo tanto, las sucesivas costillas se correspondían con las correspondientes secciones rectas del pilar.



Construcción de un pilar.

Es oportuno prestar atención al dibujo del pilar. En los planos en los que se define su geometría, se representa el pilar en sus dibujos diédricos, planta y dos alzados, en los que se expresan las caras alabeadas a través del reglado longitudinal de las superficies que las forman. Pero es curioso notar que el dibujo de la sección (abajo a la izquierda) reproduce las líneas de las sucesivas secciones transversales. Ambos dibujos tienen una correspondencia de identidad con la construcción del pilar: las líneas longitudinales son el entablillado del molde y las líneas transversales son las formas del armazón que se ve en la foto anterior.



Planos del pilar donde se dibuja la serie de secciones transversales superpuestas además de la planta y los dos alzados.

En realidad se podría decir que el dibujo de la planta es efectivamente la planta de este pilar concreto, puesto que reproduce la inclinación que tiene aquí, pero que la sección es en realidad la idea del pilar en planta. Este dibujo sintetiza la construcción geométrica de este pilar, y tal como se verá en próximos casos de Nervi, esta solución de construcción para pilares de sección variable, será recurrente.

La inclinación del plano del capitel hace que éste no se corresponda con una directriz recta del pilar, tal como se ve en el alzado lateral. Sin embargo, en el dibujo se indica la sección A-A como básica para la definición de las medidas del fuste. En consecuencia, los dibujos de planta y del alzado frontal deberían prolongar el pilar hasta la entrega con la bóveda, cosa que no hacen.