

*El teatro Goldoni de Livorno y la acústica de salas a la italiana*



*Autor: Francesco Raffaele  
Tutor: Benoit Beckers*

*Fundació UPC, Septiembre de 2007*

# Índice

## I Introducción

## II El Teatro Goldoni

II.1. El Teatro Goldoni de Livorno

II.2. La vida del Goldoni: de la lírica al cinema

II.3. El Goldoni en la actualidad

## III El teatro a la italiana

III. 1. Evolución acústica de las salas de ópera

III.2. Arquitectos y tratados en torno a la ópera

## IV. Estudio acústico

IV.1. Crítica del teatro a la italiana

IV.2. Estudio acústico de las plantas

## V. La acústica del Goldoni

V.1 Presentación del teatro

V.2 Estudio grafico

## I Introducción

Con motivo de la restauración del “Regio Teatro Goldoni” de Livorno en enero de 2004, he empezado a interesarme por las representaciones líricas y paralelamente por la vida de este teatro de mi ciudad, que durante muchos años había vivido periodos difíciles.

Desde un principio, me había interesado el aspecto acústico, la calidad del sonido producido en el interior, las distintas respuestas que se hallan según la ubicación.

Al haber trabajado en el teatro, había podido observar que la difusión del sonido no es homogénea, sino que varía según la localización, la altura, el material utilizado alrededor, etc.

El trabajo hecho en mi tesina consiste en presentar este teatro, con su historia y su presente, colocándolo en un ámbito más general como lo del teatro a la italiana.

Después de un análisis de las salas de ópera, con un estudio acústico detallado, analizo las distintas topologías de plantas, para compararlas entre ellas.

Finalmente, trato la parte para mi más interesante, la de la acústica del teatro Goldoni mismo, donde comparo la planta con las que había considerado anteriormente sacando gráficos de la respuesta acústica y comentando algunas peculiaridades que salen de esta análisis.

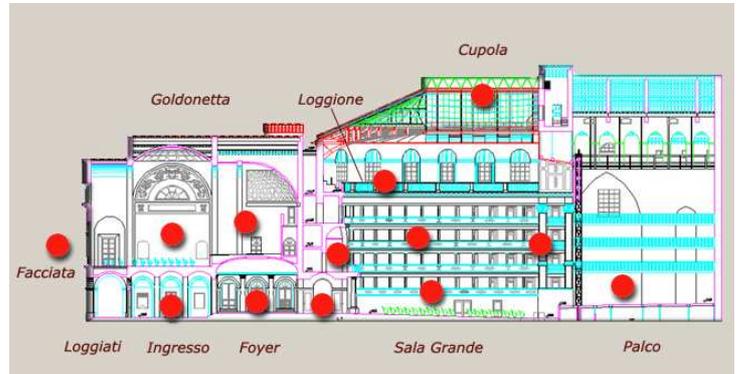
En este tipo de investigación la búsqueda de textos de referencia, de tratados acústicos o de material que profundizara con conocimiento el tema, ha sido complicada; la fuente que mayoritariamente he utilizado ha sido el libro “Theater Design” de Izenour, el cual, a pesar de su forma muy personal de enfrentarse con los acontecimientos, ha resultado ser determinante para mi trabajo.

Las informaciones del teatro Goldoni han sido sacadas mayoritariamente de la pagina Web del mismo teatro y de un par de libros: “I teatri storici della Toscana-Grosseto ,Livorno e provincia” de Luigi Zangheri y Elvira Garbero - “Architetture Livorno, rivista di architettura” n°1/05.

## II El Teatro Goldoni

### II.1. El Teatro Goldoni de Livorno

“El teatro Goldoni de Livorno, único gran teatro histórico de Livorno habiendo sobrevivido a los daños provocados por los bombardeos de la segunda guerra mundial, nace después de las transformaciones urbanísticas y arquitectónicas realizadas en Livorno alrededor de la primera mitad del siglo XIX, durante el gobierno de la familia de los Lorena, cuando la nueva fuerza económica representada por la burguesía mercantil siente la necesidad de crear espacios que simbolizen el propio estatus social.



Se piensa entonces en realizar un imponente teatro, considerado uno de los más bellos entre los teatros italianos, ya antes de ser acabado, y que superó por importancia todos los demás teatros livorneses.

El 1 de Octubre del 1842, los empresarios Francesco e Alessandro Caporali decidieron oficialmente “levantar un nuevo y extraordinario teatro gracias al cual la ciudad de Livorno será la tercera ciudad italiana en adquirir el privilegio de semejante edificio”.

La realización del edificio, situado a lo largo de la calle llamada “via vecchia di Montenero”, entre la nueva iglesia de “S. Maria del Soccorso” y el hospital israelita, fue encargada al joven arquitecto Giuseppe Cappellini, asistido por el “capomaestro” Benedetto Malfanti, mientras que los ejecutores materiales de las labores internas fueron los hermanos Giacomo y Giovanni Medici de Milano, autores de los ornamentos, Pietro Bernardini, realizador de los estucos y el “marmolista” Ceccardo Ravenna.



La obra duró cuatro años: de 1843 a 1847. El teatro fue llamado “Imperiale e Regio Teatro Leopoldo” en honor al Gran Duque Pietro Leopoldo II de Lorena, y fue inaugurado el 24 de Julio del 1847.

A los pocos años, el edificio sufrió una rápida degradación, debido a la actitud del nuevo propietario, Giuseppe Varoli.

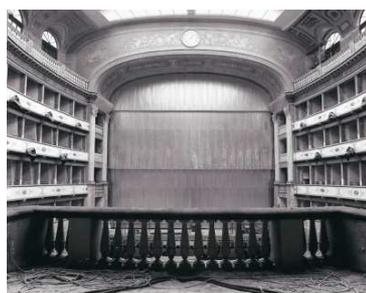
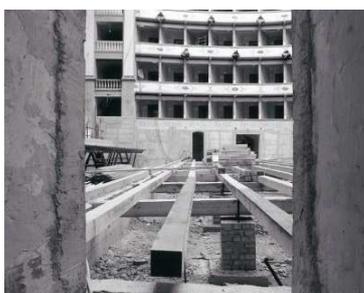
Comprado luego por el Cónsul Rodocanacchi, el “Leopoldo” fue restaurado y devuelto a su primitiva dignidad entre 1853 y 1855.

En 1859, después de la huida de los Lorena, el teatro se empezó a llamar Teatro Caporali, y finalmente, en 1860, fue nombrado Regio Teatro Goldoni, para subrayar la relación entre Livorno y Carlo Goldoni, que en la ciudad labronica había estrenado la comedia “Tonin bella grazia” y

ambientado las tres comedias “Le smanie per la villeggiatura”, “Le avventure” e “Il ritorno dalla villeggiatura”.

En la historia de este teatro, numerosos han sido los cambios de propiedad hasta la declaración de accesibilidad a mediados de los años ochenta del siglo XX, y, en 1990, su expropiación y posterior adquisición por el patrimonio comunal.

El Ayuntamiento de Livorno se propuso con su compra restaurar y devolver a la ciudad un importante testimonio histórico, un teatro con un aforo de más de 1000 personas y uno más pequeño, la Goldonetta, que puede contener alrededor de las 200 personas”<sup>1 2</sup>.



## II.2. La vida del Goldoni: de la lírica al cinema

El teatro fue inaugurado el 24 de Julio de 1847 con el estreno de la obra “Roberto il diavolo” de Meyerbeer.

Pese a la inauguración solemne y fastuosa, el arranque no fue para nada feliz: el teatro sufrió la competencia de las muchas e importantes estructuras ciudadanas de nivel más importante como el teatro “degli Avvalorati”, el “Carlo Lodovico” llamado San Marco y el “Rossini”, pudiendo empezar una actividad orgánica solo en 1855, después de ser adquirido por el rico mercante Pandely Rodocanacchi.

El edificio podía disponer de soluciones insólitas y atractivas, como el aprovechamiento de la luz solar para las obras diurnas, y permitía la realización de espectáculos muy distintos, que iban de las más consuetas propuestas teatrales a las evoluciones circenses y a las demostraciones deportivas.

En Junio de 1869, la gestión del teatro Goldoni fue asumida por una sociedad, llamada “Accademica”, constituida sobre el modelo de los demás teatros livorneses.

Después de 1890, con la decadencia parcial o total de los teatros del brillante pasado, el Goldoni se insertó cada vez más en el substrato ciudadano, hasta convertirse en uno de los lugares símbolos de la memoria popular. Dos personajes, Pietro Mascagni y Galliano Masini, más que nadie, han animado la escena, mientras que el pintor Renato Natali lo ha inmortalizado en sus telas.

Por lo que trata la actividad, sería limitativo recordar los célebres artistas locales.

En la Opera, hasta 1940, han sido memorables las actuaciones de intérpretes cuales Gemma Bellincioni, Roberto Stagno, Enrico Caruso, Hipolito Lazaro, Beniamino Gigli, y Gina Cigna, mientras que la edad de oro del posguerra cuenta con los nombres de Mario Del Monaco y Franco Corelli, Tito Gobbi y Ebe Stignani, Maria Caniglia y Leyla Gencer.

Hay que subrayar, por el entusiasmo y la participación con los que fueron acogidas, las producciones organizadas por los repartos especiales de las tropas aliadas que, entre el 1945 y el 1947, llevaron al “Goldoni theater” innumerables artistas y un todavía desconocido Frank Sinatra, protagonista de un memorable concierto que llevó al delirio los muchos “swingers” livorneses.

<sup>1</sup> [www.goldoniteatro.it](http://www.goldoniteatro.it)

<sup>2</sup> Traducción personal de extractos del libro “I teatri storici della Toscana-Grosseto ,Livorno e provincia” de Luigi Zangheri y Elvira Garbero

En su transcurso, el Goldoni no ha sido “sólo” un importante teatro de Opera, sino que a partir de los últimos veinte años del siglo XIX, ha acogido las mas famosas compañías de Opereta italianas y francesas, además de brillantes artistas de variedad, y desde los primeros años del siglo XX, proyecciones de películas cinematográficas, producidas en aquel periodo por las casas Lumière o Edison.

Finalmente, característica sorprendente pero nada despreciable, el Goldoni ha sido testigo también de actos políticos nacionales, como el Congreso del Partido Socialista en Diciembre/Enero de 1920/21, de cuya diáspora nació el Partido Comunista Italiano.<sup>2 3</sup>

### II.3. El Goldoni en la actualidad

El teatro Goldoni es hoy en día uno de los últimos 19 teatros históricos italianos. Poder tenerlo en una pequeña ciudad como Livorno es todo un lujo, aunque, como ya hemos visto anteriormente, la ciudad, durante muchos años, le ha dado totalmente la espalda.

Hay que decir que Livorno a principio del siglo XX tenía una cantidad importante de teatros y el Goldoni era seguramente uno de los principales; durante la segunda guerra mundial y sucesivamente se han ido perdiendo poco a poco estos edificios hasta quedarse el teatro Goldoni como único testigo de un periodo teatral muy fértil.

La penúltima gran sala ciudadana, “La Gran Guardia”, ha sido cerrada hace unos tres años para dar espacio a un nuevo gran centro comercial...



Por lo tanto el teatro Goldoni representa la única referencia, el único espacio teatral en el que se presentan espectáculos de compañías nacionales e internacionales, conciertos, debates, lírica y poesía.

El ayuntamiento parece haberse percatado de la importancia del teatro y, desde su apertura, el 24 de Enero del 2004, lo ha constantemente valorizado modificando y arreglando también todos los edificios limítrofes.

Hoy podemos decir por fin que tenemos una zona de alto valor histórico y cultural y que funciona.

A nivel arquitectónico también se han aportado reformas de gran valor, aunque lo que es la fachada principal y el lateral “libre” (los únicos dos lados visibles) no han sido modificados; digamos que todo lo exterior se ha quedado exactamente tal y como era.

Sólo se ha recuperado con muchísimo éxito lo que era la bóveda acristalada encima de la platea, la cual había sido cerrada hace muchos años cuando, por falta de dinero y a causa de infiltraciones de agua, se decidió cubrir la bóveda con una capa de cobre, quitando la luz natural a la sala.

Una compleja estructura metálica sujeta la vieja estructura de hierro, creando un espacio en el que una cortina en caso de necesidad puede dejar el teatro a oscuras.

Si por un lado exteriormente no ha cambiado mucho, la distribución interior ha variado considerablemente.

Para empezar, se han juntado el teatro y el edificio de al lado, un viejísimo cuartel de bomberos, en el que se han puesto vestuarios, duchas, salas de ensayos, escaleras de seguridad, salas de “calentamiento”. Todo lo que en el viejo proyecto del teatro estaba contenido en pocos metros cuadrados y que hoy en día es fundamental.



<sup>3</sup> Traducción personal de un extracto de "Comune Notizie - Notiziario del Comune di Livorno" nn. 44-45 del 2004

La platea, el escenario, la Lac (zona de carga y descarga de materiales), los pasillos y “gli ordini” (los anillos alrededor de la platea para el público) han cambiado mucho, debido a que había muchísima normativa antiincendio, de seguridad, de instalaciones eléctricas que cumplir.

Sobre todo, el escenario ha sido completamente reformado; “la graticcia” por ej., el lugar desde el cual cables y maquinarias sujetan el escenario entero, ha variado considerablemente.

Mejorías técnicas a parte, yo creo que de todas formas, el cambio más interesante ha sido dar mucho valor a la segunda sala del teatro, la que se llama “Goldonetta”, un espacio para 200 personas encima del foyer, justo detrás de la fachada principal.



Esta sala se utilizaba para ensayos y “calentamientos” de los artistas hasta que se decidió darle dignidad propia, organizando en ella pequeños espectáculos, recitales, monólogos que de otra manera en el teatro habrían perdido su “atmósfera”.

La sala, pequeña y modificada acústicamente con tejidos en el techo, se utiliza como sala independiente, tanto que a veces los dos espacios pueden funcionar contemporáneamente.

Yo he podido trabajar en el teatro en el primer año de apertura y he podido comprobar con atención los cambios, las integraciones y los pequeños fallos que se han cometido en su restauración.

Lo que me ha llamado más la atención es el aspecto acústico, que he querido profundizar en mi tesina.

No tenía muchos conocimientos técnicos, nunca había estudiado ni formas ni comportamientos de salas teatrales, pero me sorprendía la variación acústica que había entre distintos puntos de la platea y sobre todo entre los distintos “ordini”. En altura pero también en planta el comportamiento acústico variaba considerablemente, al punto que varias veces he oído quejas por parte del público colocado en esos sectores.

Para saber más del tema, he desarrollado mi tesina en cinco capítulos, en los que introduzco el tema, trato de dar conocimientos históricos y actuales del teatro, amplío mi visión ampliando el análisis al teatro a la italiana, estudiando sobre todo la evolución acústica de las salas y los arquitectos en torno a la ópera.

En un segundo momento, aclarada la parte histórica, desarrollo un estudio acústico de las formas de las plantas consideradas anteriormente para comprobar gráficamente la respuesta acústica y sacar unas primeras conclusiones.

En el último capítulo es cuando reconsidero el teatro Goldoni a la luz de toda la información reunida, haciendo un análisis de la estructura escénica, de la respuesta acústica de la sala y de los puntos menos favorecidos.

### III El teatro a la italiana

#### III. 1. Evolución acústica de las salas de ópera

En el Instituto de París, se conservan dos croquis de arquitectura de Leonardo da Vinci, titulados “Teatro per udire messa” y “Loco dove si predica”. El primero representa un edificio a planta central constituido por tres filas de asientos dispuestos en anfiteatro a los tres lados de una plataforma central. El segundo es un edificio pensado para llevar todos los oyentes lo más cerca posible del orador, que está de pie sobre un púlpito en forma de columna, unido a la sala con una escalera de caracol.

El orador está rodeado por seis filas de galerías equidistantes de él, que confieren a la sala una forma esférica. Del punto de vista acústico, la forma es potencialmente problemática; el edificio, de todas formas, parece hallarse al aire libre, sin cubierta, y debemos imaginar una sala abarrotada, quizás de madera, con una barandilla abierta, con el fin de permitir la máxima absorción del sonido por parte del público.

Si asumimos que el dibujo que lo acompaña sea la planta de un plano, entonces el edificio no resulta esférico, sino un segmento de esfera, presumiblemente en consideración de la dirección de la voz humana. Externamente es cónico y el público accede a través de una escalera externa, así que el edificio se presenta, es un decir, como un anfiteatro romano clásico “volcado”.

El proyecto es notable por el sentido de implicación que ofrece al público, con una excelente visibilidad y un recorrido del sonido directo hacia cada uno de los oyentes. Considerados juntos, los dos croquis indican como sea posible proyectar en una forma espacial tridimensional una idea o unos requisitos funcionales. Con el cambio de los parámetros, la forma también va a variar y la historia siguiente ilustra una evolución natural de dos distintos tipos de salas - los edificios acústicamente adaptados a la música instrumental (en otras palabras, las salas de concierto) y los edificios aptos para el habla (o sea: teatros y salas de ópera).

Hasta la época de los experimentos acústicos pioneros de Wallace Clement Sabine, en torno a principios del siglo XX, se disponía de conocimientos científicos muy limitados y los teatros - como los demás tipos de salas - se desarrollaban a partir de una mezcla de intuición del diseñador y de un proceso de selección natural; los modelos que tenían éxitos se copiaban y los equivocados eran demolidos generalmente a pocos años de su construcción o a veces transformados para otros usos.

Como consecuencia, los teatros históricos que hoy en día siguen existiendo son seguramente entre los mejores - por lo menos los que se han salvado de la devastación de los incendios - porque la vida media de un teatro hasta la introducción, al final del siglo XX, de unas reglas de seguridad para los edificios y de prevención de los incendios, era de apenas dieciocho años.

Los primeros teatros líricos, así como las salas de concierto de aquel período, estaban pensados específicamente para la música de los contemporáneos, las grandes óperas de Haydn, Gluck y Mozart.

Viceversa, los compositores a menudo escribían sus óperas para lugares específicos, sea porque componían por un mecenas, sea porque escribían teniendo en mente un cantante en particular, cuya voz tenía que ser valorizada al máximo en la primera: era esta la época de los compositores excelentes más que de los compositores.

Mozart, por ejemplo, compuso “Idomeneo” encargado por Carlo Teodoro, para el Residenztheater de Munich en 1781; “Il Ratto dal Serraglio”, “Le nozze di Figaro” y “Così fan tutte” para el antiguo Burgtheater de Viena en la Michaelerplatz, “Don Giovanni” para el Tyl Theater de Praga y la “Flauta mágica” para el Freihaustheater de Viena.

Teniendo que proyectar para una demanda musical conocida, los arquitectos empezaron a debatir sobre la forma en planta de los teatros.

Por motivos de acústica, muchos de los teóricos, como el escritor francés Pierre Patte en su “Essai sur l’architecture théâtrale” de 1782, favorecían la elipse.

Ella no tiene uno sino dos focos y se pensaba que las superficies cóncavas concentrarían el sonido de modo benéfico, mientras que las convexas concentrarían, difundirían o desperdiciarían el sonido, considerándolas así peores.

En realidad, es correcto el exacto contrario y seguir el consejo ingenuo de Patte se revelaría peligroso del punto de vista de la acústica. En los hechos, de todas formas, las dimensiones son normalmente suficientemente pequeñas y las superficies de los muros suficientemente decoradas en relieve para evitar posibles problemas.

El Teatro Regio de Torino (1738-1740) de Castellamonte e Benedetto Alfieri, muy admirado por Diderot y otros por su acústica, fue uno de los más considerados entre los teatros de forma elíptica.

Patte también pensaba que la elipse fuera la forma natural de los teatros, en cuanto creía que la voz humana, siendo direccional, propagaría ondas sonoras elipsoides. El arquitecto inglés George Saunders, poco conocido sino por su excelente “Treatise on Theatres” (1790) propuso un teatro de ópera ideal con una planta circular truncada. Observó que la planta circular lleva los oyentes, que se encuentren lejos, mucho más cerca del escenario de lo que hacen las plantas elipsoidales o las plantas en forma de herradura, y que el diámetro de su sala se basa en la distancia máxima alcanzable por la voz humana.

En otras palabras, Patte y Saunders construyen la forma del edificio a partir de la dirección de la voz humana y en términos acústicos derivan la forma del edificio de las líneas isonivel, así como se creía que fueran.

Los arquitectos franceses neoclásicos, como Ledoux en su teatro de Besançon (1778-1784) y Boullée en su proyecto de Teatro Lírico de 1781 para la Place du Carroussel, favorecían la planta circular truncada, aunque mas por distintos motivos de pureza geométrica y por consideraciones políticas de igualdad que por motivos acústicos.

Con su cúpula que concentra el sonido, el teatro de Boullée hubiese sido un desastre del punto de vista acústico, si lo hubieran construido, pero el gran teatro de Victor Louis a Bordeaux (1777-1780), uno de los mas bellos teatro del punto de visto arquitectónico, tiene una planta circular truncada y con su diámetro relativamente pequeño es acústicamente maravilloso para la ópera.

Aparte de unas pocas excepciones, los teatros líricos italianos se adaptaban bien a la música de los compositores contemporáneos. Su principal característica acústica es la claridad, pues el pequeño tamaño permite una intimidad visual y acústica, que deja al oyente oír de modo distinto las palabras y los pasajes cantados rápidos, como en el caso de los tempi rapidísimos de Mozart y Rossini.

Los teatros líricos de corte eran de tamaño especialmente recogidos; típico es el teatro lírico del Castillo de Esterhazy del 1781, que podía contener unas 400 personas, proyectado por el arquitecto Michael Stoger y por el que Joseph Hayden compuso muchas óperas. El teatro ya no existe, pero puede ser imaginado a partir de otros que siguen existiendo, como el Residenztheater de Munich (1751-1753) de Francois Cuvillies el viejo, y los bellos teatros de Drottningholm en Suecia y de Cesky Krumlov en Bohemia meridional, ambos completados en 1766, y el delicioso Markgrafliches Opernhaus de Bayreuth (1744-1748) de Giuseppe e Carlo Galli-Bibiena, con su característica planta en forma de campana.

En los teatros del siglo XIX, las plazas para sentarse estaban más cercanas y la visibilidad, para alrededor de un tercio del publico, era peor de cuanto no sería aceptable en base al estándar moderno de seguridad y confort, así que, para acoger a cierto número de espectadores, hubiéramos podido encontrar salas notablemente mas pequeñas de cuanto sería posible con las actuales normativas.

Algunos espectadores podían hasta encontrar sitio en el mismísimo escenario, como representado en la pintura de William Hogarth “L’Opera del Mendicante”. El número de los asientos, en la mayoría de los teatros, disminuyó con las readaptaciones de los siglos siguientes.

El Royal Theatre de Bristol, construido entre 1764 y 1766, inspirado por el Royal Theatre de Drury Lane en Londres, proyectado por Christopher Wren, acogía en 1800 más de 1600 personas. En 1942, el teatro ya sólo se declaraba con un aforo de 1140 asientos, y el actual, de 618 plazas, será ulteriormente reducido a 490 al final del proyecto de restauración que se va a acabar el año que viene.

Además de la cercanía entre público y artistas, la claridad acústica en los teatros es aumentada por el efecto de absorción del sonido que tienen los espectadores vestidos y los palcos colocados a lo largo de las paredes y en la platea. Además, los teatros de ópera se solían forrar de finos paneles de madera, con el fin de absorber las bajas frecuencias. De consecuencia no se corre el riesgo de que los detalles musicales y las compresiones del habla sean comprometidos por sonidos reflejados con largos tiempos de retraso. Elevados valores de la claridad permiten la ejecución de “tempi” rápidos que sería imposible distinguir en ambientes con elevados valores del tiempo de reverberación.

Si, por un lado, las superficies cubiertas por finos paneles de madera absorben las bajas frecuencias, por el otro reflejan los sonidos a frecuencia media y alta, por lo que, junto con la reflexión del techo, aseguran la viveza acústica. Ningún asiento está lejos de superficies que reflejan el sonido, y cada oyente recibe fuertes reflexiones provenientes de cada dirección con tiempos de atraso breves.

Esta característica del campo acústico da a la música una buena definición y garantiza una sensación de envolvimiento cuando la orquesta o el coro suenan un “forte”.

Pese al menor tamaño de los grupos musicales y a la intensidad menor de los instrumentos, comparados con los de hoy (incluso los instrumentos a cuerda, a fiato y los oboes), la potencia del sonido en los primeros y mas pequeños teatros líricos habría sido equivalente a aquella producida por las mayores orquestas y por los grupos vocales en teatros líricos de finales del siglo XIX. En particular, cuando la orquesta sonaba un “forte”, las reflexiones sonoras provenientes de las paredes laterales eran particularmente fuertes y tales que el sonido se volvía “envolvente” y “lleno”

Este criterio acústico, al que se hace referencia con distintas expresiones, como *Raumlichkeit* y *Spatial Impression*, ahora va siendo considerado por lo acústicos como mucho más importante que el tiempo de reverberación, de más sencilla medición.

En los teatros italianos, los palcos gozaban de la peor acústica, siendo pensados más en base a consideraciones sociales que a requisitos músico-acústicos, porque a menudo la apertura del palco corresponde aproximadamente al 40% de la superficie de la pared. En términos acústicos, los palcos se portaban como espacios acoplados en relación con la sala.

Eso significa que todos los ocupantes del palco, excepto para los que están sentados en la primera fila, deben de haber experimentado una importante disminución de sonoridad, como también una sensación de alejamiento.

Cuando en Roma se aprobó una ley que imponía eliminar los divisorios entre los palcos en algunos teatros de opera por cuestiones de moralidad, la disposición tuvo el efecto de mejorar la acústica.

Los franceses y más tardes los alemanes, necesitaron menos intimidad que los italianos, por lo que se empezaron a construir galerías en lugar de palcos, con el resultado de una mejoría acústica para la mayoría de los espectadores.

Una dificultad más fue dada por el intento de conseguir un equilibrio entre orquesta y cantantes, visto que las orquestas del siglo XVIII eran más pequeñas y algunos instrumentos menos potentes de los del siglo siguiente. La forma más sencilla y eficaz de las que las orquestas mozartianas disponían para lograr intensidad y claridad era lo del colocar la orquesta en un punto de total visibilidad para los espectadores, a veces con las cabezas de los músicos visibles por arriba del mismo nivel del escenario.

Los espectadores entonces, detrás de un divisorio a la altura de los hombros o en una barandilla abierta, recibían un sonido directo más que reflejado. El equilibrio podía luego ser

ajustado variando el número de sonidos, como sucedió a la Staatsoper de Dresda, colocando una cortina del lado de la orquesta para absorber el sonido de los “fiati”.

Una de las características más importantes de los teatros del siglo XVIII fue el proscenio.

Esta zona era el espacio principal de la acción, mientras que el escenario estaba dedicado a acoger las escenas. En el proscenio, los actores ocupaban el mismo “mundo” que el público y el contacto tan directo, acústico y visual, permitía, en el caso de las óperas, la ejecución de arias barrocas de gran efecto.

El proscenio funcionaba también como eficiente reflector de sonidos para las galerías superiores.

En el Royal Theatre de Bristol, el escenario en origen se asomaba de tres metros respecto a la platea y estaba flanqueado en los dos lados de la primera fila de palcos.

En el Royal Theatre de Drury Lane, el proscenio se extendía 24 pies en adelante respecto al telón.

Después de que el escenario fue reducido de 4 pies, cuando David Garrick se hizo director en 1747, los palcos en la parte posterior del teatro distaban sólo de 25 pies de la parte anterior del escenario.

Esta relación muy directa entre cantante y público fue reducida cuando, en los nuevos teatros, “la torre escénica” y el escenario fueron separados del auditorio por razones ligadas a la prevención de los incendios. Esta circunstancia, junto a los progresos realizados en cuanto a iluminación – en particular en Inglaterra con la introducción del alumbrado a gas en 1822 – obligaron a los cantantes y los actores a retirarse detrás del arco del proscenio.

Esto colocó a los artistas en un espacio acústico distinto que el del público, lo cual causó un cambio notable en el estilo de ejecución, mientras que el espectador veía el mundo de la ópera, cada vez más espectacular e ilusorio, como a través de un “marco”.

En el siglo XX, los teatros líricos se hicieron cada vez mayores, para acoger un público siempre más numeroso. Análogamente, los compositores románticos se aprovechaban de un uso mayor de la fuerza musical y los mismos instrumentos se adaptaban para conseguir una mayor intensidad del sonido.

Para no cubrir a los cantantes en el escenario, las orquestas fueron colocadas en un espacio escondido; estos cambios – la separación de los cantantes del público a través del arco de proscenio y la introducción de la fosa orquestal – alcanzó el apogeo en el Festspielhaus di Wagner a Bayreuth (1876).

Aquí Wagner separó al público del escenario sea a través de un doble arco escénico que con un espacio escondido para la orquesta que llamó *mystischer Abgrund*. Este espacio, con capacidad para 130 músicos, está escalonado sobre seis niveles, con los cobres en la base bajo el escenario y una protección del lado del público.

Aunque según los escritos de Wagner, similar espacio tenía como intención la de un ocultamiento visual, ello tuvo un efecto secundario de atenuar la potencia y alterar el tono de las grandes orquestas wagnerianas.

El sonido que alcanza al espectador es indirecto por entero (o sea reflejado) y la mayoría del sonido con frecuencia más alta se pierde. Esto confiere al tono una calidad misteriosa y remota y contribuye a evitar que los cantos estén cubiertos por las grandes orquestas wagnerianas.

Además, por primera vez en la historia del teatro, Wagner bajó las luces en la sala para focalizar la atención sobre el escenario. Este proceso se cumplió por completo en el siglo XX con la llegada del cine, donde el público está completamente separado, en una relación de contraposición uno a uno con la pantalla.

Todo eso es muy distinto del teatro de ópera barroco, donde los escenarios colocados todo alrededor y el proscenio que se asoma dan al cantante la impresión de poder extender el brazo y

tocar al público y donde el público tiene una sensación de envoltura en el espectáculo, que es lo que Leonardo anticipaba en su “Loco dove si predica”.<sup>4</sup>

### **III.2. Arquitectos y tratados en torno a la ópera**

Mi estudio de las salas de ópera comienza a partir del siglo XVIII, cuando a raíz del mucho interés que había alrededor, los tratados y los estudios sobre formas y comportamientos de las distintas salas se multiplican.

Una cantidad cada vez mayor de arquitectos, maestros de obra y teóricos se dedican a investigar, con las herramientas a disposición, las características acústicas y visuales de formas distintas.

Se busca la solución “perfecta” demostrando como sea (a veces sin conocimientos físicos) la validez de cada una de ellas.

Con este primer estudio, además de precisar los conocimientos de aquella época, pretendo colocar mi teatro en un ámbito más general para poder reconocer las procedencias de sus trazos característicos.

El sucesivo estudio con el Radit del comportamiento acústico real de las salas me permite definir con precisión las respuestas de las distintas formas y aplicarlas al teatro Goldoni.

Para esa labor, ha sido imprescindible la aportación del libro “Theater design” de George Izenour en cuanto completo de informaciones teóricas, gráficas y de tratados difíciles de encontrar y del programa Radit que, con una fácil interfaz gráfica, me permite aclarar el estudio acústico.

En el siglo XVIII, el mayor empuje en el diseño oscilaba entre Italia y Francia, donde una opulenta corte borbónica utilizaba en todas sus formas el teatro como medio de suntuosos entretenimientos públicos y privados, a menudo como glorificación simbólica de la monarquía absoluta en este momento de cambio del centro de gravedad político y militar desde pequeñas ciudades estado hacia un estado monárquico más grande y más rico.

En Italia, una familia entera, los Galli-Bibiena, diseñaron los primeros teatros de ópera que se pueden calificar ya de modernos. En general, se adoptaba una planta en forma de campana. En su “Ensayo sobre la ópera” (publicado en Pisa en 1762), Francesco Algarotti (1712-1764) se libraría a una descripción crítica de tal planta, prefiriéndole la semi-circular o la semi-elíptica (herradura).

Se iniciaba así una discusión que recorrería los tratados de arquitectura a lo largo de los siglos XVIII y XIX.

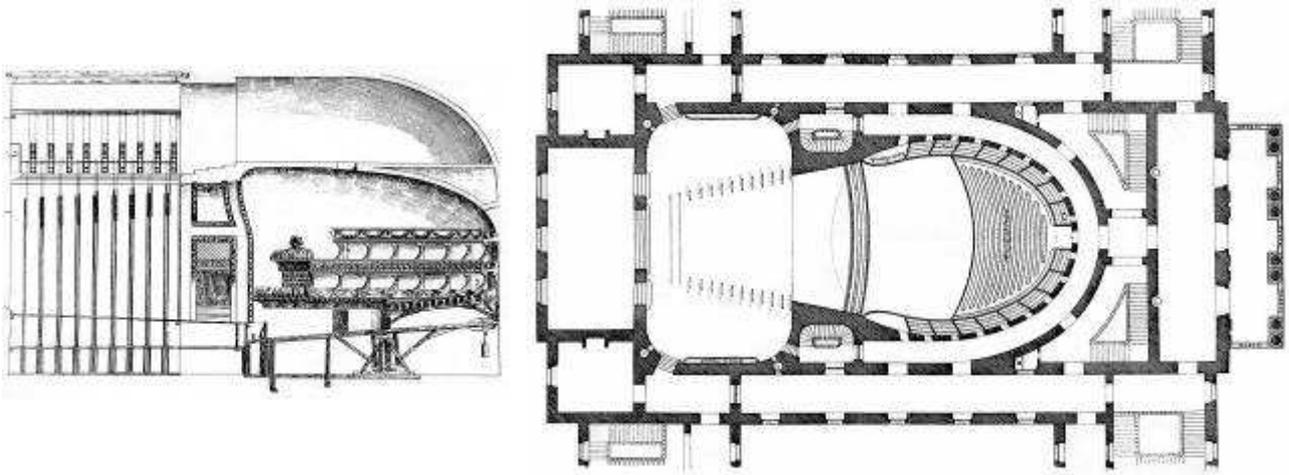
En esta búsqueda de una forma acústicamente ideal, pero que debía más a la geometría que a unos conocimientos físicos todavía incipientes, los arquitectos han sido los protagonistas. Fue la primera vez en que se metieron plenamente en el tema de las energías en la arquitectura, antes de abandonarlo, forzados, a los ingenieros. Por ello, vale la pena detenerse en sus razonamientos. Y porque, por su dificultad, el campo de la acústica de salas sigue debiendo más al empirismo y a la tradición que a los modelos físicos. Esta lección, los ingenieros la aprenderían muy a regañadientes, pero lo cierto es que se siguen construyendo plantas en herradura, y que las propuestas más actuales (“cajas de zapatos”, salas en terraza) no siempre ganan en la acústica lo que sacrifican en la arquitectura...

---

<sup>4</sup> Traducción personal de extractos del libro “Trattato sopra la struttura de’ teatri e scene” de Fabrizio Carini Motta

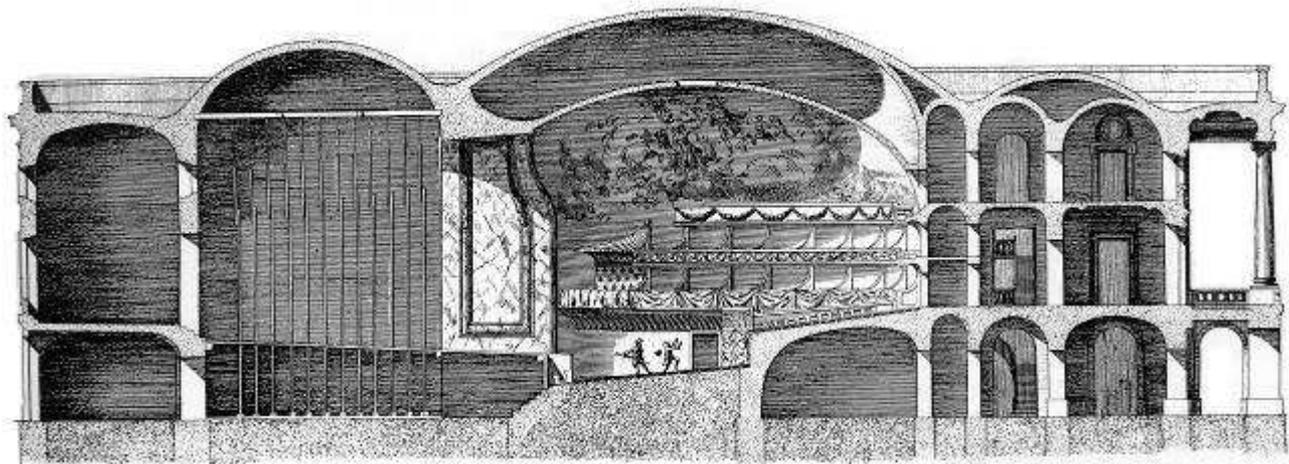
### III.2.1. GABRIELLE PIERRE MARTIN DUMONT (1720-1790)<sup>5</sup>

Profesor de arquitectura y miembro de la *Académie Royale d'Architecture* y de las Academias de Roma, Florencia y Bolonia, escribió « Parallèle des plans des plus belles salles de spectacles d'Italie et de France, avec des détails de machines théâtrales », donde aparecen plantas y secciones de dos proyectos de salas (una de espectáculos, otra de concierto), pero sin comentario.



La “Sala de Espectáculos” se basa sobre todo en un plano y una sección barroca italiana. Propone dos esquemas: uno con el pavimento fijo y el otro con el pavimento movable. Este último, diseñado como un sistema de fajas de madera, es un dispositivo levadizo y pivotante contrabalanceado, el cual, cuando está en la posición levantada con el foso cubierto de la orquesta, conecta el parquet con el escenario.

Como en el Teatro de Cuvillíés, eso permite convertir el auditorio en sala de baile o espacio para banquetes. Los dos incorporan el mismo profundo *avant-scène*, uno con el otro sin la usual caja de proscenio.



Estructuralmente, este esquema es una curiosa mezcla de muros macizos soportando lo que parece ser sutiles cúpulas exterior e interior. Si esto es verdad, sólo se puede interpretar su intención en términos de pura fantasía estructural, en cuanto la aparente relación entre el grosor y la portada era seguramente imposible de realizar con los conocimientos técnicos de aquella época.

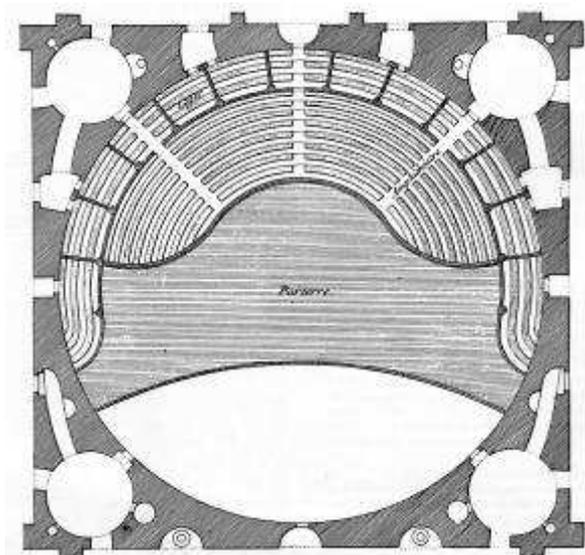
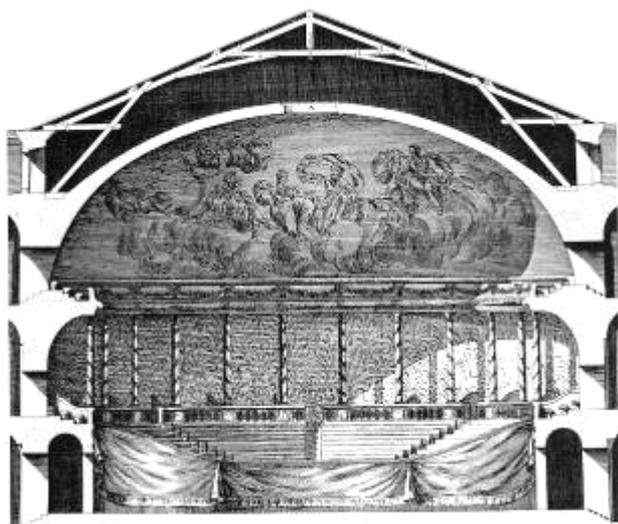
El dibujo es curioso en el sentido de que utiliza el sombreado como indicación de la iluminación interna; el agujero en el centro de la cúpula interior se hizo probablemente para la

<sup>5</sup> “Theater Design”, George Izenour, ed. ..., Nueva York, 19...

ventilación y como medio a través del cual el cuerpo de un dispositivo central de iluminación pudiese pasar, aunque el sombreado de la ilustración indica como si la luz se filtrara a través de un ojo central (como en el Panteón de Roma).

No hay forma para la luz de entrar de la cúpula externa, si bien aquí sólo se puede imaginar las intenciones de Dumont.

Acabó los dos balcones con una notable distancia al escenario, dejando fuera la mayoría de los asientos con un ángulo desfavorable y limitando los balcones a tres, indica entre 600 y 700 la capacidad máxima de la sala.



El dibujo más curioso es el del proyecto de la “Sala de Concierto”. Dumont puso con criterio los ejecutantes (orquesta, solistas..) en el mismo ambiente donde estaba el público y, con la excepción del parterre, la disposición de los asientos está organizada con una forma circular clásica muy inclinada (ocho filas) que termina en una loggia con columnas en la parte posterior dividida en compartimientos.

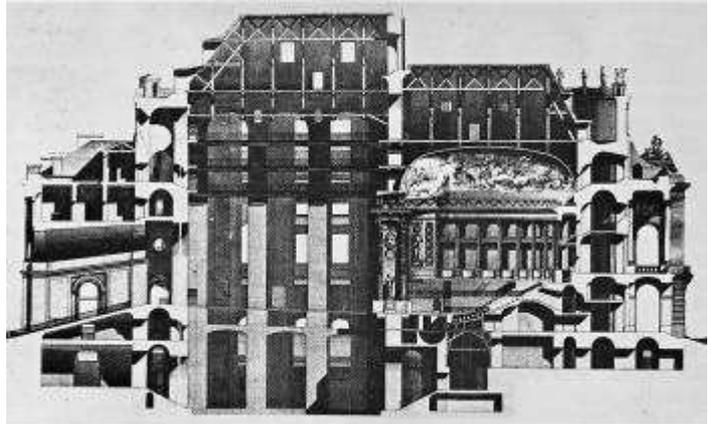
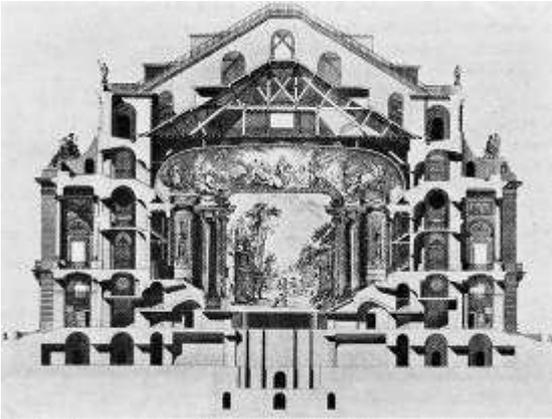
Las buenas ideas aquí se acabaron, pues la cúpula y la planta circular, generada por el centro del ambiente, hubiesen representado un verdadero fracaso, y sus indicaciones de añadir pesados lienzos delante de los asientos del anfiteatro, para incrementar la absorción, no hubiesen encontrado espacio en la sala.

Una vez más, el dibujo está sombreado como para indicar la entrada de luz en la sala por medio de un ojo central, pero sin fuentes aparentes de luz exterior. La parte externa del techo, a diferencia de cuanto se propone para la “Sala de Espectáculos”, es aquí una estructura de fajas reforzada en el tímpano soportada por muros de carga, y la cúpula hubiese podido ser compuesta de madera, trabajada y acabada, y colgando del sistema de fajas.

Considero este sistema básico para el desarrollo posterior del diseño del teatro francés.

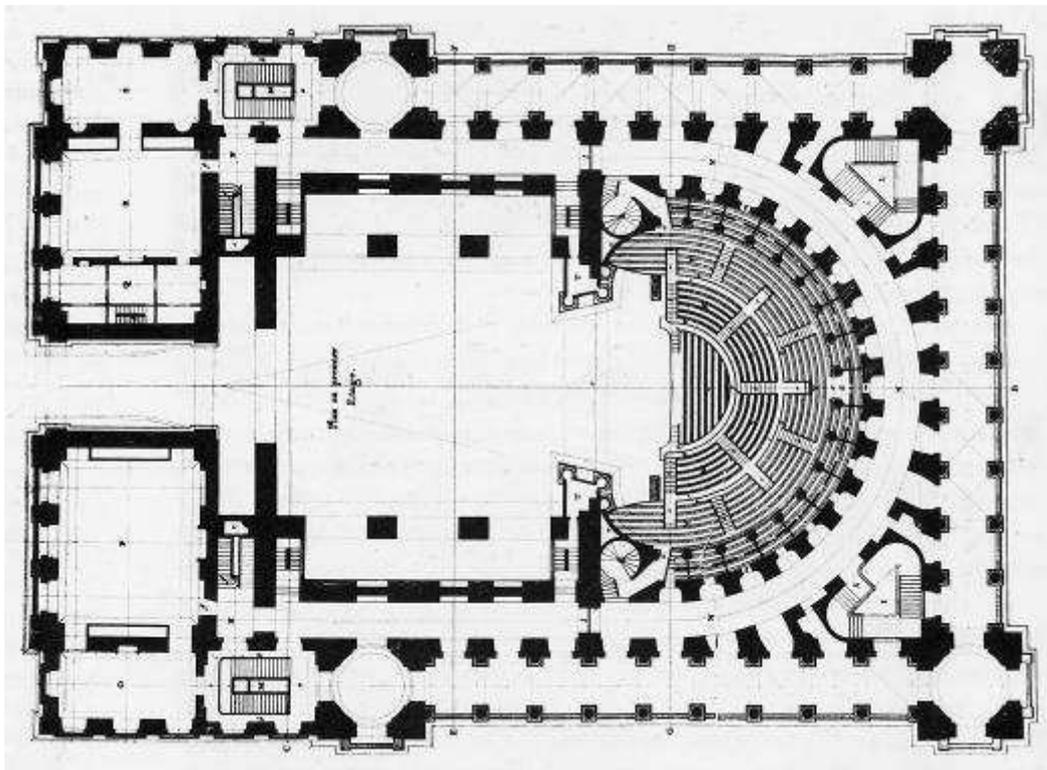
### III.2.2. ANDRE JACQUES ROUBO (1739-1791)

Los conocimientos de este arquitecto y maestro de obra sobre el diseño del teatro antiguo y del contemporáneo, incluyendo el “De architectura” de Vitruvio, le hacen asumir el título de maestro de obra.



En su más famosa obra, “Traité de la construction des théâtres et des machines théâtrales”, explica su razón de ser: un diseño para una propuesta en París del que define como una “estructura multiuso” donde drama, ópera, ballet, conciertos pudieran ser ejecutados delante del público.

Explica el esquema con gran detalle, especialmente la atención para la seguridad de la entrada y salida y la protección contra el fuego, y contrasta eso con la existente Comédie Française, en modo particular con su practicabilidad comercial, pudiendo albergar hasta 600 personas.



Esto es bastante extraño para un arquitecto europeo de esos tiempos, pues solían ser más bien las mentes “comerciales” inglesas, que trabajaban sin subsidios del estado, las que se preocupaban de resolver este tipo de problema mundano.

Roubo ha dicho poco sobre las líneas de vista y nada de la importancia de la acústica, aunque remarcará que su diseño era derivado de los antiguos.

La impresión es la de un hombre práctico que hace lo que mejor puede para llevarse un encargo arquitectónico y construir un edificio monumental público.

Como la mayoría de los diseñadores del siglo XVIII, no dio indicación alguna sobre cómo proponía hacer el auditorio y alternancia del trabajo para la variedad de los espectáculos y otra actividades sugeridas en el diseño.

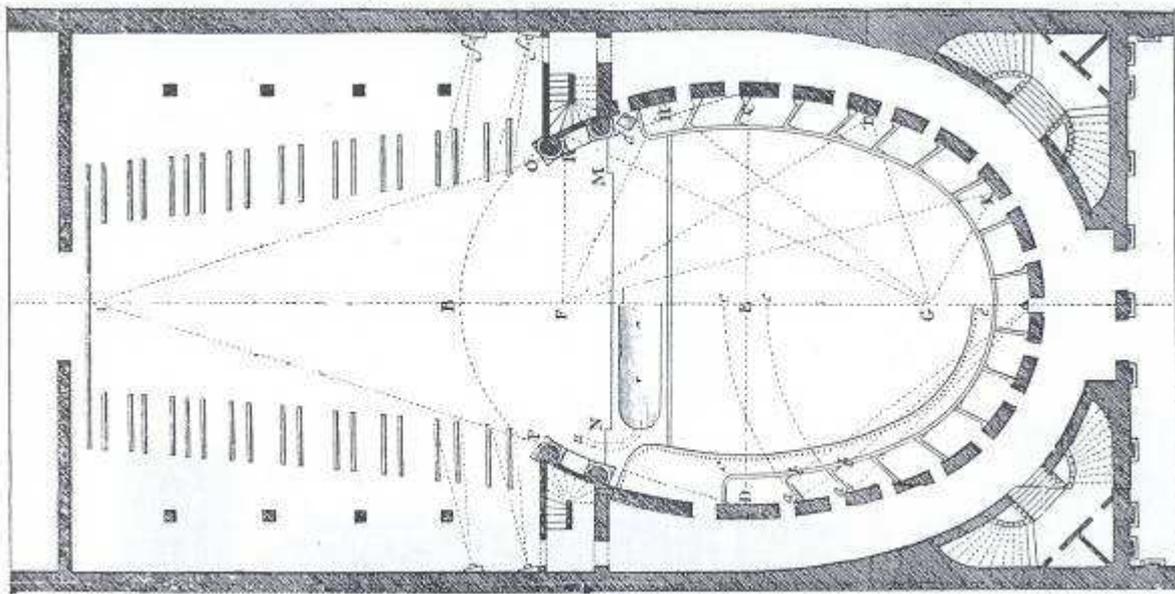
Un rápido vistazo indica que si el diseño hubiese sido llevado a cabo, habría producido ciertas dificultades acústicas a causa de la energía que se focaliza en la cúpula y del excesivo volumen del auditorio.

Desde que sus bellos dibujos se publicaran por primera vez en el siglo XVIII, ellos habían dado distinción gráfica a muchos tratados sobre la historia del teatro; el diseño es similar al de su contemporáneo Victor Louis y los dos influenciaron Charles Garnier en su Opera de Paris, cuyas extravagancias pertenecían en pleno al siglo XVIII y XIX.

### III.2.3. PIERRE PATTE (1723-1814)

Es quizás el principal teórico francés del siglo XVIII del diseño de teatros.

En “Essai sur l’architecture théâtrale”, comienza hablando del problema de ver y oír; como sus predecesores, trata de teatros existentes (a menudo italianos) dando finalmente su interpretación de que la elipse era la más favorable de las formas para la acústica y las líneas de visión.



A propósito de la representación geométrica, dice que la experiencia demuestra que las formas más adecuadas para fortalecer el sonido dándole armonía son en general las cóncavas que devuelven las reverberaciones sobre puntos comunes que las focaliza y consecuentemente, tiene durante más tiempo el movimiento del aire causado por el cuerpo que resuena.

La opción no es, sin embargo, sin importancia, porque hay algunas formas cóncavas, como aquellas principalmente de las bóvedas atravesadas que aumentan el efecto habitual o el ruido del sonido sólo en detrimento de su claridad y complaciendo el sonido con algunos ecos o resonancia.

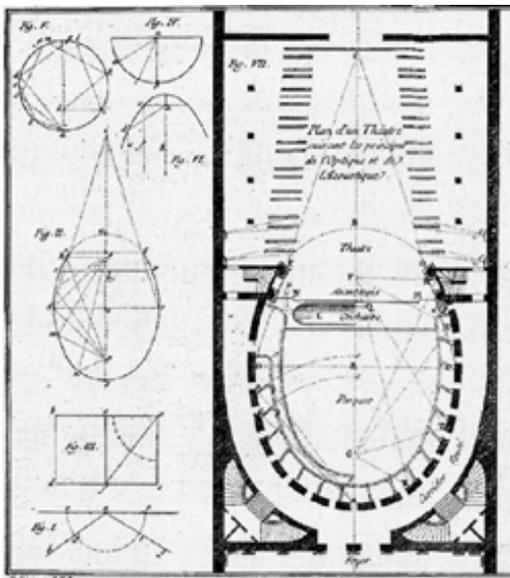
Para una razón completamente distinta, las formas convexas son las más desfavorables para el sonido; ellas son dañosas en toda su duración, lo debilitan muchísimo, y perjudican su retorno al tener el rayo todavía más divergente, dificultando un repuesta armónica contra sus superficies.

Considerando la aplicación de la forma elíptica para el diseño de teatros, dijo que dibujada la curva elíptica, la apertura del escenario y determinada la posición del proscenio, siguiendo las dimensiones antes establecidas, hemos inscrito el medio de las cajas (fig. 2.53), con el centro en A en la parte posterior de la caja, esta forma de separaciones, por su intersección con los recintos de caja en la pared en a, ángulos agudos perjudiciales al diseño. Estos son convertidos a ángulos correctos en el diseño del punto A las líneas Aa y Bb.

(Fig 2.55) muestra la sección transversal, con las filas de cajas limitadas a cuatro; no es sabio exceder este número debido al reducido ángulo de vista de aquellos sentados cerca del escenario, y tampoco levantar el techo a una altura excesiva para poder usar como ventaja estas reflexiones acústica para los asientos de la parte de atrás.

La primera hilera es levantada diez pies encima del parquet que está restringido con una balaustrada de hierro, dejando ocho pies y medio de altura entre las hileras sucesivas de cajas, esto cede un total de cuarenta y tres pies a la cornisa que termina el techo.

Las plantas de las cajas son terminadas debajo por una ensenada elíptica de modo que los rayos de sonido (fig. 2.53) que se encuentra en el punto la G sean reflejados por los ángulos P y O hacia la columna imaginaria GG (fig. 2.55).



Patte hizo una observación astuta sobre la construcción “incombustible afirmando que de las paredes periféricas a las cajas sería construido en la albañilería y los pasillos con bóvedas en ladrillo para hacerlos incombustible (pero no por mucho tiempo; él es exactamente como antes sobre el sonido y la madera está bien); ellos serían artesonados en la parte exterior de las cajas con carpintería bien unida y fina separada de la albañilería por tiras al menos en " thumb thick " dando entre ellos espacio aéreo para ayudar el sonido..

Al final si uno ha estado muy atento a las medias geométricas de donde salen estas proporciones y a las leyes de física aquí adoptadas, la curva elíptica establecida mediante pruebas irrefutables tiene una ventaja marcada sobre todas otras formas por favorecer la

vista y el oído.

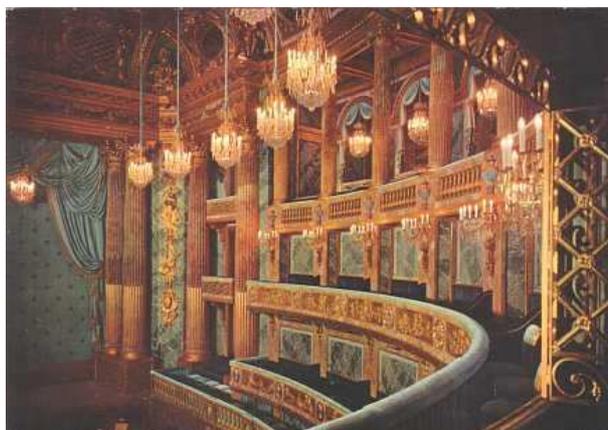
Ella posee la capacidad única de conservar en todas las direcciones las reflexiones útiles de la voz.

Esta está rodeada por materiales resonantes y con cuidado evita el empleo de cuerpos absorptivos, recreos, proyecciones, postes y todos los otros objetos restrictivos a la ejecución de plenitud y armonía.

Por todo lo anterior tal teatro no podía fallar de ser perfecto, y tal como los antiguos tenían sus reglas para el arreglo del teatro, entonces hagámoslos por nosotros, del cual uso, no podemos más que desviar sin ofender la razón, la etiqueta, y las leyes físicas.

Vale, etiqueta, pero ¿una exposición racional de la aplicación de las leyes de la física?

### III.2.4. JACQUES-ANGE GABRIEL (1698-1782)



A la corte de Luís XV, fue muy influenciado por el diseño de proyectos de Dumont en su realizada Opera de Versailles<sup>6</sup> aplanando los lados de la elipse como si se acercara al escenario y, excepto por una singular “caja” de proscenio en cualquier lado sobre el avant-scène, el mejora empezando por su modelo.

Excepto por unos balcones a anillo abierto dividido en compartimentos, utiliza formas similares para convertir este salón de ópera en sala de banquetes o de baile. Esta sala se llegó a convertir, entre 1871 y 1976, en... la asamblea del senado (ver postal).

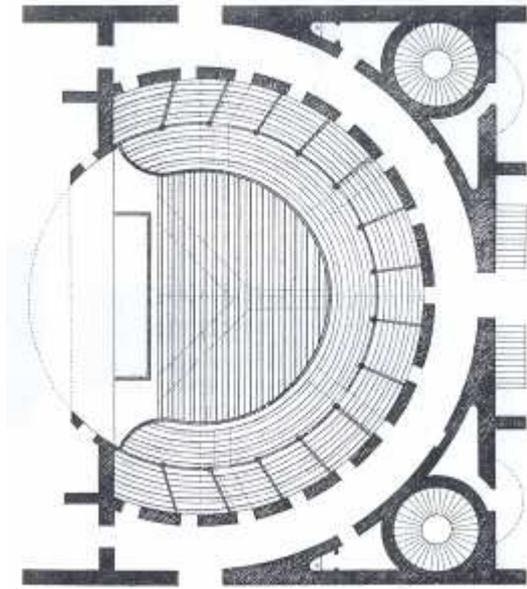


Gabriel usó una “estructura de azotea atada de madera” parecida a la que eligió Dumont, desde la cual colgó un techo de “listones y estuco”, girando alrededor de los problemas acústicos de la cúpula de su predecesor.

La sala y el escenario estaban alumbrados de la forma de aquel periodo, o sea ciento de candelas de cera dispuestas en círculo.

<sup>6</sup> Imágenes encontradas en: [www.andreas-praefcke.de](http://www.andreas-praefcke.de)

### III.2.5 GEORGE SAUNDERS (1762-1839)



Al otro lado del canal, en Inglaterra, es más de lo mismo con el arquitecto George Saunders. En su “A treatise on theatres”, mencionando Algarotti y Noverre, introduce el lector al ensayo de Patte y al tema de la acústica, utilizando las mismas nada concluyentes explicaciones.

Para sus tiempos, y no siendo un científico, hizo una no desazonable determinación de la máxima distancia del punto de emisión a la que una voz humana puede ser proyectada (sin ayuda de las reflexiones).

Aplicando esta geometría en el plano, llega a la conclusión de que la forma circular es la ideal para un teatro-auditorio.

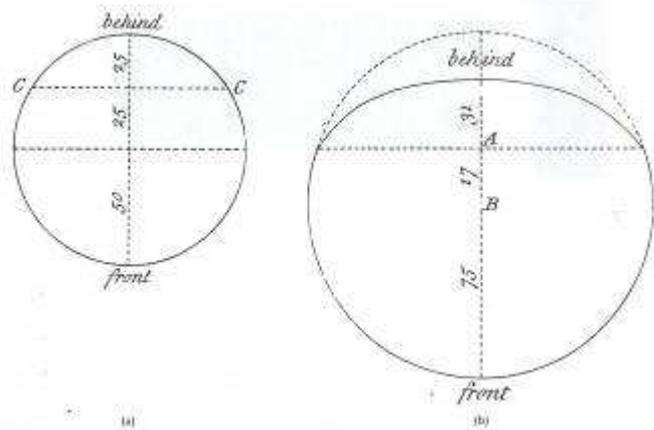
De la figura, es fácil ver como Saunders llega a la conclusión de que el círculo era la forma para la planta ideal de un teatro-auditorio.

Este tipo de experimentaciones incontroladas hechas por aficionados da a los arquitectos un equivocado sentido de seguridad, y cuando ideas como esta ven la luz como algunos edificios actuales, el daño mayor ya está hecho.

Todo esto en contraste con los resultados de Knudsen que utilizó múltiples oyentes fijos posicionados en una rejilla sobre la cual es derivada su sección isométrica de la articulación de la voz.

Las teorías de Saunders sobre el escenario y salas publicas juntas con otros detalles de construcción del teatro, continúa con un rápido vistazo a los teatros antiguos, haciendo algunas críticas de su contemporáneo, Pierre Patte.

Como Roubo y Patte, hace finalmente una descripción y aporta informaciones sobre sus diseños para un teatro dramático y una “opera house”, concluyendo con que la planta circular es la mejor posible:

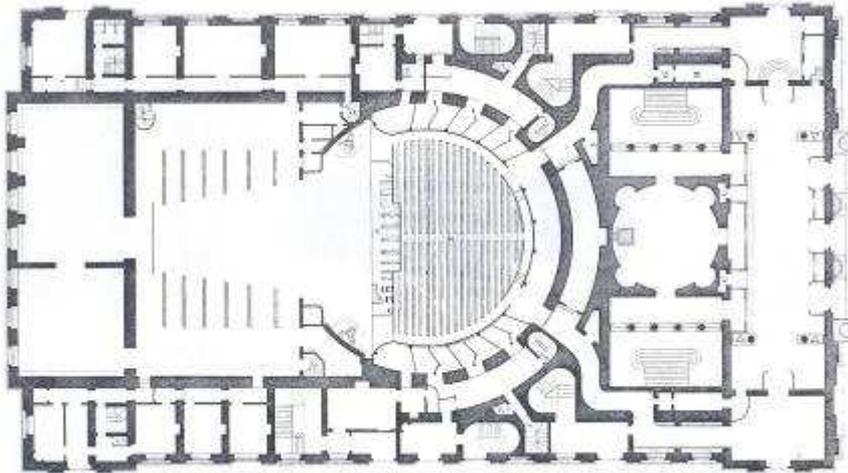


“El teatro de Argentina en Roma es 55 pies de largo del pavimento del escenario y 63 pies de la escena a las cajas opuestas. El teatro François, ahora de la la Nación, en París, es 54 pies de largo del escenario y 63 pies de la escena a las cajas de enfrente; en ambos el actor es bien oído. Al contrario, el teatro Italien en París es 58 pies del escenario, y 74 pies de la escena a las cajas de enfrente; el teatro en Turín es 56 pies del escenario, y 75 pies de la escena a las cajas de enfrente; y más que cualquiera es el teatro de San Carlo en Naples, que es 64 pies del escenario, y 78 pies de la escena a las cajas de enfrente; un tamaño tan excesivo, que es con gran dificultad que la audiencia puede distinguir algo dicho sobre el escenario, y los otros dos son proporcionalmente malos.”

### III.2.6. BENJAMIN DEAN WYATT (1746-1813)

Contemporáneo de Saunders, le sucedió en el encargo de rediseñar el teatro Royal, Drury Lane, y fue por ese lo que Gabriel fue por Patte.

En cada caso la obra de Wyatt fue influenciada por el teórico; excepto por apilar dos balcones más en la cima del “árbol” de Saunders, copió casi exactamente su modelo.



En efecto, Wyatt copió de una forma tan cuidada que se le podría acusar de plagio.

El diseño de Wyatt duró por 11 años, hasta cuando por motivos de acústica fue remodelado por Samuel Beazley in 1822-1823.

### III.2.7. CHEVALIER JEAN-GEORGES NOVERRE (1727-1810)

Estos ensayos del siglo XVIII no serían completos sin un comentario del un profesional del teatro.

Esto está proporcionado por unos expertos unos de los cuales es Noverre, con su “Lettres sur les arts imitateurs en général et sur le danse en particulier”.

Este comentario, en forma de carta, trata distintos aspectos del teatro y para la mayor parte del ensayo se queja de los teatros existentes y de la forma arquitectónica corriente de aquellos años con la que se diseñaba.

Sus criticas y a menudo sus cáusticos consejos a los arquitectos se basan sobre una experiencia ganada yendo de una corte o un teatro público a otro en su vida de maestro de ballet.

El dijo que teniendo sólo conocimientos incompletos de arquitectura, solo podía hablar sobre la construcción y dimensiones que las partes deberían tener el uno entre el otro para formar un todo hermoso... la parte sobre la cual me tarevo será el teatro, porque mis conocimientos allí me da la autoridad.

Además cualquier arquitecto puede desatender el consejo de los que saben...

He visto los teatros de Italia, Alemania, Inglaterra, Francia y del norte. De estos edificios no sé de defectos que sobrepasan su belleza

Continuando en tono moderado, sugiere que los “footlights”, que son innaturales así como insanos, y que tendrían que ser quitados en favor de iluminación frontal, desde arriba, y lateralmente respecto al escenario. Sus declaraciones sobre la acústica son una astuta observación en cuanto se da cuenta de que el techo sobre la avant-escena debería ser de una dimensión de modo que la voz no sea perdida en la bóveda elevada sino llevada con la facilidad y que se extienda en todas las partes ocupadas por los espectadores.

Finalmente, aconseja a los arquitectos declamando que si alguien le consultara sobre el edificio de un teatro, el antes de todo recomendaría no sacrificar a la belleza del arte aquellas cosas esenciales a la mejora del escenario, al escenario, a la seguridad del público y a la de la función...

### III.2.8. LUDWIG CATEL (1776-1819)

Fue un arquitecto que virtualmente se tragó todo lo que Vitruvio afirmó sobre el diseño de teatros, intentando en el proyecto de diseño del teatro reconciliar la planta clásica del auditorio romano rodeado por cuatro pocos profundos balcones a un poco profundos.....

Este corto ensayo demuestra la validez de las palabras de Vitruvio sobre el diseño de teatro en aquellos años también:

“Arreglo acústico y óptico de una escena: el funcionamiento de la acción requiere una escena oblonga cuadrangular. Debe ser dado en tal manera que al espectador la ficción aparece ser evasivamente verdadera. El discurso de escena debe alcanzar claramente el oído del espectador, y por lo tanto es una regla construir la escena en tal manera que el sonido se refleje radicalmente.

Cuando esto pasa, la voz del actor debe distribuir el sonido y llegar a los oyentes. En los teatros de los antiguos, la escena era un cuadrilátero oblongo donde la acción se realizaba con máscaras.

Estas máscaras tenían tubos para hablar para conducir el sonido hacia el auditorio. Un proscenio tenía junto el sonido y transmitía el sonido concentrado en la entera circunferencia del teatro.

En esta manera varios miles de espectadores e interventores podrían ver y oír una actuación antigua. Así fueron construidos los teatros en Atenas y Roma...

Un teatro más reciente tiene demandas diferentes sobre la representación de una actuación de las que los viejos tienen... por lo tanto se debe montar un escenario en tal manera que se puedan mostrar campos de batalla, luchas navales, ejércitos, y procesiones en la reconstrucción fiel del pasado y esta representaciones pueden ser mostradas sobre el escenario en cuartos mas pequeños.

Incluso la Ópera, con su esplendor no debe ser olvidada. Un escenario de este género debe ser visto en el plano y cortes transversales.

Ante todo esto tiene que tener las decoraciones para grandes acontecimientos como batallas, procesiones, bailes, escenas de jardín, templos, palacios, playas, pasillos, y prisiones. Segundo ello tiene que tener escenas más pequeñas mostrando el paisaje, pueblos, calles, prisiones más pequeñas, cuartos en castillos así como cuartos en granjas, y jardines más pequeños.

Magníficas decoraciones tienen que ser hechas para la ópera y el ballet clásico.

Independientemente de la necesidad de las actuaciones más reciente las herramientas de teatro deben ser hechas por la maquinaria...

Pero la acción de las actuaciones vistas y entendidas correctamente puede satisfacer al espectador sólo cuando el lugar de la acción es completamente cerrado y cuando una pared visible separa a los actores de los espectadores.

Esta pared que separa el teatro del escenario es el proscenio.

El proscenio consiste en un marco que incluye las performance y en un espacio antes de él que mantiene a los espectadores lejos del lugar de la acción de modo que ellos no noten la ilusión de la actuación en contraste con la realidad.

Fuera del proscenio es el teatro mismo, o el espacio para una audiencia a la que le gusta el objetivo y la naturaleza de nuestras actuaciones de arte dramática que cómodamente desde sus asientos las ve y que es también segura entrando y saliendo del edificio.

En este auditorio las leyes acústicas y ópticas permiten al espectador oír y ver desde todas partes, y sobre todo las decoraciones del escenario aparecen ser igualmente cercanas y vivas para cada uno y desde cualquier parte. De la misma manera, la acción de la actuación puede ser vista de todas las partes del teatro.”

Según C.F.Langhans, Catel también afirmaba anular todas las reflexiones de energía acústica cubriendo las paredes y el techo del auditorio del teatro con elementos colgantes absorbentes.

Este proyecto es el resultado directo de la confusión causada por la aceptación en su totalidad de los comentarios de Vitruvio sobre el diseño del teatro romano y sus aplicaciones directas al problema del diseño del proscenio moderno sin considerar el hecho de que el plano de proscenio ha alterado totalmente la relación entre escenario y auditorio.

### III.2.9. CARL FERDINAND LANGHANS ( 1781-1869)

Carl Ferdinand Langhans escribió un largo ensayo titulado “On the Theater, or Remarks on Katacoustic” en 1810.

Escrito cuando el autor tenía 28 años, es la única declaración completa más importante hecha por un arquitecto sobre el diseño de teatros en general, y sobre la acústica de sala en particular, desde el descubrimiento de los tratados de Vitruvio (y antes de Sabine).

Fue excepcional no sólo para aquellos tiempos sino en general que un arquitecto tuviese tanta “confianza” con la física acústica como la tuvo este joven prusiano. Todo eso en contraste con los conocimientos de Patte y Saunders; Langhans profundizó y diferenció el diseño acústico para la música y para el habla (salas de concierto y teatros), anticipando muchos aspectos de los problemas que no se resolvieron hasta Sabine en el siglo XX.

El desmoronó la naiveté de Patte y Saunders.

Desafortunadamente, cuando posteriormente en su vida de arquitecto Langhans diseñó unos cuantos teatros por Alemania, se descubrió sin fuerza para hacer algo que no fuese parecido al Barroco italiano.

Empezando en la clásica forma del ensayo técnico con la breve introducción y exposición de los problemas estructurales de los auditorios, Langhans dice, con particular atención, de los problemas de la iluminación:

“El diseño de un teatro acertado se hace más difícil porque con la ampliación del plan su espacio cúbico crece, y siendo cubierto tiene que ser alumbrado artificialmente... cada pie de ampliación de plan crea un mayor espacio cúbico, haciéndolo cada vez más difícil... no había ningún otro modo de alumbrar teatros que con el sebo y velas de cera, e incluso si el coste de las velas no era prohibitivo había otras desventajas.

El humo de las velas, ya sumamente desagradables para la audiencia, se puso regularmente peor y casi asfixió la llama... las velas que hubo que colocar encima una de otra, detrás de las alas, se hicieron tan numerosas que las velas superiores se apagaban por el calor de las inferiores. Las velas fueron rodeadas por hojas de metal para impedirles derretirse, pero esto no protegió la llama misma. En el suelo en el proscenio había varias filas de pequeños potes llenos de mechas de sebo o cera. Esto sobre todo causó un humo insoportable en el teatro.

Estas dificultades son la razón principal por qué el proscenio de apertura del escenario no podía ser hecho más grande...más adelante, diferentes tipos de lámparas de petróleo fueron intentadas y para disminuir el humo, se utilizaban mechas planas parecidas a una cuerda que quemaban mejor el aceite.

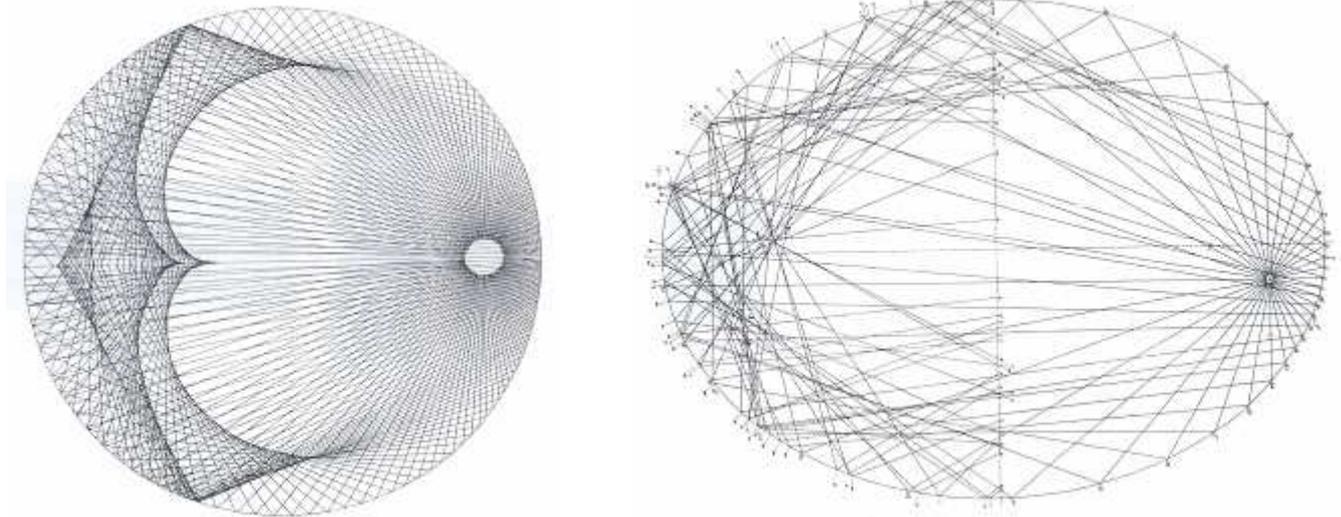
Finalmente, en 1783, Argand inventó la lámpara de cilindro con cristales igualmente formados en el que el humo se consumía por la llama ... con estos un teatro podía ser alumbrado con un número más pequeño de llamas sin el miedo de asfixiar o el debilitamiento de una luz con el calor y el humo de la otra.

Los escenarios más grandes son suficientemente alumbrados y en algunos casos, con gastos añadidos, maravillosos.

A estas observaciones que conciernen el tamaño en el desarrollo de formas de teatros pertenecen también aquellas sobre acústica (la ciencia de la propagación del sonido). Desde que no actuamos en teatros destapados como aquellos griegos y romanos, el sonido, sobre todo la voz humana, es [aquí literalmente traducidos] impedida [pero él realmente quiere decir "reflejado"]... Esto hace una gran diferencia si el sonido en teatros se mueve en una manera sin restricción encima

(al abierto) o si es parado por el techo del auditorio y reflejado atrás en el espacio cerrado. Esto es una ventaja así como una desventaja, y durante mucho tiempo no pudo ser explicado.

Varias observaciones han sido hechas sobre las formas diferentes para un teatro, aún los principios básicos no han sido descubiertos que distinguirían entre las ventajas y las desventajas de formas de teatro. En mi opinión la razón está



en el hecho de que los arquitectos en el diseño de teatros no siguen principios acústicos, sino principios ópticos para la razón que estos siempre eran obvios... ""

Mucho de lo que Langhans dijo sobre la aplicación de las leyes de física acústica se basa sobre lo que aprendió en el tratado de J.G. Rhode, "Theorie des Verbreitung des Schalles fur Baukunstler" [teoría de la propagación del sonido en la Arquitectura].

Sus principales puntos son:

- Rhode da una clara explicación de la primera energía de reflexión y cómo se utiliza en el diseño de auditorios.
- Casi consigue distinguir la reverberación y el valor de refuerzo de la primera reflexión, un punto que no se aclaró hasta el final del siglo con el trabajo de Sabine.
- Por lo que he podido investigar sobre el tema, su análisis es la primera mención en la literatura de diseños de teatro de las reflexiones benéficas que se alcanzarán con el uso de superficies convexas.

Mientras esto es la primera mención de la superficie curva modulada convexa, el desatiende la longitud de onda como factor que afecta su uso.

Langhans fue capaz también 1) de diferenciar claramente entre resonancia y eco, 2) de describir la curva de decaimiento de la reverberación, sin resolverla matemáticamente, 3) de proporcionar la primera declaración comprensible referente al uso práctico de la reverberación y de dar la primera explicación sobre como trabaja la clásica sala de conciertos rectangular. Como su contemporáneo Catel, Langhans no fue capaz de aclarar la confusión causada por las proporciones de Vitruvio teniendo que considerar el diámetro de la orquesta y el radio de los asientos del entarimado y su relación con el tamaño del proscenio del teatro del siglo XIX; no obstante eso, diagrama correctamente la posición y la extensión de las primeras superficies reflectantes para el avant-scène.

"Los espectadores serán los mejores colocados en un teatro cuando ellos estén en filas, uno detrás del otro en forma circular o en vario segmento de un círculo, ya que en esta manera se alcanza la distancia más ventajosa entre los espectadores y el escenario. Aquellas partes del auditorio, sin

embargo, que ofrecen superficies planas en la forma circular deben ser formadas de tal manera que ellos nunca concentren el sonido, sino más bien lo reflejen y distribuyan... Las partes individuales del auditorio deben ser formadas en tal manera que ellas son incapaces de concentrar el sonido. Esto puede ser efectuado de varios modos. Por ejemplo, dando a la balastrada una curvatura que corra horizontalmente, lo cual añadiría una enormemente comodidad a los asientos directamente detrás de ella. En ningún caso debemos completamente desatender su efecto, sean trabajos de perforación del hierro o algún otro material, y tampoco deberíamos cubrirlos de paño o algún otro material a no ser que suprimamos la resonancia agradable del teatro. Las paredes traseras de las cajas y de los asientos de piso deben ser tratadas en la misma manera. En vez de una forma pura circular debemos dar a estas paredes varias superficies planas para evitar la concentración de sonido. Si no observamos estas reglas, la forma circular será dañosa y producirá un eco.”

### III.2.10. WALLACE CLEMENT SABINE ( 1868-1919)

Wallace Clement Sabine fue un pionero en la acústica arquitectónica.

Hace un siglo, empezó sus experimentos en el aula de conferencias de Fogg en Harvard, estudiando el efecto de absorción sobre el tiempo de reverberación.

Era el 29 de Octubre de 1898 cuando descubrió finalmente la relación entre estas dos entidades; Sabine pudo sacar un fórmula para conseguir la duración T del sonido residual hasta la intensidad audible partiendo de una intensidad 1 000 000 de veces más alta:

$$T = 0.161 V/A$$

donde V es el volumen de la sala y A es la absorción total en metros cuadrados. Su fórmula de reverberación se utilizó durante muchos años para determinar el coeficiente de absorción de los materiales por medio de cámaras de reverberación.

Teniendo en cuenta algunas circunstancias sobre la difusión sana del campo y el valor A, la fórmula de Sabine todavía se acepta como método de valoración para el tiempo de reverberación.

## IV. Estudio acústico

### IV.1. Crítica del teatro a la italiana

In the live of theatre there has been a strong reaction against the separation of the play from the audience, which is characteristic of the typical proscenium theatre of recent past and this has encouraged a search for new actor to audience relationship or rather a revival of past forms. Essentially the aim has been to bring auditorium and acting area into the same architectural space and to get as close as possible a relation between the action of the play and the spectators watching it.

The focus of the audience's attention is on the centre of the drama and members of that audience tend to group themselves round this focus. Controversy arises over how far round they should stretch or in other words what degree of encirclement of the stage is desirable.

The term "open stage" is used for an arrangement in which performance and audience are contained within the same space. This is to distinguish it from the proscenium or picture-frame stage where the whole or a substantial part of the acting areas is in a space separated from the audience by a wall with an opening, the proscenium, through which the performance is seen. These terms are not as mutually exclusive as they at first appear.

The quality of an open-stage performance can be obtained within a theatre which, nevertheless has the means to shut off the acting area, or part of it, from the audience for the purpose of deploying scenery.

So many terms have been applied to the various forms, that it has been decided to classify them firstly by the degree of encirclement of the stage by the audience.

#### 360° ENCIRCLEMENT

The acting area is surrounded on all sides by the audience. This form is also called theatre-in-the-round, island stage, arena or centre stage.

Entrances are made through the audience or from under stage.

There is no scenic background to the acting area and no problem of horizontal sight lines.

A variation of this form is the transverse stage where most of the audience sit on two opposite sides and face one another across the stage.

#### TRANSVERSE STAGE

This type is rare at present in this country though interest may be stimulated by the theory that the English popular playhouse from Elizabethan times till the Commonwealth, was of this form.

This view is not generally accepted, the more common theory being that Shakespeare's theatre was 180° encirclement with a black wall containing doors, balconies, etc, from which entrances were made on to a large apron stage.

Probably many variations and combinations of forms and methods were used.

#### 210°-220° ENCIRCLEMENT

The classical Greek and Hellenistic theatres were of this type.

Entrances to the acting area can be made from a vertical wall or platform on the open side, but the principal acting area is at the focus on the seating. The essential feature of the original Greek theatre was that it was always in the open air.

## 180° ENCIRCLEMENT

The Roman theatre was of this type and the first Renaissance theatres copied the pattern.

The emphasis has moved towards the back wall which now forms the boundary of the acting area. Extreme sight lines exclude any action behind the back wall. More recent versions of this form are usually called “thrust” stages, though the terms “peninsular” or “three-sided” stage are sometimes used. The Elizabethan public theatres are usually believed to have been in this form. Modern thrust stages vary the degree of encirclement and seldom bear much similarity to the ancient theatres.

## 90° ENCIRCLEMENT

This “wide fan” arrangement allows most of the action to be seen against stage walls or a scenic background rather than against members of the audience. It is a form with many possible variations allowing more extensive use of scenery than on thrust stages but still limited by the extreme sight lines.

The technique of performance does not differ radically from that of the proscenium theatre

## ZERO ENCIRCLEMENT

End stage, as this is usually called, is only an open stage in as much as the acting area and the audience are within the same space. It is not sight lines which limit the use of scenery but the physical limitations of the structure. The end stage condition comes about because of the restrictions imposed by an existing shell or by a consciously chosen structure.

It is basically a proscenium theatre without a proscenium arch and without the working areas needed to deploy scenery.

## SPACE STAGE

The term used when the stage is carried partly round the audience (also called the wrap-round stage and calliper stage). The useful acting area is not really enlarged and the sides of the stage are not clearly defined but merge into the auditorium.

Extreme side stages cannot have ideal sight lines from all seats.

## THE EFFECT OF THE CHOICE OF THE DEGREE OF ENCIRCLEMENT

The advantages claimed by advocates of the open stage forms are that there is a much closer involvement of the audience in the action and a greater emphasis on the three-dimensional qualities of a live performance than can be achieved in traditional proscenium theatres.

The essential differences between live performances and the two-dimensional media of film and television are thereby exploited.

With degrees of encirclement over about 120° performers mask each other and are often seen against the background of members of the audience on the other side of the stage. Voices and musical instruments are partly directional and so are facial expressions and gestures. Their effect is, therefore, different, depending upon what part of the auditorium each spectator sees or hears them from.

Unless kept to a minimum, scenery and props will obstruct lines of sight. Lighting the actors without at the same time illuminating or causing discomfort to the audience, becomes increasingly difficult.

Entrances for actors are not easy to manage and provision must be made for access to the stage through the audience or from below the stage. If these entrances are also used by the public,

confusion can arise and some authorities may not even allow it. Actor's entrances should preferably be at acting area level and step should be avoided.

Those who work on the more surrounded types of stage believe that skilful production techniques overcome these limitations and that the closeness of audience to performer relation enhances the intensity of the dramatic experience. The audience does not see the actors against pictorial scenery but bathed in light against a back-ground of dimly lit rows of people similarly concentrating on the actors. From the artistic point of view the distinction between a performance on a surrounded stage and one on a confrontation type, is probably more important than that between a closed and an open stage. The latter distinction is more the product of safety regulations. Scenery is a fire hazard and the necessary protection of a safety curtain imposes physical restrictions on the building which are difficult to comply with in open stages. Without the orthodox protective devices, the restrictions placed by licensing authorities on the amount of materials for construction of scenery on open stages are likely to be severe.

## THE PROSCENIUM OR PICTURE FRAME STAGE

In discussing the various open stage forms, the essentials of the proscenium type have already been described. In its most blatant form there is an actual picture frame all round the proscenium opening.

Used in this manner it is the embodiment of the "fourth wall" convention where the action takes place within a room from which the fourth wall has been removed for the convenience of an audience of voyeurs.

What we call the proscenium theatre is usually called the Italian type of theatre in Europe because of its origin in the Renaissance theatres of that country where the greatest flights of Baroque architectural imagination appeared not in the form of masonry but in canvas and paint on the stage.

Originally developed to give scope for scenic extravagances, it later deteriorated in the search for extremes of naturalism and archaeological exactitude.

Its main advantage remains in its ability to contrive elaborate scenic effects and transformations (provided that enough space and facilities are allowed) the mechanics of which can be concealed from the audience. Because of the geometry of sight lines it is difficult to arrange large audiences close to a picture-frame stage as the width of the auditorium is largely determined by the width of the proscenium opening. If the opening is made very large the expense of filling it with scenery becomes a very great burden on the company using it and if the sight lines are designed for the wide opening, masking the sides in will interfere with the view from side seats.

## FORESTAGE AND APRON STAGE

Scenery cannot be brought right to the back surface of the proscenium wall or it would foul the safety curtain and the house curtain. The line beyond which scenery cannot be set is called the setting line and is usually about 1m back from the face of the proscenium.

That part of the stage between the setting line and the stage riser, or edge of the stage if there is no riser, is called the forestage. When it is extended right out into the auditorium it is called an apron stage and it can give an open-stage effect by bringing the acting area into the same space as the audience.

It is difficult to get satisfactory sight lines for both the apron and the area behind the proscenium arch, especially from balconies. Any scenery used in front of the safety curtain may have to be incombustible. The apron can be fixed or movable and is often lowered to form an orchestra pit.

## PERFORMERS' ENTRANCES

In the picture-frame theatre almost all performers' entrances are made behind the proscenium. In the Restoration and Georgian plays it was common practice to enter the forestage by doors on either side of the proscenium arch, and this method of entry is again in favour, not only for productions in past styles but also for new plays.

Regulations require fireproof doors and a fire check lobby.

## ADAPTABILITY

Adaptability from one form to another is often demanded.

If this merely means some slight alteration to forestage or false proscenium it does not pose insuperable problems of sight lines. A greater degree of adaptability, say from a proscenium to a 180° encirclement, or peninsular stage, means a major alteration to the seating.

On a small scale this may be possible with mechanically or manually operated rostra but beyond four or five rows of seats the problems become immense, both technically and economically, if the auditorium is to remain a satisfactory space in both forms. If entirely incompatible forms are wanted two separate auditoria should be considered. Certain theatres, however, used for teaching can be given a fairly high degree of adaptability as they exist primarily for the benefit of the actors and need make few concessions to the comfort and convenience of an audience.

In such theatres changes which would, in professional conditions, be mechanized and therefore extremely expensive can, with far less capital expenditure be arranged for manual alteration by making use of the plentiful supply of unpaid labour.

Adaptability may be multi-form, giving a changeable relationship of performance to spectator or listener, for example from picture frame to open stage, or it may be multi-purpose allowing a change in the nature of the activities, for instance from drama to music.<sup>7</sup>

## IV.2. Estudio acústico de las plantas

Analizando muchos de los personajes que se dedicaron al estudio del teatro en el siglo XIX y de acuerdo con las formas del auditorio relacionadas al escenario, he sacado 4 tipologías de plantas para estudiarlas gráficamente de una forma más precisa.

Para poder conseguir eso, he utilizado una herramienta fundamental, el programa informático RADIT 2D<sup>8</sup>.

Gracias a ese programa, introduciendo los planos del auditorio elegido, he podido comprobar el funcionamiento real de la sala, analizando a la vez las reflexiones y los niveles resultantes en decibelios en cada punto del teatro.

Los gráficos polares me han ayudado en cada situación descrita para interpretar numéricamente los colores que definen las distintas partes de la sala y gracias a eso han salido cosas interesantes...

Este análisis tiene como objeto el estudio de las "respuestas" de cada tipología de planta, el conocimiento de los aspectos positivos y negativos para poder, al final de este trabajo, analizar con conocimiento la del Teatro Goldoni de Livorno.

Las 4 formas estudiadas son:

- en herradura de G.Dumont
- semicircular de J.A. Roubo
- elíptica de P.Patte

---

<sup>7</sup> Traducción personal de extractos del libro "Auditorium acoustics and architectural design" de Michael Barron, 1993.

<sup>8</sup> Radit2D ("Room Acoustic Design by the Image Theory"), autores: Benoit Beckers & Luc Masset, 2002 – 2004.

- circular de G.Saunders

## IV.2.1. TIPOLOGIA EN HERRADURA

Empezamos este apartado, en el que utilizo el programa RADIT2D para comprobar las respuestas acústicas de las distintas formas de sala estudiadas, con la topología en herradura.

A menudo se ha utilizado para salas de espectáculos además de ser la forma con la que se ha construido el teatro Goldoni de Livorno, por lo tanto se analizará con más atención.

Como explicado anteriormente aquí para poder comparar los datos de las distintas formas, he asignado la misma apertura del escenario en todas las plantas (15 metros) fijando una escala de valoración que va de 57dB a 75dB; siendo la escala del Radit compuesta por 9 colores, cada uno de ellos me representa un salto de 2dB, intervalo suficiente para que la condición acústica sea distinta.

La primera imagen en la que superpongo a la planta del teatro el resultado del programa indica una cierta homogeneidad en toda la superficie; hay que decir que yo he dibujado y considerado en el análisis acústico la planta entera, sin embargo los paneles dibujados detrás del escenario y las superficies casi completamente absorbentes harían que las reflexiones fueran ligeramente modificadas sin alterar de todas formas los resultados en la platea.

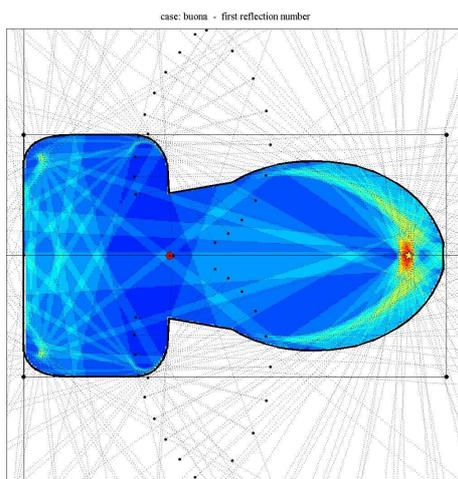
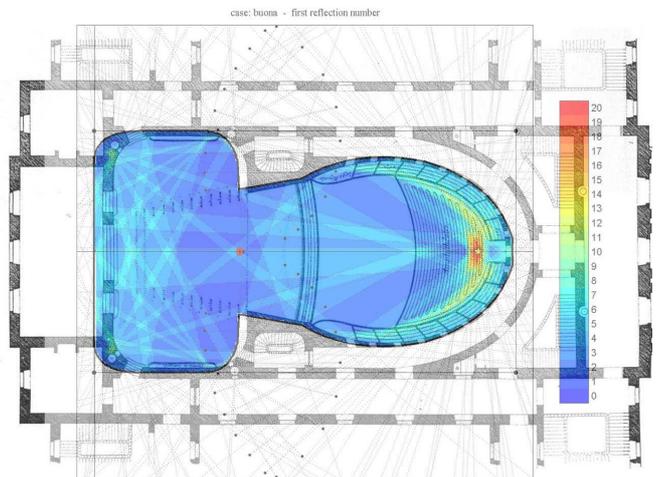


grafico 1

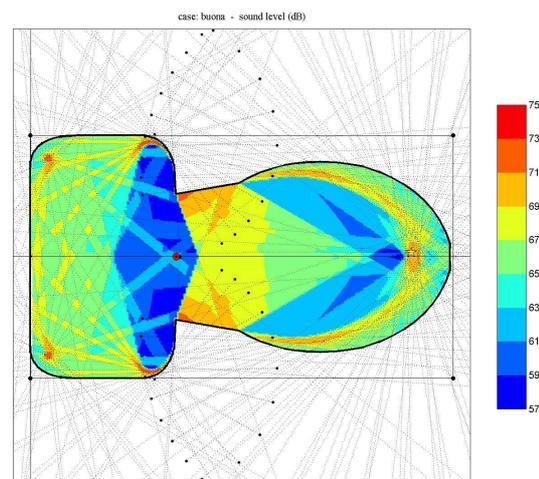


grafico 2

Analizo dos casos en los que la voz emisora está colocada en el escenario y en el borde extremo del mismo, para conseguir la respuesta real de la sala en el caso en que el artista se mueva.

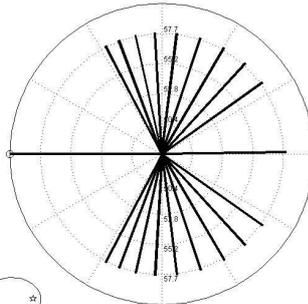
En el primero, grafico 1 y 2, se ve como en la mayor parte de la sala las reflexiones son muy pocas, de 0 a 5 máximo, con un nivel de sonido que va del valor mínimo considerado (57dB) a 65/67 dB.

Se puede decir que el comportamiento de una buena parte de la sala, sobretodo la central, nos indica valores aceptables.

Mejor aun aparece la situación a la hora de desplazar la fuente emisora en la parte delantera del escenario, con valores que alcanzan desde los 57db a los 69dB; las reflexiones también son pocas siguen incluidas entre 0 y 6. (grafico 3 y 4 )

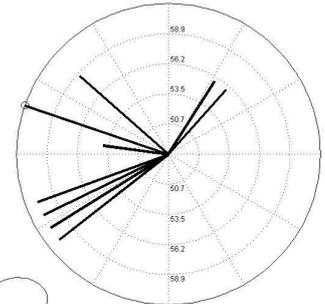
Todo esto en la parte central de la herradura.

$L_p = 71 \text{ dB}$   $L_p^d = 60.1 \text{ dB}$   $L_p^r = 70.7 \text{ dB}$



20 refl. S (17,0) R (45,0)  $\Delta_n=0$  [60.1 48]

$L_p = 68.9 \text{ dB}$   $L_p^d = 61.7 \text{ dB}$   $L_p^r = 68 \text{ dB}$



8 refl. S (17,0) R (39,-7.5)  $\Delta_n=0$  [61.7 48]

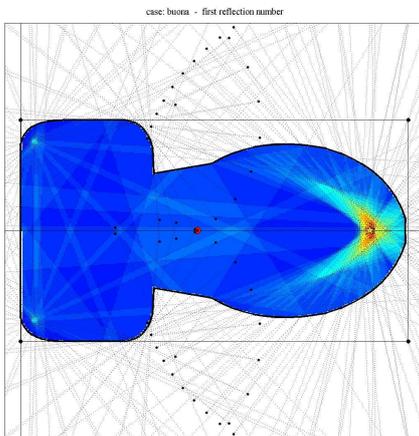


grafico 3

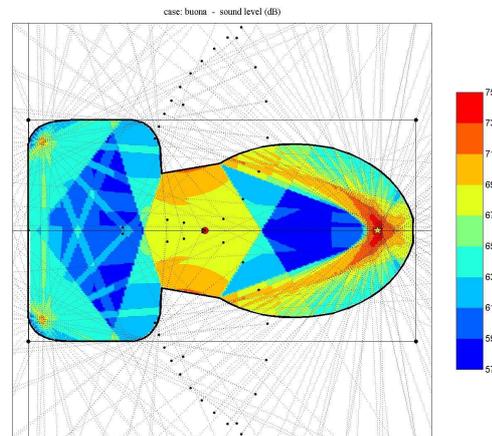


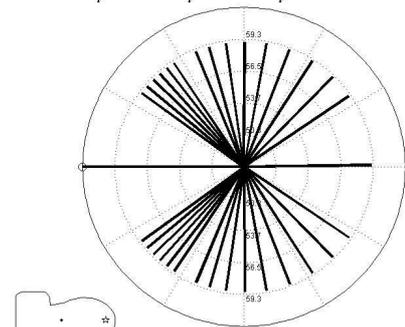
grafico 4

Si sin embargo nos fijamos en el comportamiento de esa forma en la parte anterior, la opuesta al escenario, notaremos como la respuesta de la forma cambia resultando absolutamente imperfecta.

En los dos casos, con fuente emisora retranqueada o al borde del escenario, se genera una zona muy cargada de reflexiones y con un número altísimo de decibelios; en el gráfico 1 y 2 se ve cómo las reflexiones alcanzan un numero elevado (34) creando un foco de color rojo en el que la audición es totalmente imperfecta. Repartida a lo largo de la curva de la herradura se crea también una zona con altos valores de reflexiones que van de 7 a 17 en la que los decibelios suben notablemente; es una faja que varia al alejarse de las paredes exteriores y al acercarse al centro de la planta.

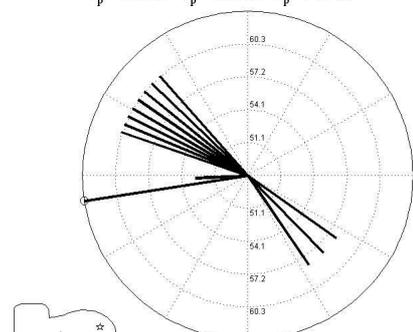
Al avanzar la fuente emisora, por culpa del acercamiento de ella al centro de la herradura, se nota cómo la zona de malestar se quede más concentrada alrededor del

$L_p = 74.3 \text{ dB}$   $L_p^d = 62.2 \text{ dB}$   $L_p^r = 74.1 \text{ dB}$



32 refl. S (22,5,0) R (44,5,0)  $\Delta_n=0$  [62.2 48]

$L_p = 71.1 \text{ dB}$   $L_p^d = 63.3 \text{ dB}$   $L_p^r = 70.3 \text{ dB}$

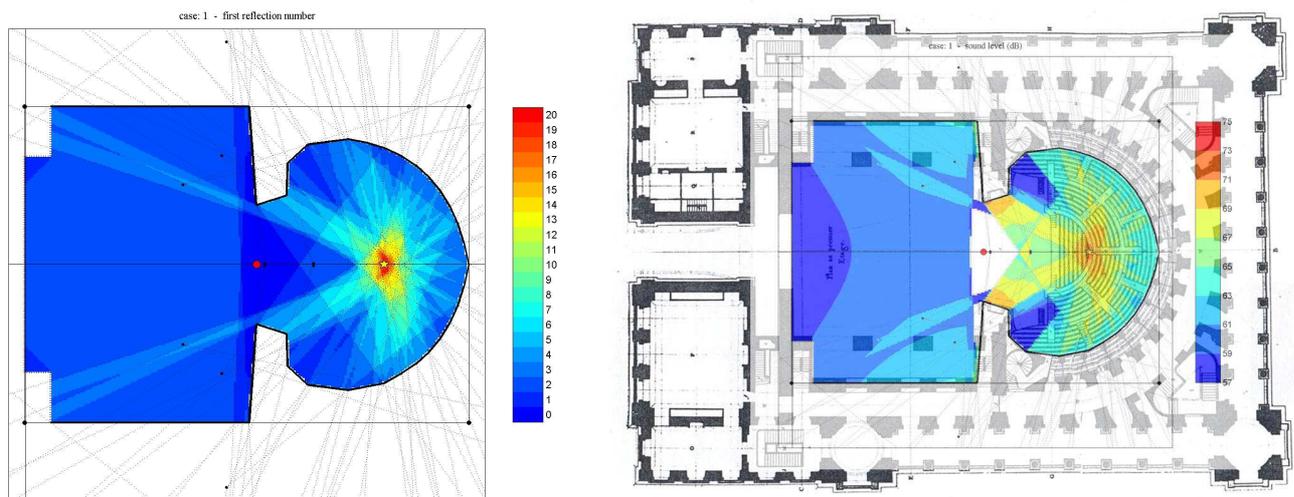


12 refl. S (22,5,0) R (41,5,3)  $\Delta_n=0$  [63.3 48]

mismo punto, en el que hay altas reflexiones con valores acústicos importantes.

Por lo tanto resulta que la potencia en dB en la sala es mayor cuanto mas se adelante la fuente emisora (se alcanzan valores de 75 db contra un máximo de 71dB) pero a nivel de reflexiones, al concentrarse más alrededor de un punto específico, se puede decir que tener el hablante en el borde se genera una focalización más precisa, afectando por lo tanto una zona más reducida.

## IV.2.2. TIPOLOGIA SEMICIRCULAR



La forma semicircular pone en evidencia todas las dificultades a la hora de manejar superficies cóncavas; aunque no se la puede considerar la peor de las cuatro, mirando los gráficos en seguida nos damos cuenta que la focalización está siempre presente, y muy notable.

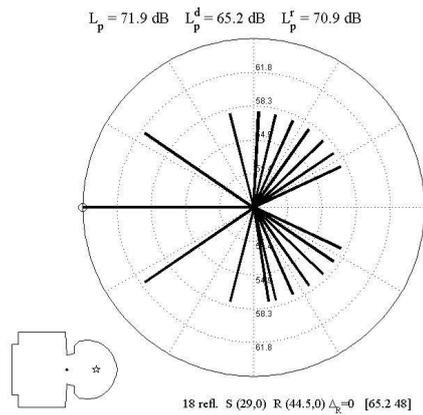
La focalización aparece como una zona bastante reducida de color naranja-rojo, marcando aquí un salto de más de 5 decibelios con respecto a las zonas próximas no afectadas. Se aprecia que en toda la zona anaranjada el sonido reflejado es superior al directo, situación en la que en el espectador siente el malestar de no percibir claramente la dirección de llegada del sonido, ya que, como se aprecia en el diagrama polar, casi todas las reflexiones vienen desde atrás.

Por otra parte, hay que tener mucha atención con la ubicación de la fuente, ya que la reacción de la sala es bastante distinta.

En el gráfico 1, he colocado la fuente en el centro del escenario retranqueada respecto al borde que da a la platea y el oyente se ha situado a una distancia de aproximadamente  $2/3$  del total del palco. Es evidente, como introducido poco antes, que toda esa zona está muy afectada por una serie de reflexiones que perturban la sensación auditiva.

El gráfico polar 1 nos indica que en ese punto hay una máximo de 18 reflexiones, lo cual lleva a más de 6 dB de diferencia (65.2d contra los 70.9r) entre el sonido directo y el reflejado.

Se puede comprobar por el polar 2 como, sólo desplazando el espectador a la zona azul clara, cambia fuertemente la situación, siendo el sonido directo mayor que el reflejado (65.2d contra 62.8r), con un numero limitado de reflexiones (3).



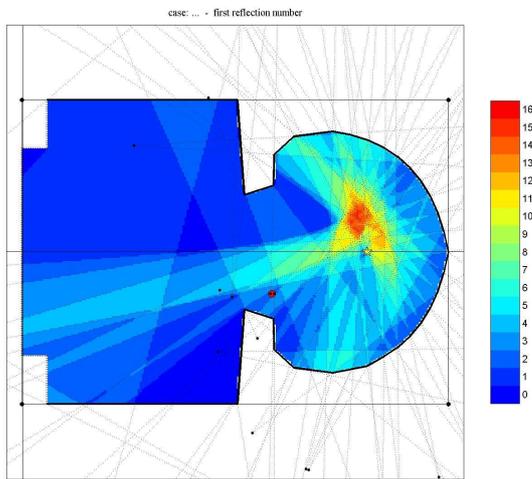
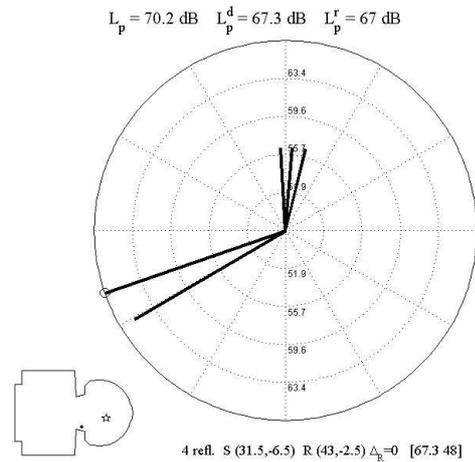


grafico3



polar3

Una curiosidad; para que la sala funcione acústicamente, quizás habría que dar la vuelta a la colocación de fuente y oyente. Me explico.

Si ponemos la fuente, como se ve en el grafico4, en el fondo de la platea y el oyente justo en el centro del escenario, las focalizaciones se crearían en los dos pequeños nichos laterales de la sala pero el espectador recibiría una buena sensación acústica con apenas 2 dB de diferencia entre el sonido directo y el reflejado (63d contra 65r) y una cantidad de decibelios bajas pero suficiente para oír bien.

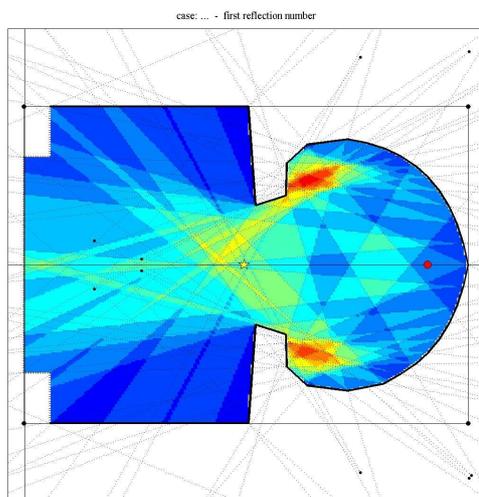
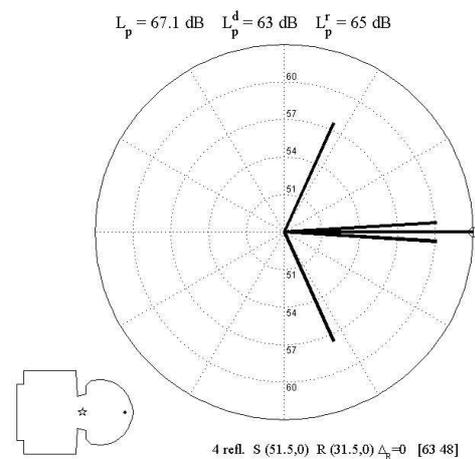


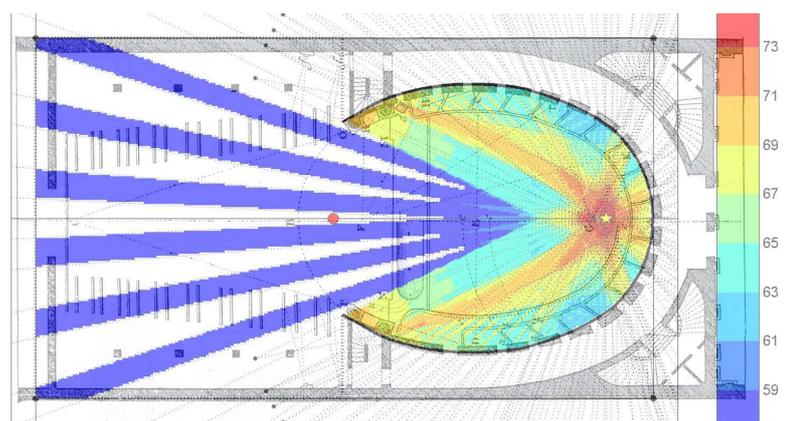
grafico4



polar4

### IV.2.3. TIPOLOGIA ELIPTICA

Pierre Patte, el mayor teórico francés del siglo XVIII, en su “Essai sur l’architecture théâtrale”, deja claro que la forma elíptica es, con diferencia, la mejor que se pueda elegir para realizar una sala de teatro para la acústica y las líneas visuales.



Afirma que la experiencia nos demuestra que para conseguir un sonido fuerte y armónico hay que escoger formas cóncavas en cuanto “as they bring together again there reverberations toward some common points which focuses them, and that consequently holds the movement of the air caused by the resonating body for a much longer time”, mientras que las formas convexas “they are harmful throughout their duration, in which they weaken it very much, in which they are a great detriment to its return by rendering the ray still more divergent, and in hindering them from acting in harmony against their surfaces”.

Llega entonces a la conclusión de que por las proporciones y las leyes de la física la curva elíptica es indudablemente la más favorable de las formas y que un teatro así hecho no podía fallar en ser perfecto...

La verdad es que en ninguna parte de su ensayo comprueba sus percepciones físicas con formulas matemáticas y por eso, quizás, cae en muchas contradicciones.

Langhans fue quien corrigió este error.

La verdad es que a un primer vistazo a los gráficos parece evidente como la forma elíptica quizás sea la peor forma posible para realizar salas de teatros.

Eso porque esta forma permite una focalización perfecta que convierte la zona afectada en un verdadero infierno acústico.

El gráfico 1 y el polar relativo muestran la situación en la que la fuente está en el medio del escenario y el espectador justo en el foco. En esas condiciones el oyente recibe hasta 42 reflexiones con una diferencia de bien 12dB (63.9d contra los 76r).

Está claro que el que se sitúe en esa zona poco se dará cuenta de la proveniencia del sonido, al contrario será bombardeado de una serie de reflexiones realmente desagradables.

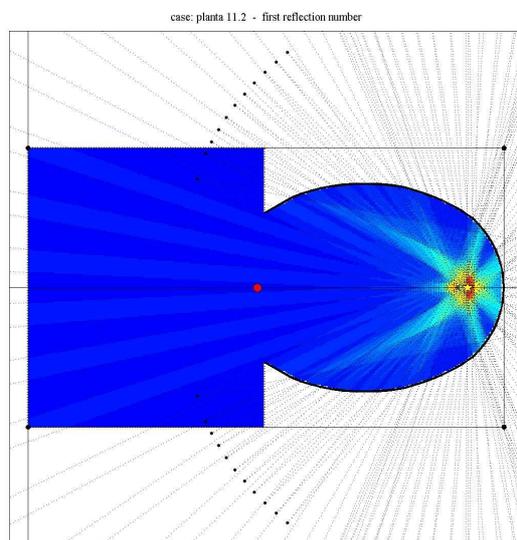
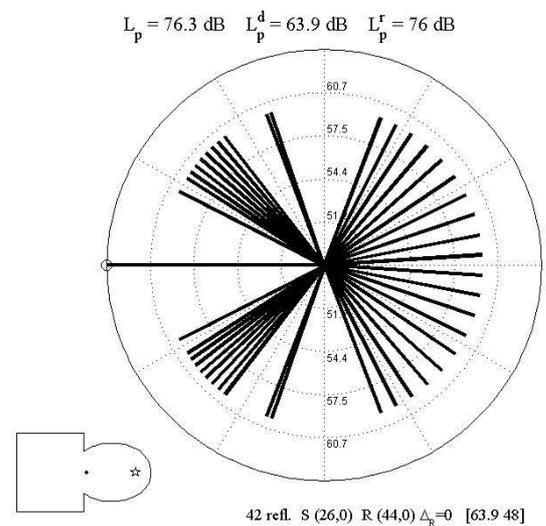


grafico1



polar1

Las condiciones acústicas tampoco mejoran a la hora de desplazarse a lo largo de todo el escenario, al contrario se puede notar (grafico2 y 2b) como la mancha naranja y amarilla se hace mas grande, señal evidente del crecimiento de la zona de malestar.

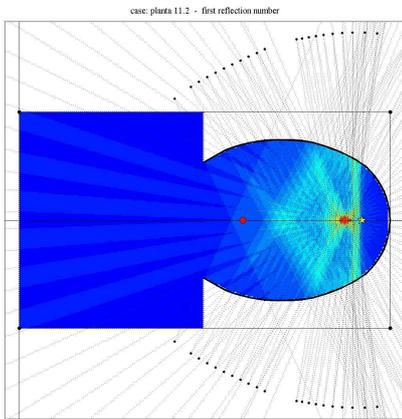


grafico2

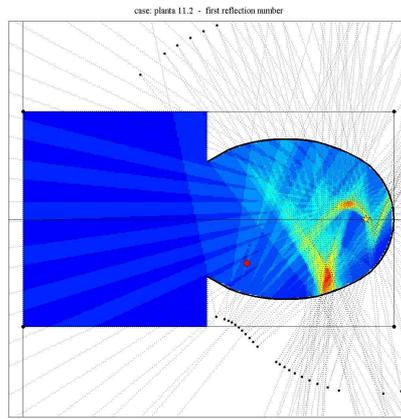
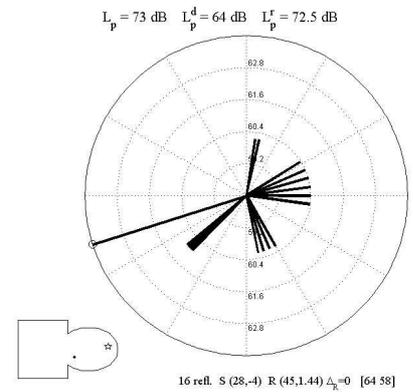


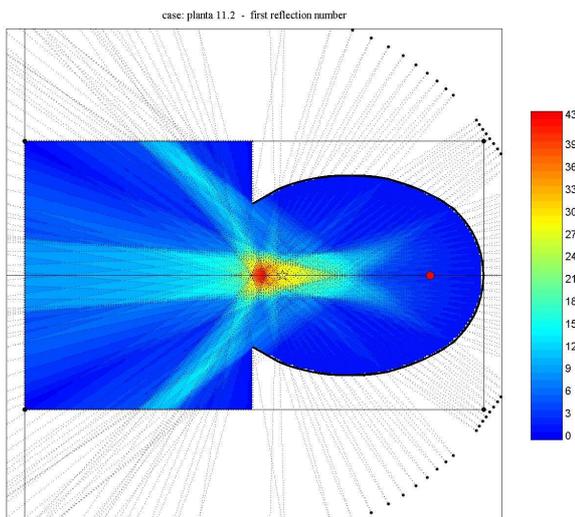
grafico2b



polar2

Resulta claro que este tipo de forma no consigue homogeneizar las características acústicas de las distintas zonas de la planta; hay sitios realmente privilegiados y otros muy desfavorecidos, aunque si relacionamos los gráficos de la elíptica con los de la semicircular, tampoco podemos decir que la anterior garantizaba prestaciones superiores.

Si luego intentamos, como hemos hecho anteriormente con la planta semicircular, remplazar la fuente por el oyente y viceversa, notamos como así tampoco se aprecian mejorías, al contrario la “zona de reflexiones” se hace mas grande abarcando una zona que va del escenario hasta el centro del elipse (grafico3).



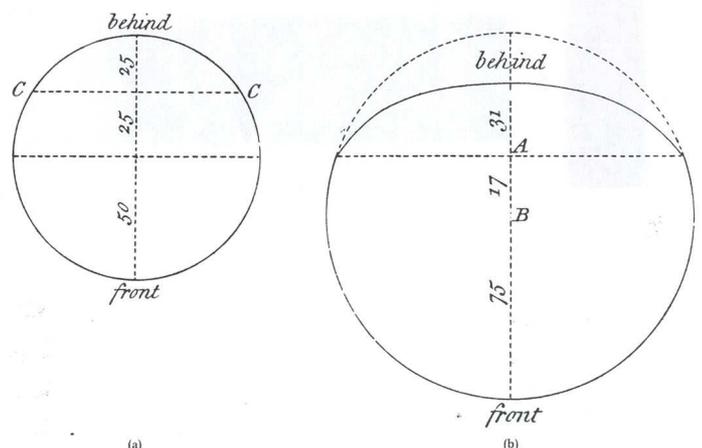
#### IV.2.4. TIPOLOGIA CIRCULAR

La forma circular, la última que estudio, fue la que el arquitecto George Saunders consideró como la más útil para un teatro auditorio.

El intentó determinar la máxima distancia del punto de emisión a la que una voz humana puede ser proyectada (sin ayuda de las reflexiones).

Aplicando esta geometría en el plano, llega a la conclusión de que la forma circular es la ideal para un teatro-auditorio.

Claramente el arquitecto en su valoración global



de la forma no consideró como actúan las reflexiones sobre las paredes curvas.

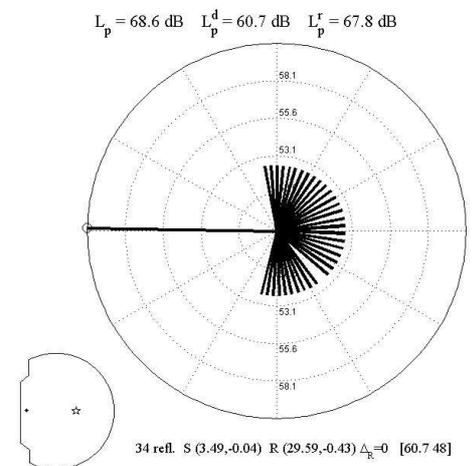
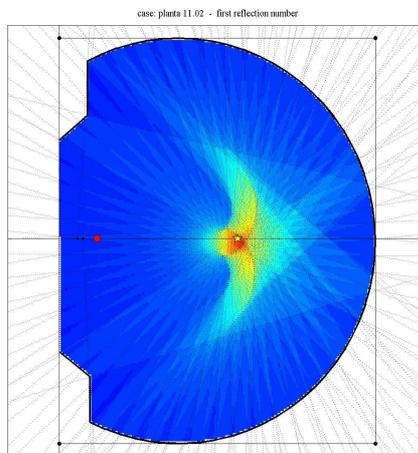
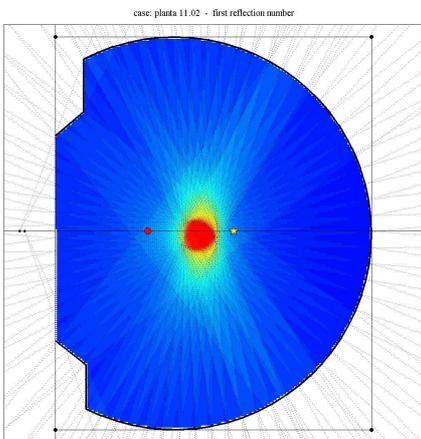
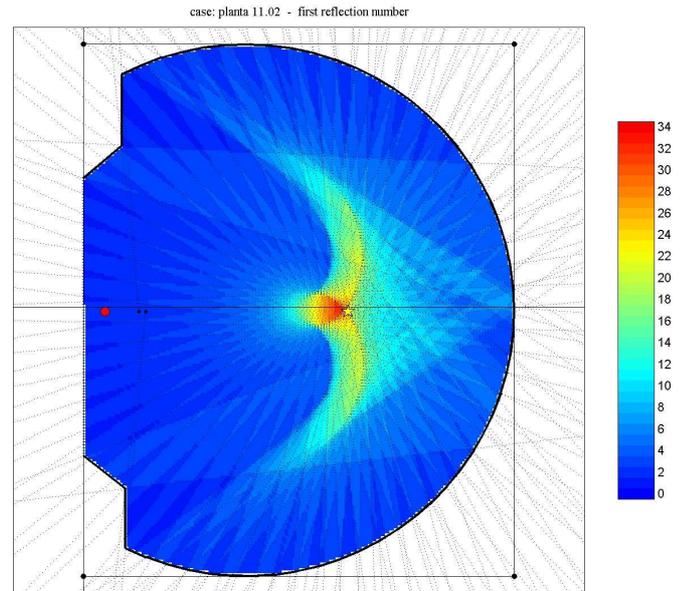
Podemos decir que junta con la forma elíptica, la circular es la más complicada para conseguir una buena respuesta del sonido, y eso se debe a que el fenómeno de la focalización aquí también es muy fuerte.

Mirando el grafico1 a lado, resulta evidente como poniendo una fuente de sonido al centro del escenario las reflexiones que se alcanzan al centro de la sala son elevadísimas (hasta 32 reflexiones), mientras que en todo el entorno y en la mayor parte de la sala no se consiguen respuestas acústicas.

Eso implica que los que estén en los alrededores del foco de la focalización tendrán la sensación que el sonido llegue desde atrás y no desde la fuente generadora.

En ese sentido, el grafico2 nos resume muy claramente lo dicho. Los decibelios reflejados son casi 7 más de los directos!

La focalización además no varía mucho a pesar de desplazar la fuente emisora; si por ejemplo intentamos moverla hacia el centro de la sala el resultado conseguido es lo de centrar aun mas las respuestas sonoras.



## V. La acústica del Goldoni

### V.1. Presentación del teatro

Hemos analizado las principales soluciones arquitectónicas para salas de opera después de conocer los profesionales que trataron este tema y tenemos gráficamente las respuestas de cada una de ellas.

Podemos decir que en ninguna de las formas vista conseguimos resultados perfectos, al contrario en algunos casos la focalización baja muchísimo el nivel acústico de la sala.

La estructura circular, tanto en herradura como en la elíptica siempre nos ha conllevado fallos que las debilitan tanto que si se utilizan tan a menudo es probablemente porque también el aspecto visual de las representaciones es fundamental; esta forma es posiblemente la mejor para conseguir una muy buena vista del escenario al contrario de la rectangular, que tiene respuestas acústicas mejores pero condiciones visuales muy inferiores.



El teatro Goldoni de Livorno tiene una platea con una clara forma en herradura más corta que en el ejemplo que he analizado anteriormente, lo de G. Dumont. Me refiero a que la planta del Goldoni se aprovecha mucho menos que la de Dumont en cuanto en el primer caso el escenario está incluido en la forma en herradura misma mientras que en la “Sala de espectáculos” el escenario arranca donde se acaba la planta.

La planta está muy separada del primer “ordine” (primera fila de palcos) por una pared maciza sin aberturas de alrededor de dos metros y medio que consideraremos mucho a la hora de analizar la respuesta acústica a nivel de platea

El teatro se eleva en altura de 4 plantas en las que hay los 4 “ordini”, donde se abren los pequeños palcos, para acabar con el “loggione”, un balcón muy poco por debajo de la cobertura donde se ve el espectáculo en pie o sentados en una banqueta.

Delante del escenario se coloca a un nivel mas bajo que el de la platea la fosa de orquesta, o sea el sitio donde tocan los músicos durante las representaciones y que durante los espectáculos que no lo necesitan está cubierto por una plataforma del mismo material que lo de la platea y del escenario.

La sala se cubre con una bóveda acristalada que durante muchísimos años había sido cubierta por problemas de gotera y que después de la restauración se ha vuelto a



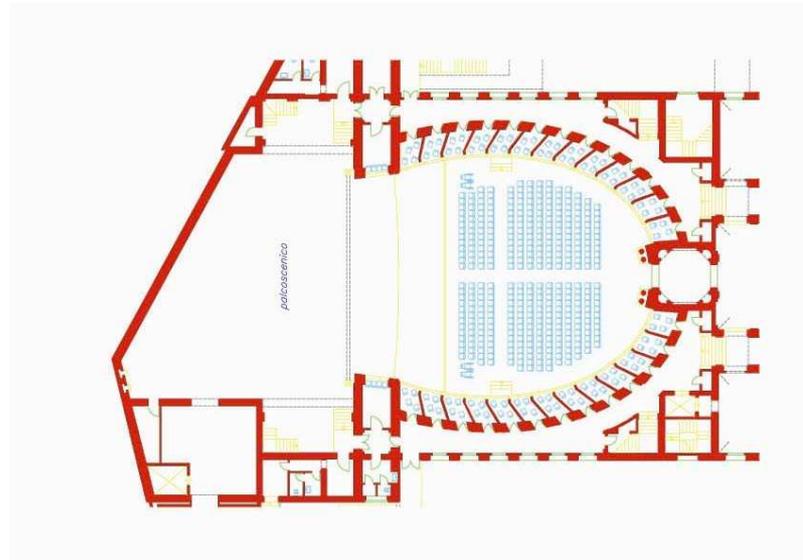
descubrir, dando una luz cenital y muy directa al teatro; para obviar una excesiva insolación, se ha puesto un mecanismo móvil que en caso de necesidad oscurece la sala.

Durante su restauración, se han utilizado para las cortinas, los asientos y casi todo lo que se ha forrado, materiales ignífugos y muy espesos para que las reflexiones y la respuesta acústica de la sala fuera la mejor posible.

Sin embargo hay algunos pequeños fallos que condicionan la sala y curiosidades que nos ayudan a entender el funcionamiento de esta sala; son pequeños detalles la verdad, si es cierto que el teatro está considerado como uno de los mejores históricos que hay en Italia.

Hay que decir que posiblemente el arquitecto se había percatado de que este tipo de forma acentúa muchas reflexiones en la parte final de la planta, o sea en el lado en frente del escenario, y ha intentado poner remedio dejando un espacio importante entre la última fila y el borde de la platea, consiguiendo así un gran espacio de salida de la sala y a la vez aislando lo máximo posible los últimos asientos del punto acústicamente menos ventajoso. Aunque esto le cueste dos o tres filas menos.

Sin embargo los laterales de la platea, muy altos y acabados con un material muy duro como el estuco, no disminuye la cantidad de reflexiones emitidas, sino que al contrario las amplifica notablemente.



## V.2. Estudio grafico

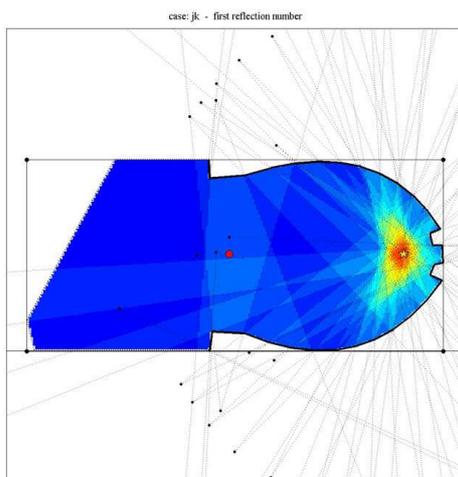


grafico1

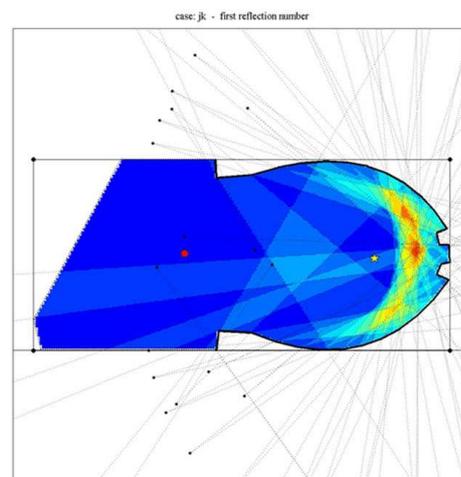
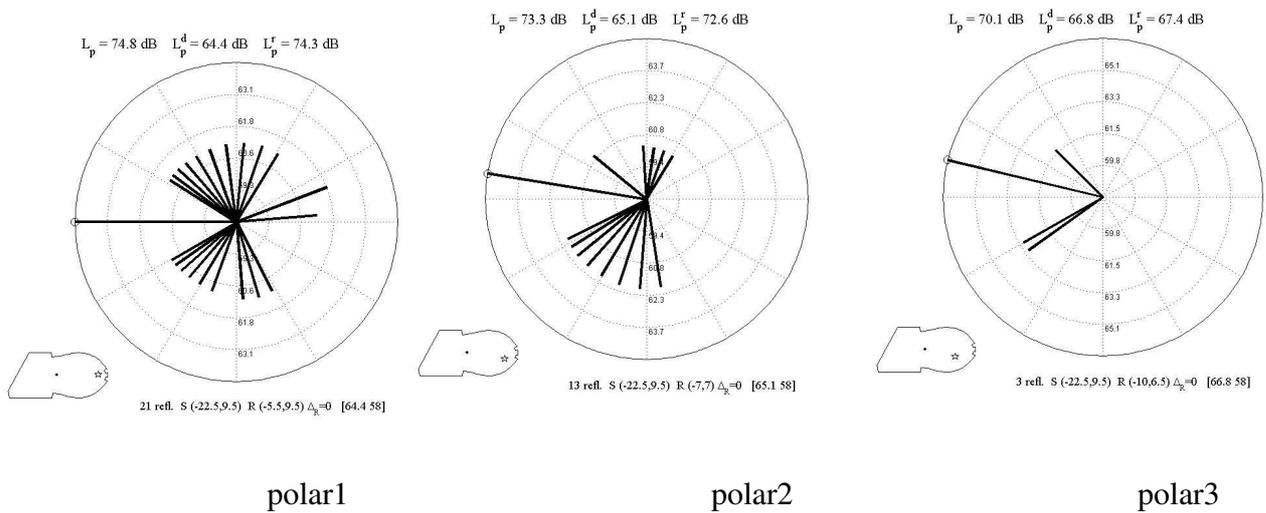


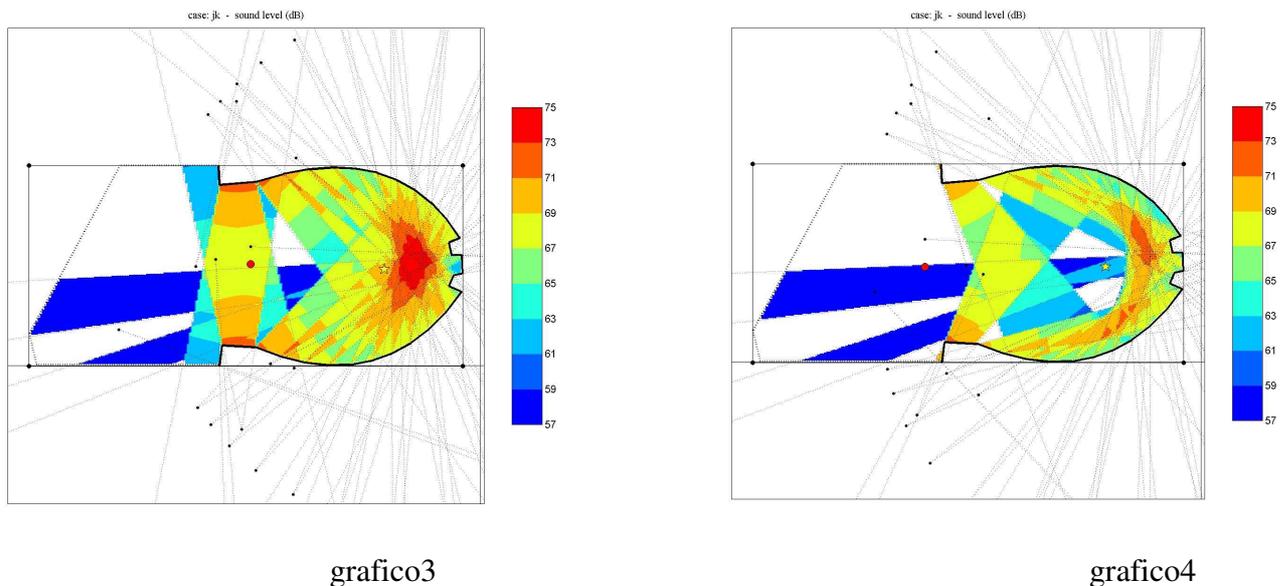
grafico2

De estas imágenes se ve que la respuesta acústica de la planta resulta típica de la forma en herradura; las reflexiones se concentran en la parte posterior de la platea con puntos donde se alcanzan valores de hasta 22 y niveles acústicos muy elevados.

En el grafico1 la fuente emisora está colocada casi al borde del escenario y al estar más cerca del centro de la herradura, concentra el sonido en una zona más restringida; sin embargo la condición más normal, o sea con fuente emisora en el centro del escenario, nos da una zona de malestar más amplia, como demuestra la gran mancha amarilla y roja del gráfico2.



Los gráficos polares aquí arriba nos describen bien la situación acústica del oyente colocado en la zona roja (polar1) donde llegan hasta 21 reflexiones, en la zona amarilla (polar2,13 reflx.) y en la zona azul (polar3,3 reflx.); los mismos valores los encontramos en zonas más amplias en el caso en que la fuente emisora esté más retranqueada.



En términos de decibelios también con la ayuda del grafico 3 y 4 se nota cómo en el caso en que la fuente emisora esté al borde del escenario, el nivel acústico alrededor de la focalización es muy alto hasta alcanzar los 73-75 dB, mientras que en la condición de emisor retranqueado se llega

a pasar los 73 dB en muy pocas zonas y se consigue homogeneizar alrededor de los 67/71 dB toda la parte trasera de la sala.

En ambos casos, el nivel en los dos tercios de la platea resulta suficiente y no molesta.

Por eso, una prima observación que se puede hacer es que el que estudió la sala sabía de las dificultades que la forma en herradura conllevaba y redujo el número de filas de butacas para que el foco de las reflexiones se concentrara en un sitio vacío, y que afectara al menor número posible de espectadores.

En el gráfico 3, se ve claramente cómo la mayor parte de los asientos están a salvo de la zona roja y como decíamos, donde hay más reflexiones es donde empieza la primera fila de butacas.

En el gráfico 4, donde la fuente está más retranqueada, la zona de malestar condiciona los últimos asientos al final de la platea y los que están al borde de la sala en las últimas 4/5 filas.

En general, se puede decir que la capacidad acústica de la sala es buena considerando el hecho de que en el gráfico no se considera todas aquellas estratagemas como el espesor de las cortinas o la leve inclinación de la pared lateral que modifica la respuesta.

Condiciones óptimas las hay también en los 4 ordini que constituyen los palcos del teatro; desde ahí, en todos, hay un sonido directo muy limpio; cabe decir que quizás los mejores palcos para escuchar la fosa de orquesta son los que están directamente por encima de ella (rectángulo lila en fig.1) en cuanto el sonido sale amplificado por las paredes verticalmente y literalmente atropella a los que están por encima de él. La intensidad acústica que se recibe desde esos palcos es sorprendente respecto a la que hay en los de al lado, aunque el reducido ángulo de vista del escenario dificulta la visión del espectáculo.

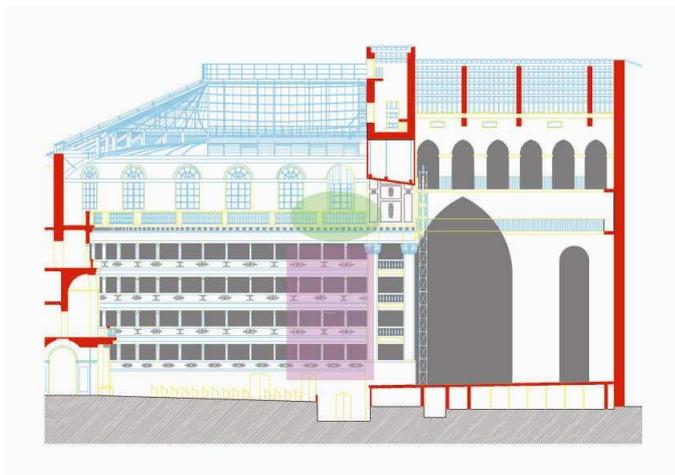
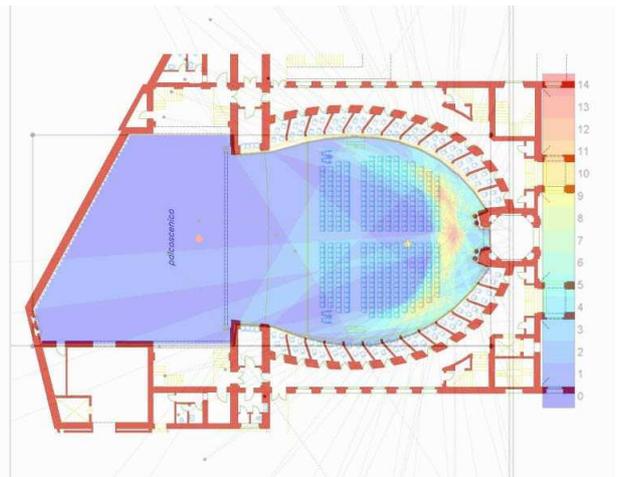
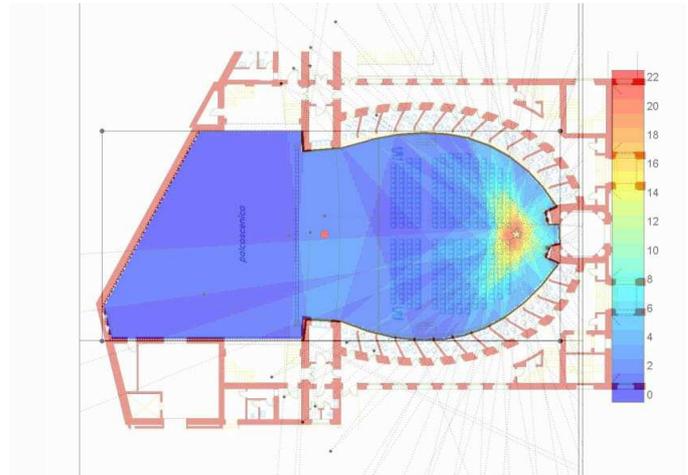


fig1.



fig.2

En la última planta del teatro, “il loggione”, sin embargo la altura y la poca “ayuda” acústica que se recibe de la cubierta hacen que el sonido directo llegue bastante velado, y sobre todo en la zona muy cercana a la abertura del escenario se crea una zona de sombra acústica que no permite escuchar bien (círculos verdes).

El sonido llega con poca intensidad y sobre todo con un retraso muy molesto probablemente debido a que las ondas alcanzan de rebote estas zonas mientras que el sonido directo, al estar encima de la fuente emisora, llega con mucha dificultad.

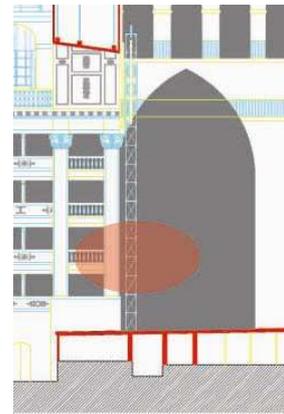


fig.3

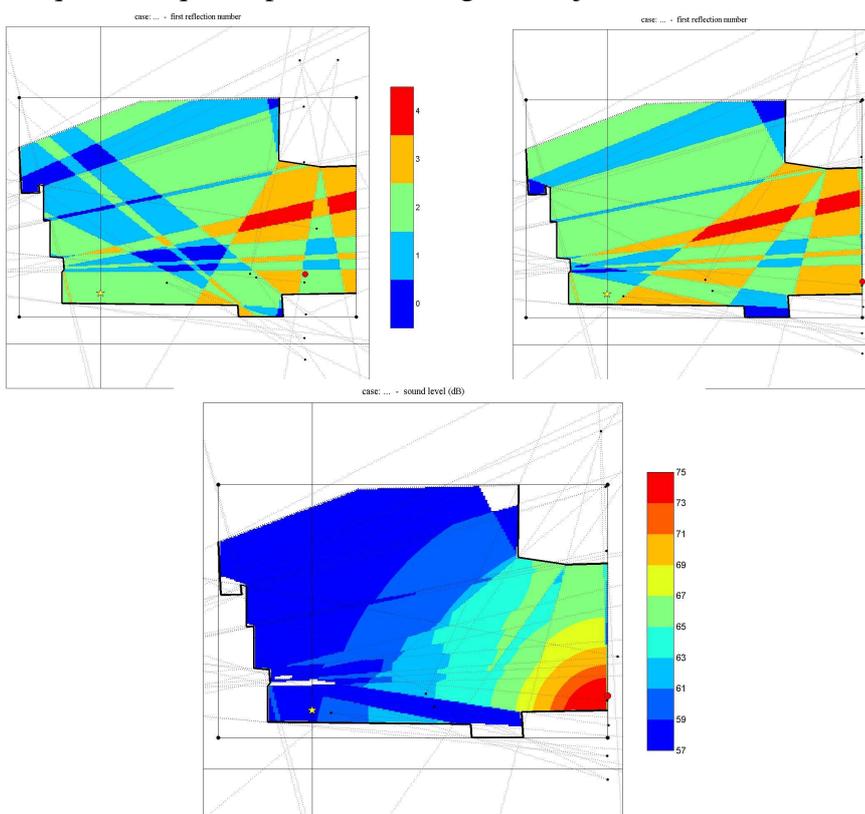
En los siguientes gráficos, utilizo el Radit en la sección longitudinal del teatro para ver el tipo de respuesta de la sala; por experiencia sé que ella tiene como ya dicho, un buen nivel acústico pero que para la realización de algunos espectáculos, sobre todo los de música clásica con pocos instrumentos sobre el escenario y no en la fosa de orquesta, se necesita una caja armónica que se monta en la zona roja y que se dirige hacia la platea para que todas las frecuencia se vuelquen hacia la sala y no se pierdan los altos espacios de la “graticcia”.

El teatro tiene la parte justo encima del escenario (“graticcia”) muy alta desde donde bajan los cables para sujetar los fondos de los espectáculos; se alcanzan los 20/25 metros de altura y no hay ningún tipo de material absorbente ni elementos móviles que lo condicionen.

En efecto, en todos los espectáculos, para impedir retornos molestos, se suele poner una gran pantalla de plástico (pvc) detrás del fondo mismo, que evita que la pared de hormigón refleje el sonido.



en



En conclusión, se puede decir que a pesar de la forma en herradura, difícil de manejar, de unas paredes que delimitan la platea muy altas y sin materiales absorbentes y de una cobertura de cristal poco colaborante, la sala del teatro Goldoni resulta ser de las mejores que hay de los teatros históricos italianos.

Gracias a su fosa de orquesta muy bien realizada, a los materiales muy espesos que forran butacas y cubren las aberturas, a las medidas reducidas de la platea y sobre todo al alejamiento de las últimas filas del centro de focalización, los espectáculos que se realizan, tanto de lírica como de prosa o poesía, consiguen agradar al espectador que goza de una acústica envidiable.

En la ciudad de Livorno, donde el número de teatros era muy importante, la sala del Goldoni era y sigue siendo seguramente la que “suena” mejor y la que atrae a artistas y compañías de toda Europa.