



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PARA VER MEJOR: ISOPTICAS

TESIS

*Presentada a la Junta Directiva de la
Facultad de Arquitectura de la
Universidad de San Carlos de Guatemala*

POR

JORGE LUIS RAMIREZ ROJAS

Al conferírsele el Título de

ARQUITECTO

FACULTAD DE ARQUITECTURA

Noviembre de 1980.

DL
02
T(220)

*JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE ARQUITECTURA*

| | |
|----------------------------|---|
| <i>DECANO EN FUNCIONES</i> | <i>Arq. Miguel Angel Santa Cruz Ochoa</i> |
| <i>VOCAL 1o.</i> | |
| <i>VOCAL 2o.</i> | <i>Arq. Francisco Chavarría</i> |
| <i>VOCAL 3o.</i> | <i>Arq. Guillermo Roldán</i> |
| <i>VOCAL 4o.</i> | |
| <i>VOCAL 5o.</i> | <i>Br. Carlos Romero Zelina</i> |
| <i>SECRETARIO a.i.</i> | <i>Arq. Rolando Anteu Díaz</i> |

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

| | |
|----------------------------|---|
| <i>DECANO EN FUNCIONES</i> | <i>Arq. Miguel Angel Santa Cruz Ochoa</i> |
| <i>EXAMINADOR</i> | <i>Arq. Francisco Méndez</i> |
| <i>EXAMINADOR</i> | <i>Arq. Darío Menéndez Q.</i> |
| <i>EXAMINADOR</i> | <i>Arq. Luis Benitez B.</i> |
| <i>SECRETARIO a.i.</i> | <i>Arq. Rolando Anteu Díaz</i> |

CONTENIDO

INTRODUCCION

PARTE PRIMERA

CAPITULO PRIMERO

Teoria General de las Isópticas

CAPITULO SEGUNDO

Isóptica Vertical

Partes que Componen una isóptica Vertical

Trazo Gráfico de la Isóptica Vertical

CAPITULO TERCERO

Análisis Matemáticos para el Cálculo de la

Isóptica Vertical:

Fórmula 1

Fórmula 2 y su Dedución

Fórmula 3 y su Dedución

Fórmula 4 y su Dedución

CAPITULO CUARTO

Isóptica Horizontal

Trazo Gráfico de la Isóptica Horizontal

Análisis Matemático de la Isóptica Horizontal

PARTE SEGUNDA

APLICACIONES

CAPITULO PRIMERO

El Teatro Nacional

CAPITULO SEGUNDO

Auditoria y Salón de Clases de la Universidad de
San Carlos de Guatemala.

Conclusiones y Recomendaciones

INTRODUCCION

En el proceso de desarrollo de la humanidad, el hombre a través de la relación con el medio geográfico donde se desarrolla ha ido adquiriendo toda una gama de conocimientos mediante su participación en los diversos modos de producción que se han sucedido durante el proceso histórico-social. Estos conocimientos y experiencias obtenidos en su continua relación en la producción material, los encausa a satisfacer las distintas necesidades sociales; logrando con ello transformar el medio y en esa medida a sí mismo.

Para vivir los hombres han necesitado de algunos medios tales como: alimento, vestido, vivienda, etc., y para llegar a poseer esos medios de existencia necesitan producirlos, de allí que el hombre desde la época primitiva no se adapte en forma pasiva a la naturaleza; actúa sobre ella y, por medio del trabajo domina a las fuerzas naturales poniéndolas a su servicio.

Este trabajo, que no es el del hombre aislado sino en común, unió estrechamente a los hombres convirtiéndolo esa relación constante en una necesidad vital. Esta relación, originada por el carácter colectivo de los procesos de trabajo, dió lugar a que surgiera en los hombres la necesidad de hablarse de comunicarse. Ya desde la sociedad primitiva, en el curso de la lucha con la naturaleza, se acumulan conocimientos rudimentarios acerca de los fenómenos naturales, sobre el modo de procurarse el alimento etc., y se van creando hábitos y costumbres que se transmiten de generación en generación.

El pensamiento y el lenguaje, productos del desarrollo social, han influido considerablemente sobre éste haciendo posible que las acciones concuerden en el proceso de trabajo; que se transmita la experiencia productiva y los hábitos adquiridos, se acumulen las conquistas de la técnica y que las nuevas ge-

neraciones asimilen los progresos técnicos de sus antepasados.

La capacidad cognoscitiva del hombre reviste un carácter histórico que discurre a tono con las exigencias del desarrollo social. Radicando el fin último del conocimiento en la satisfacción de las necesidades prácticas que son importantes desde el punto de vista social.

Es a raíz de esta evolución histórico-social consecuencia del desarrollo de las fuerzas productivas, que se ha logrado diversificar tan ampliamente el conocimiento a tal grado, de elaborar técnicas cuyo cometido es ni más ni menos que satisfacer las necesidades prácticas que inciden en la vida social o que son importantes desde el punto de vista social. Entre las muchas técnicas que han surgido en el transcurso del proceso de desarrollo productivo y en función de la división del trabajo -división que en nuestra época tiende a ser mayor, en la constante búsqueda de satisfactores sociales-, existen algunas de aplicación general y otras de aplicación particular y específicas; en éstas últimas se ubica la técnica objeto del presente trabajo.

Esta técnica tiene una importante significación social en la reproducción simple y ampliada de la sociedad. Su razón de ser estriba en la búsqueda del máximo confort, y corolario el racional uso de recursos y esfuerzos en la solución espacial de la adecuada visibilidad de un conglomerado frente a determinado espectáculo u objeto de conocimiento.

En esta técnica al igual que en la acústica, se tiene presente el importante concurso de los sentidos como vehículos transmisores de sensaciones al cerebro en el proceso cognoscitivo. Es por medio de los sentidos que adquirimos la mayor cantidad del conocimiento, siendo uno de los primordiales la vista, por cuanto la observación es un factor primordial y determinante de dicho proceso.

La técnica que optimiza la visibilidad, conocida como isóptica, en su aplicación coadyuva en el proceso de desarrollo de la conciencia social. Su surgimiento se originó a raíz de la educación o formación del ojo humano, entendiendo a éste ya como parte de un ente social y como expresión de un proceso histórico determinado por el trabajo.

Se trata con el empleo de dicha técnica proporcionar beneficio psíquico al igual que físico, mediante que las personas puedan observar los espectáculos u objetos presentados en los diversos casos, sin que ello produzca fatiga, teniendo máxima comodidad; implicando ello, óptima atención, máximo aprovechamiento y asimilación. Condición necesaria para que ello sea realidad es que a las distintas personas que participan de cualquier evento se les debe procurar las facilidades para ver bien, sin estorbos de ninguna clase, su espacio visual debe ser amplio, de tal manera que ver no implique esfuerzo

Estudios realizados al respecto por psicólogos, pedagogos, especialistas en cine, etc., concluyen afirmando la importancia de la laxitud corporal y mental, y de su íntima relación que tienen con la asimilación. Bastando cualquier molestia física, tal como: El asiento estrecho, la fila angosta, una persona alta que no permite ver bien, etc., para perder la laxitud física, variará su centro de interés y por consiguiente su capacidad de asimilación se verá afectada.

Así como se trata por medio del adecuado estudio acústico garantizar una buena percepción auditiva, en esa medida también se garantiza por medio del adecuado estudio isóptico una buena percepción visual.

Es a través de la conjugación de las distintas técnicas sin menosprecio de alguna de ellas, como se logran soluciones adecuadas en las exigencias sociales.

Los objetos arquitectónicos, siendo elementos concebidos dentro de un proceso productivo, son medios

de los que el hombre dispone o se vale para vivir y reproducirse. En tal sentido son satisfactores so ciales, es decir, que son y se realizan como tales en la medida que satisfacen a cabalidad la necesidad para la que fueron producidos.

Los lugares diseñados para el goce y disfrute social, que de hecho contribuyen a la reproducción de la especie por medio de influir en el desarrollo de la conciencia social, llegan a realizarse en el momento preciso que en ellos se reúnen las personas a presenciar lo que van a ver y oír.

Se considera que la realidad es la unidad del fenómeno y la esencia, que la esencia se manifiesta en el fenómeno. Referido a la arquitectura, la esencia corresponde al espacio habitable; en tanto que el fenómeno corresponde a la práctica arquitectural (prefiguración-construcción).

La práctica arquitectural es el resultado del trabajo humano entendiendo como tal a aquel proceso en el que participan hombre y naturaleza y en el que el hombre regula y controla las reacciones materiales entre él y la naturaleza.

Hacia una formación integral para el arquitecto, es uno de los objetivos fundamentales trazados en la nueva facultad de arquitectura. Es a la búsqueda de la satisfacción de ese objetivo que se debe de ca nalizar el esfuerzo conjunto de todas las personas que participan de este proceso de desarrollo y formación.

Con el presente trabajo no se pretende presentar estudios originales por cuanto no son producto de la experiencia propia. Debe de verse como una investigación que trata de recopilar la información más re ciente en la materia. Se propone antes que nada, difundir, popularizar el conocimiento de esta técnica, que quizás por la escasa bibliografía que a nuestro medio nos llega, es muy poco conocida para la

CAPITULO PRIMERO

TEORIA GENERAL DE LAS ISOPTICAS

TEORIA GENERAL DE LA ISOPTICAS

Las isópticas* fueron concebidas a raíz de la necesidad de solucionar en forma práctica, económica, funcional y racional; los problemas de visibilidad, en todos aquellos lugares que así lo requirieran.

La isóptica, tal como actualmente se conoce, tuvo necesariamente que ser objeto de un proceso de desarrollo histórico. Así tenemos que inicialmente en la antigüedad, se trató de resolver el problema buscando sitios altos para la ubicación de los oradores, trovadores, etc. A manera que se hacía más popular las presentaciones de cantantes y dramas o representaciones teatrales, o el espectáculo en general; surge el problema de ¿Cómo hacer para que un grupo relativamente numeroso, puedan todos a la vez, ver y disfrutar del espectáculo?. Usar un lugar alto para la ubicación de los actores no era ya la solución.

En las civilizaciones griega y romana principalmente; en los estadios de carreras de cuadrigas, en los odeones, ágoras, teatros, coliseos y circos; se construyeron graderías, con el objeto de encontrarle solución al problema. En la construcción de estas graderías se utilizaba el sistema de graderías en línea recta. Es muy probable que las primeras graderías hubieran sido construidas con poca pendiente, implicando poca visibilidad. Con este tipo de experiencias, debieron resolver aumentarles pendiente, mediante el aumento del peralte de las contrahuellas, logrando con ello solucionar en una forma bastante lógica y adecuada la visibilidad. Estas graderías en varios de los casos eran construídas, aprovechando las bondades de las condiciones topográficas, es así como, las laderas de las montañas eran escogidas para la construcción de las mismas.

*la palabra ISOPTICA tiene su origen en las raíces griegas (isos), IGUAL; (OPS, OPOS) OJO, ASPECTO, y significa IGUAL VISION O IGUAL ASPECTO DE LO QUE SE OBSERVA.

Este sistema de gradería en línea recta, sigue siendo empleado en la actualidad, principalmente en las galerías a lo que en unos libros han dado por llamar anfiteatro.

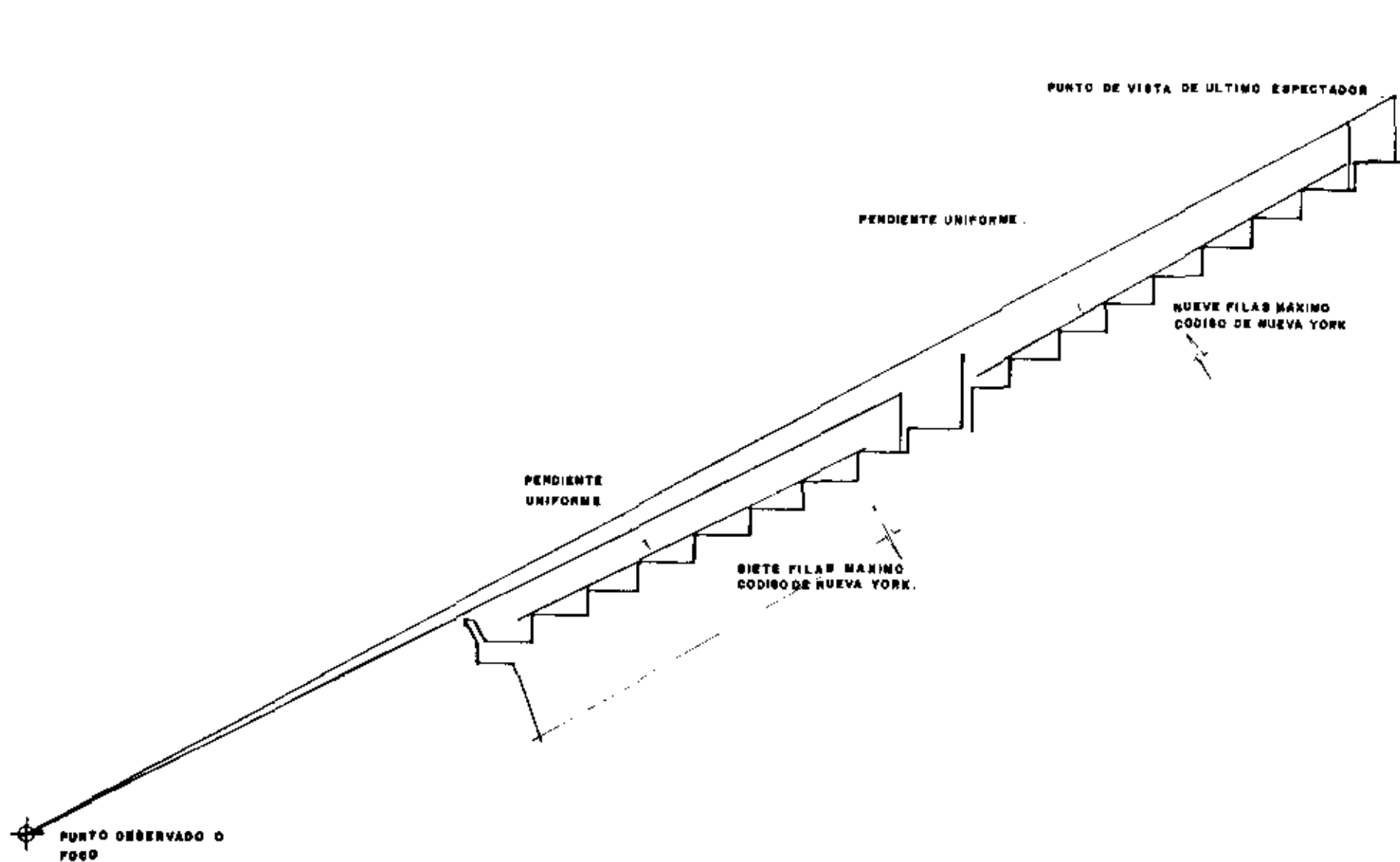
Posteriormente con la evolución social, se ha ido mejorando la solución del problema de visibilidad, - sin embargo, no ha sido mucha la atención prestada al avance de esta técnica.

Los procedimientos más empleados para la solución de la visibilidad han sido: la gradería en línea recta, y otra consistente en el trazo de una isóptica, que considera la butaquería a tresbolillo.

La solución de la visibilidad por medio de la gradería en línea recta (1) y que se ilustra en la gráfica No. 1, se logra de la siguiente manera:

- 1.- Localización del foco o punto observado.
- 2.- Tomando como base la sección del local (sala), fíjese el asiento de la galería más alta y distante, las líneas visuales de la galería se empiezan a trazar desde la parte de atrás, prosiguiendo hacia adelante.
- 3.- Fíjese el punto de vista a 112 centímetros, hacia arriba y a 20 cms. delante de la pared trasera.
- 4.- Se traza la línea visual hasta el foco, y se halla su intersección con la siguiente línea vertical del ojo o punto de vista.
- 5.- Fíjese la elevación de la parte horizontal de la siguiente grada a 1.25 metros, (1.12-0.13) por debajo de la intersección de la línea visual.
- 6.- Sólo se utiliza la línea visual de la última fila. Mídase a escala la altura de la grada, la

(1) Sleeper, Harold R. Planeación de Edificios y Modelos de Diseño. México: UTEHA, 1966. primera edición p.p. 102.



GRAFICA I GRADERIA EN LINEA RECTA

cual se mantiene uniforme hasta el frente o grada delantera, de la galería o hasta el pasillo de adelante si lo hay (no conviene una altura de grada mayor de 38 cms. porque requeriría tres contra-huellas de escalera entre grada y grada).

7.- Luego de trazar el pasillo se repiten los pasos 3, 4, 5, y 6.

8.- El código de la ciudad de Nueva York, especifica que se deberá considerar un máximo de nueve filas en el tramo superior, a menos de que exista un pasillo transversal en la parte del fondo.

9.- En el tramo inicial considerado de abajo hacia arriba, se debe de poner un máximo de siete filas; - según el código de Nueva York.

10.- Estas restricciones obedecen a que de lo contrario la pendiente del tramo saldría muy pronunciada. Esta manera de solucionar el problema, es más sencillo en su estructura y construcción; pero tiene el inconveniente de que el tramo debe ser relativamente corto, ya que a determinada altura la visibilidad ya no es adecuada, implicando problemas para las personas ubicadas en la parte más alta de la misma. En este caso la visibilidad es diferente a la lograda con un trazo isóptico, ya que en la gradería en línea recta no hay una constante de visibilidad igual hacia un punto observado. De esta situación tenemos que, los espectadores cercanos tendrán un ángulo visual bastante amplio, no así las filas posteriores, las cuales dependiendo de su distancia respecto del foco, en esa medida su ángulo visual disminuirá.

En algunos casos por condiciones específicas del proyecto, se hace necesario la construcción de graderías en tramos rectos. Esta situación debe ser objeto de un análisis isóptico y sobre éste se determinará la conveniencia de efectuarlos, donde hacerlo, así como la longitud de dicho tramo. Siempre se -

debe de tener presente que los niveles del tramo recto no deben de variar mucho de los niveles isópticos. Normalmente, los tramos rectos se ubican en aquellas zonas de la isóptica en donde la curva es menos pronunciada y sus niveles no variarán mucho si los tramos son lo bastante cortos.

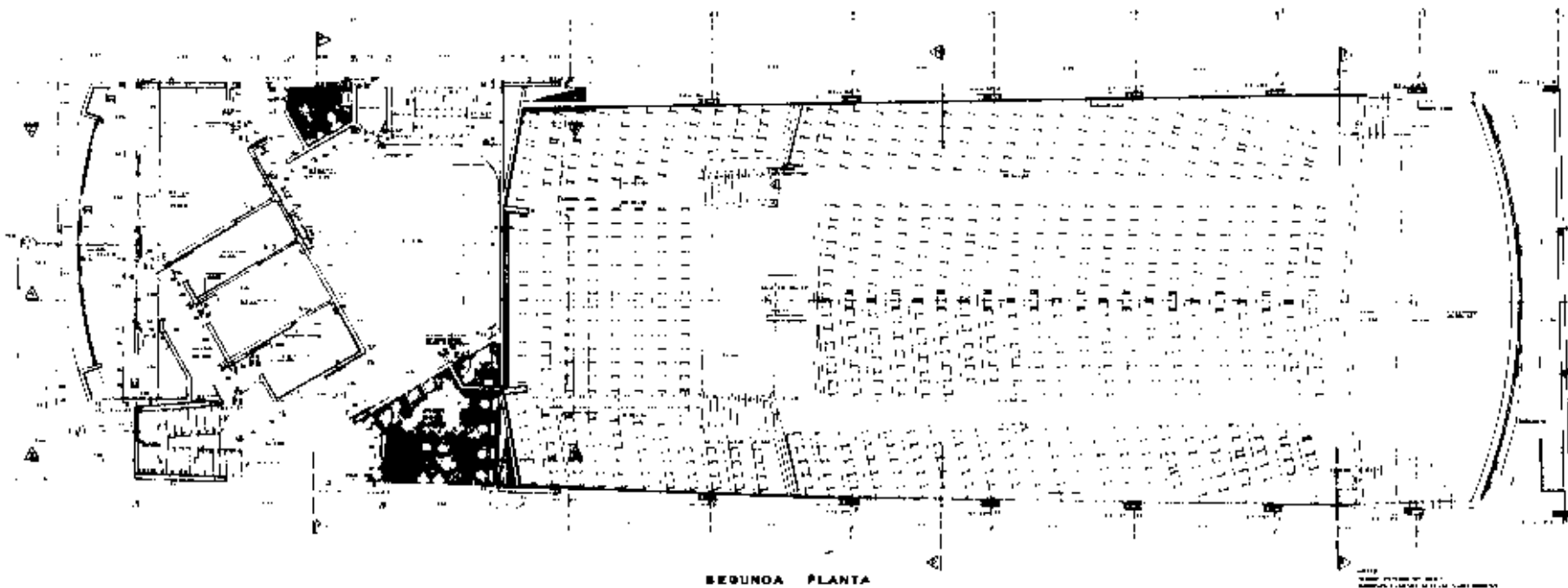
La segunda forma de resolver la visibilidad, es la comúnmente empleada en plateas o lunetarios con planos inclinados o bien superficies curvas y que no necesariamente utiliza graderías.

Con este sistema está solucionado el teatro de ópera de Bogotá, el teatro "San Andrés", de la isla del mismo nombre, que está equipado para funcionar como cine también. El teatro "Metropol", que fue construido para que cumpliera dos funciones: teatro para proyecciones cinematográficas y de estudio de radiodifusión. Otro ejemplo importante lo constituye el teatro "Scala" de Bogotá también; dicho teatro fue el primero que se proyectó especialmente para CINERAMA, es decir, que no fue adaptado, sino que se diseñó teniendo en cuenta las características de este sistema. Lo caracteriza la pantalla con curvaturas de 146°; su sistema sonoro formado por ocho bandas de sonido, "un diseño de tres cabinas de proyección que cubren la totalidad de la pantalla a base de tres imágenes perfectamente sincronizadas que dan la impresión de proyección única y coloca al espectador dentro de la escena misma".

"El tratamiento acústico de la sala se realizó cubriendo las paredes con cortinas pesadas y plegadas tres veces su longitud; el cielo raso se especificó en mortero rústico, con un coeficiente de absorción de 0.30; la pared de fondo de la sala correspondiente a la cabina de proyección se revistió con material acústico aplicado sobre armazón de madera". (2).

Estos ejemplos que se aprecian en las gráficas siguientes y la descripción del último de ellos todos -

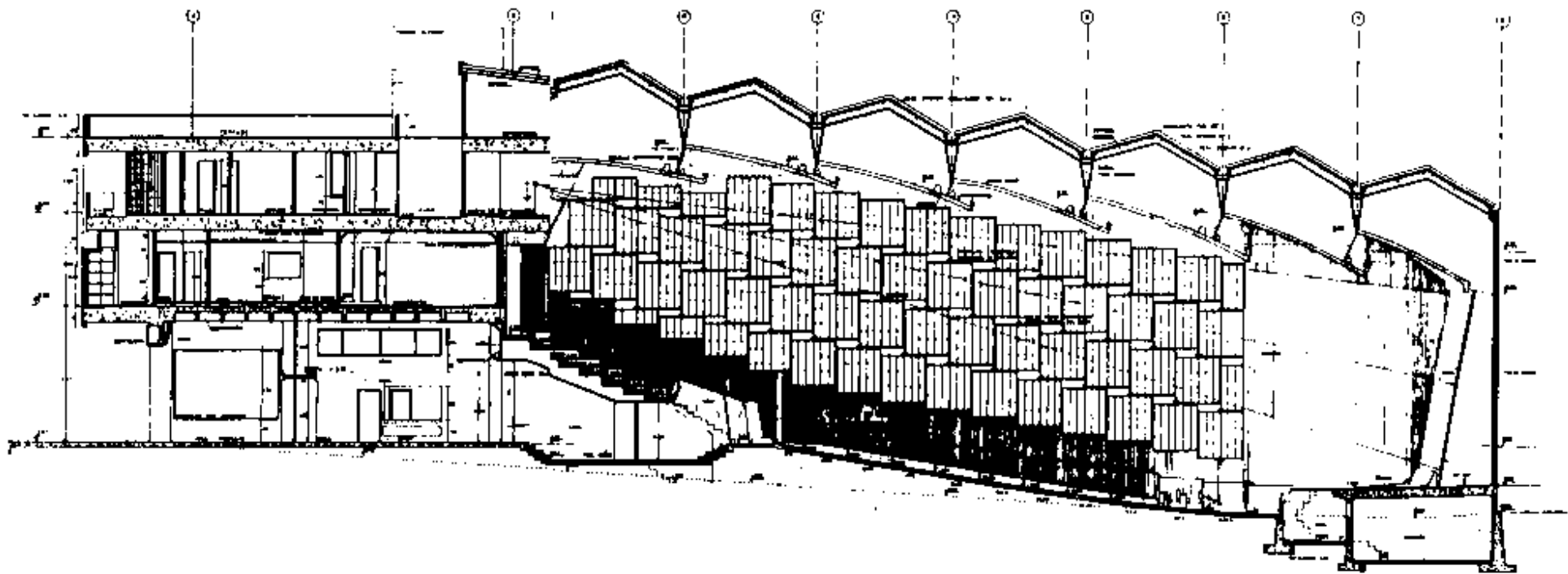
(2) Tomado de la revista Scala. Teatros. 39. Segunda edición 1976. p.p. 10 y ss.



SEGUNDA PLANTA

1911
DISEÑO: FRANCISCO DE PAZ
ARQUITECTO: FRANCISCO DE PAZ
CONSTRUCCION: FRANCISCO DE PAZ

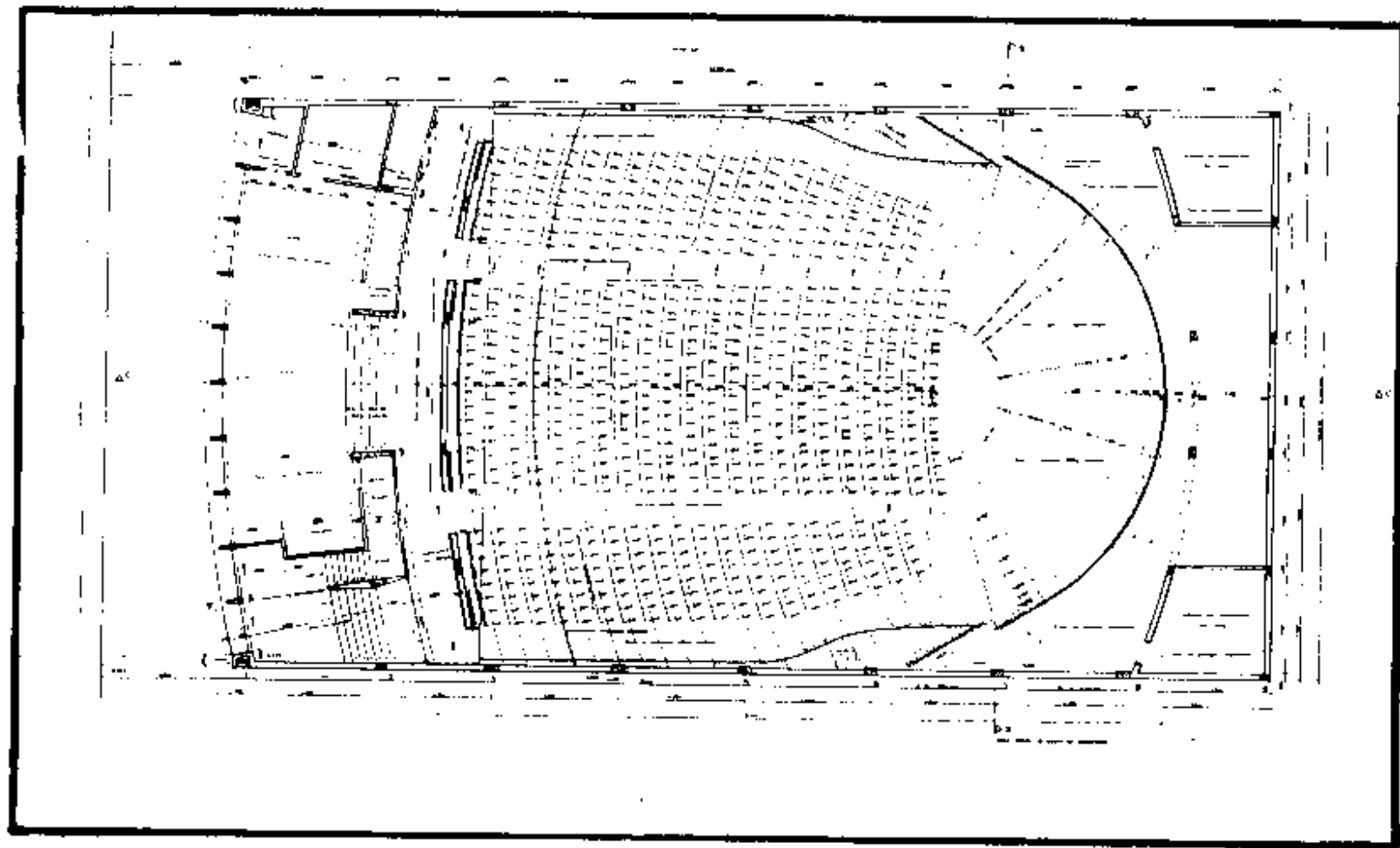
TEATRO METROPOL



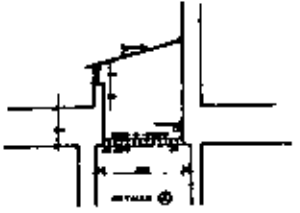
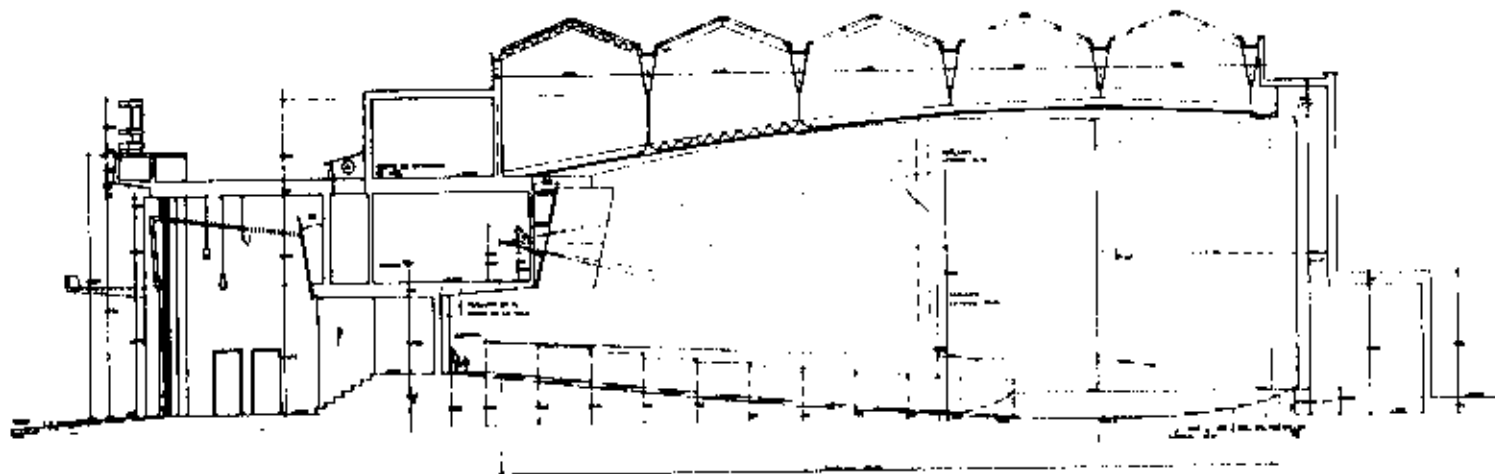
CORTE A. A

1:50
Escala de 1:50
Corte A-A

TEATRO METROPOL



TEATRO SCALA



TEATRO SCALA

tomados de la revista "Scala", sirven para reafirmar los que anteriormente se expresó. Por mucho lujo y por mucho esfuerzo que se haga para lograr la mejor comodidad, de nada sirven, si no existe una adecuada solución de visibilidad.

Por la descripción que se realiza para el último de los ejemplos, se aprecia que es un recinto que trata de brindar todos los adelantos técnicos a fin de que las personas que participan del espectáculo no solo lo vean sino que también lo sientan, lo vivan; ahora bien, ¿Se logrará plenamente dicho objetivo, con una relativa solución, o una solución a medias de la visibilidad?.

Creo que la respuesta más objetiva la tienen todos aquellos espectadores que han acudido a divertirse a dicho teatro.

En lo que a nuestro país respecta, la mayoría de salas cinematográficas tienen sus lunetarios solucionados en esta forma. Utilizando en vez de graderías, superficies curvas o inclinadas.

A este sistema se le identificará como "Sistema a Tresbolillo", en la actualidad, no es la solución más afortunada. En su época cumplió su cometido, ya que si resolvió el problema. En la actualidad el empleo de este sistema o forma de tratar de solucionar la visibilidad, no satisface a plenitud su objetivo, no obstante su empleo aun es bastante profuso. Como prueba se tiene los ejemplos anteriormente mencionados de las salas de espectáculos modernas.

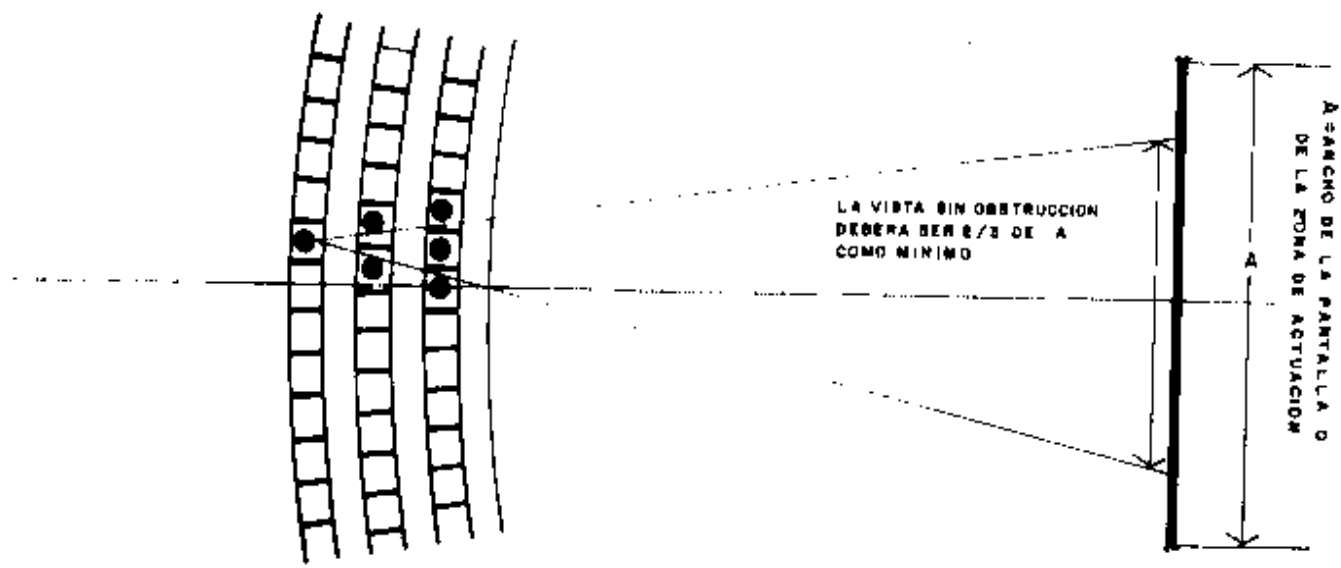
En la actualidad y en la práctica se comprueba que su empleo resuelve el problema de la visibilidad a medias. Utilizar este sistema implica partir del supuesto de que las personas o espectadores participan sin moverse, en forma fija en su lugar y que por lo tanto el espectador de la fila de atrás, tendrá oportunidad de ver por en medio de las cabezas de los que están ubicados inmediatamente adelante. Sin embargo, basta (este caso se da más que todo en los cines) que una pareja de enamorados participe

del espectáculo para que la persona que se encuentra localizada en la butaca inmediatamente atrás de ellos, tenga nada o casi nada de visibilidad ya que esta obstruido el ángulo visual que en el diseño se le asignó. Este espectador, en su afán de observar, obstaculizará al inmediato posterior y así sucesivamente, se rompe el esquema. Se llega pues a la conclusión de que este sistema si bien es cierto que trata de resolver el problema de la visibilidad, lo soluciona en forma parcial; por lo tanto, no brinda la plena o máxima comodidad buscada. Ver gráfica No. 2.

Este sistema de cálculo de isóptica vertical se realiza mediante el siguiente procedimiento:

- 1.- Se realiza un cálculo isóptico, solo que no se calcula para filas consecutivas, sino que, en forma alterna de tal manera que, para dos filas continuas existe una misma visual o un mismo nivel.
- 2.- Se efectúa un cálculo por medio de tablas de porcentaje, del ancho de la escena visible entre las cabezas. Esto es en función al espaciamiento de respaldo de butacas, así como también en función de la distancia de ubicación de la fila respecto a la pantalla o proscenio. Con esto se llega a definir un ancho específico para los asientos.
- 3.- Dicho ancho según se especifica, deberá proporcionar una visual sin obstrucción, no menor a los dos tercios del ancho de la pantalla o de la zona de actuación.
- 4.- De tal situación, los asientos deberán necesariamente estar ubicados a tresbolillo (ver gráfica No. 2), ya que cada espectador ve entre las cabezas de los que están directamente adelante; y sobre las cabezas de los que están dos filas adelante (3). En la planta y sección del Teatro "SCALA de Bogota, vemos el ejemplo típico de esta solución.

(3) Op. cit. Sleeper, Harold R. pp 99 y ss.



GR.FICA 2 COLOCACION DE BUTACAS A TRESBOLILLO

La isóptica tal como se concibe de acuerdo a su definición etimológica, viene a revolucionar la forma de resolver el problema de la visibilidad. La palabra significa igual visión e igual aspecto de lo que se observa.

Rigurosamente hablando, no se puede pretender que todos los espectadores tengan la misma oportunidad de visión desde distintos puntos de una gradería; sin embargo, lo que si es factible o si es un hecho, es que podemos lograr una vista total de lo que se observa desde distintos puntos o lugares de ubicación.

Todos los tipos de actividad humana no importando la naturaleza de la misma, tienen un punto de coincidencia a manera de común denominador, a saber: las personas que participan necesariamente deben mirar hacia un lugar determinado. Prestar atención al objeto de conocimiento; ya que toda actividad humana o el proceso de desarrollo y evolución humano conlleva el conocimiento. Este no es más que el reflejo del mundo en la mente de las personas, reflejo obtenido por medio de las sensaciones, que se adquiere a través de los sentidos y es uno de los más importantes la vista. Es a través de la vista que logramos concebir el concepto de espacio. Por tal razón, el que una persona tenga adecuada visión de lo que acontece, debe ser de primordial importancia en el estudio de una sala de espectáculos.

Estos distintos lugares de reunión de personas, se dan formas variables de acondicionarlas, según sea la naturaleza del lugar y el tipo de actividad. Entre las distintas formas, las principales son:

LOS PLANOS HORIZONTALES

LOS PLANOS INCLINADOS

LAS GRADERIAS

Los planos horizontales, así como los planos inclinados, no obedecen necesariamente a un trazo isópti-

co vertical; puesto que toda isóptica vertical implica un trazo curvo.

En muchos casos la disposición de los lugares de ubicación de las personas, se hace en forma de gradas. En otros, dichas gradas se omiten -dependiendo de la pendiente-, sustituyendola por un plano inclinado. Cuando hablamos de un plano inclinado como en este caso, se refiere a una superficie curva. La forma resultante que resuelve la visibilidad siempre será una curva; curva que dependerá su forma según sea - el caso y la solución.

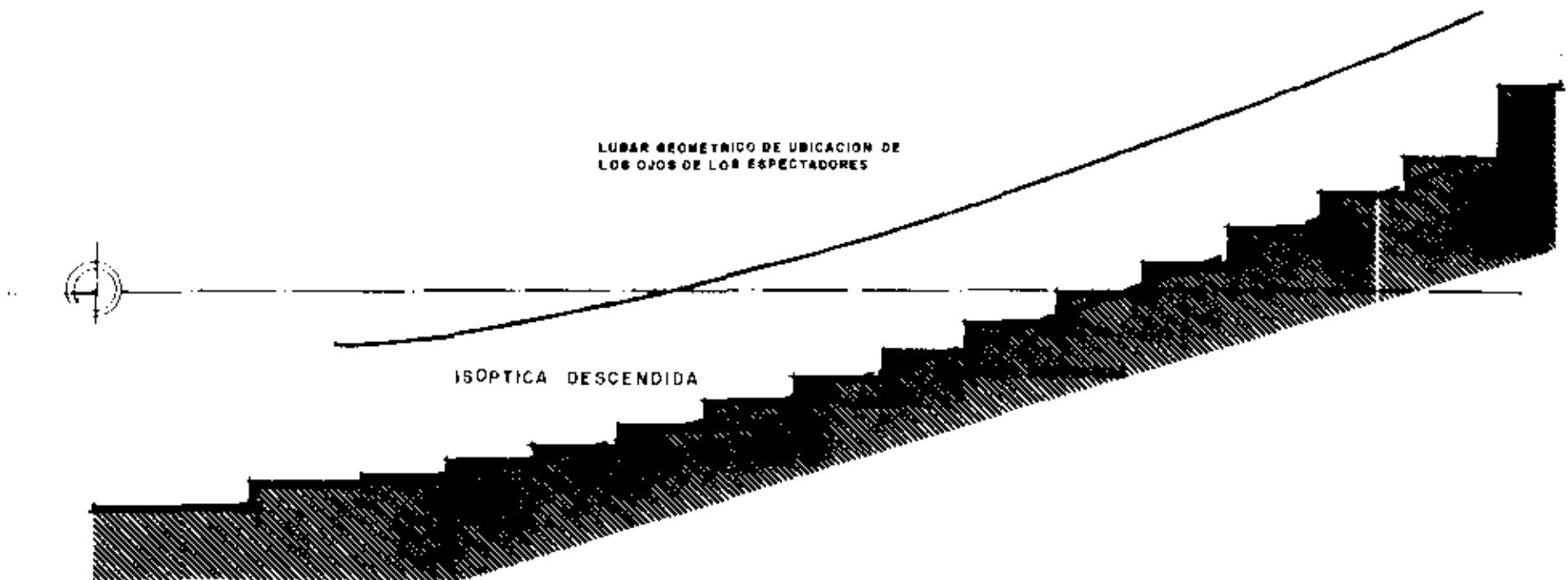
El plano curvo o la gradería es la expresión de la isóptica que lo resuelve, pero no es propiamente la isóptica. La isóptica está dada por el lugar geométrico de ubicación de los ojos de los espectadores. La gradería es la proyección de la isóptica a través de ubicar los niveles de la misma descendidos en la distancia promedio que previamente se ha definido como la altura de los ojos del espectador con respecto al piso donde ellos se ubican.

En tal virtud, se puede definir a la isóptica de la siguiente manera:

La isóptica es la curva formada por el lugar geométrico de ubicación de los ojos de los espectadores, expresado en los asientos de los mismos y que nos permite lograr la total visibilidad de los objetos observados por todos y cada uno de los espectadores.

En el estudio y análisis que se realiza al momento de diseñar cualquier lugar que tenga por objeto la agrupación de personas con el fin de participar en determinado evento. Se va a encontrar la necesidad de aplicar dos clases de isópticas, siendo estas:

- ISOPTICA VERTICAL
- ISOPTICA HORIZONTAL.



GRAFICA 3 ISOPTICA Y SU PROYECCION

CAPITULO SEGUNDO

ISOPTICA VERTICAL

PARTES QUE COMPONEN LA ISOPTICA

VERTICAL

TRAZO GRAFICO DE LA ISOPTICA -

VERTICAL.

ISOPTICA VERTICAL:

Para el análisis y trazo de esta isóptica, se utiliza la sección longitudinal del edificio. En dicha sección se localizan las líneas visuales, como también la ubicación exacta de los espectadores.

De la isóptica vertical existen tres casos:

PRIMER CASO: El nivel del ojo del observador está más bajo que el nivel del punto observado. Este caso es el más indicado a usar en las salas cinematográficas.

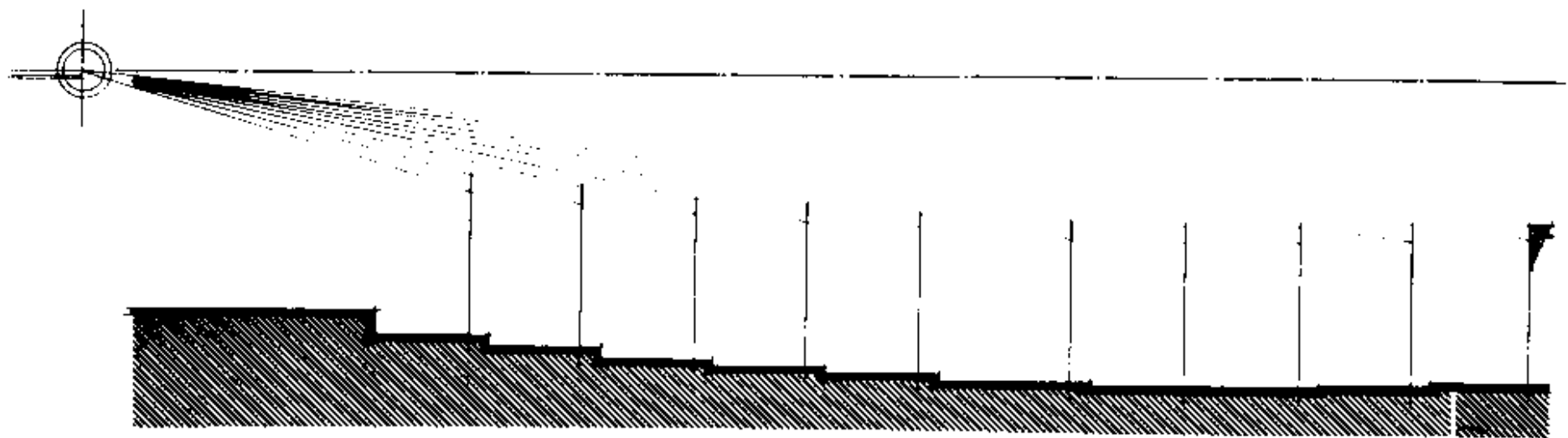
SEGUNDO CASO: El nivel del ojo del primer espectador o espectador localizado en la primera - fila coincide con el nivel del punto observado.

TERCER CASO: El nivel del ojo del espectador situado en la primera fila está más alto que el nivel del punto observado. Este caso es el más adecuado de usar en los teatros..

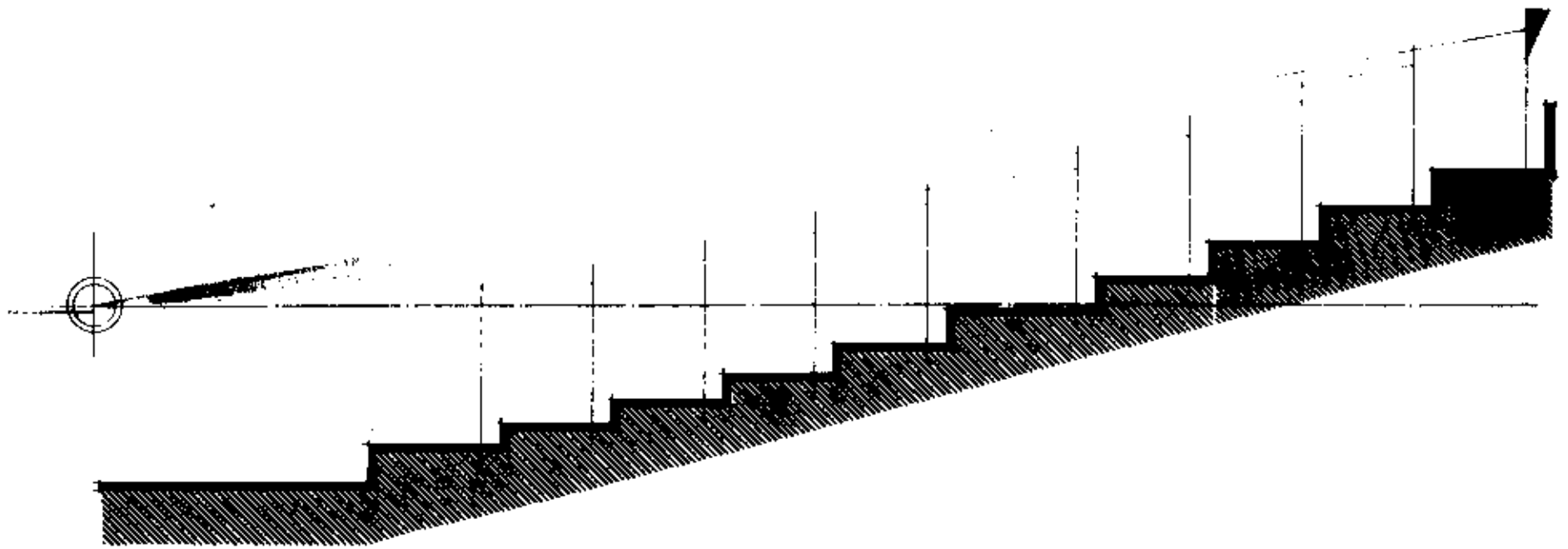
Ver gráficas 4, 5, 6 respectivamente.

ELEMENTOS PRINCIPALES DE QUE CONSTA LA ISOPTICA VERTICAL:

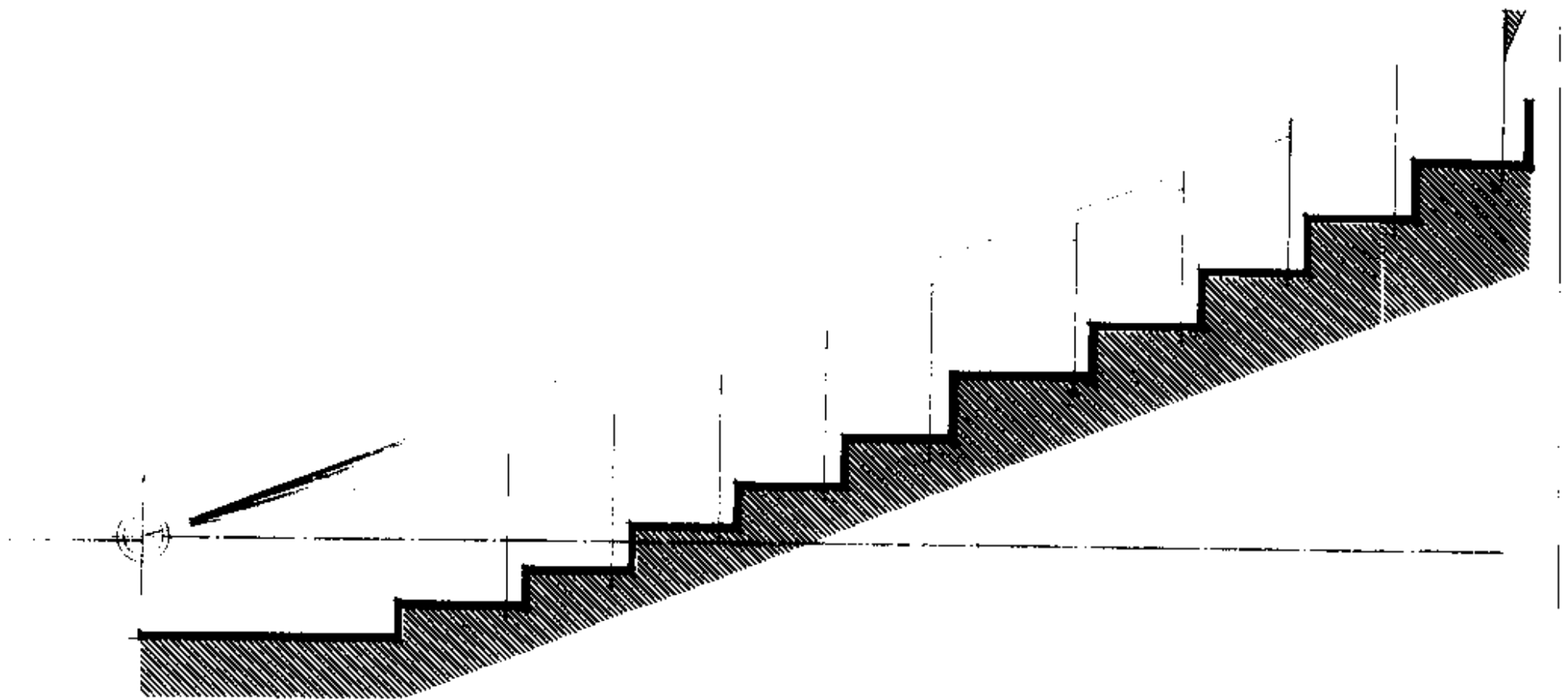
- 1.- DISTANCIA HORIZONTAL AL PUNTO OBSERVADO
- 2.- ALTURA O NIVEL RESPECTO AL PUNTO OBSERVADO
- 3.- PUNTO OBSERVADO O FOCO
- 4.- DISTANCIAS DE LAS FILAS ENTRE SI



GRAFICA 4 PRIMER CASO DE ISOPTICA



GRAFICA 5 SEGUNDO CASO DE ISOPTICA



GRAFICA 6 TERCER CASO DE ISOPTICA

5. MEDIDA DEL OJO A LA PARTE SUPERIOR DE LA CABEZA

6. PLANOS VISUALES.

Estas partes de que consta la isóptica se definen de la siguiente manera:

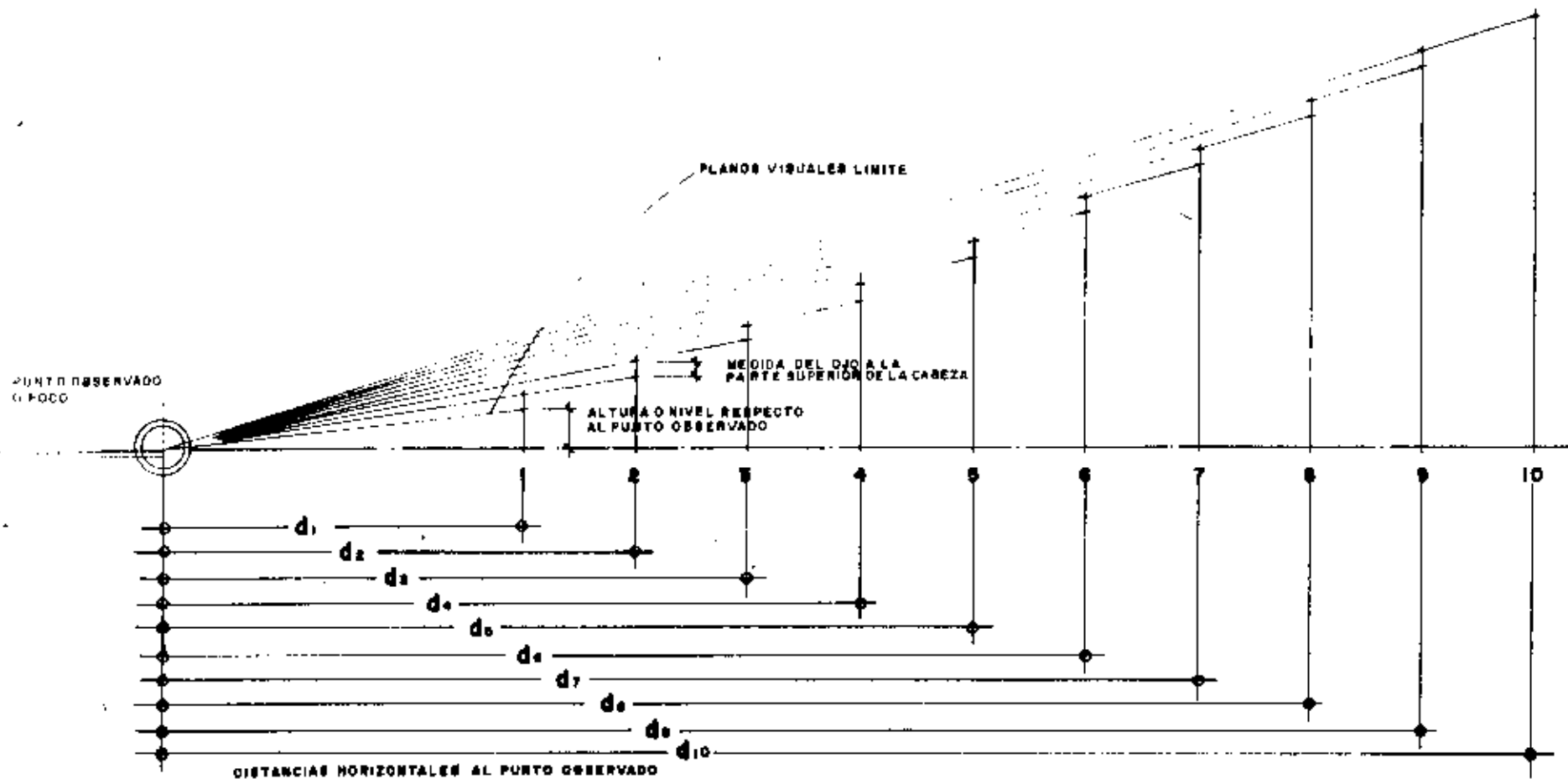
1. DISTANCIA HORIZONTAL AL PUNTO OBSERVADO: Se refiere a la distancia a que está ubicada cada fila respecto al punto observado. Cada fila se identifica con cada espectador.
2. ALTURA O NIVEL RESPECTO AL PUNTO OBSERVADO: Se refiere a la distancia o diferencia de nivel entre el ojo del espectador y el del punto observado, que es el nivel que se toma de base.
3. PUNTO OBSERVADO O FOCO: Es el punto del cual parten todas las visuales hacia los espectadores. Este punto o foco se localiza en la parte inferior del objeto observado o en algunos casos es mejor considerarlo más bajo; ésto es, cuando el objeto observado es vertical tal como: Presentación de ballet, teatro, cine, etc.

En el caso de objetos horizontales, tales como: Las canchas deportivas, el foco se debe de localizar en el límite de éstos o si fuera factible se localizará lo más cerca posible del primer espectador. La ubicación de este punto es de suma importancia, por cuanto que ello coadyuvará a resolver los problemas que ocasionan, el apareamiento de una persona alta o de una persona más baja de lo previsto. Es por ello que para su fijación se debe de considerar un margen de separación bastante apropiada entre el punto observado y el objeto observado.

En la realidad, es decir, en tres dimensiones el foco o punto observado es una línea que abarca toda la pantalla o zona de actuación y que es paralela a la cuerda de las filas de espectadores, si en planta éstas tienen forma curva.

Un aspecto que es de mucha importancia considerar es que el punto observado es fijo para todas las isópticas que tenga un proyecto. Algunas personas que han estudiado el tema consideran que el punto observado o foco es fijo para la galería o palcos, no así para la platea. Sin embargo para poder definir adecuadamente una isóptica hay que partir de un punto o foco fijo, de lo contrario, -- utilizando uno "flotante" no se logra solucionar adecuadamente la visibilidad.

4. DISTANCIA DE LAS FILAS DE ESPECTADORES ENTRE SI: Estas distancias las especifican los reglamentos y códigos. Los reglamentos de Estados Unidos y Europa, especifican una separación no menor de 86 centímetros, no obstante es recomendable utilizar 90 centímetros. Esta separación no necesariamente deberá considerarse constante; ya que ésta puede variar si así lo considera el diseñador, o bien existen condiciones que obligan a romper con la secuencia de separación. En el trazo de la isóptica, todas las distancias de las filas son referidas al punto observado. Se debe tener en cuenta que el lugar de ubicación de los espectadores es matemáticamente preciso, basta desubicarlos del lugar preciso obtenido en el cálculo, para que como consecuencia pierda la amplitud de la visibilidad prevista o quizás en algunos casos gane más amplitud; pero lo que sí es cierto es que ello implicará complicaciones que con un poco de cuidado son salvables. El error frecuente es que en los proyectos se dan las mismas distancias para los espectadores que para el peralte de las gradas, es decir se confunden estas medidas y se toman como una sola. La distancia del peralte de la grada con respecto al punto observado será igual a tomar la distancia del observador más una cantidad de terminada que será constante para la ubicación de todos los peraltes de las gradas.
5. MEDIDA DEL OJO A LA PARTE SUPERIOR DE LA CABEZA: Esta dimensión, en el cálculo de la isóptica se considera constante para todos los espectadores. Se puede llegar a establecer ya sea tomando el



GRAFICA 7 ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA ISOPTICA VERTICAL

promedio de entre todos los espectadores o bien, tomando la medida mayor que se obtenga. Sin embargo, los reglamentos la definen, oscilando entre 8 a 13 centímetros. Según especificación recomendada por la compañía Philips (1), la medida a utilizar en los cinemas es: Para películas sin subtítulos, 8 centímetros y para películas con subtítulos, 10 centímetros.

Hay que considerar que mientras mayor sea esta medida, garantiza un margen de tolerancia que brindará seguridad respecto del trazo. Siendo otro de los factores que ayuda a solucionar el problema eventual de la existencia de la persona alta que obstruye la visibilidad, o bien el movimiento hacia adelante de las personas.

También se debe de tomar en cuenta las condiciones del diseño, muchas veces no es conveniente el tener una isóptica muy pronunciada por cuestiones de restricción espacial. A esta medida en los análisis matemáticos se le identifica con una letra, algunos usan la letra k, otros la letra p, se puede identificar con la letra que se crea más conveniente.

6. PLANOS VISUALES: Se entiende por éstos, los límites visuales arriba de los cuales no existen problemas de visibilidad; abajo de este límite, se considera la existencia de obstáculos y problemas para ver. El plano límite se ubica a nivel de la cabeza del espectador que se encuentra inmediatamente adelante. En tal sentido, aquellas visuales que pasan entre las cabezas de los espectadores no son tomadas en cuenta.

1 Cía. Philips. Proyecto de Cinematógrafos. División de Electroacústica. Eindhoven, Holanda. 1965, p.9.

COMO SE TRAZA EN FORMA GRAFICA LA ISOPTICA VERTICAL:

1. Se fija el punto observado; habrá que tomar en cuenta el tipo de evento a efectuarse para su fijación.
2. Se trazan las distancias de la ubicación de los espectadores respecto al punto observado, y se representan a través de líneas verticales. La distancia de separación entre cada espectador según se especifica en los distintos catálogos y libros, no debe ser menor a 86 centímetros. Normalmente, la separación usada es de 90 centímetros y es la más común (esto es cuando existen butacas), ya que la separación deberá ser determinada según sea requerido por las necesidades a satisfacer.
3. Se fija la altura del ojo del primer espectador, según sea el tipo de instalación que se esté diseñando. Dicha altura está condicionada primeramente por la posición del espectador, que puede ser parada, sentada, hincada; y también por el tipo de butaca, o si está directamente sentada en la grada, en fin, ésta altura habrá que determinarla tomando en consideración estos factores. Al hacer el cálculo en forma gráfica de la isóptica, la altura del espectador se fijará de los ojos al nivel del piso donde tiene ubicado los pies. Los libros que tratan al respecto, fijan la altura para personas sentadas en butacas entre 107 y 112 centímetros. Para personas paradas se fija en 165 centímetros.
4. Teniendo ya resuelto los puntos anteriores, se procede a trazar la línea visual del primer espectador, partiendo de ésta hacia el punto observado.
5. En la línea vertical que representa al primer espectador, se marca la medida de la constante, correspondiente de los ojos a la parte superior de la cabeza, arriba de la altura que corresponde

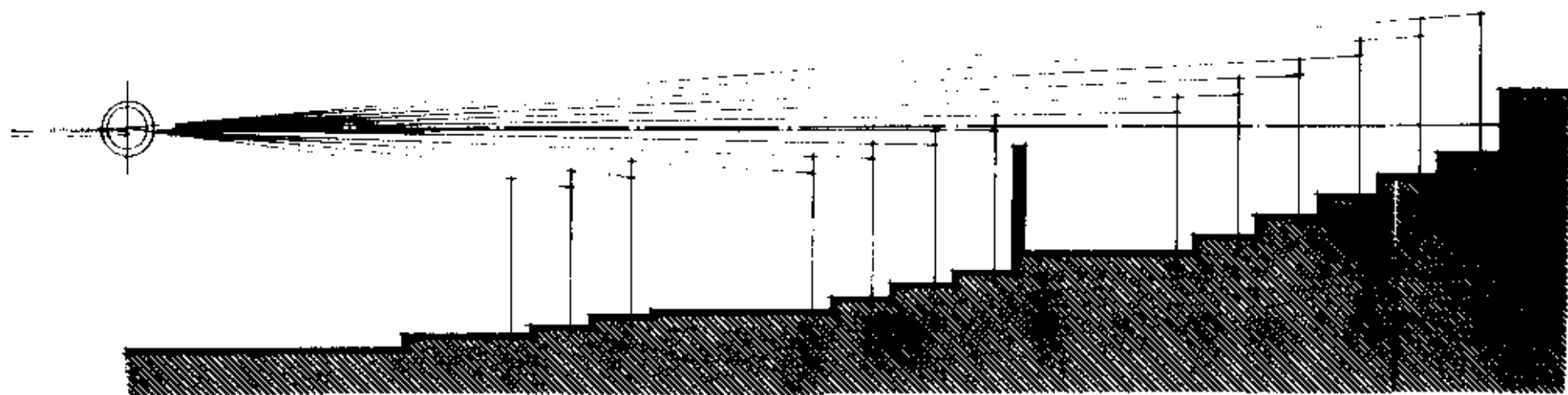
al ojo de éste.

6. Se procede a trazar la visual del siguiente espectador. Partiendo del punto observado, se pasa por la parte superior de la constante, hasta que dicha línea visual intercepte la siguiente línea vertical que representa al espectador inmediato posterior, se marcan los 112 cms. y de esa manera se define la gradería con sus respectivos peraltes.
7. De la misma manera se procede a repetir los pasos 5 y 6 con todos y cada uno de los siguientes espectadores, hasta llegar a la última fila.
8. La unión de todos estos puntos representará una línea curva, la cual es ni más ni menos que la isóptica propiamente dicha.

Si se opta por utilizar el método gráfico para el cálculo de la isóptica, deberá de trabajarse utilizando una escala lo suficientemente grande, ya que ello nos dará mayor exactitud de trazo.

La definición de la isóptica, expresa la existencia de continuidad en el trazo curvo, es decir, que la visual de cada espectador dependerá del espectador ubicado inmediatamente adelante, no importando la variación de distancias entre uno y otro. Muchas veces, esta variación de distancias se debe a la existencia de pasillos o de obstáculos que hay que salvar, por ejemplo: Los pretilos. Pero siempre que la visual de un espectador dependa del anterior, se habla de una misma isóptica.

En el momento en que al salvar un obstáculo, se pierda la dependencia de visuales entre espectadores, en ese momento finaliza una isóptica y se origina otra. Tenemos entonces, que en una sola platea o lunetario, se puede dar el caso de más de una isóptica. Si esto sucede o puede suceder en una platea, ya no digamos para un proyecto en el que existen palcos y que existirán tantas isópticas como sea nece



GRAFICA 8 ISOPTICA CONTINUA

cesario.

Lo que sí hay que destacar por la importancia que merece es, que por muchas isópticas que se tengan en un proyecto, todas deben de partir de un solo punto, del punto observado que previamente ha sido fijado. No se deberá fijar un punto para cada isóptica, por ejemplo: Un punto observado para la isóptica de la platea, un punto observado para la isóptica del palco uno, etc., para todos se fija un solo punto; en otras palabras, todas las isópticas parten de un solo punto observado o foco. Esto es válido para cines, teatros, salones de clase. Para análisis de instalaciones como estadios, gimnasios, etc., el criterio del cual se deberá partir es distinto. En estos casos, para la fijación de los puntos observados, es necesario considerar lo que anteriormente se ha expresado en lo referente al punto observado.

CAPITULO TERCERO

ANALISIS MATEMATICO PARA EL

CALCULO DE LA ISOPTICA VERTICAL

FORMULA 1

FORMULA 2 Y SU DEDUCCION

FORMULA 3 Y SU DEDUCCION

FORMULA 4 Y SU DEDUCCION

ANALISIS MATEMATICOS PARA EL CALCULO DE LA ISOPTICA VERTICAL:

Para el cálculo de la isóptica vertical existen varias fórmulas matemáticas que han sido desarrolladas por diferentes personas, todas estas fórmulas parten de los mismos principios y buscan los mismos objetivos con variaciones particulares.

El Arquitecto Escalante (2), plantea dos formas de cálculo matemático que son: la fórmula progresiva y la fórmula directa. Hay otras fórmulas para el cálculo matemático como la presentada por la Compañía Philips por ej.

Para la aplicación de éstas fórmulas es conveniente trabajar todos los datos en centímetros, así como utilizar en el cálculo varios decimales, esto se recomienda así, ya que el cálculo debe de ser preciso, otorgándole el mínimo de margen al error debido a que las aproximaciones en las operaciones, quizás en una solo no afecta nada pero ya para una cantidad determinada de aproximaciones acumuladas, el error - si afectará ostensiblemente al resultado final, viniendo esto a afectar la buena solución de la visibilidad.

FORMULA 1:

Esta fórmula, como se podrá apreciar en la gráfica No. 9., -Gráfica de Deducción-, es igual a la fórmula No. 2; la única variante esta en la simbología utilizada para expresarla.

Esta fórmula expresa que: LA ALTURA DE CUALQUIER ESPECTADOR "n" PARTIENDO DE LA FILA SEGUNDA, ES IGUAL A LA DISTANCIA DE DICHO ESPECTADOR RESPECTO DEL PUNTO OBSERVADO MULTIPLICADA POR LA SUMA DE LA ALTURA DEL ESPECTADOR "n-1" MAS LA CONSTANTE k Y DIVIDIDO ENTRE LA DISTANCIA DEL ESPECTADOR "n-1".

(2) Alvarado Escalante, Luis. ISOPTICAS Técnica en el proyecto de óptima visibilidad para espectadores
Mexico: Eo. Trillas. 1er. tomo P.P. 65 y s.s.

$$h' = \frac{d'(h+k)}{d}$$

en la cual:

h' = a la altura de los ojos de los espectadores en cada fila sucesiva.

d' = a la la distancia de los espectadores respecto al punto base

h = a la altura de los ojos de los espectadores de la fila anterior a la que se calcula.

k = a la altura de los ojos a la parte superior de la cabeza.

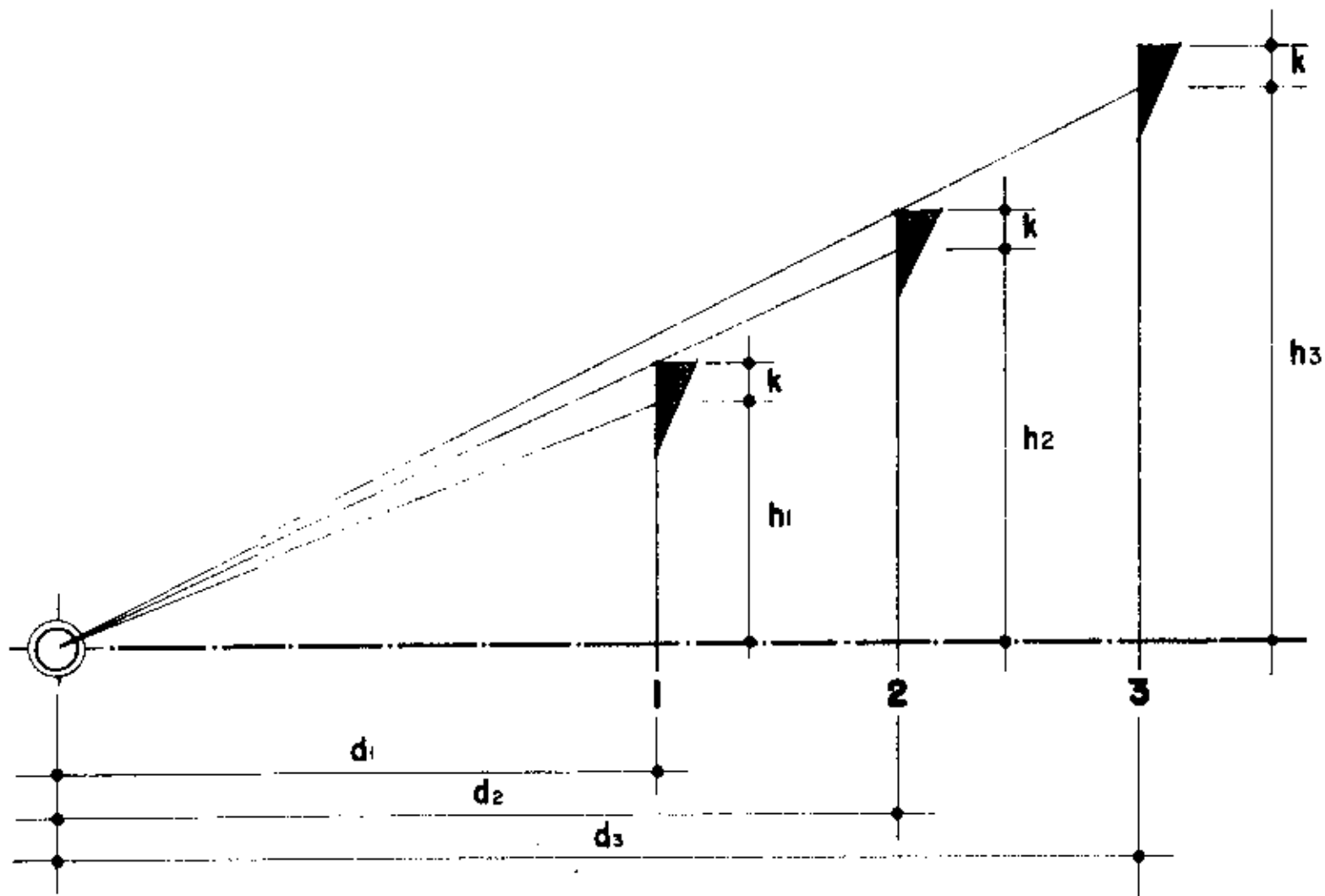
d = a la distancia al punto base para el trazo de los espectadores ubicados en la fila anterior a la que se calcula.

La deducción de esta fórmula es exactamente igual a la de la fórmula No. 2, la diferencia que existe esta en la simbología empleada.

FORMULA 2:

Fórmula Progresiva: el nombre de fórmula progresiva se debe al hecho de que hay que usarla en forma consecutiva para todas las filas. Es decir, comenzando con la primera fila, se calcula fila por fila en orden correlativo, hasta llegar a la última y así obtener los niveles de todas y cada una de las filas. Se debe recordar que, cada espectador está ubicado a una distancia determinada respecto al punto-observado.

En el Cálculo matemático, la altura del espectador se toma referida al nivel del punto observado. En dicho cálculo se parte conociendo los siguientes datos: altura del primer espectador respecto al punto observado. la altura de los ojos a la parte superior de la cabeza que es constante y la distancia del primer espectador respecto al punto observado. Utilizando los datos anteriores y haciendo semejanza de triángulos se obtiene:



GRAFICA 9 DEDUCCION DE LA FORMULA PROGRESIVA

$$\frac{h_2}{d_2} = \frac{h_1 + k}{d_1} \quad \therefore \quad h_2 = d_2 \frac{(h_1 + k)}{d_1}$$

Esta fórmula como se podrá apreciar en los ejemplos de aplicación, da como resultado los distintos niveles de ubicación de los ojos de los espectadores con respecto al nivel base que es el nivel del punto observado. De preferencia, se debe de tratar que el nivel del punto observado sea el nivel 0.00 del proyecto.

Es importante tener en cuenta los signos para las operaciones, así como también, el caso de isóptica analizado.

Se tiene que: para el primer caso, la altura del primer espectador será negativa o estará bajo el nivel base.

Para el segundo caso, la altura del primer espectador será el nivel 0.00, ya que coincide con el nivel del punto base y todas las alturas están referidas a dicho nivel.

Para el tercer caso, la altura del primer espectador será positiva, por cuanto que está sobre el nivel del punto observado.

Para una aplicación adecuada y ordenada de la fórmula, el Arq. Alvarado Escalante recomienda el uso de un cuadro de trabajo (ver gráfica No. 10).

Luego de tener calculada la isóptica, habrá que descenderla; es decir, se deberá de encontrar los niveles reales o de construcción. Esta operación se realiza disminuyendo a cada nivel isóptico, la dimensión fijada para la altura de los ojos del espectador respecto al piso donde esta ubicado.

FORMULA 3:

A esta fórmula se le denomina fórmula directa y se pretende efectuar el cálculo en una forma más rápida. Puede ser empleada en la misma forma que la anterior, es decir, iniciando por el segundo espectador sucesivamente hasta concluir con el último. Si embargo lo que se pretende es el poder calcular cualquier nivel deseado o el nivel de cualquier fila, sin necesidad de efectuar el cálculo de todas las que le anteceden. Basta conocer los datos del primer espectador o fila o bien del último, según sea el caso para encontrar el nivel de cualquier fila.

DEDUCCION DE LA FORMULA:

- 1.- Determinadas las filas y sus respectivas distancias respecto del punto observado.
- 2.- Determinada la altura o nivel del ojo del primer espectador respecto al nivel del punto observado.
- 3.- Definida la constante "k".

Con estos datos, como se muestra en la gráfica No. 11., se forman triángulos al prolongarse en su proyección a la vertical que representa la altura del último espectador o espectador n; de tal suerte la vertical que representa al último espectador será igual a la suma de las proyecciones de las constantes "k" de los espectadores 1 al n-1 más la altura del primer espectador, tomada ésta del nivel base a la altura de los ojos de dicho espectador.

Al igual que para la fórmula anterior, para ésta también se propone el uso de un cuadro de trabajo a fin de agilizar el cálculo por medio de un adecuado ordenamiento en sus operaciones. El cuadro propuesto para esta fórmula se muestra en la gráfica No. 12.

El enunciado de la fórmula será:

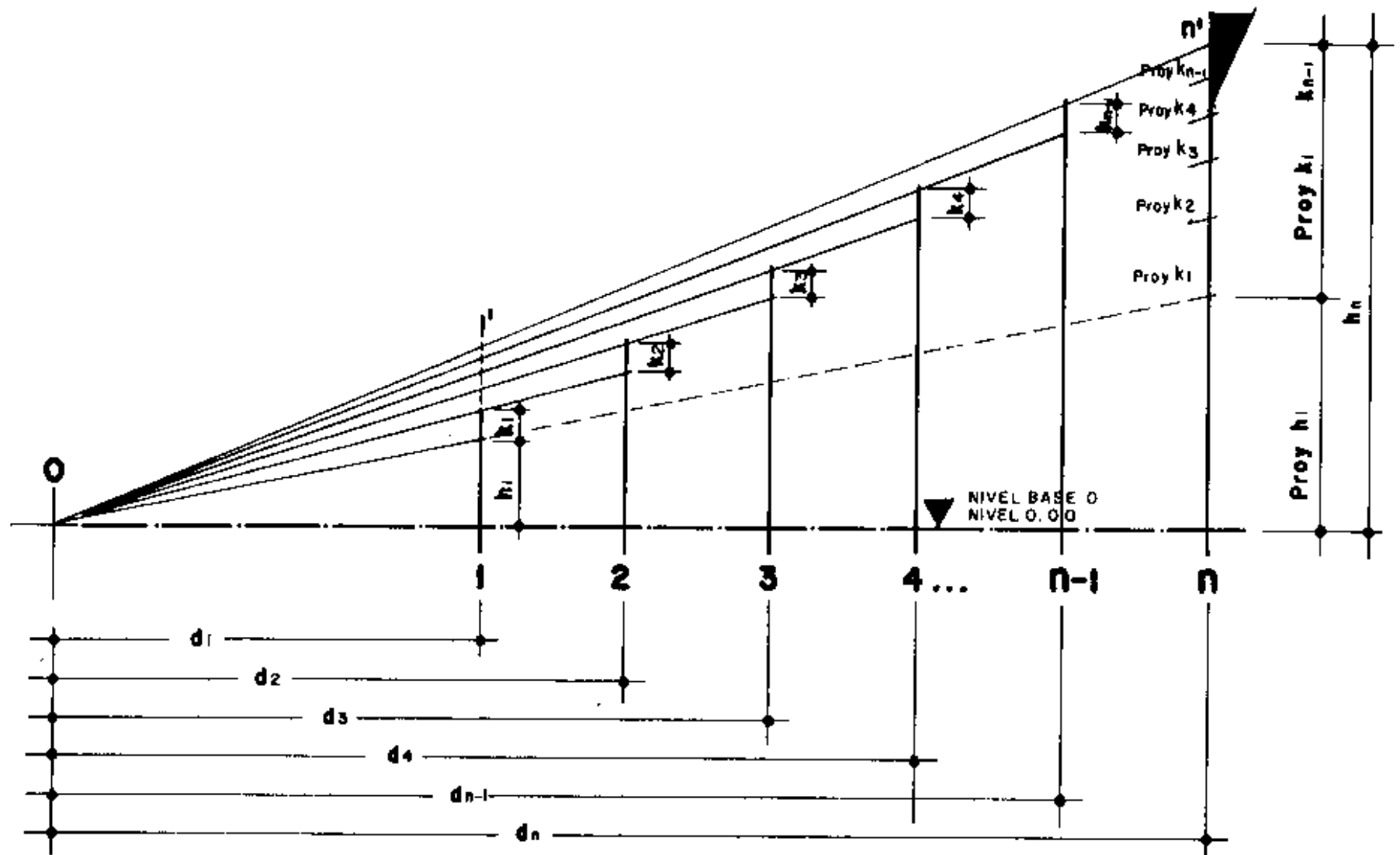
"La altura 'n' de un espectador cualquiera, es igual a la distancia de dicho espectador - respecto del punto observado multiplicado por la suma de la altura del primer espectador - dividido entre su distancia respecto del punto observado más el producto de la constante - k, por la suma de recíprocos de las distancias del primer espectador al penúltimo especta- dor".

Al realizar el cálculo se debe tener muy en cuenta que:

Para el primer caso, h_1 es negativa y hay que tomar en cuenta el signo negativo al momento de efectuar las operaciones algebraicas.

Para el segundo caso, donde h_1 es igual a cero, la fórmula se simplifica, ya que $h_1 \cdot d_1$ se anula.

Para el tercer caso, habrá que tomar en consideración los signos, aunque por ser positiva h_1 , es menos problemático el cálculo.



GRAFICA II DEDUCCION DE LA FORMULA DIRECTA

POR TRIANGULOS SEMEJANTES:

EL TRIANGULO $\overline{O I I'}$ = AL TRIANGULO $\overline{O P P'}$

DE DONDE SE PUEDE HACER LAS SIGUIENTES RELACIONES:

$$\begin{array}{ll} h_1 & \frac{h_1}{d_1} = \frac{\text{Proy}_n h_1}{d_n} & \text{Proy}_n h_1 = \frac{h_1 d_n}{d_1} \\ k_1 & \frac{k_1}{d_1} = \frac{\text{Proy}_n k_1}{d_n} & \text{Proy}_n k_1 = \frac{k_1 d_n}{d_1} \\ k_2 & \frac{k_2}{d_2} = \frac{\text{Proy}_n k_2}{d_n} & \text{Proy}_n k_2 = \frac{k_2 d_n}{d_2} \\ k_3 & \frac{k_3}{d_3} = \frac{\text{Proy}_n k_3}{d_n} & \text{Proy}_n k_3 = \frac{k_3 d_n}{d_3} \\ k_{n-1} & \frac{k_{n-1}}{d_{n-1}} = \frac{\text{Proy}_n k_{n-1}}{d_n} & \text{Proy}_n k_{n-1} = \frac{k_{n-1} d_n}{d_{n-1}} \end{array}$$

AL SUMAR SE OBTIENE:

$$\text{Proy}_n h_1 + \text{Proy}_n k_1 + \text{Proy}_n k_2 + \text{Proy}_n k_3 + \text{Proy}_n k_{n-1} = \frac{h_1 d_n}{d_1} + \frac{k_1 d_n}{d_1} + \frac{k_2 d_n}{d_2} + \frac{k_3 d_n}{d_3} + \frac{k_{n-1} d_n}{d_{n-1}}$$

COMO k ES CONSTANTE, SE TIENE QUE

$$k = k_1 = k_2 = k_3 = k_{n-1}$$

FACTORANDO:

$$\text{Proy}_n h_1 + \text{Proy}_n k_1 + \text{Proy}_n k_2 + \text{Proy}_n k_3 \dots + \text{Proy}_n k_{n-1} = \frac{h_1 d_n}{d_1} + k d_n \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_3} \dots + \frac{1}{d_{n-1}} \right)$$

SIMPLIFICANDO:

$$\text{Proy}_n h_1 + \sum \text{Proy}_n k_1 \rightarrow k_{n-1} = d_n \left(\frac{h_1}{d_1} + k \left[\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_3} \dots + \frac{1}{d_{n-1}} \right] \right)$$

COMO

$$h_n = \sum \text{Proy}_n k_1 \rightarrow k_{n-1} + \text{Proy}_n h_1$$

ENTONCES

$$h_n = d_n \left(\frac{h_1}{d_1} + k \sum \text{reciprosos } d_1 \rightarrow d_{n-1} \right)$$

"Para transformar los niveles obtenidos en los niveles del proyecto, se suman algebraicamente la diferencia entre el nivel cero del proyecto y el nivel del punto observado con respecto a dicho nivel cero del proyecto". (3)

A dicha diferencia se le resta la constante de la altura del ojo respecto al piso de la grada. El dato obtenido de esta diferencia se suma algebraicamente a cada uno de los niveles de los ojos de los espectadores obtenidos.

Habiendo encontrado ya los niveles reales, se sacan los distintos peraltes de las gradas. Ya que en las graderías que son resultado de una isóptica descendida, el peralte de las gradas no es constante. La fórmula No. 3, normalmente se aplica comenzando del segundo espectador hasta llegar al último, es decir, que su aplicación es de adelante hacia atrás en forma consecutiva. No obstante, puede darse el caso de que existan restricciones que nos limiten la altura del último espectador hasta un nivel determinado, o bien para el último espectador, o última fila existe un nivel de construcción ya definido. En este caso entonces habrá necesidad de aplicar la fórmula en sentido contrario o inverso, es decir, de atrás hacia adelante. Comenzando con el penúltimo espectador sucesivamente hasta llegar a la primera fila; esto pues modificará la fórmula en la siguiente manera:

$$h_{(n-1)} = \frac{(h_n - k) d_{n-1}}{d_n}$$

(3) Op. cit. Alvarado Escalante, Luis. P. 73. Primer tomo.

Utilizando la fórmula con estas modificaciones se puede proyectar un aumento de filas hacia adelante partiendo de la primera fila, si así lo amerita el caso específico que se esté analizando.

FORMULA 4:

Existe otra forma de cálculo para la isóptica vertical, que se caracteriza por dar los niveles de los espectadores en una forma mucho más rápida y simplificada que las dos anteriores, con menor esfuerzo e igual grado de eficacia. Conociendo el nivel del primer espectador se puede conocer cualquier nivel - de cualquier fila, empleando el mínimo de dependencia operacional entre los distintos niveles, más que a través de la tabla se presenta en la gráfica No. 13

Esta forma de calcular la isóptica vertical fue concebida básicamente para cinematógrafos, no obstante puede ser utilizada en las salas diseñadas para otros tipos de espectáculos, siempre que la separación de las filas sea constante.

Con el objeto de simplificar y evitar confusiones, uniformizaré la nomenclatura empleada.

en este sistema o forma de cálculo se parte de:

1.- La definición matemática de la distancia entre la pantalla y la primera fila.

Es importante subrayar este primer elemento, por cuanto que esto es lo que la diferencia primordialmente de las otras fórmulas, las cuales asumen conocida la distancia entre la pantalla o el escenario y el primer espectador o fila. O bien, ésta se determina en relación al ancho de los mismos; también se determina en relación al alto de la pantalla (este tipo de especificaciones se expresan más detalladamente en la parte referente a la isóptica horizontal).

En las fórmulas No. 2 y No. 3, esta forma de determinar la distancia entre la pantalla y la primera

ra fila tiene plena aplicación; sin embargo hay que tener en cuenta las particularidades de cada proyecto específico, ya que puede ser que la distancia calculada matemáticamente no sea la apropiada por un sin fin de razones o circunstancias formales. Será pues el diseñador el que en última instancia resolverá lo que es más adecuado para cada proyecto particular, sin que ello implique sacrificar la buena visibilidad.

La definición matemática de la distancia de ubicación del primer espectador respecto de la pantalla se logra por medio de aplicar la siguiente fórmula:

$$f = \frac{1/2 h + (h_a - d)}{\text{tg } 25^\circ}$$

El significado de la fórmula es: "La distancia entre la primera fila y la pantalla es igual a la suma de la mitad de la altura de la pantalla más la diferencia entre la altura del borde inferior de la pantalla respecto del suelo menos la altura del nivel ocular de una persona sentada, todo ello dividido entre la tangente del ángulo visual".

Para su aplicación debemos conocer los siguientes datos:

Distancia de la primera fila respecto al punto observado que se designa con la letra f

Altura de la pantalla, que se designa con la letra h.

Altura del borde inferior de la pantalla respecto del nivel del suelo, esta altura se designa con la letra h_a. Según recomienda la Compañía Philips (4), ésta altura será de 150 centímetros para la proyección de películas sin subtítulos, siendo de 180 centímetros para películas con sub

(4) Op. cit. Cia. Philips. p.7.

títulos.

La altura del nivel ocular de una persona sentada, se designa con la letra d (de igual manera se puede designar la altura de una persona de pie o hincada).

Tangente del ángulo visual, se refiere al ángulo con el cual el espectador sentado en medio de la primera fila, ve el centro de la pantalla. Este ángulo según recomiendan los distintos libros - oscila de 25 a 30 grados.

2.- Distancia entre las filas. Se designa con la letra s. De este renglón ya me refería en una forma amplia anteriormente.

3.- La medida de los ojos a la parte superior de la cabeza, se designa con la letra K.

Para el cálculo se supone que la distancia entre cada dos filas entre la cuerda del arco de la pantalla y la primera fila son iguales, es decir, la separación entre las filas es constante a partir de la cuerda del arco de la pantalla y se supone la no existencia de pasillos transversales. No se debe de confundir esto, ya que la distancia de la primera fila hacia la cuerda de la pantalla previamente fue calculada por la fórmula anterior; para el cálculo, esa distancia se pondrá en función de la separación de las filas. En dicho efecto es que se supone esa distancia en el cálculo y así se tiene que la primera fila es y corresponde a un determinado número que identifica a x fila en la tabla.

En ese orden de cosas tenemos que las filas 2 a la fila n corresponderán a las filas $\frac{f}{s} + 1$, $\frac{f}{s} + 2$, $\frac{f}{s} + 3$... $\frac{f}{s} + n - 1$ respectivamente.

Conociendo los anteriores datos, se procede de manera sencilla a efectuar el cálculo isóptico.

La fórmula se enuncia de la siguiente manera:

VALORES DE ϕ PARA LAS DISTINTAS FILAS

| LN | .0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 1.083 | 1.104 | 1.122 | 1.142 | 1.164 | 1.184 | 1.207 | 1.222 | 1.240 | 1.258 |
| 2 | 1.263 | 1.286 | 1.312 | 1.331 | 1.349 | 1.366 | 1.382 | 1.401 | 1.420 | 1.436 |
| 3 | 1.450 | 1.469 | 1.487 | 1.505 | 1.521 | 1.537 | 1.554 | 1.571 | 1.587 | 1.602 |
| 4 | 1.618 | 1.636 | 1.652 | 1.667 | 1.682 | 1.697 | 1.712 | 1.727 | 1.741 | 1.755 |
| 5 | 1.770 | 1.784 | 1.797 | 1.810 | 1.823 | 1.835 | 1.847 | 1.859 | 1.870 | 1.881 |
| 6 | 1.892 | 1.903 | 1.914 | 1.924 | 1.934 | 1.943 | 1.952 | 1.961 | 1.969 | 1.977 |
| 7 | 1.985 | 1.993 | 1.999 | 2.006 | 2.013 | 2.019 | 2.025 | 2.031 | 2.036 | 2.041 |
| 8 | 2.046 | 2.051 | 2.056 | 2.061 | 2.065 | 2.069 | 2.073 | 2.077 | 2.081 | 2.084 |
| 9 | 2.088 | 2.091 | 2.094 | 2.097 | 2.099 | 2.102 | 2.104 | 2.106 | 2.108 | 2.110 |
| 10 | 2.112 | 2.114 | 2.116 | 2.118 | 2.119 | 2.120 | 2.121 | 2.122 | 2.123 | 2.124 |
| 11 | 2.125 | 2.126 | 2.127 | 2.128 | 2.129 | 2.129 | 2.130 | 2.130 | 2.131 | 2.131 |
| 12 | 2.132 | 2.132 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 13 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 14 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 15 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 16 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 17 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 18 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 19 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 20 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 21 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 22 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 23 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 24 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 25 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 26 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 27 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 28 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 29 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 30 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 31 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 32 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 33 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 34 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 35 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 36 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 37 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 38 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 39 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 40 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 41 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 42 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 43 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 44 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 45 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 46 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 47 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 48 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 49 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |
| 50 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 | 2.133 |

GRAFICA 13

DEDUCCION DE LA FORMULA

POR TRIANGULOS SEMEJANTES HACEMOS LAS SIGUIENTES RELACIONES:

$$\begin{array}{ll}
 h_1 & \frac{h_1}{A_1} = \frac{\text{Proyn } h_1}{A_n} & \text{Proyn } h_1 = \frac{h_1 A_n}{A_1} \\
 k_1 & \frac{k_1}{A_1} = \frac{\text{Proyn } k_1}{A_n} & \text{Proyn } k_1 = \frac{k_1 A_n}{A_1} \\
 k_2 & \frac{k_2}{A_2} = \frac{\text{Proyn } k_2}{A_n} & \text{Proyn } k_2 = \frac{k_2 A_n}{A_2} \\
 k_3 & \frac{k_3}{A_3} = \frac{\text{Proyn } k_3}{A_n} & \text{Proyn } k_3 = \frac{k_3 A_n}{A_3} \\
 k_4 & \frac{k_4}{A_4} = \frac{\text{Proyn } k_4}{A_n} & \text{Proyn } k_4 = \frac{k_4 A_n}{A_4}
 \end{array}$$

EFFECTUANDO LA SUMA SE OBTIENE:

$$\text{Proyn } h_1 + \text{Proyn } k_1 + \text{Proyn } k_2 + \text{Proyn } k_3 + \text{Proyn } k_4 = \frac{h_1 A_n}{A_1} + \frac{k_1 A_n}{A_1} + \frac{k_2 A_n}{A_2} + \frac{k_3 A_n}{A_3} + \frac{k_4 A_n}{A_4}$$

SIMPLIFICANDO

COMO K ES CONSTANTE, SE TIENE QUE $k = k_1 = k_2 = k_3 = k_4$

DE DONDE:

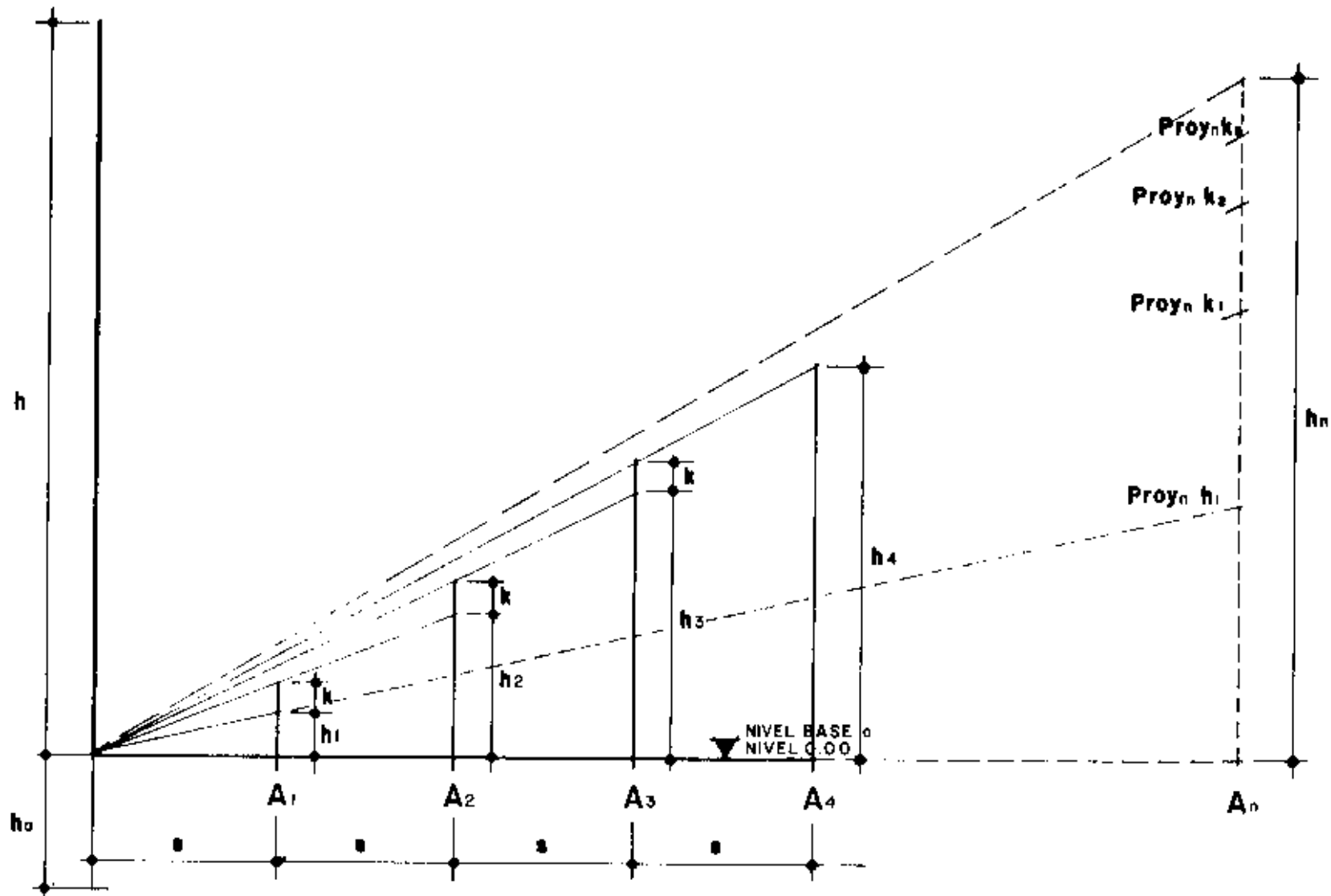
$$\text{Proyn } h_1 + \sum \text{Proyn } k_1 \dots k_4 = \frac{h_1 A_n}{A_1} + k A_n \left(\frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} + \frac{1}{A_3} + \frac{1}{A_4} \right)$$

COMO $A_1, A_2, A_3, A_4, A_n = \frac{f}{8}, \frac{f}{8} + 1, \frac{f}{8} + 2, \frac{f}{8} + 3, \frac{f}{8} + 4, \frac{f}{8} + (n-1) =$ ALAS FILAS 1, 2, 3, 4, n

Y $h_n = \text{Proyn } h_1 + \text{Proyn } \sum k_1 \dots k_4$

FACTORANDO $h_n = A_n \left(\frac{h_1}{A_1} + k \sum \text{reciprosos de las filas} \right)$ $\sum \text{reciprosos de las filas} = Q_n$

LA FORMULA ES: $h_n = n (h_1 + Q_n k)$



corres-
 suma-
 la cabe-

GRAFICA 14. DEDUCCION DE LA FORMULA No. 4

"La altura o nivel de un espectador cualquiera n es igual al producto del número de fila a que corresponde, multiplicado por la suma de la altura o nivel del primer espectador más el producto de la sumatoria de recíprocos de las filas multiplicado por la medida de los ojos a la parte superior de la cabeza".

CAPITULO CUARTO

ISOPTICA HORIZONTAL

TRAZO GRAFICO DE LA ISOPTICA

HORIZONTAL

ANALISIS MATEMATICO DE LA ISOPTICA

HORIZONTAL

ISOPTICA HORIZONTAL:

El problema de la visibilidad puede decirse está conformado por dos elementos, siendo ellos: La isóptica vertical y la isóptica horizontal. Por tal razón, no necesita tan solo la solución vertical, sino que se hace necesario solucionarla horizontalmente también. La isóptica horizontal, en lo que a teatros se refiere, en alguna medida su aplicación pasa desapercibida ya que siendo el patio de butacas relativamente angosto, la visibilidad se ve muy poco afectada por no decir nada. Esto sucede también en los cinematógrafos. En tal sentido, a manera general se puede tomar como válidas la aplicación de aquellas normas que especifican los tratados referidos al respecto; salvo en casos muy especiales en los que habrá necesidad de efectuar la curva con un análisis isóptico.

La isóptica horizontal, tiene plena aplicación en aquellas instalaciones amplias y grandes tales como: Los gimnasios, estadios, en fin todas las instalaciones deportivas en los que haya necesidad de los graderfos.

Con el estudio y análisis de la isóptica horizontal, se trata de brindar una adecuada comodidad por medio de solventar el problema de la visibilidad lateral. Básicamente la isóptica horizontal beneficiará en principio a los espectadores de las primeras filas a través de un trazo curvo en la colocación de las butacas en planta. En algunos casos no será necesario que la colocación de butacas forme una curva, éstas pueden quedar en línea recta; esta situación se puede dar en lugares que son muy angostos o también dependerán del tipo de espectáculo; sin embargo, bien vale la pena de efectuar el estudio isóptico horizontal a fin de poder determinar plenamente el tipo de arco que se presenta o si será una línea recta.

En el análisis de la isóptica vertical se considera el movimiento de espectadores hacia adelante.

En este caso, al igual que en la isóptica vertical, se debe de prever siempre la existencia de movimiento de los espectadores, este movimiento debe de considerarse que es hacia adelante ya que es éste el que causará problemas de obstrucción de visibilidad lateral, razón por la cual es objeto de estudio y análisis. El movimiento hacia los lados se desprecia, ya que no ocasiona problemas.

Las distintas personas que han dedicado parte de su actividad al estudio de estos problemas y de las técnicas que lo resuelven, han llegado a distintas conclusiones, las cuales son tomadas como normas y/o reglas que en alguna medida agilizan y garantizan eficazmente, dependiendo de requerimientos del diseño, la adecuada solución en su empleo; es así que se especifican los límites de la silletería para el ancho de la sala, debiendo estar dicho límite formando un ángulo de 80 grados como mínimo con la línea prolongada del proscenio. (1)

Existen varias normas o reglamentos que determinan la distancia a que se debe ubicar la primera fila respecto del borde del proscenio o bien de la cuerda que une los extremos del arco de la pantalla. Esto es con el fin de garantizar una adecuada visión en función de un ángulo visual determinado que proporciona comodidad a los espectadores localizados en la primera fila.

Sleeper (2) especifica, 1.8 veces el ancho de la pantalla o zona de escena o actuación para la ubicación del centro de la curvatura de las filas.

Se suele ubicar el centro de la curvatura especificado de la siguiente manera: Conciertos y ópera, el centro de curvatura estará localizado a 0.5 veces el ancho del proscenio o pantalla, a partir de este para atrás o bien una vez el ancho, pudiendo localizar el centro de la curvatura en cualquier parte de

(1) Op. cit. Sleeper Harold. p. 97

(2) Op. cit. Sleeper Harold. p. 97

este márgen.

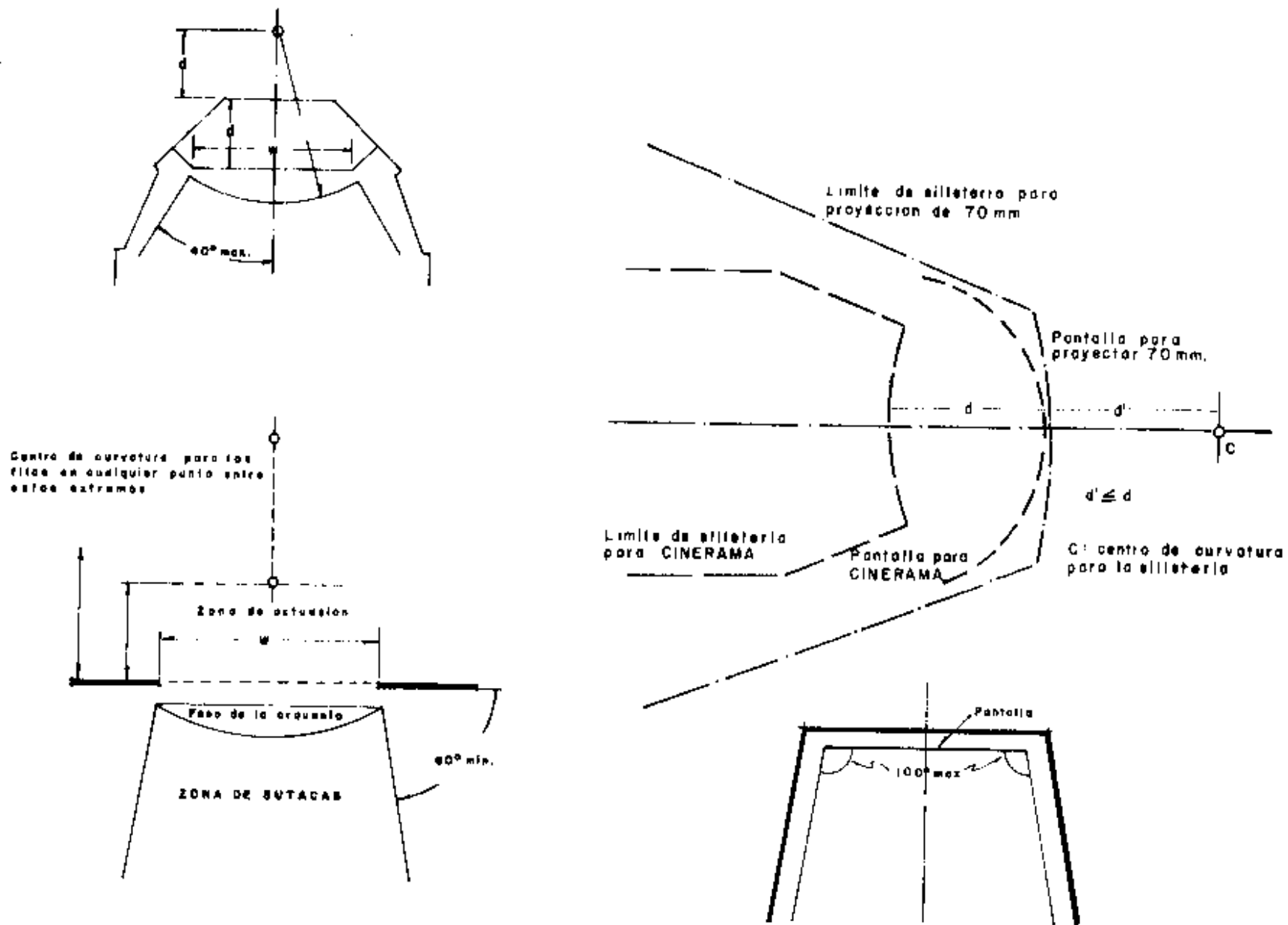
Otra forma es: Localizar el centro del radio de curvatura a dos veces la profundidad del escenario, es tando limitada el área de silletería por un ángulo máximo de 40 grados respecto del eje central longitu dinal. Se limita también para evitar distorsiones, la desviación visual respecto al eje longitudinal la que debe de ser menor o igual a 60 grados. (3)

Otros especifican primordialmente para salas cinematográficas que, la distancia de la primera fila es- tá en función de las dimensiones de la pantalla, así: En los teatros corrientes, generalmente equipa- dos con pantallas normales, ésta distancia depende del ancho de la pantalla. En teatros de mayor tama- ño equipados con pantallas gigantes para proyección de 70 mm. o CINERAMA (pantalla de gran curvatura 146 grados), la distancia se rige por la altura de la pantalla, estando el centro de la curvatura ubi- cado a una vez el alto de la pantalla como máximo detrás de ésta, es decir, el radio del círculo será dos veces el alto de la pantalla. Ver gráfica No. 15.

Otros plantean que: "La distancia entre la primera fila y la cuerda de la pantalla debe por lo tanto ser tal que el espectador sentado enmedio de esta fila vea el centro de la pantalla con un ángulo no superior a 25 grados y debe de haber una limitación del espacio o zona de butacas, la cual debe de en- contrarse comprendida entre las dos líneas que forman ángulo de 100 grados como máximo con los bordes izquierdo y derecho respectivamente de la imagen". (4) Esta solución que considero es la más adecuada se refiere a la relación del ángulo visual respecto a la altura de la pantalla y de la separación exis tente entre las filas de butacas comprendida ésta de respaldo a respaldo llegando a determinar la sepa

(3) Neufert, Ernst. Arte de Proyectar en Arquitectura. Barcelona, España. Editorial Gustavo Gili. S.A. 9a. edición 1961. p. 339

(4) Op. cit. Cía. Philips. P. 7.



GRAFICA 15

DISTANCIA DE UBICACION PRIMERA FILA
 LIMITE DE COLOCACION DE BUTAQUERIA

ración o distancia del primer espectador respecto a la pantalla. Esto se expresa por medio de una fórmula; fórmula que se estudió en la isóptica vertical.

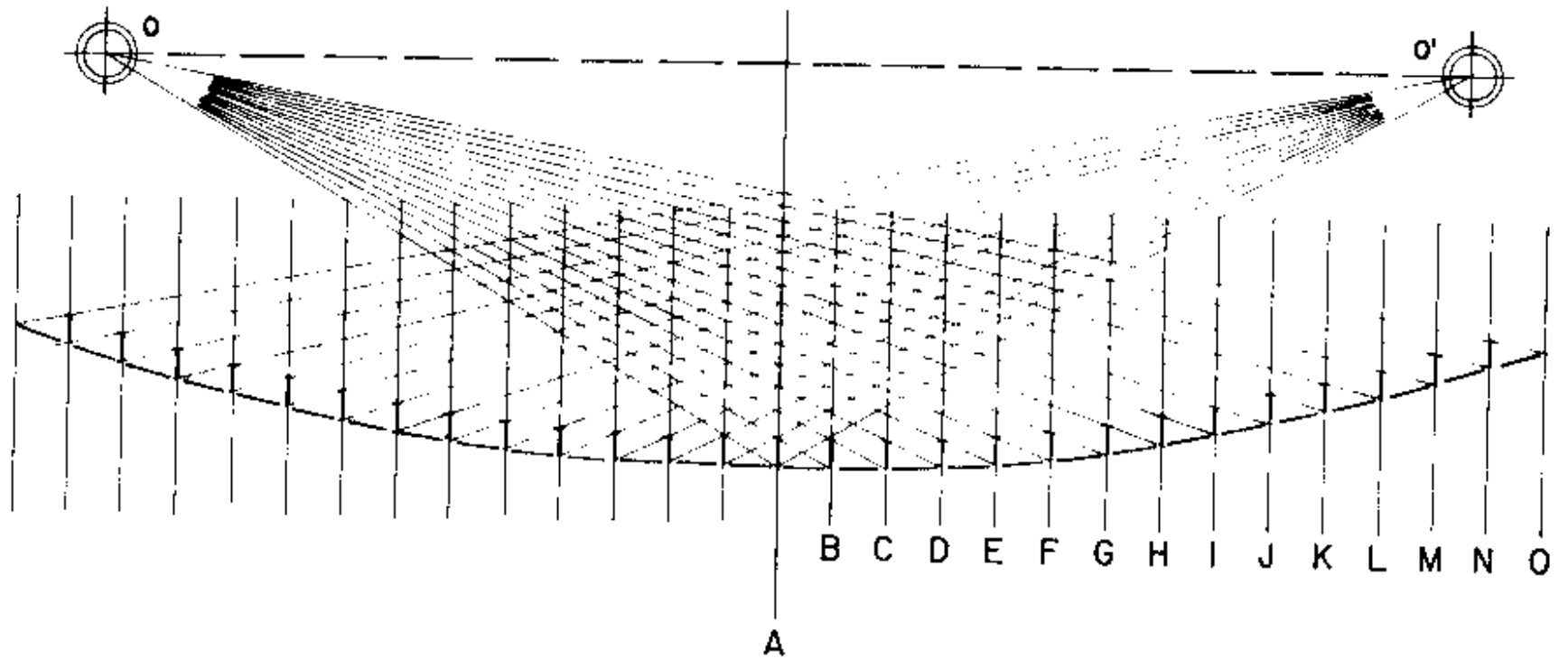
Esta solución tiene aplicación no necesariamente sólo para cinematógrafos, sino que en otras salas de espectáculos siempre y cuando la separación de respaldo a respaldo de las butacas sea constante.

Como se puede apreciar, todas estas especificaciones se refieren a determinar la ubicación de la primera fila respecto al borde del proscenio, definen el radio del arco de ubicación de las filas de butacas en planta, así como también su límite respecto del ancho de la sala. Ahora bien, no se entra en consideraciones respecto de los espectadores propiamente.

El Arquitecto Alvarado Escalante en su tratado (5), se refiere a los problemas que conciben a la isóptica horizontal y concluye expresando que dicha isóptica no es más que el trazo de una isóptica continua similar a la vertical y que dá como resultado un trazo que puede ser definido por medio del arco de un círculo que garantiza la vista de los espectadores hacia los lados con determinado límite, el cual estará en función de la dimensión que se determine para el movimiento de los espectadores hacia adelante.

Con la isóptica vertical nos valemos de una sección longitudinal para ser el estudio y análisis; para la isóptica horizontal se utiliza la planta del objeto arquitectónico a fin de realizar dicho estudio. El salvar los problemas de visibilidad hacia los lados de los espectadores sin que los que están a la par la obstruyan, es la razón de ser del trazo curvo en la colocación de butacas en planta, ahora bien, para que dicha colocación sea efectiva y satisfaga los objetivos previstos, debe necesariamente que ser

(5) Op. cit. Alvarado Escalante Luis. p.p. 47 y ss.



GRAFICA 16 ISOPTICA HORIZONTAL

resultado del estudio de la isóptica horizontal. No basta con efectuar un trazo curvo por medio de un radio o centro de curvatura definido por las reglas y normas.

Dicho trazo debe de ser resultado de un análisis matemático que debe de otorgar oportunidad de ubicar en forma racional las butacas obteniendo una adecuada y lógica solución a esta segunda parte del problema. El mayor problema respecto de la visibilidad lateral se tiene en aquellas instalaciones bastante largas como lo es la parte longitudinal de un estadio en que el espectador debe de ver hasta el extremo más lejano.

El Arquitecto Alvarado Escalante, asume que la distancia de ubicación del primer espectador respecto del borde del proscenio o cuerda de la pantalla, no ofrece problema alguno ya que basta con satisfacer las especificaciones respecto del ángulo visual vertical que debe ser satisfecho para que la ubicación sea adecuada. Por tal razón, no define ninguna dimensión o distancia; ya que fundamentalmente se busca solucionar en forma adecuada la visibilidad hacia los lados. Por otra parte, se debe de tener muy en cuenta que se habla siempre del punto observado, que en planta así como en tres dimensiones este punto es una línea y bien puede ubicarse en el borde del proscenio, o bien será necesario localizarlo no sólo más bajo de éste sino que también más cerca del primer observador, pudiendo llegar a ser un punto o línea imaginaria que tendrá ubicación espacial para el diseñador al realizar sus estudios isópticos. Se puede concluir, que la distancia del observador al punto observado queda referido al acertado criterio del diseñador, el cual en su determinación se auxiliará de elementos como los anteriormente expresados.

El trazo gráfico de la isóptica horizontal se efectúa de igual manera que el trazo de la isóptica ver-

tical. Su concepción es igual, tan es así que las fórmulas para el cálculo de la vertical tienen plena aplicación en este cálculo.

Se parte definiendo la línea del punto observado que estará comprendida por el largo total o el ancho de una instalación o cancha deportiva o bien el ancho de la zona de escena o de la pantalla y se representa por el punto O al punto O'. La distancia de ubicación de esta línea observada respecto del primer espectador, es la misma que se emplea para el punto observado de la isóptica vertical.

El trazo se efectúa partiendo de la mitad de la línea del punto observado al extremo contrario, analizando tan solo la mitad, puesto que la otra mitad es igual. No obstante, deberá de efectuarse la comprobación matemática de la curva trazando visuales hacia el lado contrario. Ver gráfica No. 17.

Al realizar el trazo se considera la no existencia de pasillos, éstos se definirán luego de terminado el análisis, simplemente suprimiendo filas longitudinales de butacas, y si así lo requiriera, filas transversales.

Para realizar el análisis de la isóptica horizontal, se emplea la siguiente información:

1. El ancho de los asientos o butacas.
2. La distancia comprendida entre un extremo y la mitad del escenario.
3. La distancia de ubicación del primer espectador o fila respecto al punto o línea observada o bien si así se definió, al borde del proscenio o cuerda de la pantalla (esta distancia se considera desde el borde del proscenio al espectador ubicado en el eje longitudinal central del proyecto).
4. La dimensión que se considerará como medida que cubre el margen tolerable del movimien

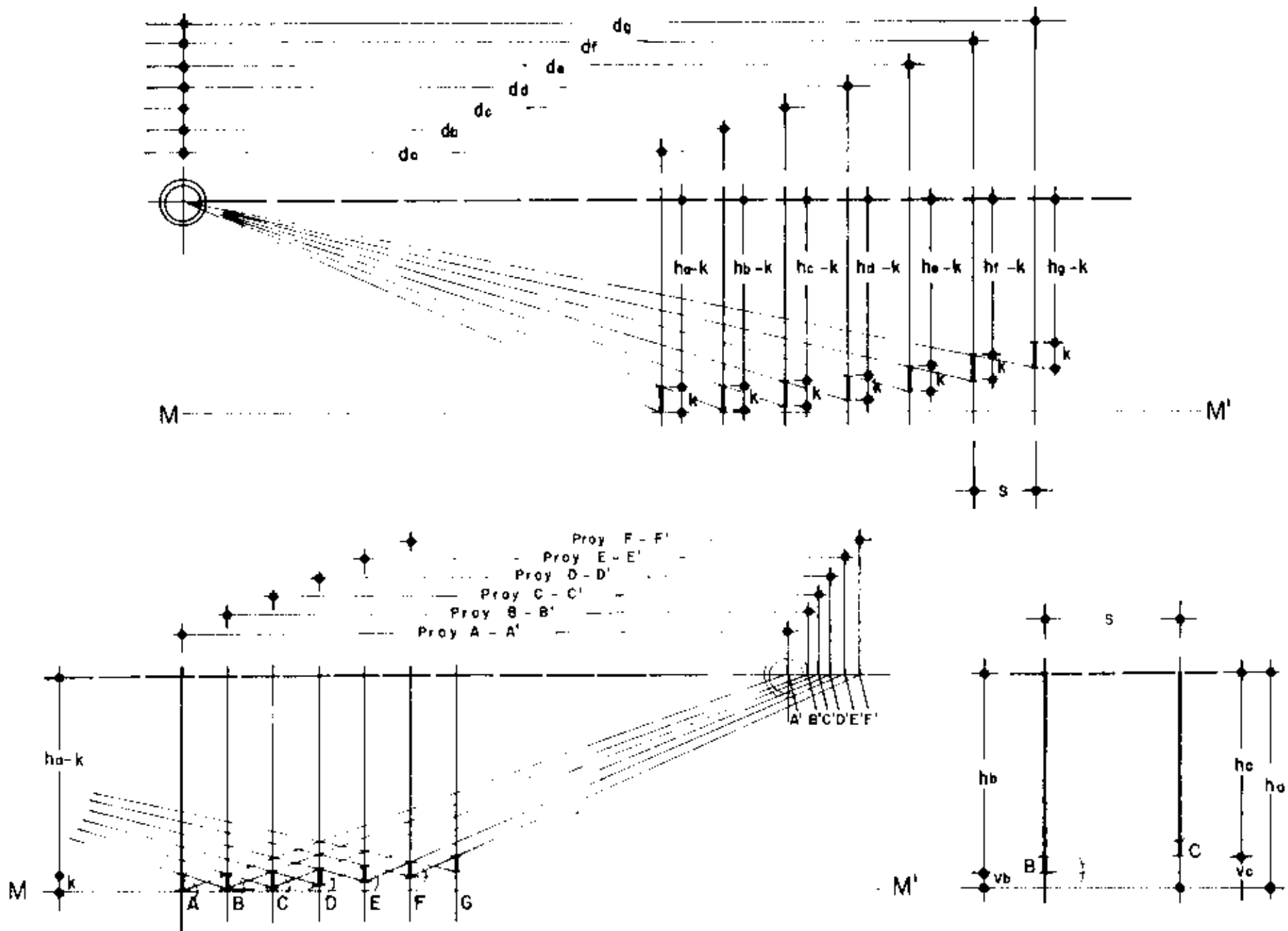
to del espectador hacia adelante.

Puede suceder que la curva resultante no sea completamente adecuada ya sea que resulte demasiado cerrada o bien muy abierta, de tal manera que no satisfaga la solución requerida; si esto sucediera, éstos arcos o curvas pueden ser corregidas modificando el valor de la dimensión determinada para el movimiento de las personas, la cual es constante para todos.

Luego de efectuado el trazo isóptico gráfico, éste debe de ser comprobado tal como lo propone el Arquitecto Alvarado Escalante y que se muestra en la gráfica No. 17.

Para el trazo de la isóptica ya en la obra, pueden ser utilizadas dos formas:

1. Forma matemática; se puede utilizar esta forma, si ya conocemos la ubicación exacta de la pantalla o del proscenio, o bien la definición de la línea observada, así como también efectuado el cálculo matemático. Teniendo esta información se procederá a ubicar los distintos niveles correspondiente a cada fila y así en esa forma obtener el trazo de la curva o arco correspondiente a la isóptica horizontal. La línea observada o de foco, que es la línea base se toma como el nivel 0.00.
2. Forma gráfica; para facilidad en el trazo de estas curvas se puede recurrir a elementos de geometría y así efectuar el trazo de la siguiente manera:
 - a. Se hace el estudio de la isóptica horizontal.
 - b. Se busca el arco del círculo que más se adapte a dicha curva y se substituye por la misma procurando que la diferencia entre ambos sea mínima.
 - c. Se puede dar el caso que estas diferencias sean notorias y no se puedan reducir. Ante tal situación convendrá usar dos o más arcos a fin de lograr la



GRAFICA 17 DETALLES DEL ANALISIS DE ISOPTICA HORIZONTAL

COMPROBACION DE LA CURVA TRAZANDO VISUALES HACIA EL LADO CONTRARIO

Primeramente se obtiene los niveles de los puntos A, B, C, D, E, F, y G por medio de la siguiente relacion:

$$\frac{\text{NIV A} + k}{d_a} = \frac{\text{NIV B}}{d_a + s} \quad \text{NIV B} = \frac{(d_a + s)(\text{NIV A} + k)}{d_a}$$

$$\frac{\text{NIV B} + k}{d_b} = \frac{\text{NIV C}}{d_b + s} \quad \text{NIV C} = \frac{(d_b + s)(\text{NIV B} + k)}{d_b}$$

y asi sucesivamente se procede con los demas puntos. Se debe de considerar el signo negativo del NIVEL A y operar algebraicamente.

De acuerdo con la grafica se tiene que:

$$\text{tang } \angle A = \frac{k + v_b}{s}$$

$$\text{tang } \angle B = \frac{k + v_c - v_b}{s}$$

Se tiene tambien que:

$$\text{tang } \angle A = \frac{\text{Nivel del punto A}}{d_a} = \frac{\text{NIV A}}{d_a}$$

$$\text{tang } \angle B = \frac{\text{NIV B}}{\text{Proy B-B}'}$$

Para obtener la Proy B - B'

$$\frac{k + v_c - v_b}{s} = \frac{\text{NIV B}}{\text{Proy}} \quad \text{Proy B-B}' = \frac{(\text{NIV B})s}{k + v_c - v_b}$$

La diferencia de niveles es igual a la diferencia de las variables. Se tiene que:

$$\text{Proy } B - B' = \frac{(NIV B) s}{k + NIV B - NIV C}$$

Generalizando la formula:

$$\text{Proy } N - N' = \frac{(NIV N) s}{k + \text{Dif. niveles}}$$

En la aplicacion de esta formula se usan los valores absolutos obtenidos, sin tener en cuenta el signo negativo.

forma de la isóptica horizontal.

- d. Para encontrar el círculo adecuado se escogen tres puntos de la isóptica que pueden ser el centro de los dos extremos, se aplica el teorema que dice: "Por tres puntos no situados en línea recta, siempre es posible hacer pasar un arco de círculo".

El procedimiento que se sigue en la deducción del presente teorema consiste en:

Trazada la cuerda que une los puntos extremos del arco, levantar una ortogonal en el centro de ésta y que se intercepte con la prolongación de la línea del segmento $A A'$, obteniendo de esta forma el centro del círculo y por consiguiente el radio correspondiente. Ya que "Toda perpendicular levantada en el centro de una cuerda o que bisecte a la misma, pasa por el centro del círculo".

Si en el centro de la circunferencia colocamos el origen de un sistema de coordenadas, se podrá aplicar la gráfica de la ecuación de la circunferencia en forma reducida:

$$r^2 = x^2 + y^2$$

Pudiendo obtener los puntos del arco correspondientes a las distancias que separan a las butacas respecto del extremo analizado.

Las alturas o niveles de los espectadores estará dado por las ordenadas; se tiene que:

$$\begin{array}{ll} - Y_a = -CA^n - h_a & - h_a = -Y_a + CA^n \\ - Y_b = -CA^n - h_b & - h_b = -Y_b + CA^n \\ - Y_c = -CA^n - h_c & - h_c = -Y_c + CA^n \\ - Y_n = -CA^n - h_n & - h_n = -Y_n + CA^n \end{array}$$

Efectuada ésta operación, se podrá comparar si los puntos obtenidos para el arco de círculo coinciden con los de la isóptica horizontal. Habrá que tratar que la diferencia entre ambas sea mínima.

Análiticamente se tiene que:

Los extremos del arco son el punto A y el punto N'

El segmento $AA' = h_a - h_n$ y el segmento $A'N' = d_n - d_a$

Se forma el triángulo $AA'N'$

Se tiene que $\sphericalangle AA'N' = 90^\circ$

Aplicando el teorema de Pitágoras:

$$AN' = \sqrt{A'N'^2 + AA'^2}$$

Se puede obtener los ángulos $\sphericalangle A'AN'$

$\sphericalangle AN'A'$

$$\text{tang } \sphericalangle A'AN' = \frac{A'N'}{AA'}$$

$$\sphericalangle A'AN' = \text{ang tang } \frac{A'N'}{AA'}$$

$$\text{tang } \sphericalangle AN'A' = \frac{AA'}{A'N'}$$

$$\sphericalangle AN'A' = \text{ang tang } \frac{AA'}{A'N'}$$

Levantando la ortogonal al centro de la cuerda se obtiene el triángulo CAP

Del cual se conoce el ángulo CAP y el segmento AP

$$\sphericalangle CPA = 90^\circ$$

$$AP = \frac{AN'}{2}$$

El $\sphericalangle ACP$ será $\sphericalangle ACP = 180^\circ - 90^\circ - \sphericalangle CAP$

La hipotenusa del triángulo ACP es $CA = \frac{AP}{\cos \sphericalangle CAP}$

Se tiene que: $CA = CN' = \text{radio del círculo}$

$$\sphericalangle ACN' = 2 \sphericalangle ACP$$

CAPITULO PRIMERO
EL TEATRO NACIONAL.

EL TEATRO NACIONAL

El teatro nacional, es una de las obras arquitectónicas que componen el complejo cultural de Guatemala, localizado en el centro cívico.

Es considerado como la expresión de la concepción arquitectónica moderna en nuestro país. Asimismo, también lo concebían como el "Monumento a la Cultura Guatemalteca".

El proyecto del teatro nacional se inició por la década de los años 60 en los primeros años, y la principió el Arquitecto Marco Vinicio Asturias; que llegó a dejar una parte en desarrollo y otra parte ya construida. La parte que quedara construida fué la cimentación, los dos sótanos y el nivel de platea. A raíz de su defunción, el proyecto fué temporalmente abandonado, no fué sino por el año 1971 que el proyecto fué retomado, planténadose un rediseño, que a decir verdad resultó ser un nuevo diseño, con una concepción y definición de partido distinto, pero aprovechando lo anteriormente realizado; así - que se tiene que la cimentación persistió al igual que los sótanos y la losa que definía la gradería de la platea.

En principio se pretendía disminuir el cubo escénico que se consideraba era muy alto y a la vez efectuar algunos cambios a fin de lograr un proyecto más pequeño. Sin embargo, luego de efectuarse algunos estudios se llegó a la determinación de concebir un diseño con una nueva concepción. Este nuevo diseño trataba de satisfacer algunas exigencias tales como:

1. Concebir una forma plástica que por sus usos no se asemejará a una caja sobre pilotes y además fuese congruente con el concepto que originó al centro cívico, de tal forma que existiera coherencia con lo ya existente.

2. Lograr un elemento escultórico que se integrara a las condiciones topográficas que ofrecía ofrecía la colina de San José
3. Que el objeto arquitectónico fuera en sí una escultura habitable; razón de ser de su volumetría, sus colores, etc.
4. Su volumetría y forma en general, obedece primeramente a condiciones establecidas en parte por la cimentación existente. Por otra parte la necesidad de ejercer con trol sobre el sonido interior y satisfacer las condiciones acústicas tratando de op timizarlas; al igual que lograr un adecuado aislamiento acústico del sonido exterior.

No es sino hasta el año de 1972 que se comienza su ejecución, empleándose las técnicas más modernas pa ra su culminación a fin de brindar la máxima comodidad a sus usuarios. No obstante la gradería cons- truida para la platea, mucho tiempo antes de diseñarse la remodelación, no resolvía en forma adecuada la visibilidad; situación que se comprobó tiempo después de ejecutada la construcción de palcos y o- tras partes del conjunto. Se puede apreciar que desde su origen, es decir, desde el primer proyecto, no se concibió al estudio isóptico como el trazo guía en el diseño y posterior construcción, de ahí que su importancia y estudio haya sido relegado a un segundo plano.

El nuevo diseñador, encontró que al tratar de replantear o de realizar un adecuado estudio del trazo isóptico de la platea, éste estaba restringido y limitado por una serie de circunstancias tales como:

1. La losa que limitaba la platea con una definición de gradería y por ende de niveles ya determinados.
2. La definición del resto del conjunto que representaba la existencia de alturas topes y accesos al igual que salidas ya definidas.

De tal forma, tratar de solucionar plenamente la visibilidad tal como se obtiene en el cálculo, hubiera implicado modificaciones que inclusive hubiesen exigido un cambio en todo el partido. Hecho que resultaba demasiado oneroso y que no era posible hacer.

Teniendo en cuenta estos factores adversos y limitantes, fué necesario efectuar el estudio de visibilidad por medio de la forma gráfica, tratando de que la solución adoptada resolviera en buena medida el problema de visibilidad.

Así se tiene que en aras de lograr una solución racional, fué necesario primeramente efectuar rellenos y nuevas fundiciones en la losa y por consiguiente reforzar los elementos estructurales verticales al igual que la cimentación existente.

En segundo lugar fué necesario sacrificar la capacidad del patio de butacas, reduciendo de 21 filas proyectadas originalmente y que tenían una separación entre filas constante, a una capacidad de 17 filas con una separación entre filas irregular. Esto se hizo tratando de resolver la visibilidad a través de una isóptica aproximada, es decir, que en este caso debido a las circunstancias que lo cualifican como excepcional; fué necesario acomodar la isóptica al espacio restringido por las condiciones físicas existentes.

Por medio de los distintos estudios, se concluyó en una isóptica continua con doble cambio de curvatura ya que el pequeño palco al final de la platea se le consideró parte de la misma isóptica.

El sacrificar el número de filas se debió a que resolviendo la visibilidad para las 21 filas, se obtenía una curva isóptica muy pronunciada, ver gráfica No. 19. Se puede apreciar la diferencia que existe entre la gradería original y la gradería (que se indica con línea discontinua) que resolvía adecuadamente la visibilidad para las 21 filas. Bajando a 17 el número de filas, así como dando una separa-

ción entre éstas no uniforme, se lograba obtener una curva isóptica bastante tendida que en su proyección en las graderías, ésta más o menos satisfacía las limitaciones existentes.

Por lo anteriormente apuntado es que la isóptica que actualmente tiene la platea del teatro, difiere de la que es producto de un cálculo matemático o gráfico, en que se busca solucionar la visibilidad sin considerar todas las situaciones que son muy especiales y muy particulares de este proyecto específico. Si se hubiese pretendido aplicar según resulta del análisis y cálculo matemático, necesariamente ello habría implicado hacer cambios de consideración que en forma ostensible afectaría no solo el diseño de esa área en particular, sino que todo el partido adoptado.

Para visualizar en forma objetiva la magnitud del problema, a continuación se presenta una secuencia gráfica de lo que acontecía con las posibles soluciones y que a la postre fundamentan y justifican la adopción del trazo aproximado que actualmente existe, como la solución más lógica y racional obtenida para este caso particular.

Al realizar los distintos cálculos isópticos para la platea, se partió de la información derivada de colocar a 100 personas de ambos sexos y diferentes estaturas en las butacas a colocar en el edificio, esto se hizo con el objeto de tener parámetros humanos guatemaltecos promedio. De esta forma se determinó:

1. La altura o nivel de los ojos del espectador respecto al nivel del piso donde tiene colocados los pies, dió un promedio de 107 centímetros.
2. La medida de los ojos a la parte superior de la cabeza arrojó un promedio de 13 centímetros, igual al establecido en manuales típicos de arquitectura.

3. La distancia del primer espectador o fila respecto al punto observado, se consideró era de aproximadamente 550 centímetros.
4. Para el cálculo con 21 filas, se consideró una distancia constante entre filas de 95 centímetros.
5. Para el cálculo con 17 filas, se consideró la separación siguiente: De la primera fila a la tercera fila, una separación entre éstas de 120 centímetros. De la tercera fila a la décima una separación de 110 centímetros; de la décima a la décima primera, la distancia de separación es de 94 centímetros. De la décima primera a la décima segunda existe una separación de 237 centímetros. Finalmente de la décima segunda a la décima séptima, la separación entre cada fila es de 94 centímetros.

En la gráfica No. 19, se muestra el trazo isóptico por así decirlo original, partiendo del nivel real - 103 centímetros; que era el nivel original de la losa en su parte más baja y la isóptica descendida con sus niveles reales, de la ubicación de las 21 filas con una separación entre éstas de 95 centímetros. La gradería que es resultado del estudio isóptico se indica en la gráfica con la línea no continua. Se puede apreciar la marcada diferencia que existe entre una y otra.

La diferencia de niveles reales de la última fila en ambas graderías como se puede apreciar es mayúscula ya que ésta es de 189.91 centímetros, razón por la cual se concluyó en que la gradería destinada para la platea no era producto de estudio alguno respecto a la visibilidad.

Partiendo de la necesidad de darle a la platea una adecuada solución de visibilidad, se procedió a efectuar el estudio, probando distintas posibles soluciones, buscando entre éstas las que mejor podría

| DATOS | | |
|----------------|-----|----|
| h | 200 | 20 |
| h ₁ | 200 | 20 |
| h ₂ | 170 | 20 |

| CALCULO DE ISOPTICA VERTICAL PARA LA | |
|--------------------------------------|--|
| PLATEA, EFECTUADO DE ATRAS HACIA | |
| ADELANTE | |

| DATOS | | |
|----------------|-----|----|
| h | 200 | 20 |
| h ₁ | 200 | 20 |
| h ₂ | 170 | 20 |

| CALCULO DE ISOPTICA VERTICAL PARA LA PLATEA, PARTIENDO DEL NIVEL -100.00 CON SEPARACION ENTRE LAS PLAS DE SERIE CONSTANTES | |
|--|--|
|--|--|

| CUADRO DE TRABAJO | | | | | |
|-------------------|-----------|-------------|----------------------|------------------------------|-------------|
| I | II | III | IV | V | VI |
| NIVEL | DISTANCIA | CANTIDADES | RESULTADOS PARCIALES | NIVEL DEL OJO DEL ESPECTADOR | NIVE REALES |
| 1 | 200 | | | 142000 | -12100 |
| 2 | 470 | 122000 + 13 | 264000 | 13600 | -10807 |
| 3 | 790 | 150000 + 13 | 414000 | 134700 | -8332 |
| 4 | 1100 | 174700 + 13 | 588700 | 131540 | -7303 |
| 5 | 1410 | 201000 + 13 | 789700 | 12657 | -6386 |
| 6 | 1720 | 228400 + 13 | 1018100 | 11980 | -5587 |
| 7 | 2030 | 257300 + 13 | 1275400 | 11100 | -4890 |
| 8 | 2340 | 287600 + 13 | 1562600 | 10004 | -4290 |
| 9 | 2650 | 319400 + 13 | 1880700 | 8688 | -3788 |
| 10 | 2960 | 352700 + 13 | 2230600 | 7166 | -3381 |
| 11 | 3270 | 387500 + 13 | 2613300 | 5442 | -3060 |
| 12 | 3580 | 423800 + 13 | 3029800 | 3520 | -2817 |
| 13 | 3890 | 461600 + 13 | 3481100 | 1404 | -2640 |
| 14 | 4200 | 500900 + 13 | 3968200 | -800 | -2528 |
| 15 | 4510 | 541700 + 13 | 4492100 | -2200 | -2468 |
| 16 | 4820 | 584000 + 13 | 5053800 | -3500 | -2450 |
| 17 | 5130 | 627800 + 13 | 5654300 | -4800 | -2450 |

| CUADRO DE TRABAJO PARA USO DE LA FORMULA DIRECTA | | | | | | | | |
|--|------------|------------|---------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------|------------|
| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX |
| NIVEL | DISTANCIAS | RECIPROCOS | SUMA DE RECIPROCOS HASTA EL RESULTADO | CONSTANTE POR SUMA DE RECIPROCOS | $\frac{h_1}{h_2} + \frac{h_2}{h_1}$ | NIVEL $\frac{h_1 \cdot h_2}{h}$ | DIPE REALES | NIVEL REAL |
| 1 | 200 | 0.005000 | 0.005000 | 0.00 | 0.00 | 200.00 | 0.00 | 200.00 |
| 2 | 470 | 0.002128 | 0.007128 | 0.002128 | 0.002128 | 191.48 | 0.002128 | 191.48 |
| 3 | 790 | 0.001266 | 0.008394 | 0.001266 | 0.001266 | 177.27 | 0.001266 | 177.27 |
| 4 | 1100 | 0.000909 | 0.009303 | 0.000909 | 0.000909 | 166.67 | 0.000909 | 166.67 |
| 5 | 1410 | 0.000709 | 0.010012 | 0.000709 | 0.000709 | 155.46 | 0.000709 | 155.46 |
| 6 | 1720 | 0.000581 | 0.010603 | 0.000581 | 0.000581 | 145.00 | 0.000581 | 145.00 |
| 7 | 2030 | 0.000492 | 0.011095 | 0.000492 | 0.000492 | 135.22 | 0.000492 | 135.22 |
| 8 | 2340 | 0.000427 | 0.011522 | 0.000427 | 0.000427 | 126.00 | 0.000427 | 126.00 |
| 9 | 2650 | 0.000377 | 0.011900 | 0.000377 | 0.000377 | 117.14 | 0.000377 | 117.14 |
| 10 | 2960 | 0.000337 | 0.012233 | 0.000337 | 0.000337 | 108.68 | 0.000337 | 108.68 |
| 11 | 3270 | 0.000306 | 0.012527 | 0.000306 | 0.000306 | 100.39 | 0.000306 | 100.39 |
| 12 | 3580 | 0.000282 | 0.012783 | 0.000282 | 0.000282 | 92.22 | 0.000282 | 92.22 |
| 13 | 3890 | 0.000262 | 0.013005 | 0.000262 | 0.000262 | 84.14 | 0.000262 | 84.14 |
| 14 | 4200 | 0.000240 | 0.013195 | 0.000240 | 0.000240 | 76.19 | 0.000240 | 76.19 |
| 15 | 4510 | 0.000226 | 0.013355 | 0.000226 | 0.000226 | 68.36 | 0.000226 | 68.36 |
| 16 | 4820 | 0.000218 | 0.013497 | 0.000218 | 0.000218 | 60.61 | 0.000218 | 60.61 |
| 17 | 5130 | 0.000212 | 0.013623 | 0.000212 | 0.000212 | 52.94 | 0.000212 | 52.94 |

| DATOS | | |
|-------|-----|----|
| 1. | 150 | cm |
| 2. | 100 | cm |
| 3. | 100 | cm |
| 4. | 100 | cm |

| CALCULO DE ISOPTICA VERTICAL PARA LA PLATEA, PARTIENDO DEL NIVEL -103.00100 | |
|---|--|
| | |
| | |

| DATOS | |
|-------|--------|
| 1. | 150 cm |
| 2. | 100 cm |
| 3. | 100 cm |
| 4. | 100 cm |

| CALCULO DE LA ISOPTICA VERTICAL PARA LA PLATEA, PARTIENDO DEL NIVEL INICIAL - 88.88 cm. | |
|---|--|
| | |
| | |

| CUADRO DE TRABAJO | | | | | | |
|-------------------|-----------|--------------|----------------------|------------------------------|-------------|----------------------------|
| I | II | | III | IV | V | VI |
| PLANTA | DISTANCIA | CANTIDADES | RESULTADOS PARCIALES | NIVEL DEL OJO DEL ESPECTADOR | DIFE RENCIA | NIVEL DEL PISO DE LA GRAGA |
| 1 | 150 | | | 103.00 | | 103.00 |
| 2 | 170 | 400 + 12 | 11.2000 | 102.70 | 1.27 | 103.00 |
| 3 | 190 | 207000 + 18 | 26.231820 | 102.40 | 1.60 | 103.00 |
| 4 | 210 | 317450 + 13 | 47.411860 | 102.10 | 2.90 | 103.00 |
| 5 | 230 | 420010 + 13 | 73.621800 | 101.80 | 4.20 | 103.00 |
| 6 | 250 | 520240 + 12 | 103.817300 | 101.50 | 5.50 | 103.00 |
| 7 | 270 | 617730 + 12 | 143.2344 | 101.20 | 6.80 | 103.00 |
| 8 | 290 | 713980 + 12 | 191.4183 | 100.90 | 8.10 | 103.00 |
| 9 | 310 | 809780 + 12 | 247.74970 | 100.60 | 9.40 | 103.00 |
| 10 | 330 | 904930 + 12 | 302.0434 | 100.30 | 10.70 | 103.00 |
| 11 | 350 | 1000430 + 12 | 354.70148 | 100.00 | 12.00 | 103.00 |
| 12 | 370 | 1097380 + 12 | 405.27447 | 99.70 | 13.30 | 103.00 |
| 13 | 390 | 1194780 + 12 | 453.22256 | 99.40 | 14.60 | 103.00 |
| 14 | 410 | 1292630 + 12 | 498.05148 | 99.10 | 15.90 | 103.00 |
| 15 | 430 | 1390930 + 12 | 539.26520 | 98.80 | 17.20 | 103.00 |
| 16 | 450 | 1489680 + 12 | 576.36480 | 98.50 | 18.50 | 103.00 |
| 17 | 470 | 1588880 + 12 | 609.85028 | 98.20 | 19.80 | 103.00 |

| CUADRO DE TRABAJO PARA USO DE LA FORMULA DIRECTA | | | | | | | | |
|--|-----------|------------|---------------------------------------|---|------------------------|-------------|--------------|------------|
| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX |
| NO. PLANTA | DISTANCIA | RECIPROCOS | SUMA DE RECIPROCOS HASTA EL PENULTIMO | CONSTANTE POR SUMA DE RECIPROCOS N x IV | $\frac{N}{S} \times V$ | NIVEL V x 4 | DIFE RENCIAS | NIVEL REAL |
| 1 | 150 | 0.0066666 | 0.0000000 | 0.0000000 | 0.0000000 | 103.0000 | 0.0000 | 103.0000 |
| 2 | 170 | 0.0058823 | 0.0066666 | 0.0025000 | 0.0025000 | 102.7000 | 0.3000 | 102.7000 |
| 3 | 190 | 0.0052631 | 0.0125000 | 0.0077777 | 0.0077777 | 102.4000 | 0.6000 | 102.4000 |
| 4 | 210 | 0.0047619 | 0.0172777 | 0.0125000 | 0.0125000 | 102.1000 | 0.9000 | 102.1000 |
| 5 | 230 | 0.0043478 | 0.0210000 | 0.0166666 | 0.0166666 | 101.8000 | 1.2000 | 101.8000 |
| 6 | 250 | 0.0040000 | 0.0240000 | 0.0200000 | 0.0200000 | 101.5000 | 1.5000 | 101.5000 |
| 7 | 270 | 0.0037037 | 0.0266666 | 0.0233333 | 0.0233333 | 101.2000 | 1.8000 | 101.2000 |
| 8 | 290 | 0.0034482 | 0.0290000 | 0.0260000 | 0.0260000 | 100.9000 | 2.1000 | 100.9000 |
| 9 | 310 | 0.0032258 | 0.0310000 | 0.0280000 | 0.0280000 | 100.6000 | 2.4000 | 100.6000 |
| 10 | 330 | 0.0030303 | 0.0326666 | 0.0293333 | 0.0293333 | 100.3000 | 2.7000 | 100.3000 |
| 11 | 350 | 0.0028571 | 0.0340000 | 0.0300000 | 0.0300000 | 99.9000 | 3.1000 | 99.9000 |
| 12 | 370 | 0.0027027 | 0.0350000 | 0.0303333 | 0.0303333 | 99.5000 | 3.5000 | 99.5000 |
| 13 | 390 | 0.0025641 | 0.0356666 | 0.0305000 | 0.0305000 | 99.1000 | 3.9000 | 99.1000 |
| 14 | 410 | 0.0024390 | 0.0360000 | 0.0305555 | 0.0305555 | 98.7000 | 4.4000 | 98.7000 |
| 15 | 430 | 0.0023255 | 0.0361666 | 0.0305777 | 0.0305777 | 98.3000 | 4.7000 | 98.3000 |
| 16 | 450 | 0.0022222 | 0.0362500 | 0.0305833 | 0.0305833 | 97.9000 | 5.1000 | 97.9000 |
| 17 | 470 | 0.0021276 | 0.0362777 | 0.0305857 | 0.0305857 | 97.5000 | 5.5000 | 97.5000 |

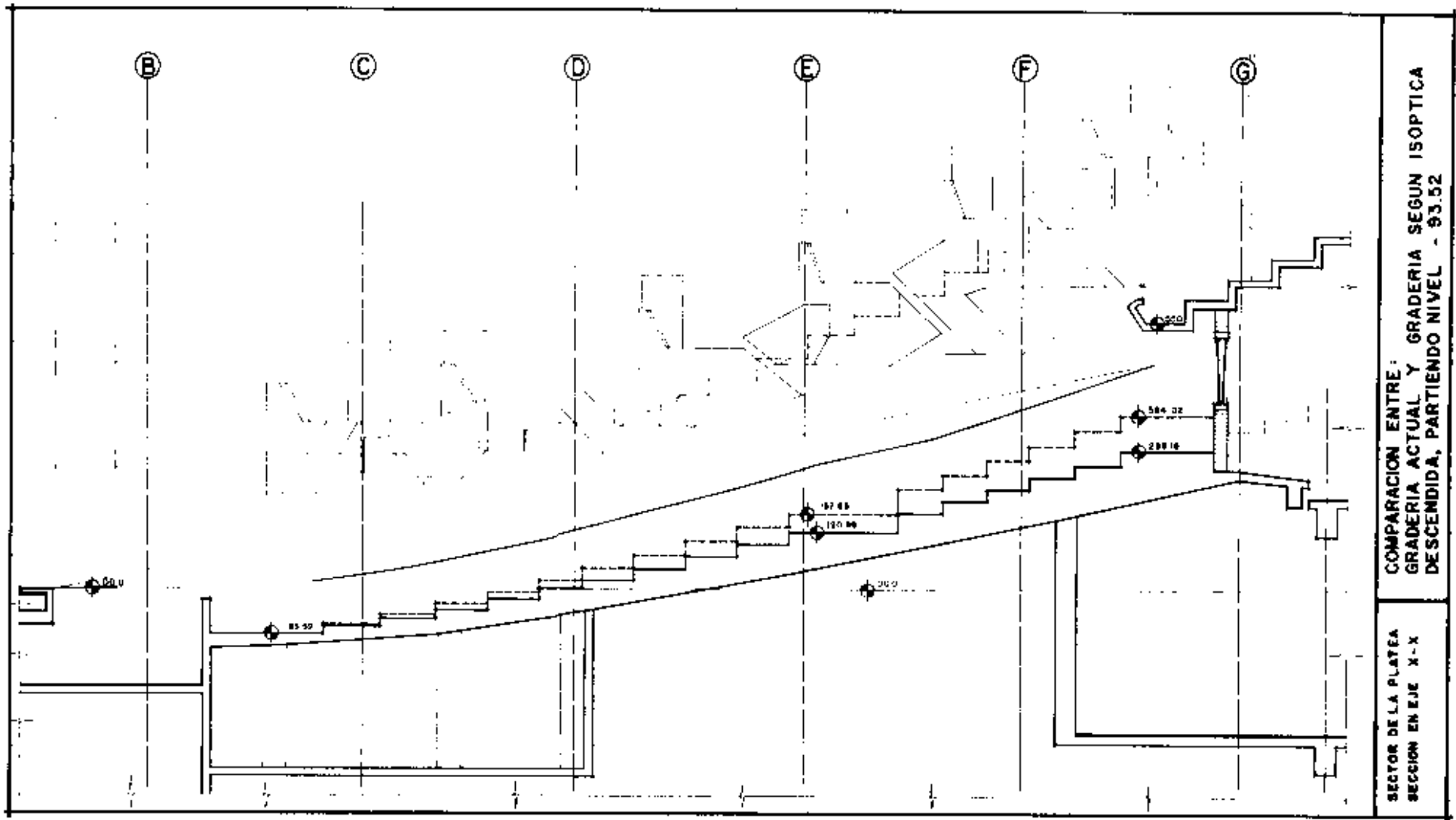
GRAFICA 21

llegar a satisfacer el problema.

De hecho se partió que no podría satisfacer el problema con la cantidad de filas que en principio existían, de ahí que se llega a definir la cantidad de 17 filas con la separación ya señalada. Una posible o de las posibles soluciones consistía en que partiendo del nivel de la última fila, que era un nivel tope; realizar el cálculo de atrás hacia adelante. Efectuado el cálculo (ver gráfica No. 20), se aprecia una diferencia de niveles para la primera fila de 18.29 centímetros. Diferencia que se puede considerar mínima, ahora bien, por mínima que ésta fuera, este trazo isóptico no tenía aplicación por doble motivo; primeramente, el nivel -103 centímetros, era un nivel tope constructivo incambiable, no se puede bajar. En segundo lugar, según las especificaciones existentes en los distintos tratados referidos a teatros, recomiendan que la diferencia de niveles entre el nivel del escenario y el nivel del primer espectador o fila debe ser menor o igual a 1.00 metros.

Tomando en cuenta estas consideraciones, al igual que otros aspectos particulares producto de los estudios que se efectuaban, se adoptó como nivel real para la primera fila, el nivel -93.52 centímetros y se efectuó el cálculo promoviendo ésta algunos cambios, cambios que en la realidad se trata de que fuesen mínimos y salvables. Se muestra por yuxtaposición la gradería tal como quedó en la realidad, es decir, con el estudio aproximado de isóptica, y la gradería producto del cálculo matemático, mostrada en la gráfica con línea no continua; en el que por supuesto no se tomó en cuenta las restricciones especiales de este proyecto. Ver gráfica no. 22.

La diferencia que existe entre la gradería actual y la gradería producto del cálculo matemático del trazo isóptico se debe a:



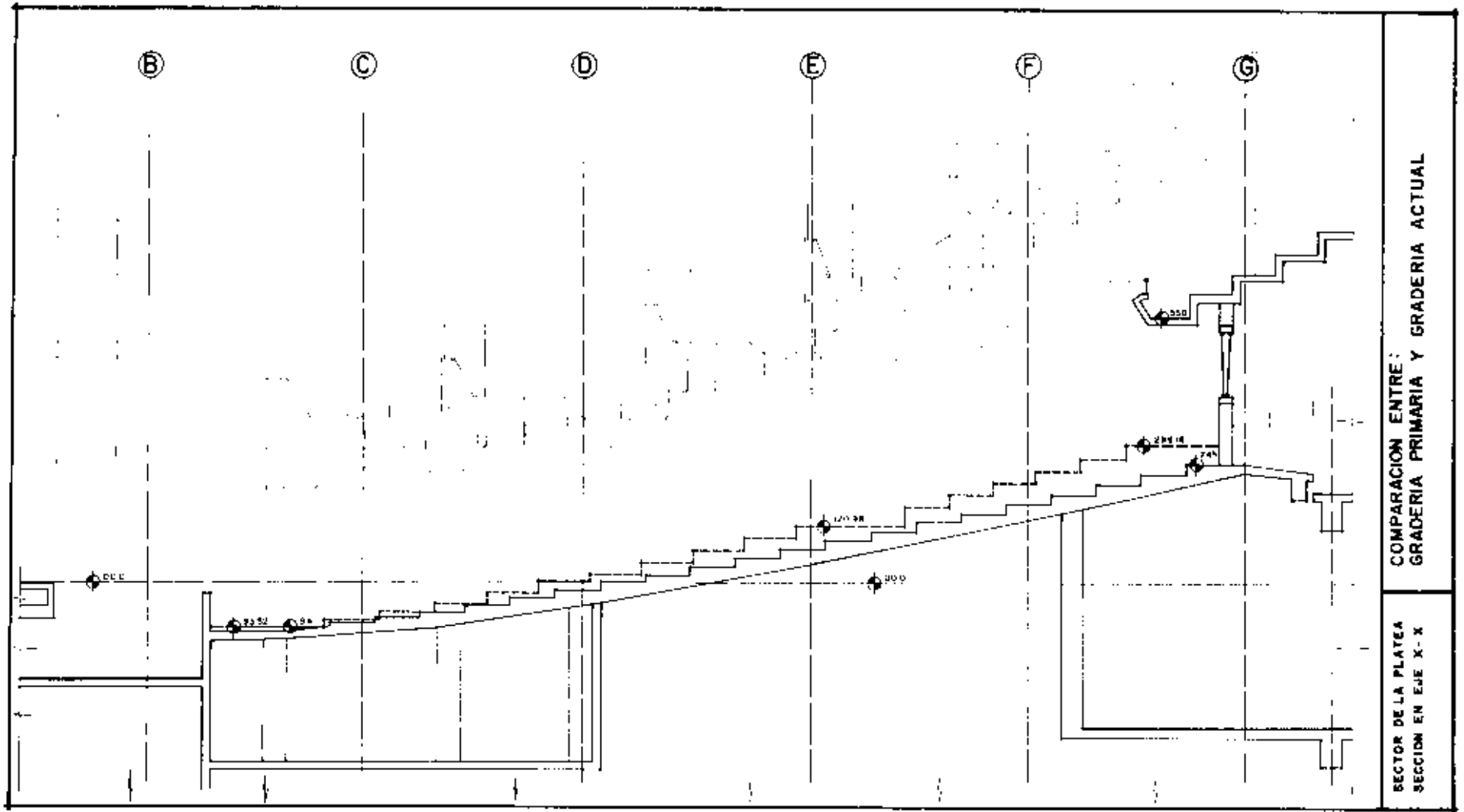
GRAFICA 22

1. Existen niveles fijos o topes que deben a toda costa ser respetados, así pues el nivel de la primera fila se determinó como el nivel -93.52
2. El pasillo central, analizando la sección longitudinal del teatro se llegó a determinar que existe como nivel límite de +120.983 centímetros. El nivel obtenido para dicho pasillo en el cálculo corresponde a +157.83 centímetros, existiendo una diferencia entre ambos niveles de 36.847 centímetros; dicha diferencia debió ser compensada distribuyéndola en las 10 primeras filas.
3. La misma situación se da respecto del nivel de la última fila que es de +289.183 cms. - hay que apuntar que la determinación de este nivel ya representaba un aumento respecto del original de 44.183 centímetros, y además ésta era la altura máxima que se podría - llegar por cuestión de alturas topes. La anterior diferencia fué compensada o cubierta con una rampa en el acceso a la platea.

El cálculo matemático da como resultado un nivel de +364.02 centímetros que origina una diferencia con el nivel final de 74.837 centímetros; al igual que la primera parte de la gradería, ésta también debió de ser distribuida en las graderías restantes, tratando siempre de afectar lo menos posible el factor primordial de una sala de espectáculos como lo es la visibilidad.

A continuación se presentan algunas gráficas tales como:

La gráfica de comparación de graderías entre la gradería del proyecto primario que consta de - 21 filas y la gradería que se llegó a definir en el estudio de isóptica aproximada; ver gráfica No. 23; notese la variación de diseño existente en las graderías, mientras que con 21 filas no se tiene bien



GRAFICA 23

definido, es más dá la impresión de la no existencia de pasillo transversal. Con la gradería final se tiene no solo bien definido el pasillo transversal que divide al patio de butacas o la platea en dos secciones; sino que además se define un pasillo transversal al final de la platea inmediato al pretil que define un pequeño palco.

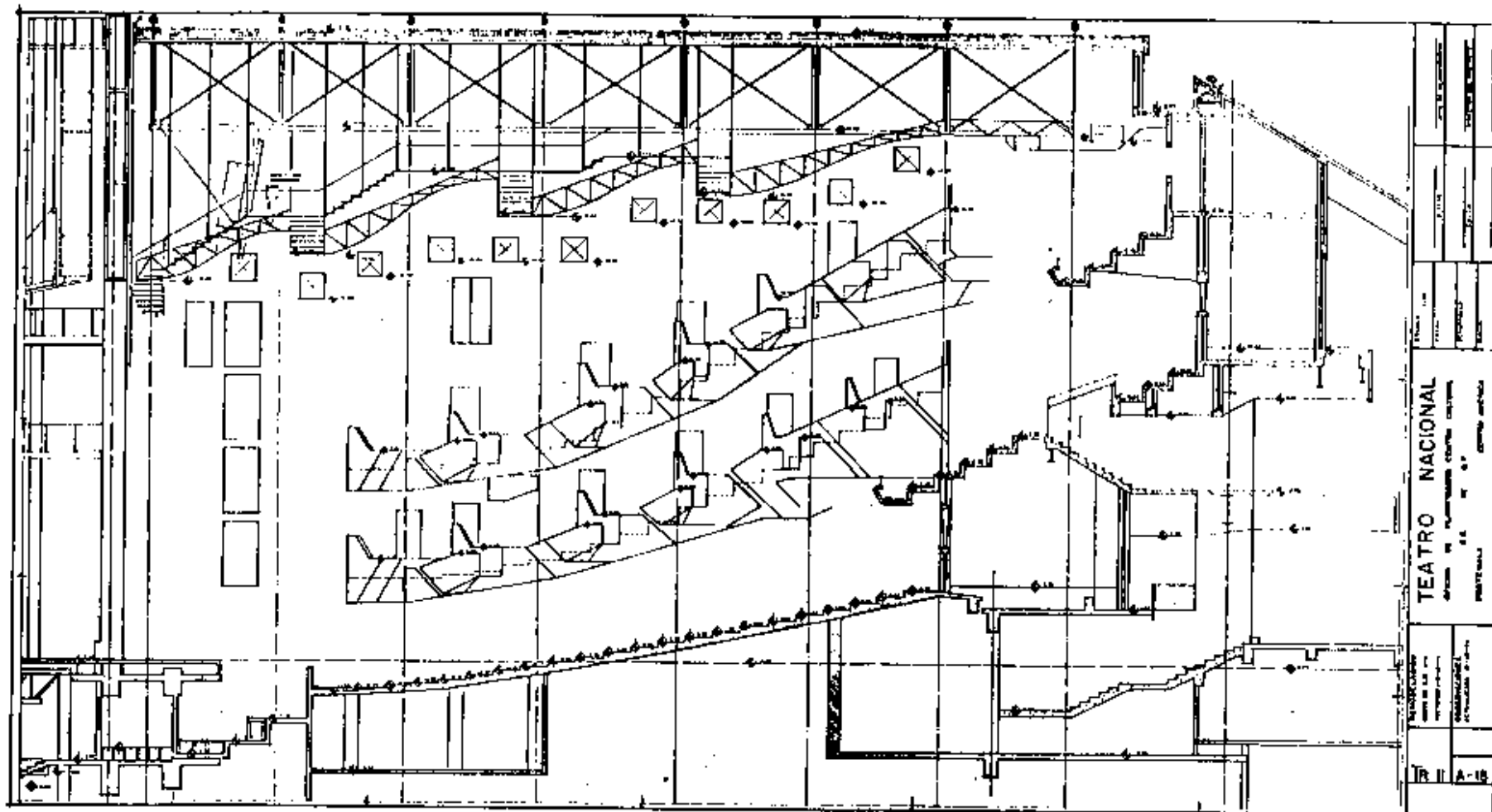
Las razones de definición de esta clase de diseño fueron ya mencionadas.

La gráfica No. 25 muestra como originalmente estaba concebido el diseño interior del teatro antes de que se determinara el cambio de la gradería de la losa de la platea, obsérvese el grosor de dicha losa en toda su longitud.

La gráfica No. 26 ilustra en forma por demás elocuente, como afectó la falta de un estudio isóptico desde el inicio y como afectó principalmente en el renglón económico al proyecto. Nótese el grosor de la nueva losa de la platea, que necesariamente obligó a que se reforzasen los elementos verticales y horizontales que la sustentan (columnas y vigas) así como la cimentación correspondiente.

En la gráfica No. 25 también se aprecian las graderías para los palcos 1 y 2. Estos palcos fueron calculados tomando no los elementos o datos derivados del estudio de parámetros guatemaltecos, sino que se emplearon los datos que aportan las especificaciones de los catálogos. Así se tiene que la altura correspondiente a los ojos del espectador respecto del nivel del suelo donde se localiza se consideró de 112 centímetros. También se tomó de 13 centímetros la dimensión correspondiente a los ojos a la parte superior de la cabeza.

Esto se hizo tomando en consideración que no había ninguna restricción espacial del tipo de niveles tope definidos, debido que desde su prefiguración se basó ésta, en el análisis isóptico correspondiente.



GRAFICA 26

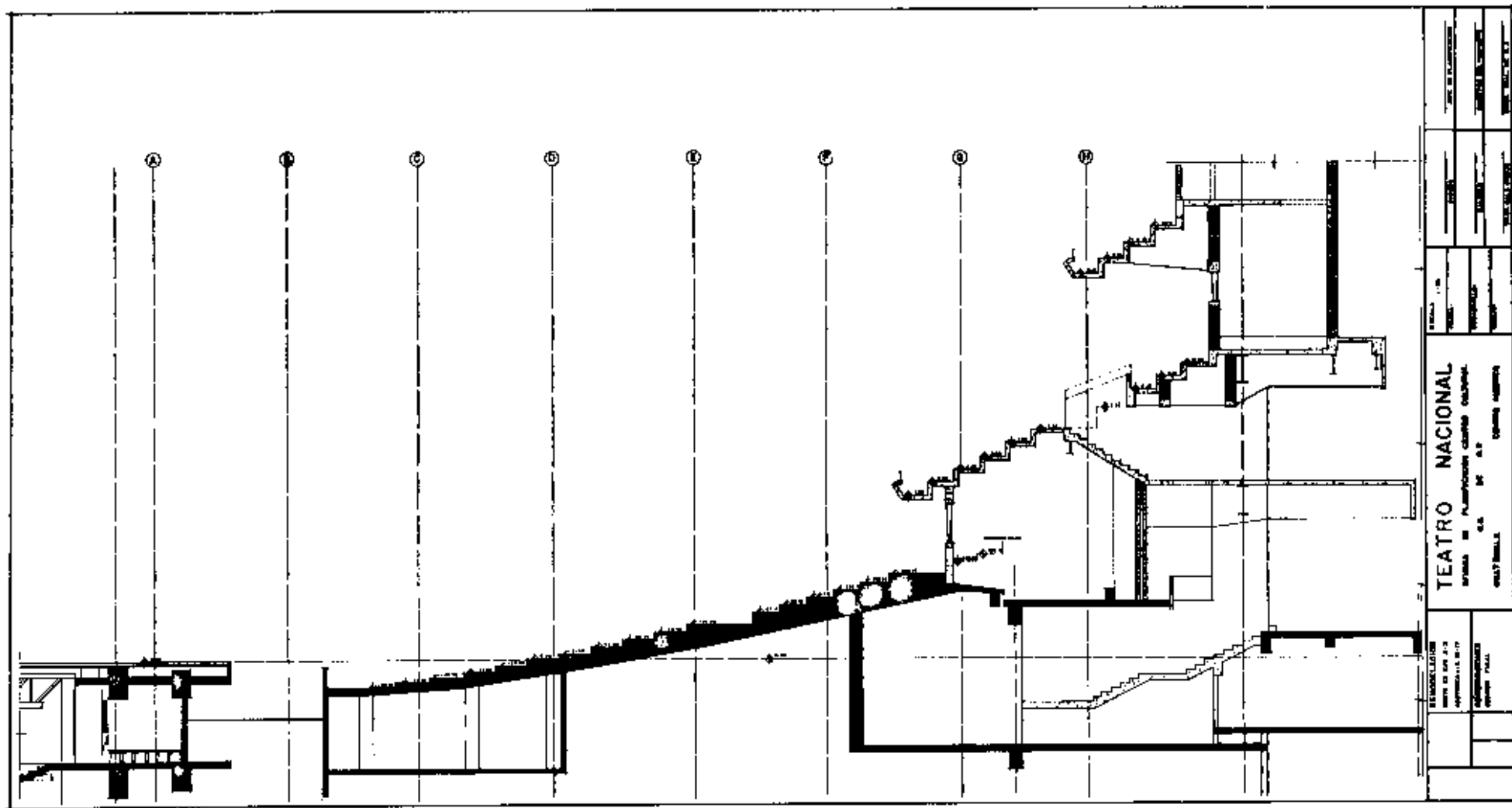
El utilizar parámetros extranjeros, que por la naturaleza de su determinación quedaban por demás sobrados de las dimensiones mínimas que determinó el estudio con personas guatemaltecas; garantizaba un margen de tolerancia mayor que el mínimo, la solvencia visual ante problemas del tipo eventual como lo es la presencia de la persona con una estatura mayor que la normal promedio de nuestro medio.

En lo que a palcos laterales se trata (ver gráfica No. 25), no fué posible obtener la información necesaria a fin de efectuar los análisis isópticos correspondientes.

Refiriéndose a la isóptica horizontal, se parte diciendo primeramente que como ya fué expresado, el objetivo del trazo en planta de una gradería curva, es que dicha curvatura resuelva la visibilidad de los espectadores localizados dentro de la isóptica y que éstos puedan ver hacia los lados, sin que sus visuales sean obstruidas por otros espectadores ubicados también en la misma isóptica.

En lo que respecta a la isóptica horizontal o lo que comunmente se conoce como la curvatura que forman las butacas en planta, existe como anteriormente anoté, especificaciones y normas respecto del ancho del patio de butacas así como también del radio de curvatura en que deben de colocarse éstas. Por otro lado existen estudios que determinan éstos elementos, básicamente el segundo, de una manera más científica y por ende objetiva, ya que siempre deberá de tomarse en cuenta las condiciones particulares de cada proyecto para efectuar dicho estudio y lograr una solución lógica y adecuada para cada proyecto específico.

Normalmente es aplicable a aquellas especificaciones que determinan el radio del arco para salas cinematográficas, teatros, salas de conferencias, etc., los cuales no ofrecen problema de isóptica horizontal, puesto que son relativamente angostos; a manera de ejemplo se puede apreciar en la gráfica corres



| | | |
|--|--|--|
| TEATRO NACIONAL AREA DE PLANTACIONES CULTURALES D.S. Nº 01 000700000 | | N.º DE PLANTACIONES N.º DE PLANTACIONES N.º DE PLANTACIONES N.º DE PLANTACIONES |
| N.º DE PLANTACIONES N.º DE PLANTACIONES N.º DE PLANTACIONES N.º DE PLANTACIONES | N.º DE PLANTACIONES N.º DE PLANTACIONES N.º DE PLANTACIONES N.º DE PLANTACIONES | N.º DE PLANTACIONES N.º DE PLANTACIONES N.º DE PLANTACIONES N.º DE PLANTACIONES |

GRAFICA 26

pendiente la comparación de arcos de círculo (ver gráfica No. 31) la diferencia mínima que existe. La gráfica No. 27 presenta la planta del nivel de platea del teatro nacional. Se puede apreciar en la parte de atrás, los pequeños palcos separados del resto de la platea por medio de pretilos, asimismo la distribución final de la butaquería. La curvatura que en planta tienen las filas de butacas, fué determinada por medio de una de las especificaciones que brindan los libros.

A continuación se presenta el estudio isóptico efectuado como aplicación de la teoría existente para el análisis de esta clase de isópticas.

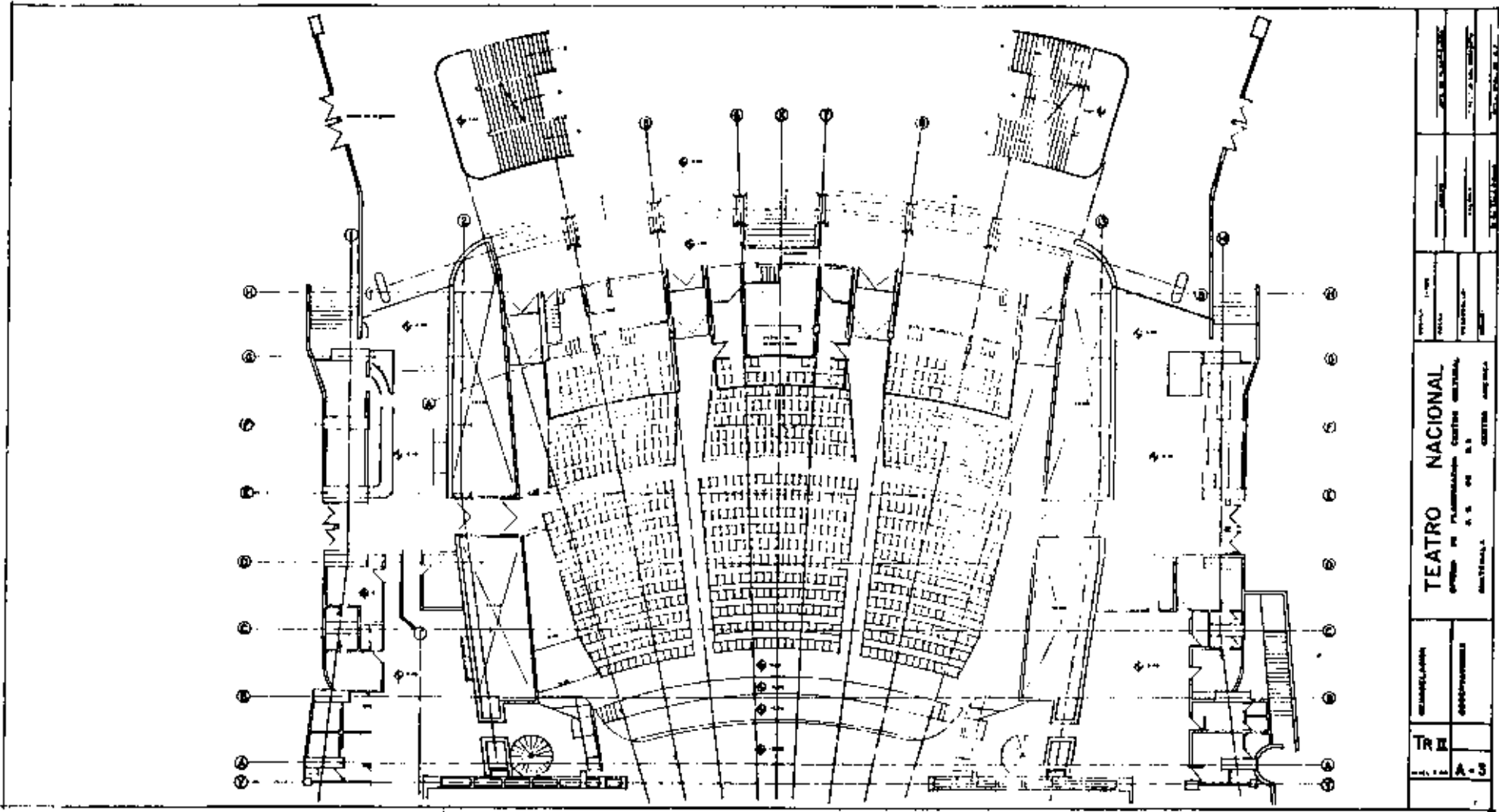
Se considera inicialmente la no existencia de pasillos en el sentido longitudinal de la sala, ya que éstos se definirán posteriormente. Así también, partiendo del centro de la sala o sea el eje X-X, habrán 25 butacas hacia cada extremo.

Se estima un ancho de escenario de 25 metros; en realidad, el ancho real de dicho escenario o zona de escena es de 21 metros y en algunos casos puede ser reducido a 17 metros.

La distancia de ubicación del primer espectador o butaca del centro, identificado en la gráfica No. 28 con el No. 1, respecto de la línea del punto observado; es la misma distancia empleada para el estudio de la isóptica vertical; el ancho de butacas fué considerado de 55 centímetros. El margen de tolerancia para el movimiento de espectadores hacia adelante, se llegó a determinar de 23 centímetros.

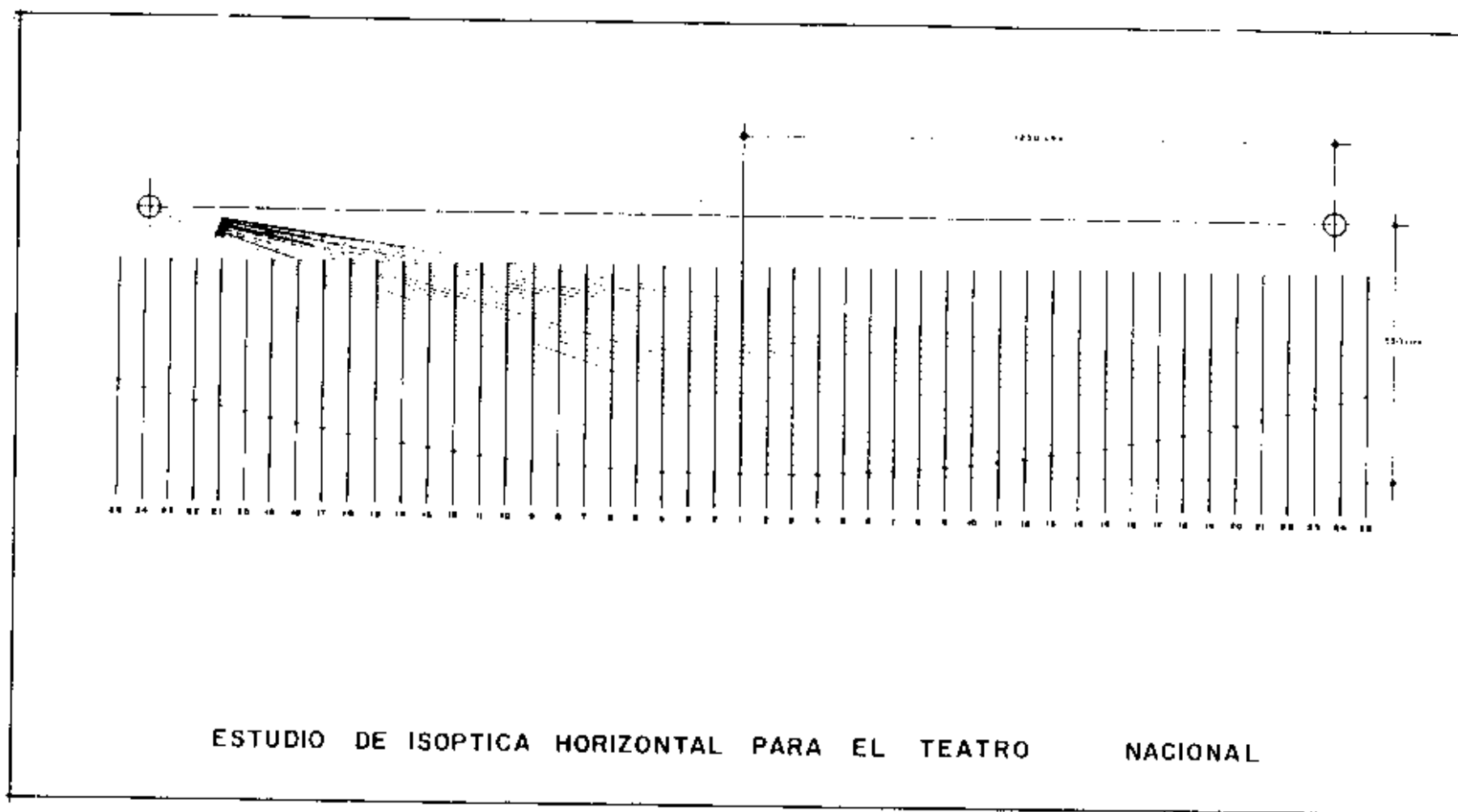
Con estos datos se procedió a realizar el cálculo, obteniendo los niveles correspondientes a cada punto, a continuación se presenta el cálculo efectuado y que dá como resultado una curvatura que se ilustra en la gráfica No. 28.

Luego de obtenida dicha curvatura necesariamente hubo que comprobar la existencia de la adecuada solución a la visibilidad. Esta comprobación, se logra trazando visuales hacia el lado contrario; se toma



| | | |
|--|-------------------|--|
| TEATRO NACIONAL OFFICE OF PLANNING AND DESIGN U. S. G. B. OFFICE OF ARCHITECTURE WASHINGTON, D. C. | | PROJECT NO. _____ DRAWING NO. _____ DATE _____ |
| ARCHITECT _____ | ENGINEER _____ | CONTRACTOR _____ |
| TITLE _____ | SCALE _____ | SHEET NO. _____ TOTAL SHEETS _____ |

GRAFICA 27



GRAFICA 28

OBTENCION DE LOS NIVELES CORRESPONDIENTES A CADA PUNTO

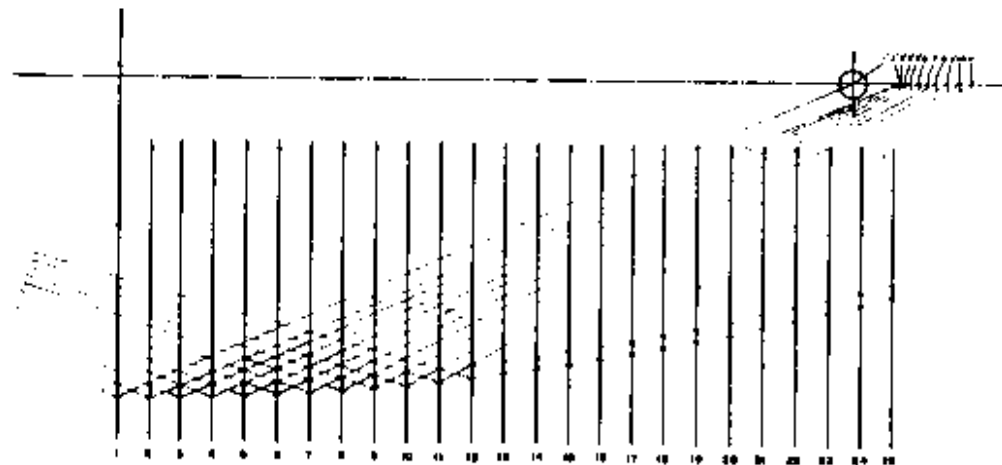
DATOS:

NIVEL (= 550 cms. ; h = 23 cms. ; d₁ = 1250 cms. , S = 55 cms.

| | | | | | | | | | | | |
|------|-----------------------------|---------|---------|--------------------------|----------|------|-----------------------------|---------|---------|--------------------------|----------|
| 2.- | $\frac{-550 + 23}{1250}$ | NIV. 2 | NIV. 2 | $\frac{5877635}{1250}$ | - 550.19 | 19 | $\frac{-442.41 + 23}{2185}$ | NIV. 19 | NIV. 19 | $\frac{939478.4}{2185}$ | - 429.98 |
| 3.- | $\frac{-550.19 + 23}{1305}$ | NIV. 3 | NIV. 3 | $\frac{716978.4}{1306}$ | - 549.41 | 20.- | $\frac{-429.98 + 23}{2240}$ | NIV. 20 | NIV. 20 | $\frac{934019.10}{2240}$ | - 416.97 |
| 4.- | $\frac{-549.19 + 23}{1360}$ | NIV. 4 | NIV. 4 | $\frac{744870.15}{1360}$ | - 547.70 | 21.- | $\frac{-416.97 + 23}{2295}$ | NIV. 21 | NIV. 21 | $\frac{925829.5}{2295}$ | - 403.41 |
| 5.- | $\frac{-547.70 + 23}{1415}$ | NIV. 5 | NIV. 5 | $\frac{771509}{1415}$ | - 546.09 | 22.- | $\frac{-403.41 + 23}{2350}$ | NIV. 22 | NIV. 22 | $\frac{914886.05}{2350}$ | - 389.31 |
| 6.- | $\frac{-546.09 + 23}{1470}$ | NIV. 6 | NIV. 6 | $\frac{796187.25}{1470}$ | - 541.62 | 23.- | $\frac{-389.31 + 23}{2405}$ | NIV. 23 | NIV. 23 | $\frac{901122.6}{2405}$ | - 374.69 |
| 7.- | $\frac{-541.62 + 23}{1525}$ | NIV. 7 | NIV. 7 | $\frac{819419.6}{1525}$ | - 537.32 | 24.- | $\frac{-374.69 + 23}{2460}$ | NIV. 24 | NIV. 24 | $\frac{884500.35}{2460}$ | - 359.55 |
| 8.- | $\frac{-537.32 + 23}{1580}$ | NIV. 8 | NIV. 8 | $\frac{840920.28}{1580}$ | - 532.23 | 25.- | $\frac{-359.55 + 23}{2515}$ | NIV. 25 | NIV. 25 | $\frac{864933.6}{2515}$ | - 343.91 |
| 9.- | $\frac{-532.23 + 23}{1635}$ | NIV. 9 | NIV. 9 | $\frac{860598.7}{1635}$ | - 526.38 | | | | | | |
| 10.- | $\frac{-526.36 + 23}{1690}$ | NIV. 10 | NIV. 10 | $\frac{878363.2}{1690}$ | - 519.74 | | | | | | |
| 11.- | $\frac{-519.74 + 23}{1745}$ | NIV. 11 | NIV. 11 | $\frac{894132}{1745}$ | - 512.40 | | | | | | |
| 12.- | $\frac{-512.40 + 23}{1800}$ | NIV. 12 | NIV. 12 | $\frac{907837}{1800}$ | - 504.35 | | | | | | |
| 13.- | $\frac{-504.35 + 23}{1855}$ | NIV. 13 | NIV. 13 | $\frac{919378.5}{1855}$ | - 495.62 | | | | | | |
| 14.- | $\frac{-495.62 + 23}{1910}$ | NIV. 14 | NIV. 14 | $\frac{928598.3}{1910}$ | - 486.23 | | | | | | |
| 15.- | $\frac{-486.23 + 23}{1965}$ | NIV. 15 | NIV. 15 | $\frac{935724.6}{1965}$ | - 476.20 | | | | | | |
| 16.- | $\frac{-476.23 + 23}{2020}$ | NIV. 16 | NIV. 16 | $\frac{940390}{2020}$ | - 466.54 | | | | | | |
| 17.- | $\frac{-466.54 + 23}{2075}$ | NIV. 17 | NIV. 17 | $\frac{942810.2}{2075}$ | - 454.27 | | | | | | |
| 18.- | $\frac{-454.27 + 23}{2130}$ | NIV. 18 | NIV. 18 | $\frac{942324.95}{2130}$ | - 442.41 | | | | | | |

COMPROBACION DE LA CURVA TRAZANDO VISUALES HACIA EL LADO CONTRARIO.

| | | | | | | |
|------|------|--------|---|--------------------------------------|---|---------|
| 1.- | Proy | 1-1' | = | | = | 1250.00 |
| 2.- | Proy | 2-2' | = | $\frac{550.19 \times 55}{23 + 0.78}$ | = | 1272.52 |
| 3.- | Proy | 3-3' | = | $\frac{549.41 \times 55}{23 + 1.71}$ | = | 1222.89 |
| 4.- | Proy | 4-4' | = | $\frac{547.70 \times 55}{23 + 2.61}$ | = | 1176.24 |
| 5.- | Proy | 5-5' | = | $\frac{545.09 \times 55}{23 + 3.47}$ | = | 1132.60 |
| 6.- | Proy | 6-6' | = | $\frac{541.62 \times 55}{23 + 4.3}$ | = | 1091.18 |
| 7.- | Proy | 7-7' | = | $\frac{537.32 \times 55}{23 + 5.09}$ | = | 1052.07 |
| 8.- | Proy | 8-8' | = | $\frac{532.23 \times 55}{23 + 5.67}$ | = | 1013.95 |
| 9.- | Proy | 9-9' | = | $\frac{526.36 \times 55}{23 + 6.62}$ | = | 977.37 |
| 10.- | Proy | 10-10' | = | $\frac{519.74 \times 55}{23 + 7.34}$ | = | 942.18 |
| 11.- | Proy | 11-11' | = | $\frac{512.40 \times 55}{23 + 8.05}$ | = | 907.63 |



COMPROBACION DE LA CURVA TRAZANDO VISUALES AL LADO CONTRARIO

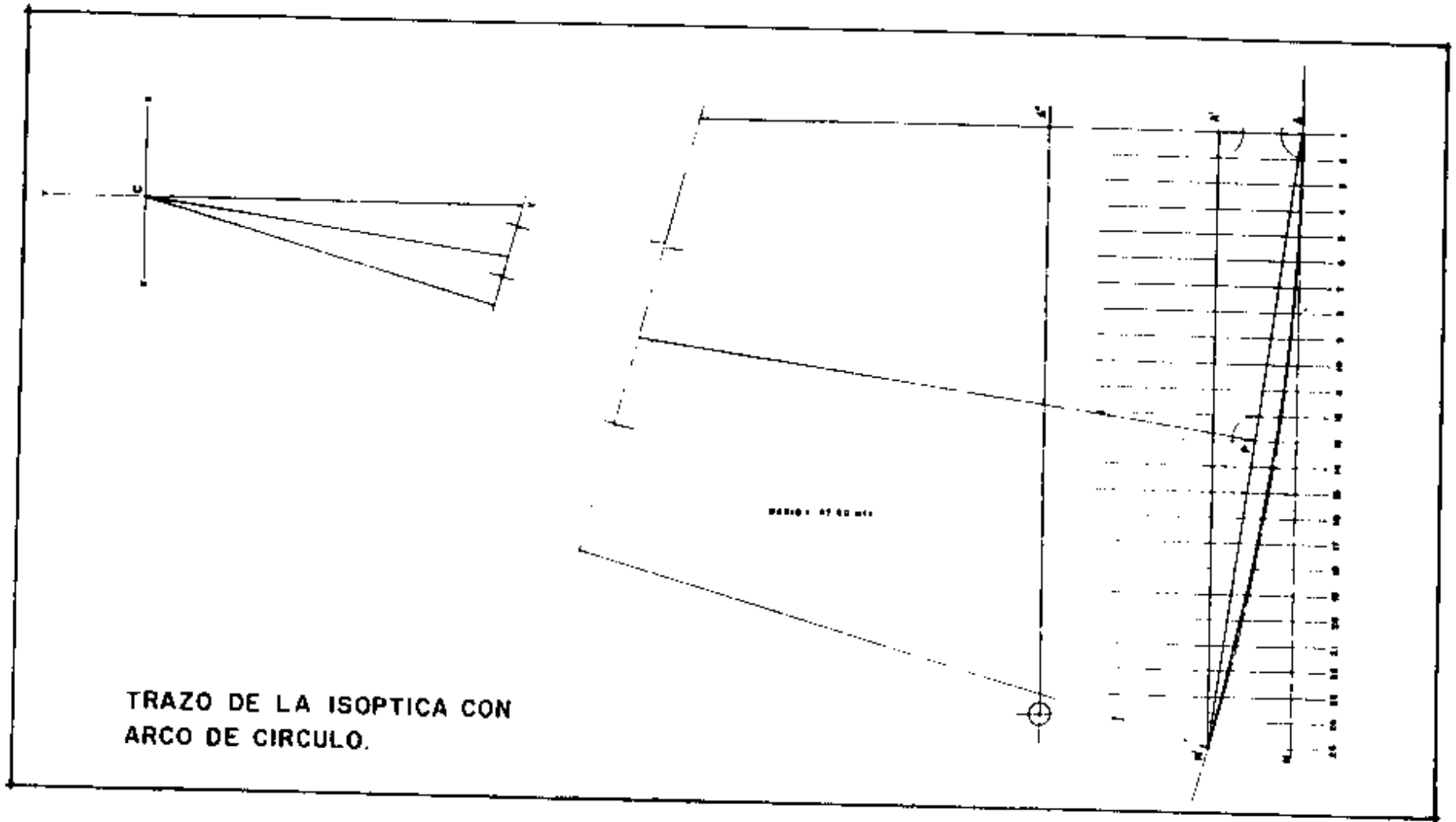
GRAFICA 29

como locales críticos los que se sitúan al centro de la sala. Se aprecia en el cálculo realizado la comprobación hecha para las 11 primeras butacas, llegando luego a concluir que si los puntos críticos tenían resuelta la visibilidad hacia los extremos pudiendo ver más allá de los límites fijados; entonces las butacas próximas a los extremos no tendrían ningún problema de visibilidad. En la gráfica No. 29, se aprecia como las proyecciones de las visuales correspondientes a cada una de las 11 primeras butacas pasan más allá del límite fijado.

Posterior a la comprobación, era importante llegar a determinar un arco de círculo que más o menos se adecuara a la isóptica obtenida, tratando de que la diferencia entre ambas fuese mínima, esto es por facilidad de trazo constructivo. Se llegó a determinar un arco de círculo con un radio de 47.60 metros, se puede apreciar en la gráfica No. 30 en línea no continua. La diferencia entre ambas curvas es mínima, siendo ratificado el radio obtenido.

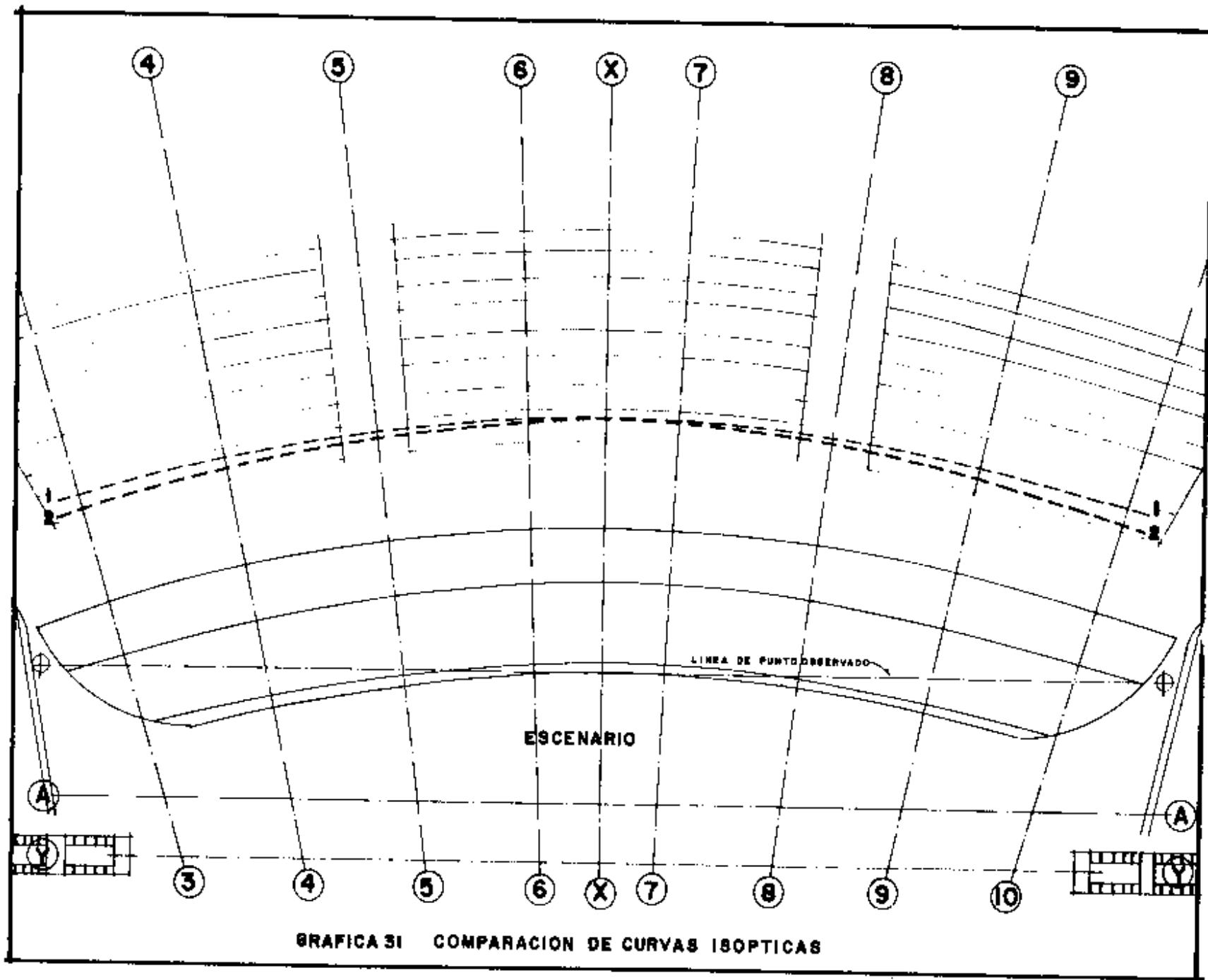
Luego de efectuado y comprobado el estudio para la isóptica horizontal, había que proceder a comparar las curvas, entre la que actualmente tiene la butaquería del teatro nacional y la curva producto del estudio realizado. En la gráfica No. 31, la primera curva es la curva actual del teatro, está identificada con el número 1; la otra curva está identificada con el numeral 2. Se aprecia que la diferencia entre ambas curvas no es muy pronunciada y se podría llegar a decir que, siendo la diferencia tan mínima, si una resuelve la visibilidad, la otra también.

Ahora bien, la curva número dos realmente garantiza una adecuada visibilidad hacia los lados de los espectadores sin obstrucción de la misma hasta el límite previsto; dando la seguridad que en la forma que se previó en el estudio así es en la realidad, puesto que es producto de un estudio objetivo en que en



TRAZO DE LA ISOPTICA CON ARCO DE CIRCULO.

GRAFICA 30

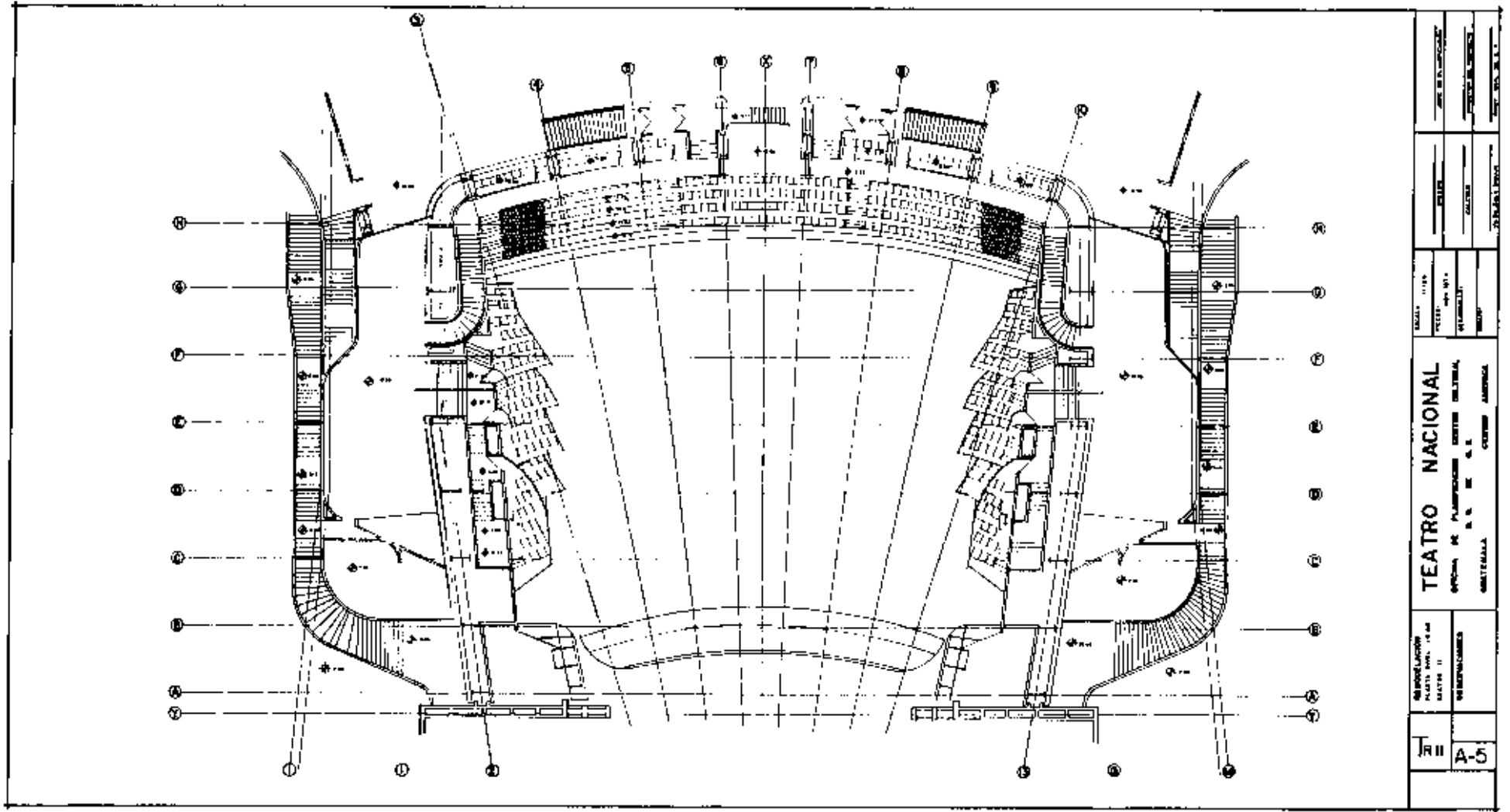


GRAFICA 31 COMPARACION DE CURVAS ISOPTICAS

tran en juego las particularidades del proyecto. De ahí que la curva isóptica se identifique con el proyecto, ya que es parte funcional de éste.

Es importante efectuar el adecuado estudio isóptico para cualquier proyecto que lo necesite, puesto que todos y cada uno son distintos.

En las gráficas No. 32 y 33 se presentan las plantas de los palcos 1 y 2 respectivamente, en los que por mala fortuna existen problemas de visibilidad. Este problema de visibilidad, deriva de que los palcos laterales fueron cambiados en su diseño primario, proyectándolos más salidos de lo previsto originando ello, zonas nulas de visibilidad que se ilustran en las gráficas respectivas por medio de achurado. Este problema es solucionado anulando las butacas de dichas zonas, restringiendo de nuevo la capacidad.



| | | | | | |
|---|--------------|---|--|--|--|
| DE REGULACION PLATO DEL 14 de MAYO de 1911 VENTILACIONES | II II A-5 | TEATRO NACIONAL OFICINA DE PLANEACION DEBITE DELTERA, S. S. DE C. S. S. GUATEMALA | | LOCAL: 11118 PLANTA: 100 M ² VENTILACION: 100 M ² VENTILACION: 100 M ² | AREA DE PLANEACION AREA DE PLANEACION AREA DE PLANEACION AREA DE PLANEACION |
| | | AREA DE PLANEACION AREA DE PLANEACION AREA DE PLANEACION AREA DE PLANEACION | AREA DE PLANEACION AREA DE PLANEACION AREA DE PLANEACION AREA DE PLANEACION | | |

GRAFICA 33

CAPITULO SEGUNDO
INSTALACIONES DE LA
UNIVERSIDAD

INSTALACIONES DE LA UNIVERSIDAD:

Se ha seleccionado de las instalaciones físicas de la Universidad, las más significativas por su importancia en el cotidiano desarrollo de la educación superior. Es así como presento en orden cronológico de diseño los siguientes objetos arquitectónicos:

El Auditorium de la Facultad de Ingeniería diseñado en el año de 1958.

El Auditorium de la Facultad de Agronomía, comunmente conocido como "EL IGLU", diseñado en el año de 1963 aproximadamente.

El Auditorium de los Edificios Modulares, específicamente el del Edificio "J"; diseñado en el año de 1973 aproximadamente.

El Salón de clases del edificio "J", denominado en los planos como AULA 160 y que se diseñara con grandeza.

Estos cuatro ejemplos también ayudarán en mucho a aclarar plenamente -si aun existiese duda- la importancia que aplicar la técnica que soluciona la visibilidad tiene y se le debe de otorgar.

En el diseño de esta clase de espacios arquitectónicos debemos de tener presente algunos elementos que nos orientan y ayudan a lograr una adecuada, lógica y racional prefiguración. Es importante básicamente para auditorium, tomado éste como sinónimo de salón de conferencias; considerar siempre la situación más crítica, como lo sería:

Los disertantes se auxiliarán en su exposición de material didáctico, ya sea carteles, diapositivas o bien algún film.

La participación activa de los concurrentes, por medio de la plática y discusión entre éstos y entre éstos y el disertante.

Si tomamos en consideración estos factores que condicionan el logro de la buena visibilidad, tanto de la persona que diserta como de los objetos que ilustran e incluso de ser posible entre los mismos participantes, estaremos garantizando una adecuada solución y por ende espacios funcionales.

En nuestro medio y en especial en la Universidad, la carencia de recursos y en su defecto la limitación de éstos, es un factor que condiciona y restringe de tal manera que, en el diseño de este tipo de instalaciones no se puede -como debiera ser- dar respuesta a su función particular y específica. Es decir si se diseña un salón de proyecciones, su uso es exclusivamente para proyecciones. De esta manera llegaremos a confirmar el juicio empleado mucho en arquitectura y que se refiere a que la forma no solo es definida por la función sino que está ligada a ésta y de ser cambiada se rompe la armonía biunívoca que existe, dando como consecuencia resultados negativos en el beneficio de su uso. Es en este tipo de conformaciones espaciales donde con mayor evidencia se comprueba la veracidad de dicho juicio. Se tiene pues, que desafortunadamente esta clase de instalaciones que en principio se diseña para una función específica, resulta siendo empleada para otras funciones disímiles. A este fenómeno sumémosle la poca importancia que se le da a la adecuada aplicación de la técnica que nos resuelve la visibilidad y tendremos como resultado, espacios poco funcionales para todo tipo de actividad inclusive para la que ha sido diseñada.

Tomando en consideración estos factores que nos enmarcan y definen la naturaleza del diseño. Toda persona que participe de la actividad arquitectónica de la prefiguración, deberá necesariamente considerar que el espacio a diseñar debe de estar destinado a satisfacer más de una función; deberá diseñar elementos polivalentes, a través de ponderar los distintos usos o funciones posibles y así llegar a definir el diseño para la función que tenga las características más críticas. Esto se refiere para todos

los casos que se enmarcan en este tipo de condiciones. Si dado el caso, hay que efectuar un diseño para una función específica, necesariamente se tomará en cuenta sólo los elementos que son inherentes a esta función y así llegar a conformar un espacio que cumpla a cabalidad su cometido.

Cuando se hace referencia a características críticas respecto de la visibilidad, que es lo más importante de solucionar en este tipo de espacios, se refiere al estudio y análisis de la localización espacial del punto observado, ya que recordemos que en función de la localización del punto observado se determina la amplitud visual, su adecuada solución y como corolario de ésta última, la forma espacial y su adecuado aprovechamiento.

En lo que respecta al factor de la poca atención brindada al problema de la visibilidad, los ejemplos presentados ilustra que en una forma por demás objetiva lo que al respecto acontece.

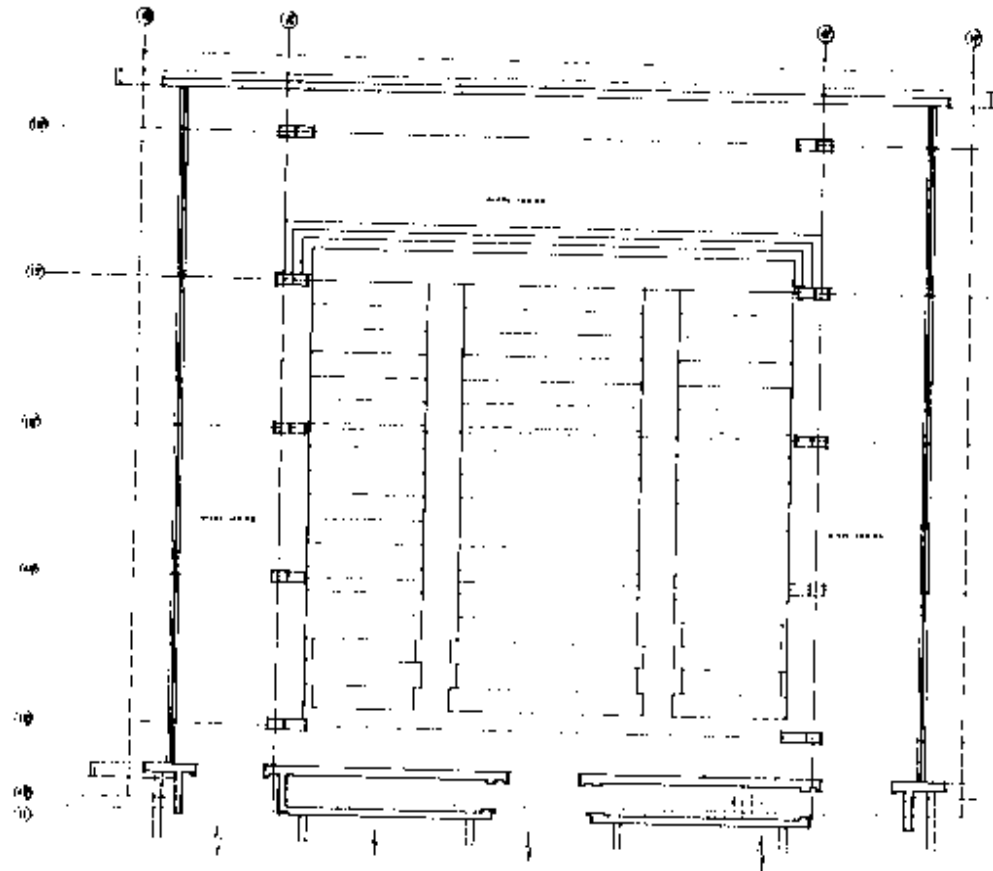
Se tiene que:

El auditorium de la Facultad de Ingeniería, el más antiguo en la Universidad (construido en 1958).

Como se puede apreciar en la gráficas respectivas (gráfica No. 34 y No. 35), fue objeto de estudio la visibilidad, estando solucionada por medio del sistema a tresbolillo, empleando para ello un plano inclinado referido a un determinado ángulo para el patio de butacas. En la medida de las posibilidades se soluciono la visibilidad.

El Auditorium de la Facultad de Agronomía, comunmente denominado "EL IGLU" (diseñado por el año de 1963 aproximadamente). Este auditorium, como se puede apreciar en las gráficas presentadas (ver gráficas Nos. 36 y gráfica No. 37), tenia solucionada la visibilidad por medio del sistema a tresbolillo, empleando a diferencia del anterior una gradería.

Hay que recordar que la gradería empleada en la solución a tresbolillo se caracteriza porque el peral

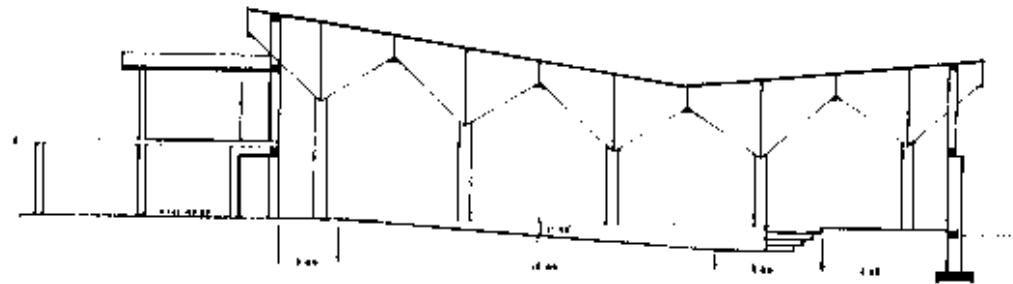


PLANTA

ESCALA 1:100

AUDITORIUM FACULTAD DE INGENIERIA U.S.C.

GRAFICA 34



SECCION LONGITUDINAL

ESCALA 1:100

AUDITORIUM FACULTAD DE INGENIERIA U. B. C.

GRAFICA 38

te de la contrahuellas no es constante. Las personas que han dedicado parte de su vida al estudio de este tipo de técnicas han comprobado que usar en esta solución la gradería similar a la gradería en línea recta, no es la solución más racional y económica.

Por otro lado, el sistema a tresbolillo se caracteriza porque para cada dos filas consecutivas existe un mismo nivel; no obstante es válido definir una grada para cada fila, es alguna medida mejora la amplitud visual.

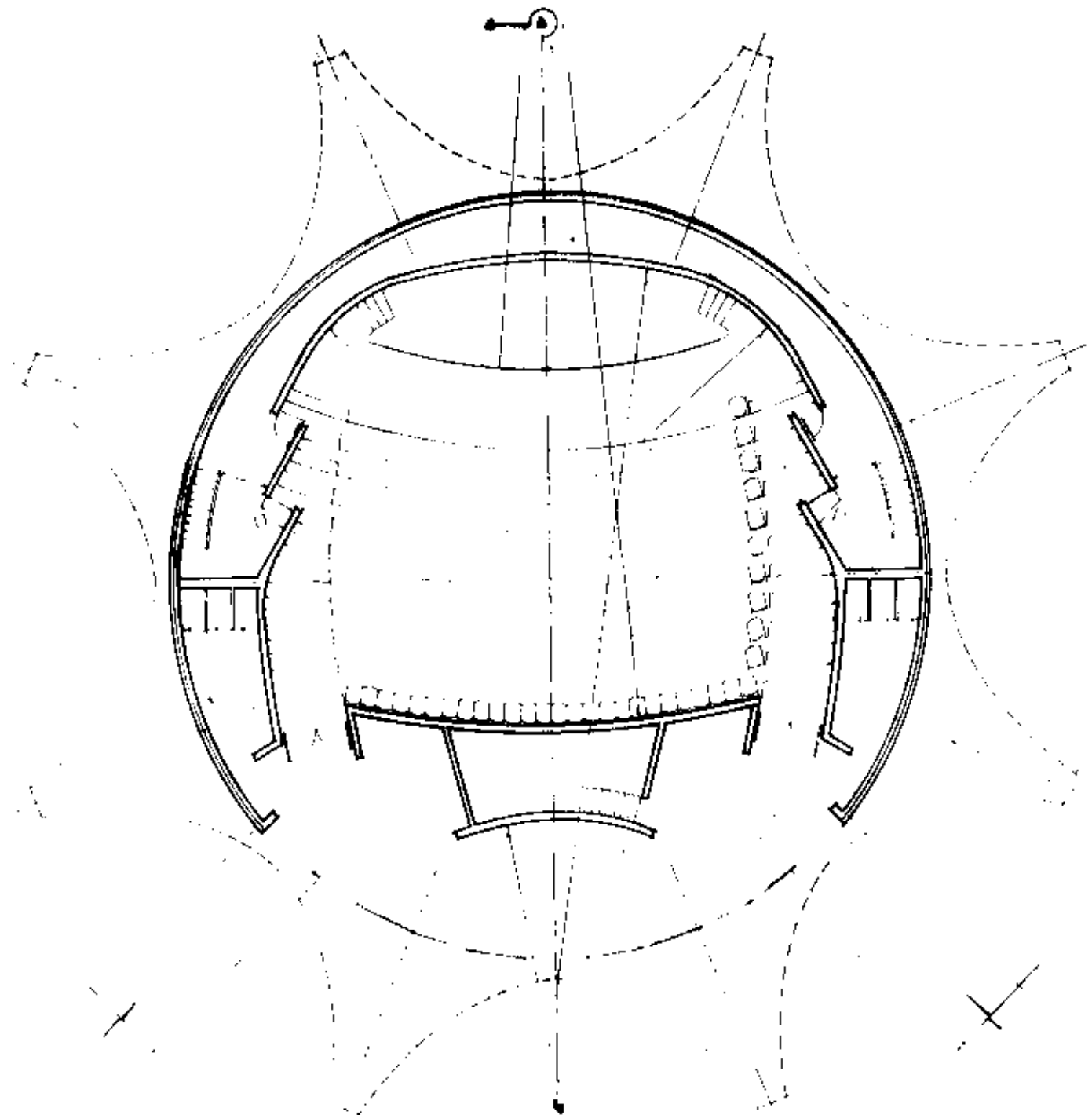
Se pudo haber logrado una diferencia de niveles entre el primero y el último referidos a las filas, menor del que en la realidad quedó, habiendo ello implicado un ahorro de esfuerzos y recursos.

Desafortunadamente este auditorium fué terminado en su construcción de manera distinta a como en el diseño se concibió, por otro lado, en su uso de le cambió función; de auditorium a salón de clase, implicando ello toda una gama de problemas a todo nivel.

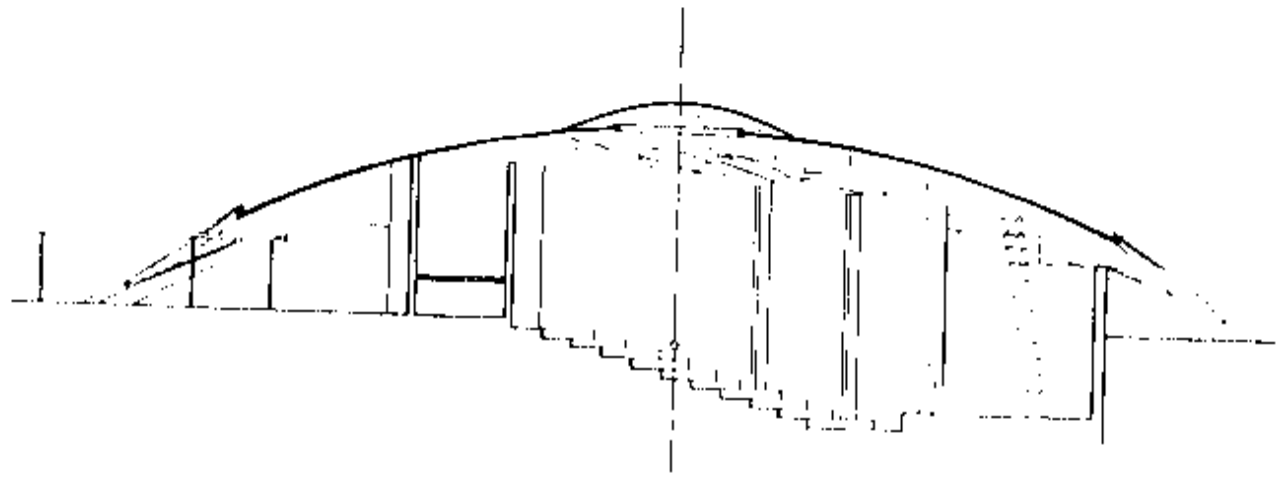
A continuación se presenta la aplicación de la fórmula No. 4 para cálculo de isóptica vertical, en el análisis que se ha efectuado para este auditorium.

Primeramente hay que decir que en este cálculo solo se ha empleado la segunda parte de esta manera de calcular, ya que se asumió la distancia de colocación de la primera fila en vez de calcularla por medio de la fórmula respectiva. Ahora bien, la intención es doble al respecto; primeramente presenta la forma de trabajar el cálculo con esta fórmula y la manera de emplear la tabla de valores de q_n para las distintas filas que en el capítulo referente se presentó. Se podrá apreciar la manera simple de efectuar el cálculo, a la vez se tendrá la oportunidad de hacer comparaciones con las otras formas de cálculo y escoger la que se considere más conveniente a ser empleada en ulteriores ocasiones.

La otra intención, es presentar las variaciones que se obtienen en el diseño al solucionar la visibi -



GRAFICA 36 PLANTA AUDITORIUM FACULTAD DE AGRONOMIA



SECCION LONGITUDINAL A - A ESCALA 1:100
AUDITORIUM DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA U. E. C.

GRAFICA 37

CALCULO DE ISOPTICA DEL AUDITORIUM DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA EMPLEANDO LA FORMULA No. 4.

INFORMACION:

CALCULAMOS PARA EL EVENTO MAS CRITICO. USAREMOS EL TERCER CASO DE ISOPTICAS.

EL PUNTO OBSERVADO MAS BIJO QUE EL NIVEL VISUAL DEL PRIMER ESPECTADOR

DATOS:

$d_i = 300$

$h_i = 52$

$s = 100$

$k = 13$

LA PRIMERA FILA CORRESPONDE PARA EL CALCULO A LA FILA $300 - 100 =$ FILA 3

EL NIVEL OCULAR DE LA PRIMERA FILA EN LA REALIDAD SE HALLA 52 CMS. SOBRE EL NIVEL DEL PUNTO OBSERVADO

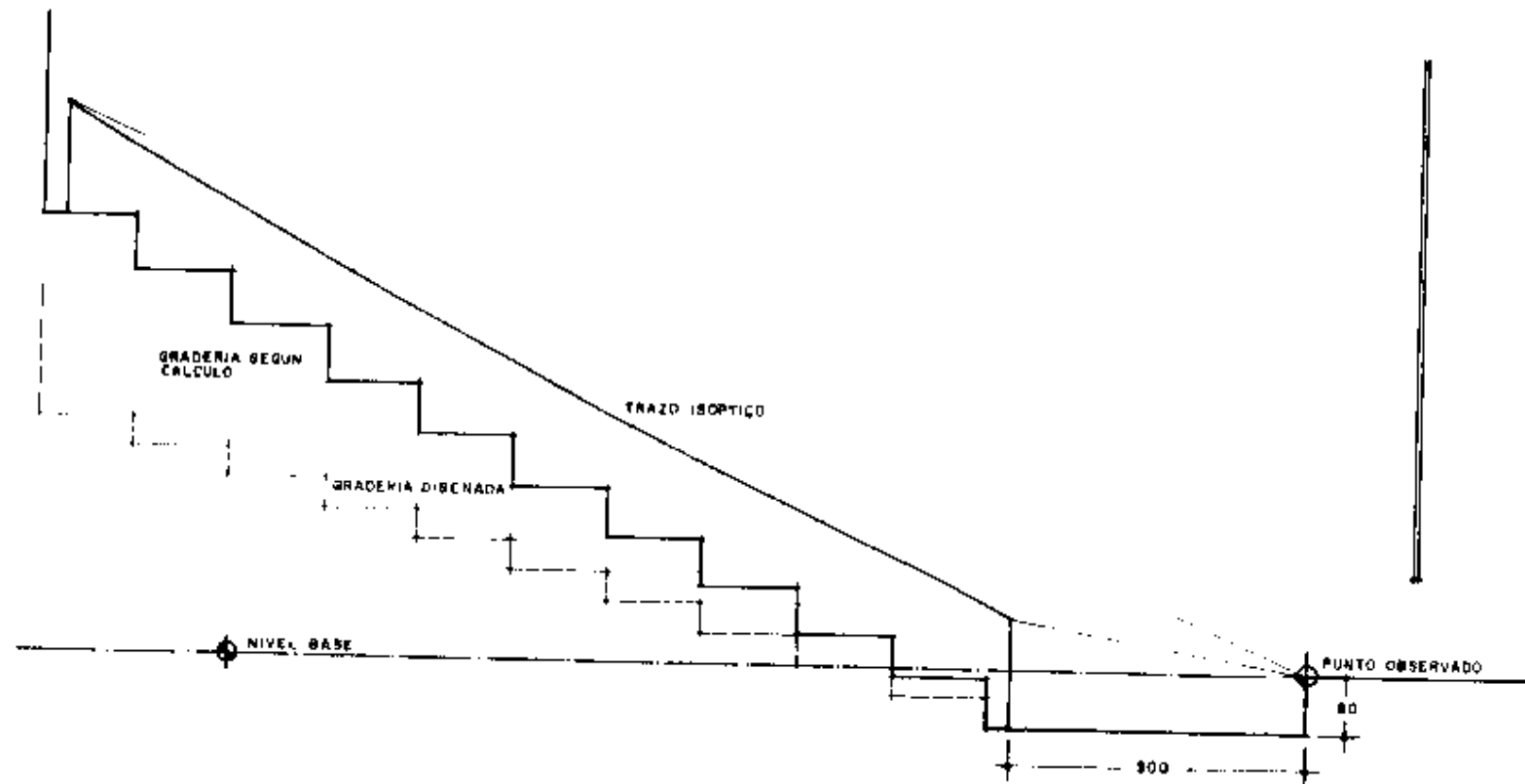
LA SUSTITUCION DE ESTE VALOR EN LA FORMULA DA:

$$52 = 1(h_i + 1.5 \times 13)$$

DE DONDE

$$h_i = 2.17$$

| | NIVEL VISUAL | NIVEL REAL | DIFERENCIA. |
|--|--------------|------------|-------------|
| 2° FILA: $n = 4$; $h_{(4)} = 4(2.17 + 1.63 \times 13) = 103.84 - 112 = - 8.16$ | | | 51.84 |
| 3° FILA: $n = 5$; $h_{(5)} = 5(2.17 + 2.083 \times 13) = 146.245 - 112 = 32.245$ | | | 40.405 |
| 4° FILA: $n = 6$; $h_{(6)} = 6(2.17 + 2.283 \times 13) = 191.09 - 112 = 79.09$ | | | 46.845 |
| 5° FILA: $n = 7$; $h_{(7)} = 7(2.17 + 2.450 \times 13) = 236.14 - 112 = 126.14$ | | | 47.05 |
| 6° FILA: $n = 8$; $h_{(8)} = 8(2.17 + 2.593 \times 13) = 287.03 - 112 = 175.03$ | | | 48.89 |
| 7° FILA: $n = 9$; $h_{(9)} = 9(2.17 + 2.718 \times 13) = 337.54 - 112 = 225.54$ | | | 50.51 |
| 8° FILA: $n = 10$; $h_{(10)} = 10(2.17 + 2.829 \times 13) = 389.47 - 112 = 277.47$ | | | 51.93 |
| 9° FILA: $n = 11$; $h_{(11)} = 11(2.17 + 2.929 \times 13) = 442.72 - 112 = 330.72$ | | | 53.26 |
| 10° FILA: $n = 12$; $h_{(12)} = 12(2.17 + 3.020 \times 13) = 497.16 - 112 = 385.16$ | | | 54.44 |



GRAFICA 38 SOLUCION POLIVALENTE

esenta en forma
su prefiguración

a gradería actual
eventos, conside-
e conferencias, -
cer caso de isóp-
uentra arriba del
dores tengan una
observado en la -
ciza la amplitud

e niveles reales
in entre la gra-
que actualmente
le el principio
ofrecerá proble

o destinado a u-
estinado a ser em

lidad, dependiendo de la función de un objeto arquitectónico particular, a la vez, presenta en forma esquemática lo inadecuado de cambiar la función de un objeto que fue destinado desde su prefiguración a una función específica.

Así pues se presenta primeramente la "alternativa polivalente" y su comparación con la gradería actual. En esta alternativa se asume que en dicho auditorium, se efectuarán toda una gama de eventos, considerando teatro, danza, presentación de grupos musicales, salón de proyecciones, salón de conferencias, - salón de clases, etc.

De esta cuenta hay que considerar cualidades críticas que, obligarán a emplear el tercer caso de isóptica vertical, o sea cuando el nivel del ojo del espectador de la primera fila se encuentra arriba del nivel base o nivel del punto observado. Es necesario que la totalidad de los espectadores tengan una solvencia visual sobre toda la tarima o escenario; en consecuencia, se fija el punto observado en la arista de la tarima más inmediata a la primera fila. Con esta determinación se garantiza la amplitud visual deseada (ver gráfica No. 38).

Efectuado el cálculo se podrá apreciar en la última columna, columna de diferencias de niveles reales o peraltes de contrahuellas, así como en la gráfica No. 38 donde se hace la comparación entre la gradería obtenida con el cálculo y que está representada con línea continua y la gradería que actualmente tiene este auditorium la cual está representada con línea no continua; se aprecia desde el principio una significativa diferencia. De esta comparación podemos concluir en que este espacio ofrecerá problemas al querer emplearlo en una alternativa polivalente.

En segundo lugar, se presenta la alternativa de un análisis de visuales para un espacio destinado a una función específica. Así pues, se asume que dicho elemento arquitectónico estará destinado a ser em

pleado como salón de conferencias y proyecciones.

Partiendo es esta definición habra que considerar primeramente la mejor localización del punto observado; para ello se toma en cuenta que el nivel mínimo o efectivo a donde deben converger todos los planos visuales no debe de ser menor a 90 centímetros, de ahí localizar el nivel base a 92 centímetros. Tomando en cuenta también lo que ya se tiene terminado, la distancia de ubicación de la primera fila respecto al punto observado es de 410 centímetros; sin embargo, siempre debe de tratarse que ésta sea múltiplo de la separación que existe entre butacas o filas. Es así como entre la primera fila y el punto observado media una distancia de 400 centímetros.

Habiendo definido estos factores y considerando que el nivel del piso donde se ubica el primer espectador dista 152 centímetros del nivel base y que por ende la visual o nivel visual de éste, estará 40 centímetros más abajo que el nivel base, habra que usar entonces el primer caso de isóptica vertical, o sea, cuando el nivel visual del espectador de la primera fila está más bajo que el nivel base o del punto observado.

Efectuado el cálculo, se podrá apreciar en la última columna, columna que corresponde a la diferencia de niveles o peraltes de contrahuellas, un aumento gradual en estas en función a la distancia en que están localizadas respecto al punto observado.

En la gráfica No. 39 está presentada en forma esquemática, la comparación entre lo existente y el resultado del cálculo; así pues se identifica con línea continua la graderfa que satisface y garantiza la visibilidad para todas las filas y para estas funciones específicas. En línea no continua, la actual graderfa de este auditorium; se puede apreciar, la diferencia de niveles entre una y otra. Por otro lado si se compara ésta gráfica con la anterior (grafica No. 38) se apreciará la disimilitud exis-

SI EL CALCULO DE LA ISOPTICA SE HICIERA CONSIDERANDO TAN SOLO LAS FUNCIONES DE SALON DE CONFERENCIAS Y DE PROYECCIONES EL RESULTADO VARIARA.
EMPLEAREMOS EL PRIMER CASO DE ISOPTICA VERTICAL.

DATOS :

$$d_1 = 400$$

$$h_1 = 40$$

$$s = 100$$

$$k = 13$$

ASUMIMOS QUE : LA PRIMERA FILA SE ENCUENTRA LOCALIZADA A 400 CMS. RESPECTO DEL PUNTO OBSERVADO.

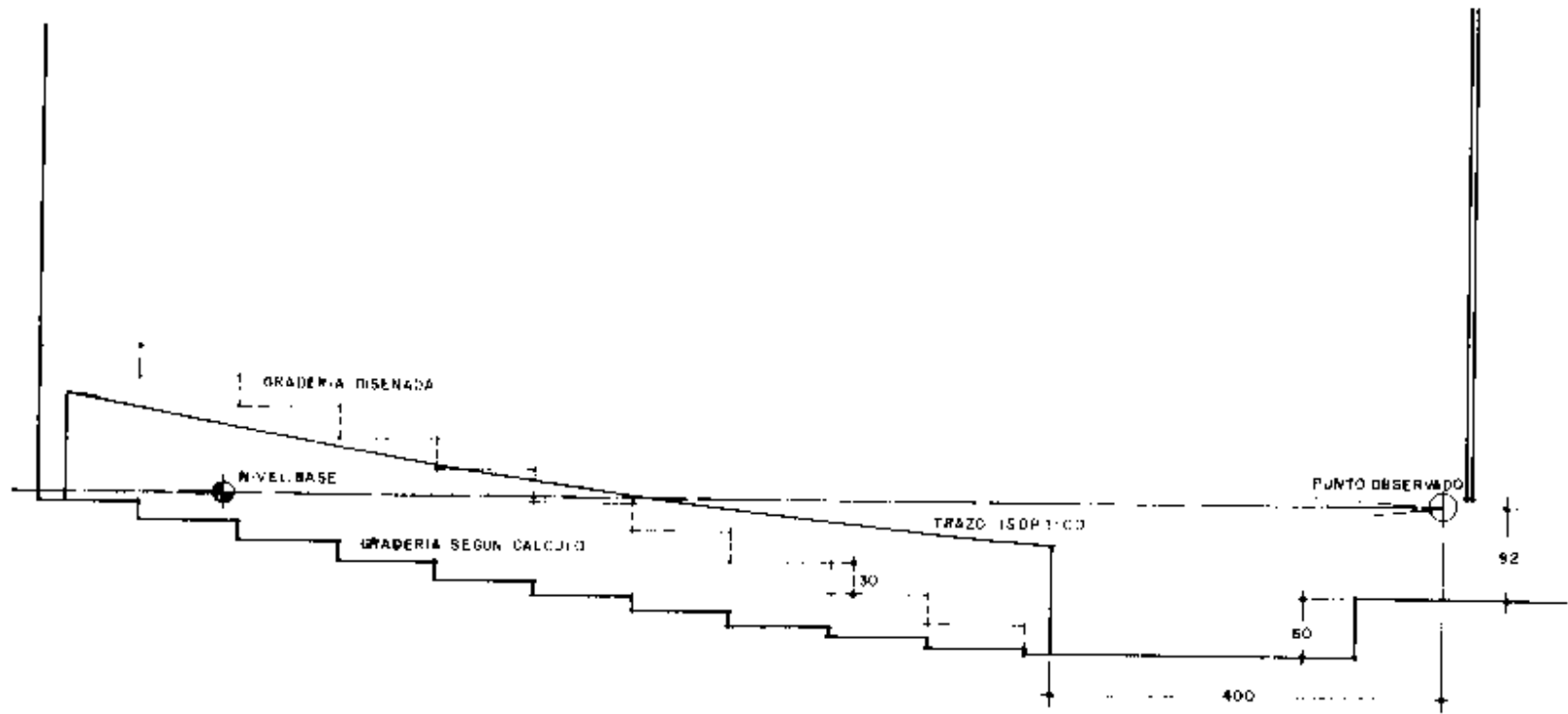
PARA EL CALCULO LA PRIMERA FILA CORRESPONDE A LA FILA $400 \div 100$ = FILA 4 .

EL NIVEL OCULAR DE LA PRIMERA FILA **EN LA REALIDAD** SE HALLA 40 CMS. ABAJO DEL NIVEL DEL PUNTO OBSERVADO.

$$- 40 = 4(h_1 + 1.83 \times 13) \quad \text{DE DONDE} \quad h_1 = - 33.79$$

CALCULANDO LAS SIGUIENTES FILAS SE TIENE :

| | | | | | |
|------------------------|----------|---|-----------------|-------------|-------|
| 2 ^o FILA : | n = 6 ; | $h_{(6)} = 6 (- 33.79 + 2.083 \times 13)$ | = - 33.55 - 112 | = - 145.55 | 6.45 |
| 3 ^o FILA : | n = 6 ; | $h_{(6)} = 6 (- 33.79 + 2.283 \times 13)$ | = - 24.67 - 112 | = - 136.67 | 8.88 |
| 4 ^o FILA : | n = 7 ; | $h_{(7)} = 7 (- 33.79 + 2.450 \times 13)$ | = - 13.58 - 112 | = - 125.58 | 11.09 |
| 5 ^o FILA : | n = 8 ; | $h_{(8)} = 8 (- 33.79 + 2.593 \times 13)$ | = - 0.081 - 112 | = - 112.081 | 13.50 |
| 6 ^o FILA : | n = 9 ; | $h_{(9)} = 9 (- 33.79 + 2.718 \times 13)$ | = 13.896 - 112 | = - 98.104 | 15.98 |
| 7 ^o FILA : | n = 10 ; | $h_{(10)} = 10 (- 33.79 + 2.829 \times 13)$ | = 29.87 - 112 | = - 82.13 | 18.97 |
| 8 ^o FILA : | n = 11 ; | $h_{(11)} = 11 (- 33.79 + 2.929 \times 13)$ | = 47.16 - 112 | = - 64.84 | 21.29 |
| 9 ^o FILA : | n = 12 ; | $h_{(12)} = 12 (- 33.79 + 3.020 \times 13)$ | = 65.64 - 112 | = - 46.36 | 23.48 |
| 10 ^o FILA : | n = 13 ; | $h_{(13)} = 13 (- 33.79 + 3.103 \times 13)$ | = 85.137 - 112 | = - 26.863 | 25.50 |
| 11 ^o FILA : | n = 14 ; | $h_{(14)} = 14 (- 33.79 + 3.180 \times 13)$ | = 105.70 - 112 | = - 6.30 | 27.58 |



GRAFICA 39 SOLUCION SALON DE CONFERENCIAS Y PROYECCIONES

tente, que la determina ni más ni menos, la función que se trata de satisfacer.

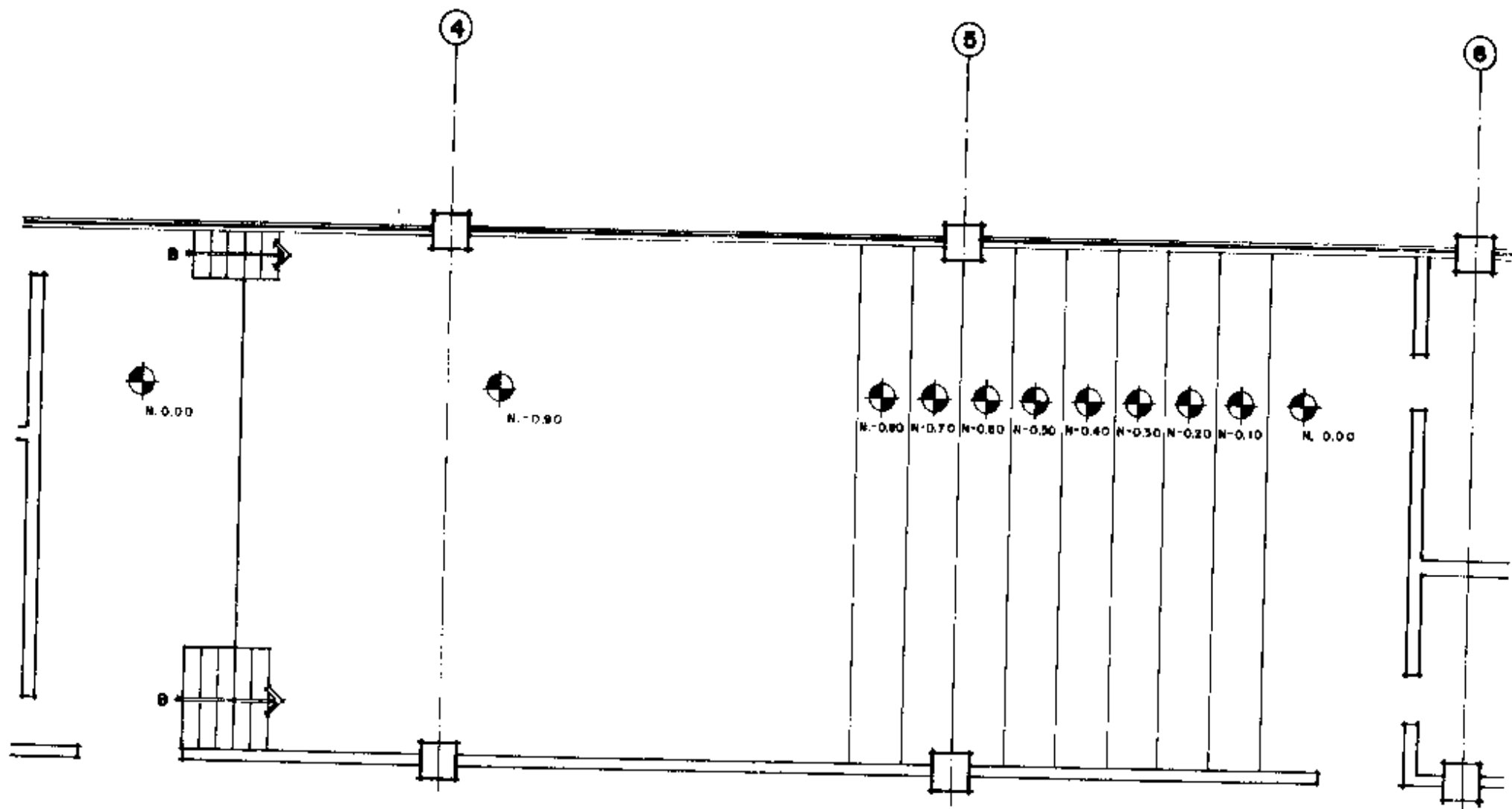
Auditorium de los edificios modulares, el auditorium del edificio "J".

Si hacemos una comparación entre éste (ver graficas No. 40 y 41) y los anteriormente analizados, se notará un fenómeno muy contrastado; ya que si bien en los ejemplos anteriores se trató de solucionar la visibilidad en la medida de las circunstancias. En este auditorium de diseño y construcción reciente (se diseño por el año de 1973 aproximadamente) se debiera esperar una solución de visibilidad en proporción progresiva, es decir, que si en años anteriores se solucionaba la visibilidad con los recursos que se tenían y conocían, es de suponer que en la medida que los conocimientos y las técnicas progresan, en esa medida debe de estarse aplicando; pero no, aquí sucede lo contrario, se pierde de perspectiva o escapa al diseño la función de éste y la satisfacción de ésta, dando como consecuencia objetos arquitectónicos que no satisfacen su finalidad. Toda vez que se llega a despersonalizar el diseño. Este auditorium cuenta inicialmente, con las 10 primeras filas colocadas a puntas encontradas y todas a un mismo nivel, esto último garantiza que las personas situadas en la 9 filas siguientes de la primera estarán condenadas a padecer todas las incomodidades que implica el esforzarse por tratar de ver aunque sea algo de lo que adelante acontece.

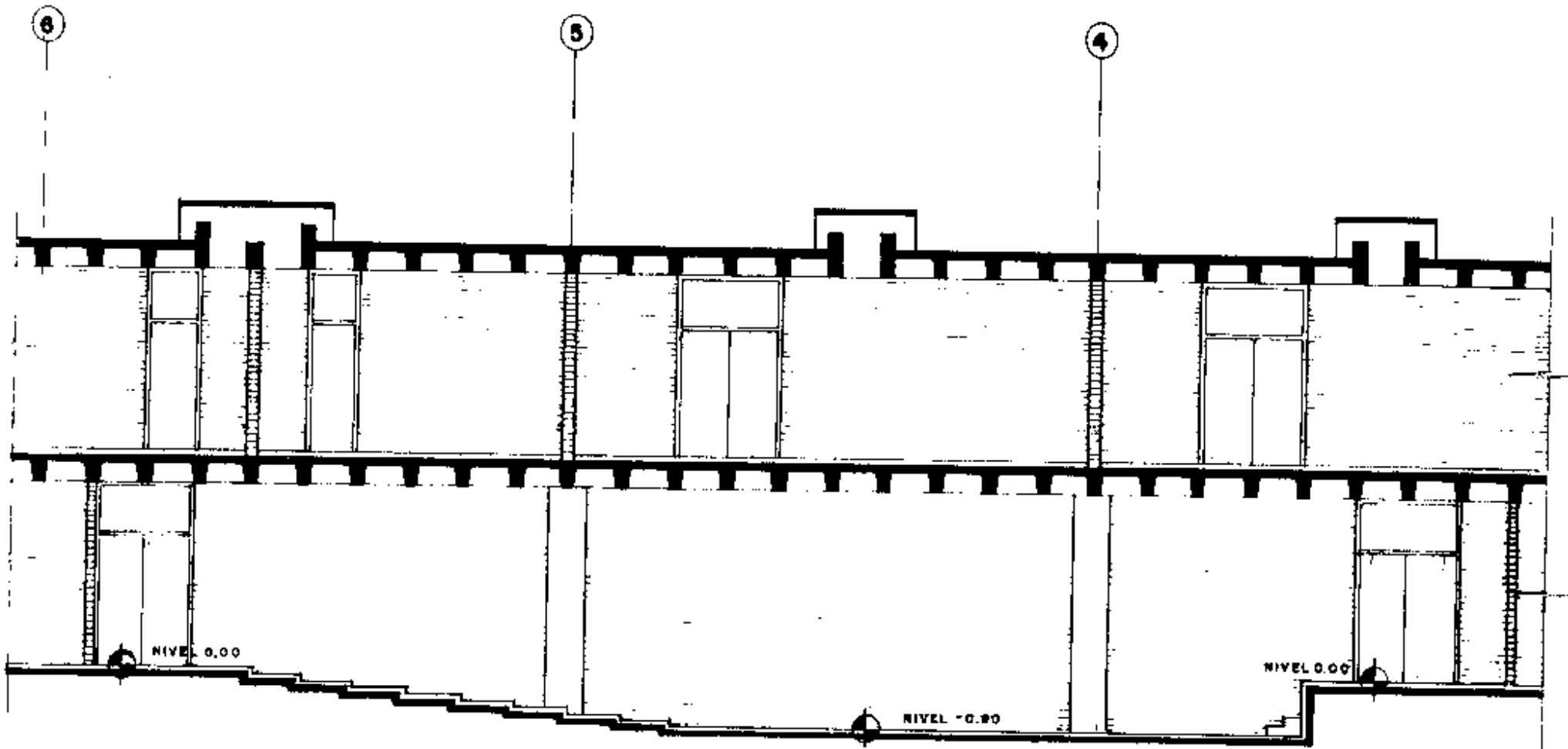
Las siguientes filas se localizan en una gradería que se caracteriza por tener un peralte de contrahuellas constante, con lo que persiste el problema de la restricción visual (ver gráfica No. 40 y No. 41) Es este auditorium una expresión del poco interes e importancia que se le otorga a la solución de la visibilidad en el diseño de un recinto de esta naturaleza, contrapuesto a lo que realmente debiera de suceder; ya que como repito, en estos lugares el poder apreciar bien las cosas que se presentan, es su razón de ser y necesariamente hacia ese objetivo debe de canalizarse todos los esfuerzos y recursos; -

no se admite el sacrificio de ésto por algo de segundo o tercer orden.

Huelga el análisis y la demostración de la poca funcionabilidad y eficacia de este tipo de diseño para un auditorium, por todo lo que anteriormente se ha mencionado.



GRAFICA 40 PLANTA AUDITORIUM EDIFICIO "J"



GRAFICA 41 SECCION LONGITUDINAL AUDITORIUM EDIFICIO "J"

Aula 160; identifica a un salón de clases, denominado en los planos de esta manera.

Este salón de clases diseñado también para los edificios modulares, el cual a pesar de haberse concebido en forma escalonada, es decir, está constituido por una serie de gradas que desafortunadamente siguen el mismo criterio del peralte de contrahuella constante. (ver gráfica No. 42 y No. 43).

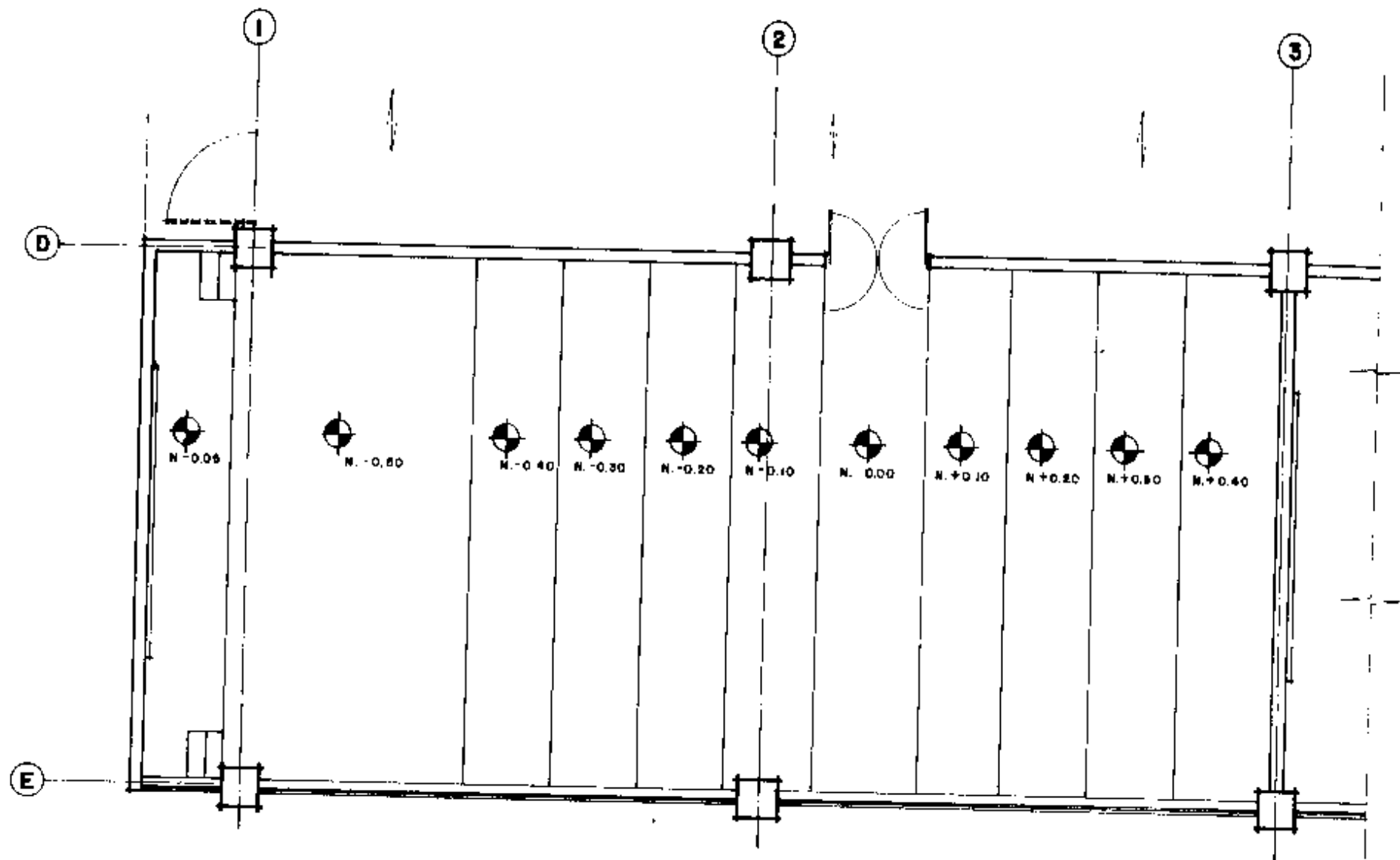
Un salón de clases si debe de cumplir a cabalidad su objetivo a razón de ser, y su uso debe ser exclusivo para salón de clases, en ese orden de cosas su diseño deberá de responder plena y en forma adecuada a su función.

Por esta característica, el salón de clases debe de tener el trato que se merece a todo nivel pero primordialmente debe de brindar las comodidades buscadas para que los conocimientos en él impartidos verdaderamente trasciendan a través de que las personas que participan lo hagan con una laxitud física y mental garantizada por el espacio diseñado.

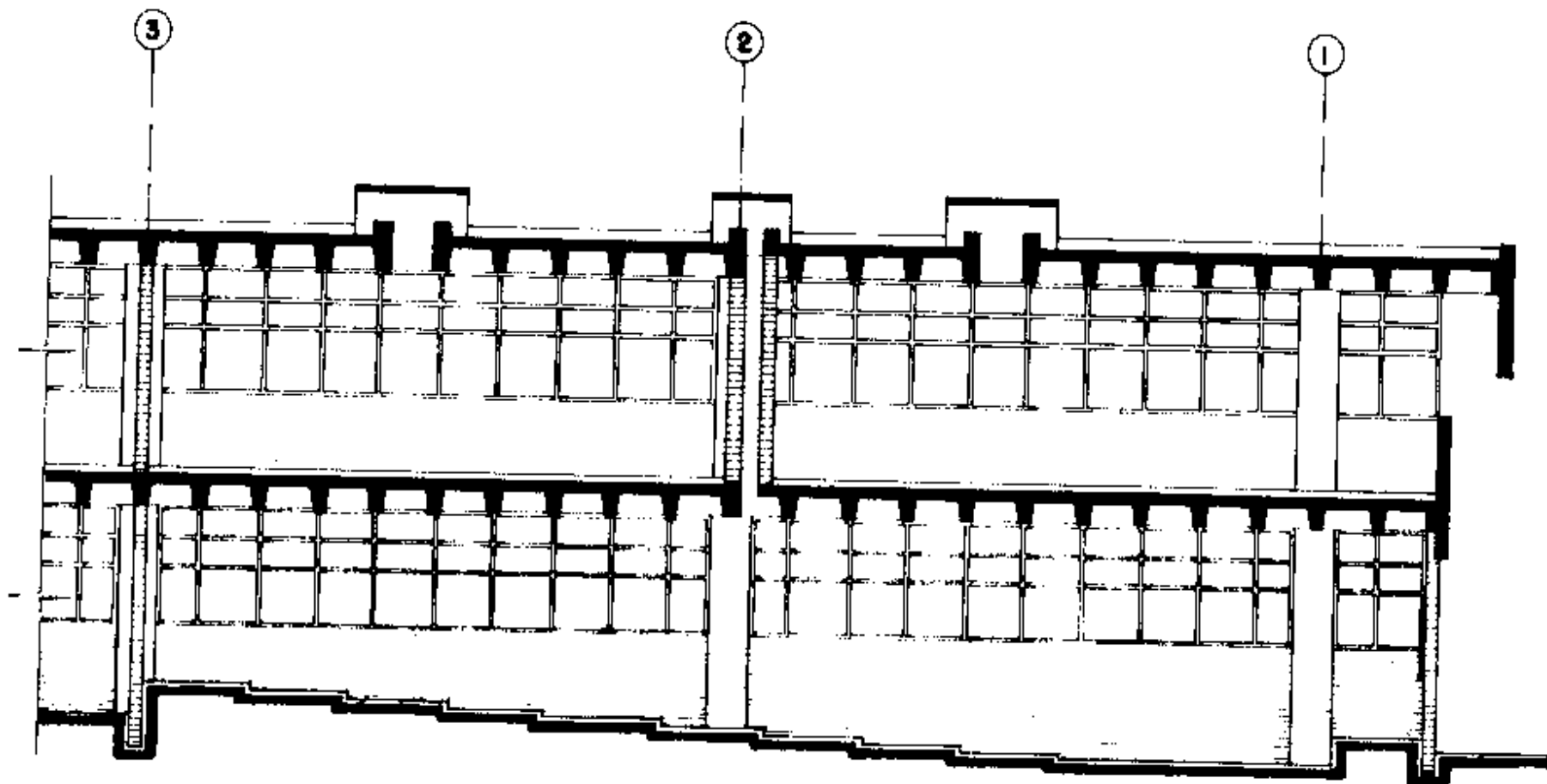
Al iniciar el análisis de esta aula, primeramente hay que considerar que de la superficie plana vertical que representa la pared de enfrente, el área útil es de los 90 centímetros arriba del nivel de piso como mínimo, es decir, que la pizarra deberá de estar colocada de tal manera que su parte inferior diste 90 centímetros del nivel de piso (en este caso del nivel de tarima). Definiendo la localización del punto observado, éste estará situado en la parte inferior de la pizarra. A este punto deben de confluir todos los planos visuales lmites calculados para las distintas filas.

La primera fila de escritorios deberá estar a una distancia tal que las personas de los extremos de esta fila y las siguientes tengan un ángulo visual aceptable que les permita ver sin problemas de ninguna clase.

A continuación se presenta una alternativa de cálculo de isóptica vertical para dicho salón de clases.



GRAFICA 42 PLANTA SALON DE CLASES



GRAFICA 43 SECCION LONGITUDINAL SALON DE CLASES

LA PRIMERA FILA PARA EL CALCULO CORRESPONDE A LA FILA $535 \div 150 = 3.57$

EL NIVEL OCULAR DE LA PRIMERA FILA EN LA REALIDAD SE HALLA A 28 CMS. POR DEBAJO DEL NIVEL DEL PUNTO OBSERVADO. PARA EL CALCULO TENEMOS:

$$-28 = 3.57 (h_1 + 1.688 \times 13) \quad \text{DE DONDE} \quad h_1 = -29.79$$

| | | | |
|---------|--|----------------------------------|-------|
| FILA 1: | \square | $-28.00 - 112 = -140 + 90 = -50$ | 9.14 |
| FILA 2: | $n = 4.57$; $h_{(4.57)} = 4.57 (-29.79 + 1.974 \times 13) = -18.86$ | $-112 = -130.86 + 90 = -40.86$ | 12.02 |
| FILA 3: | $n = 5.57$; $h_{(5.57)} = 5.57 (-29.79 + 2.197 \times 13) = -6.84$ | $-112 = -118.84 + 90 = -28.84$ | 14.14 |
| FILA 4: | $n = 6.57$; $h_{(6.57)} = 6.57 (-29.79 + 2.377 \times 13) = 7.30$ | $-112 = -104.70 + 90 = -14.70$ | 16.95 |
| FILA 5: | $n = 7.57$; $h_{(7.57)} = 7.57 (-29.79 + 2.538 \times 13) = 24.25$ | $-112 = -87.75 + 90 = 2.25$ | |

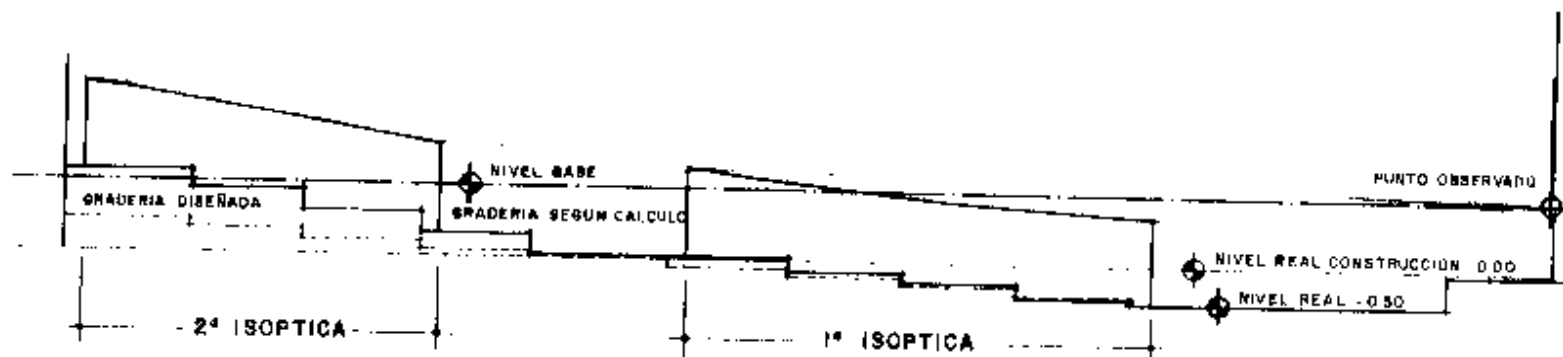
SEGUNDA ISOPTICA:

LA PRIMERA FILA PARA EL CALCULO CORRESPONDE A LA FILA $1175 \div 150 = 7.83$

EL NIVEL VISUAL DE LA PRIMERA FILA EN LA REALIDAD SE HALLA A 56 CMS. ARRIBA DEL PUNTO OBSERVADO. PARA EL CALCULO TENEMOS:

$$56 = 7.83 (h_1 + 2.566 \times 13) \quad \text{DE DONDE} \quad h_1 = 26.19$$

| | | | |
|---------|---|-------------------------------------|-------|
| FILA 1: | \square | $56.00 - 112 = -56.00 + 90 = 34.00$ | 22.46 |
| FILA 2: | $n = 8.83$; $h_{(8.83)} = 8.83 (-26.19 + 2.696 \times 13) = 78.45$ | $-112 = -33.55 + 90 = 56.45$ | 23.92 |
| FILA 3: | $n = 9.83$; $h_{(9.83)} = 9.83 (-26.19 + 2.811 \times 13) = 101.77$ | $-112 = -10.23 + 90 = 79.77$ | 24.57 |
| FILA 4: | $n = 10.83$; $h_{(10.83)} = 10.83 (-26.19 + 2.912 \times 13) = 126.34$ | $-112 = 14.34 + 90 = 104.34$ | |



GRAFICA 44 TRAZO SEGUN ISOPTICAS CALCULADAS

Habrá que partir de algunos elementos que ya están definidos tales como; la distancia de separación - que existe entre las filas, el nivel cero y el nivel de la primera fila.

En este cálculo se emplean dos isópticas verticales, ya que el salón esta dividido por un pasillo. Se pudo haber empleado una isóptica para todas las filas, con la característica de ser una isóptica - continua con cambio de curvatura no obstante y a efecto se presenta otra variante de solución se efectúa el siguiente cálculo.

En la gráfica No. 44 a manera de esquema hay una comparación entre la gradería producto del cálculo - que se presenta con línea continua y la gradería actual la cual esta presentada en línea no continua. Se podrá apreciar no sólo en el cálculo sino en la gráfica cómo para las primeras cinco filas la solución de la visibilidad se logra empleando casi la misma diferencia de niveles que en la realidad existe entre el nivel -50 y el nivel 0.00; la diferencia entre los niveles de la solución los de la realidad es mínima. Lo mismo sucede con la definición de las gradas para la segunda isóptica y las de la realidad, según se aprecia en la gráfica correspondiente.

Sin embargo la diferencia respecto a la solución de la visibilidad es grande, ya que utilizando el mismo patrón de diseño, sólo que en una forma estudiada se logran ventajas y beneficios mayores.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- Comprobada la hipótesis con la segunda parte del presente trabajo, concluyo diciendo que, la técnica que optimiza la visibilidad debe necesariamente ser el trazo guía en la práctica arquitectural, de todos aquellos lugares destinados a la reunión de personas que tienen por objetivo ser receptores de conocimiento al igual que, disfrutar del ocio por medio de la recreación.
- 2.- Es fundamental el empleo de ésta técnica en todos estos tipos de lugares, no olvidando las condiciones especiales de cada proyecto particular.
- 3.- El adecuado y racional empleo de recursos y esfuerzos, está condicionado por la buena aplicación de esta técnica desde el inicio.
- 4.- En la prefiguración de esta clase de objetos arquitectónicos, no se dá un pleno proceso de diseño. Si consideramos que el diseño es un proceso lógico en el cual se prefigura la respuesta a un conjunto determinado de necesidades sociales mediante TECNICAS que


- tiendan a la optimización de las soluciones.
- 5.- En la concepción de objetos arquitectónicos de esta naturaleza, la técnica que optimiza la visibilidad es una parte fundamental y primaria de la práctica - Arquitectural.
 - 6.- El objetivo primordial de la arquitectura es conformar espacios que sean habitables. Decir habitables, es decir, que brinden el adecuado bienestar interior que se pretende.
 - 7.- La Arquitectura como Ciencia Integrada debe de estar implementada por una metodología que responda al rigor científico en que se enmarca.
 - 8.- En el esfuerzo y búsqueda de la adecuada conformación del entorno, siempre se debe tender a lograr la adecuada conjugación y armonía entre el espacio económico y el espacio volumétrico.


BIBLIOGRAFIA


- SLEEPER, Harold R. PLANEACION DE EDIFICOS Y MODELOS DE DISEÑO. Mexico. UTEHA. 1966
- ALVARADO ESCALANTE, Luis. ISOPTICAS. Técnica en el proyecto de óptima visibilidad para espectadores. México: Ed. Trillas. 2 tomos. 1971
- NEUFERT, E. ARTE DE PROYECTAR EN ARQUITECTURA. Barcelona, España; Ed. Gustavo Gili S.A. 13 Edición 9a. edición 1961.
- RAMSEY, Charles G.
- SLEEPER Harold R. ESTANDARES GRAFICOS DE ARQUITECTURA Mexico. UTEHA. Pra. edición español. 1962.
- Cia. PHILIPS PROYECTO DE CINEMATROGRAFOS. Eindhoven, Holanda, División de Electroacústica. 1965.
- REVISTA ESCALA Teatros. No. 39. Bogota, Colombia. Sda edición. 1976. ed. Gustavo Gili S.A.
- REVISTA ESCALA CENTROS DE RADIO Y TELEVISION. No. 67 Bogota, Colombia. Ed. Gustavo Gili SA

REVISTA ESCALA ARQUITECTURA DEPORTIVA. Nos. 56-57.

Bogotá, Colombia. ed. Gustavo Gili S.A.


Jorge Luis Ramirez Rojas


Vo. Bo. Arq. ~~Mario Rodas del Valle~~


Vo. Bo. Arq. Julio Fonseca C.

Imprfmase


Arq. Miguel Angel Santacruz
Decano en Funciones