

SONORIZACION E ILUMINACION DE UN ESTUDIO DE TV

FEBRERO 1982

El tutor: Manuel Cubero Enrici

El alumno: Juan Carlos Sánchez Paz

ORIGINAL

INDICE DE LAS PARTES DEL PROYECTO

RESUMEN Y OBJETO DEL PROYECTO (O)

SONORIZACION (I)

ILUMINACION (II)

ALUMBRADO (III)

AIRE ACONDICIONADO (IV)

BIBLIOGRAFIA (V)

PLANOS

TABLAS

RESUMEN Y OBJETO DEL PROYECTO (0)

Incluye las páginas:0-1

0-2

0-3

SONORIZACION (I)

0.-Introducción	I-1
1.-Método del diseño acústico	I-2
1.1.-Datos a tener en cuenta	I-2
1.2.-Datos iniciales	I-3
2.-Plano acústico	I-7
3.-Determinación de volumen,forma y dimensiones del recinto	I-8
3.1.-Determinación del volumen	I-8
3.2.-Determinación de la forma del recinto	I-9
3.3.-Determinación de las dimensiones del recinto	I-9
4.-Tiempo de reverberación	I-11
4.1.-Determinación del tiempo de reverberación adecuado al volumen del recinto y para fre cuencias medias	I-11
4.2.-Determinación del tiempo de reverberación a diferentes frecuencias	I-12
5.-Determinación de la absorción total necesaria	I-13
6.-Determinación de la absorción sonora total existente	I-17
7.-Cálculo de los materiales absorbentes	I-19

8.-Disposición de los materiales
 absorbentes sonoros I-20

ILUMINACION (II)

0.-Introducción II-1

1.-Magnitudes y unidades empleadas II-2

1.1.-Flujo luminoso II-2

1.2.-Intensidad luminosa II-3

1.3.-Intensidad de iluminación II-4

1.4.-Luminancia II-4

1.5.-Otras unidades II-5

2.-Temperatura de color II-6

3.-Orden a seguir para realizar el
 proyecto de iluminación II-7

3.1.-Determinación del nivel de iluminación II-7

3.2.-Elección del tipo de lámparas II-8

3.3.-Elección del sistema de iluminación II-10

3.4.-Elección de la altura de los
 aparatos de alumbrado II-11

3.5.-Cálculo del flujo total que se
 ha de producir II-12

3.5.1.-Factor de utilización u II-12

3.5.2.-Indice del local K II-15

3.5.3.-Factor de depreciación δ II-16

3.5.4.-Flujo total II-17

3.6.-Número y distribución de los
 aparatos de alumbrado II-19

4.-Sistema de suspensión de la iluminación .. II-21

ALUMBRADO (III)

0.-Introducción III-1

1.-Datos iniciales y orden a seguir III-1

2.-Determinación del nivel de iluminación
y elección del tipo de lámpara III-2

3.-Elección del sistema de iluminación
y de los aparatos de alumbrado III-5

4.-Elección de la altura de los aparatos
de alumbrado III-6

5.-Cálculo del flujo total que se ha
de producir III-6

6.-Número y distribución de los aparatos
de alumbrado III-7

AIRE ACONDICIONADO (IV)

0.-Introducción IV-1

1.-Calor total emitido IV-1

2.-Cálculo del área de las rejillas
de ventilación IV-3

PLANOS

Plano 1.-Disposición de los elementos básicos
del estudio

Plano 2.-Dimensiones del estudio

Plano 3.-Tiempo de reverberación a 500 Hz.

Plano 4.-Tiempos de reverberación relativos

Plano 5.-Tabla de absorciones

Plano 6.-Tiempos real y óptimo

Plano 7.-Disposición de materiales absorbentes
Plano 8.-Lámparas
Plano 9.-Alumbrado
Plano 10.-Tipo de barras
Plano 11.-Guía de proyectores
Plano 12.-Guía de barras móviles
Plano 13.-Tipo de fluorescentes
Plano 14.-Luminarias
Plano 15.-Barras de iluminación

TABLAS

Tabla 1.-Dimensiones de los diferentes tipos
de estudios
Tabla 2.-Relación $l/a/h$
Tabla 3.-Tabla de absorciones
Tabla 4.-Tiempo real de reverberación
Tabla 5.-Factor de utilización de los proyectores
Tabla 6.-Factor de utilización de los tubos fluo-
rescentes

BIBLIOGRAFIA (V)

RESUMEN

El objeto del siguiente proyecto es acondicionar acústica y luminosamente un local destinado a ser un estudio de televisión. Este estudio en particular será utilizado para grabar programas informativos y programas dedicados a coloquios o mesas redondas, de forma que en escena el número máximo de personas sea de 5. Además de los locutores o las personas participantes en el coloquio, a la hora de grabar, estarán en el estudio tres operadores de cámaras y un regidor.

Las dimensiones del estudio se elegirán de acuerdo con las dimensiones óptimas que existen para este tipo de locales, y de acuerdo también con las necesidades del mismo.

El por qué del acondicionamiento acústico del local es el siguiente: aunque un estudio este bien construido estéticamente, no lo está para la captación de la palabra ya que se producen ecos, resonancias, reflexiones en los muros del local y otros efectos que distorsionan la señal del foco emisor primario, que en este caso es el locutor o los participantes en el coloquio.

Antes de continuar se debe decir que este proyecto se ha dividido en cuatro partes diferentes, aunque los datos de cualquiera de ellas se utilizan en las restantes. Estas cuatro partes son: sonorización, iluminación, alumbrado y aire acondicionado. También se ha de tener en cuenta que el proyecto se ha tratado desde un punto de vista teórico y se ha aplicado en particular a un deter

minado tipo de estudio.

Continuando con la descripción de las partes del proyecto, viene ahora la iluminación. Para realizar esta parte se han utilizado las teorías de iluminación interna. Para iluminar un estudio de televisión no hay unas normas fijas, ya que cada iluminador tiene un criterio diferente respecto a la forma de tratar luminosamente un objeto o una persona. Lo único que ha de ser siempre igual en este tipo de estudios es el nivel de iluminación y la temperatura de color. Estas dos magnitudes son fundamentales, ya que de ellas depende la buena o mala captación de las imágenes por las cámaras. En esta parte del proyecto se ha desarrollado un sistema de guías para los proyectores, de forma que el iluminador los pueda mover por toda la superficie a iluminar, según él crea conveniente. Se dispondrán un número determinado de proyectores, lo cual no quiere decir que se tengan que utilizar todos a la vez o con toda su intensidad. Por último, con respecto a esta parte, queda decir que se harán los cálculos para iluminar el centro del estudio y uno de sus extremos. En el extremo opuesto del mismo bastará con traer los proyectores del otro.

La tercera parte del proyecto será el alumbrado. Este alumbrado es el que se usará cuando haya que hacer cualquier operación ajena a la grabación, es decir, colocación de instrumentos, decorados, etc. Para este apartado se utilizarán las mismas teorías que en el anterior, pero se hará más resumido para no repetir informaciones. Este alumbrado no tendrá que estar encendido durante la

grabación.

La última parte del proyecto es la que se refiere a la instalación del aire acondicionado. Esta instalación es debida a que los proyectores y el número de personas existentes en el estudio, desarrollan una cantidad de calor que habrá que evacuar, y el sistema mas adecuado es el aire acondicionado.

Por último queda decir que la locución se hará en un extremo del estudio, los debates en el extremo opuesto y en el centro se podrán hacer mesas redondas. Nunca se desarrollarán dos acciones a la vez y no por haber dos partes iguales en los extremos se duplicará el material técnico como son las cámaras y los monitores; bastará con darles un giro de 180° según tengan que tomar uno u otro extremo.

Hay que aclarar que a efectos de sonorización se han despreciado el volumen de los micrófonos de solapa así como el de las guías de suspensión de los proyectores.

OBJETO DEL PROYECTO

Este proyecto se va a realizar a petición de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones de Las Palmas, con el fin de obtener, en el caso que sea aprobado por los catedráticos encargados de su examen, el título de Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones.

0.-INTRODUCCION

Como se dijo en el resumen inicial, este proyecto es tá realizado desde un punto de vista teórico y aplicado al caso particular de un estudio dedicado a locu---ción.

Para poder realizar esta primera parte se ha tenido en cuenta los datos obtenidos en las tres restantes, ya que son esenciales para realizar el cálculo de la ab--sorción sonora.

Cuando se este grabando algún programa, la acción se podrá desarrollar en toda la superficie útil comprendi da por el telón, pero, se supone que las dos situaciones básicas sobre las que se va a trabajar son las expues- tas el el PLANO 1. Esto no excluye el que se pueda gra- bar en el centro del estudio.

Como los cálculos de sonorización se han hecho so#- bre las dos situaciones citadas anteriormente, se reco- mienda que si se introducen nuevos materiales para la actuación en el centro del estudio, como pueden ser si- llas, mesas o decorados, se saquen del mismo otros obje- tos no necesarios de modo que sean equivalentes en su- perficie o volumen, para variar lo menos posible los -- cálculos que se expondrán a continuación. Queda claro - pues, que los cálculos se harán de acuerdo con la dis- tribución de materiales del PLANO 1.

También se na de tener en cuenta que los cables de los monitores, cámaras y micrófonos se unirán al con--- trol de realización mediante los conectores indicados en el PLANO 1. En estos conectores se colocarán tantas

tomas de video y de audio como los técnicos correspondientes crean conveniente.

1.-METODO DEL DISEÑO ACUSTICO

La idea básica del diseño acústico de un recinto -- consiste en determinar los datos básicos necesarios, -- que teniendo en cuenta para que se va a emplear el recinto y que equipo técnico se va a utilizar, proporcionarán las condiciones acústicas óptimas del mismo.

Las bases del diseño que nos dan los datos técnicos necesarios generalmente suelen ser los que se mencionan a continuación:

- Uso normal del recinto
- Uso de los recintos anexos al estudio
- Número de personas que trabajarán normalmente en ese estudio
- Características de las fuentes sonoras próximas al recinto
- Dibujo del plano acústico del recinto

1.1.-DATOS A TENER EN CUENTA

Al diseñar un recinto se procurará el máximo acceso directo entre el mismo y los que realizan los procesos técnicos (grabación, emisión, etc.), procurando que el aislamiento sonoro entre ellos sea muy bueno. Si se fuesen a diseñar dos o mas estudios, sería conveniente el hacerlos adyacentes, pero esto haría que el aislamiento sonoro entre los mismos fuese mas complicado, --

por lo que es preferible disponer estos recintos separados por áreas relativamente tranquilas, como pueden ser pasillos o cabinas de control.

Al calcular la superficie del estudio debemos tener en cuenta que al lado del mismo deberán existir recintos anexos para controlar la transmisión así como las características de grabación. El lazo de unión entre los recintos de control y el estudio se realiza normalmente a través de ventanas con diferentes cristales.

En estudios grandes deberán existir 2 ó 3 salidas, que darán a diferentes pasillos con un área de 3 ó 4 metros cuadrados cada una; también pueden existir anexos para descanso del personal.

Si el estudio acústico parte de una construcción ya existente para la grabación sonora, sólo es necesario calcular la absorción adicional para crear unas buenas condiciones acústicas en el recinto y colocar la adecuada instalación sonora.

1.2.-DATOS INICIALES

Como se comentó en el resumen inicial, este local de televisión va a estar dedicado a la emisión de programas informativos o a coloquios. A continuación se enumerarán todos los elementos y personas que deben haber dentro del estudio para el desarrollo de este tipo de programas (Ver PLANOS 1 y 2).

Veamos en primer lugar los materiales que nos van a hacer falta. En el estudio siempre habrán aunque no se

usen en un momento determinado:

a).-Las mesas de los locutores así como la de los participantes en el debate. Estas mesas serán de madera de 19 mm. y con las siguientes superficies aproximadamente:

-2 mesas de 1'5x1 m. (locutores)

-1 mesa de 2x1 m. (locutores)

-1 mesa de 4x1 m. (coloquios)

Todas las mesas excepto la de coloquios son de 70 cm. de altura y tienen por delante una tabla de madera de 19 mm. a una altura de 20 cm. y por lo tanto estas tablas tendrán las siguientes dimensiones:

-2 tablas de 0'5x1'5 m.

-1 tabla de 0'5x2 m.

En total la superficie de madera que forma las mesas es de 10'75 m².

b).-Las sillas de los locutores y de los participantes en el debate. Estas sillas estarán tapizadas. Para saber el número de sillas que habrán en el estudio, se debe tener en cuenta que en la grabación de los informativos participarán 4 locutores (noticias nacionales, internacionales, deportivas y meteorológicas), y en los coloquios participarán un número máximo de 5 personas. Por lo tanto, sumarán un total de 9 sillas.

c).-Tres cámaras, tres monitores, 4 micrófonos con pedestal para los locutores y 5 de solapa para los participantes en los coloquios. La superfi--

cie y el volumen ocupado por los micrófonos de solapa así como las barras de sujeción de los proyectores, se despreciarán a la hora de considerar la absorción sonora existente en el local. Habrán también 32 proyectores según se ve en la segunda parte del proyecto (apartado 3.6).

Todos los materiales expuestos en este apartado se considera que tienen la misma absorción que los instrumentos musicales. Contando las cámaras, los monitores, los micrófonos con pedestal y los proyectores tenemos un total de 56 instrumentos.

d).-El decorado. Estará formado por un telón de color azul claro. Este telón comprende todos los laterales del estudio excepto la parte donde se colocará la ventana del control de realización. Tendrá una altura de 4 metros y estará al nivel del suelo. Se situará 0'5 metros separado de las paredes. Su forma, colocación y dimensiones se pueden observar en el PLANO 2. Como se observa en este plano, al acercarse a la ventana del control de realización, sufre una curvatura. El motivo es permitir que la escena se vea mejor desde el control de realización. También se observan curvaturas en las esquinas y su motivo es el siguiente: al tomar las cámaras a los locutores de los extremos parecerá que la pared es plana y dará la sensación de que se hallan en un espacio mayor.

e).-En una de las paredes longitudinales se colocará un cristal doble de 4x1'5 metros y con una separación entre ellos de unos 20 cm. Esta separación se pone para evitar en lo posible los ruidos procedentes de realización. Con este cristal, el desarrollo del programa será visto directamente desde el control de realización, y facilitará la acción del realizador, iluminador y técnico de sonido. Este cristal se colocará a 3 metros de altura y centrado respecto de los extremos de la pared.

f).-Dos puertas, una de uso normal que comunique el estudio con el resto del edificio y otra que se usará como salida de emergencia. Estas puertas tendrán 2x1 m. cada una y estarán tapizadas.

Veamos a continuación el número de personas que habrán habitualmente en el estudio. Como nunca se grabará en dos partes del estudio a la vez, habrá que distinguir dos casos:

-Cuando se graban informativos habrán:

3 cámaras
1 regidor
4 locutores

En total son 8 personas.

-Cuando se graban coloquios habrán:

3 cámaras
1 regidor
5 participantes

En total son 9 personas

Los cálculos de este proyecto están hechos para el

caso en que se encuentren 9 personas en el estudio.

Ahora se verá que anchura debe tener nuestro local aproximadamente para,mas adelante, calcular las restantes dimensiones. Para colocar los locutores según la distribución del PLANO 1 necesitaremos unos 10 metros de anchura aproximados.

Las paredes del estudio deben ser de ladrillos huecos con una capa de yeso de modo que el grosor total es de unos 20 cm. Estas paredes reducen en 53 dB cualquier ruido procedente del exterior. El techo de hormigón también es de unos 20 cm. y absorbe unos 43 dB.

El estudio sólo estará unido al resto del edificio por una de sus caras mientras que las tres restantes darán a un gran jardín. Este hecho junto con las atenuaciones del techo y las paredes permiten que el nivel de ruido dentro del estudio no sobrepase los 30 dB permitidos en este tipo de locales.

Se debe tener en cuenta que la disposición de los elementos del estudio expuesta en el PLANO 1 puede ser variada.

Por último queda decir que la sala se va a construir expresamente para el fin anteriormente expuesto.

2.-PLANO ACUSTICO

El último punto del apartado 1 se refiere al dibujo del plano acústico. Este plano consta en líneas generales de:

-El plano del recinto, con la especificación de la forma y dimensiones del mismo.

-Cálculo de la absorción sonora necesaria.

-Especificación del tiempo óptimo de reverberación.

-Plano esquemático de la distribución de los materiales sonoros.

A continuación se hará un desarrollo detallado de cada uno de estos apartados.

3.-DETERMINACION DE VOLUMEN, FORMA Y DIMENSIONES DEL RECINTO

En este apartado se va a desarrollar el primer punto del apartado 2 desmembrándolo en los tres siguientes.

3.1.-DETERMINACION DEL VOLUMEN

El volumen de los recintos se elige de acuerdo con el uso que se va a hacer de los mismos, el número de personas que van a trabajar en ellos, así como la posibilidad de poner diferentes tipos de equipos en su interior.

De acuerdo con datos experimentales, en la tabla 1 se da una relación de diferentes tipos de estudios. En nuestro caso, debido a que los locutores deben estar colocados de una forma determinada y por lo tanto ocupan un cierto espacio, vamos a elegir la característica de un estudio pequeño de televisión, cuyo volumen será de 900 m^3 con una superficie de suelo de 150 m^2 y con una altura de 6 metros.

3.2.-DETERMINACION DE LA FORMA DEL RECINTO

Los recintos de forma rectangular pocas veces son aceptables, pero por la conveniencia de las cámaras de televisión o cine y debido a que el tiempo de reverberación es pequeño en estudios hablados, se decide hacer el presente con dicha forma.

Además, los aparatos y equipos técnicos ayudan al establecimiento del campo sonoro difuso, que compensa hasta cierto punto, el defecto de las condiciones acústicas que resultan de la forma rectangular del estudio.

3.3.-DETERMINACION DE LAS DIMENSIONES DEL RECINTO

Para estudios hablados y estudios de filmación sincronizada, la relación de longitud/anchura/altura suele ser de 2'5/1'5/1 ó 4/2/1.

Las relaciones entre las dimensiones y la forma de estos estudios se eligen con el fin de lograr el uso correcto de la tecnología de la fotografía del cine o de la cámara de televisión. Sin embargo, las anteriores relaciones se eligen porque son las que crean unas buenas condiciones acústicas. En la TABLA 2 se dan criterios mas precisos de estas relaciones.

Según se vió anteriormente el volumen del recinto es de unos 900 m³ y la altura de 6 metros. Para calcular la longitud y la anchura se toma de la TABLA 2 la relación de los estudios comprendidos entre 650 y 1250 m³ que es de 2'5/1'5/1. Teniendo la altura y multiplicando por los tres miembros de la relación obtenemos las o--

tras dos dimensiones, es decir:

$$h = 6 \text{ metros}$$

$$a = 6 \times 1'5 = 9 \text{ metros}$$

$$l = 6 \times 2'5 = 15 \text{ metros}$$

Si se multiplican las tres dimensiones obtenemos el volumen que es:

$$V = 6 \times 9 \times 15 = 810 \text{ m}^3$$

Como se ve no da el volumen elegido en el apartado 3.1 para el recinto. Si se aproxima la anchura a 10 metros, el volumen será:

$$V = 6 \times 10 \times 15 = 900 \text{ m}^3$$

Ahora si se obtiene el volumen escogido y además la anchura se ciñe mas a los requisitos expuestos en el a apartado 1.2.

A continuación se realiza el cálculo de las distintas superficies del estudio. En primer lugar, la superficie del techo (igual que la del suelo) ya se obtuvo en el apartado 3.1 y es de 150 m^2 . Ahora, para calcular la superficie total del recinto (techo, suelo y paredes), - como el recinto es de forma paralelepípedica rectangular, se usará la fórmula:

$$S_T = 2 \times (l \times a + l \times h + a \times h)$$

sustituyendo los valores de l, a y h queda:

$$S_T = 2 \times (15 \times 10 + 15 \times 6 + 10 \times 6) = 600 \text{ m}^2$$

Por último, para calcular la superficie de las paredes, ponemos:

$$S_P = S_T - 2S_S$$

siendo S_T la superficie total, S_S la superficie del suelo y S_P la superficie de las paredes.

Sustituyendo los valores, queda:

$$S_p = 600 - 2 \times 150 = 300 \text{ m}^2$$

Por tanto, las dimensiones del recinto son:

$$\begin{aligned} l &= 15 \text{ m.} & S_S &= 150 \text{ m}^2 & V &= 900 \text{ m}^3 \\ a &= 10 \text{ m.} & S_T &= 600 \text{ m}^2 \\ h &= 6 \text{ m.} & S_p &= 300 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

4.-TIEMPO DE REVERBERACION

La reverberación en un recinto consiste en la persistencia de una onda sonora, después de haber cesado su emisión, motivada por la reflexión múltiple sobre las superficies que delimitan dicho recinto.

El tiempo de reverberación se ha normalizado diciéndose que es el tiempo transcurrido para que la energía remanente E_T se haya reducido a una millonésima parte de la energía inicial, es decir, debe verificarse:

$$E_T = E_o/10^6$$

que expresado en decibelios será:

$$10 \log \frac{E_o}{E_T} = 10 \log 10^6 = 60 \text{ dB}$$

Por lo tanto, se puede definir el tiempo de reverberación T como el tiempo para que la energía sonora caiga, a partir del corte de emisión, 60 decibelios.

4.1.-DETERMINACION DEL TIEMPO DE REVERBERACION APROPIADO AL VOLUMEN DEL RECINTO Y PARA FRECUENCIAS MEDIAS

Para estudios hablados se han hecho prácticas experimentales y como resultado se ha obtenido la gráfica

expuesta en el PLANO 3.

En esta gráfica podemos obtener el tiempo óptimo de reverberación para nuestro tipo de estudio a una frecuencia de 500 ciclos.

Teniendo en cuenta que el volumen del estudio es de 900 m^3 y tomando esta cantidad en abcisas, se lleva hasta que corte a la curva y dará en ordenadas este tiempo óptimo de reverberación. Haciendo esta operación se ve que en ordenadas no da un valor exacto, pero interpolando da el siguiente resultado:

$$T_{500} = 1'01 \text{ sg.}$$

4.2.- DETERMINACION DEL TIEMPO DE REVERBERACION A DIFERENTES FRECUENCIAS

Los tiempos de reverberación óptimos a otras frecuencias, consideradas como fundamentales (125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz.), se pueden obtener mediante la gráfica experimental dada en el plano 4. En abcisa figurarán las distintas frecuencias para las que vamos a hallar el tiempo de reverberación; la curva representada es la curva típica de los locales de 900 m^3 . En ordenadas se obtendrá el cociente del tiempo de reverberación para un volumen y frecuencia determinados y el correspondiente al mismo volumen y a una frecuencia de 500 ciclos. Los resultados obtenidos son:

Frec.(Hz.)	125	250	500	1000	2000	4000
$\frac{T(f)}{T_{500}}$	1'18	1'08	1	0'95	0'93	0'93

Ahora bien, para obtener el tiempo de reverberación

Óptimo a estas frecuencias, se debe multiplicar el término $\frac{T(f)}{T_{500}}$ por el término T_{500} obtenido en el apartado

4.1, de modo que sólo quede $T(f)$. Como se vió en dicho apartado, T_{500} tiene un valor de 1'01 segundos, de modo que se obtendrá:

Frec.(Hz.)	125	250	500	1000	2000	4000
$\frac{T(f)}{T_{500}} \times T_{500}$	1'19	1'1	1'01	0'96	0'94	0'94

De este modo se han obtenido los tiempos óptimos de reverberación a las diferentes frecuencias. Estos tiempos vienen dados en segundos.

5.-DETERMINACION DE LA ABSORCION TOTAL NECESARIA

Esta absorción es la que debe haber teóricamente para que el estudio esté bien acondicionado acústicamente. Para su determinación se debe encontrar una fórmula o un sistema adecuado.

Un sistema para hallar esta absorción es mediante el gráfico expuesto en el PLANO 5, tomando en abcisas el volumen del local y en ordenadas los tiempos de reverberación a distintas frecuencias, dándonos puntos -- existentes entre las curvas dibujadas. Como se ve este método puede inducir a error ya que habría que estar calculando valores intermedios entre las curvas existentes.

Un método mas exacto es el que se describe a continuación. Se supone que en el interior del estudio existe en un momento dado, una intensidad sonora inicial E_0 .

Esta señal, al chocar con las paredes, irá perdiendo intensidad con relación al coeficiente de absorción α , de modo que en el primer choque perderá $E_0 \alpha$, quedándonos - después de éste $E_1 = E_0(1 - \alpha)$. En el segundo choque - perderá $E_1 \alpha$ quedándonos $E_2 = E_1(1 - \alpha)$ y así sucesivamente. Al cabo de N reflexiones la intensidad sonora -- existente será la inicial E_0 menos la perdida en esas N reflexiones. Todo esto viene expresado por la siguiente relación:

$$\text{Energía inicial.....} E_0 = E_0$$

$$\text{Primera reflexión...} E_1 = E_0(1 - \alpha)$$

$$\text{Segunda reflexión...} E_2 = E_1(1 - \alpha)$$

.....

$$\text{N reflexión.....} E_N = E_{N-1}(1 - \alpha)$$

multiplicando todos los términos de cada miembro nos queda:

$$E_0 E_1 E_2 \dots E_N = E_0 E_0 E_1 \dots E_{N-1} (1 - \alpha)^N$$

simplificando queda:

$$E_N = E_0 (1 - \alpha)^N \quad (\text{I})$$

que es la intensidad sonora que queda al cabo de N reflexiones.

Ahora bien, el número N de reflexiones en un tiempo t es igual al número de caminos medios recorridos, o sea:

$$t \times c = N \times L \quad (\text{II})$$

siendo c la velocidad del sonido y L el camino medio - recorrido por la onda sonora entre dos reflexiones. Es camino medio recorrido viene definido por la fórmula:

$$L = \frac{4V}{S_T} \quad (\text{III})$$

siendo V el volumen del estudio y S_T la superficie del mismo. Despejando N de (II) y sustituyendo en la misma el valor de (III) queda:

$$N = \frac{tc}{L} = \frac{S_T tc}{4V} \quad (\text{IV})$$

sustituyendo este valor en la fórmula (I), la intensidad sonora nos quedará:

$$E_N = E_0(1 - \alpha) \frac{S_T tc}{4V} \quad (\text{V})$$

Como se vió en el apartado 4 el tiempo de reverberación es:

$$E_N = \frac{E_0}{10^6} = E_0 10^{-6} \quad (\text{VI})$$

Igualando las ecuaciones (V) y (VI) se obtiene que:

$$E_0 10^{-6} = E_0(1 - \alpha) \frac{S_T tc}{4V}$$

Aplicando logaritmos neperianos quedará:

$$E_0 (e^{\ln 10})^{-6} = E_0 e^{\ln(1 - \alpha) \frac{S_T tc}{4V}}$$

de donde igualando los exponentes:

$$(-6) \ln 10 = \frac{S_T tc}{4V} \ln(1 - \alpha)$$

Despejando el valor de t :

$$t = \frac{V(-24) \ln 10}{c S_T \ln(1 - \alpha)} = 0'164 \frac{V}{-\ln(1 - \alpha) S_T} \quad (\text{VII})$$

Despejando $-\ln(1 - \alpha)$ se obtiene:

$$-\ln(1 - \alpha) = \frac{0'164V}{S_T t}$$

que también se puede expresar en logaritmos decimales de la forma:

$$-\log(1 - \alpha) = \frac{0'071V}{S_T t}$$

pero normalmente se suelen usar los neperianos.

El siguiente paso a realizar es sustituir los valores del volumen (900 m^3), de la superficie del local (600 m^2) y de los tiempos de reverberación a cada frecuencia obtenidos en el apartado 4.2. Hecho esto queda:

$$\text{Para } f = 125 \text{ Hz.} \dots\dots\dots -\ln(1 - \alpha) = 0'206$$

$$\text{Para } f = 250 \text{ Hz.} \dots\dots\dots -\ln(1 - \alpha) = 0'223$$

$$\text{Para } f = 500 \text{ Hz.} \dots\dots\dots -\ln(1 - \alpha) = 0'243$$

$$\text{Para } f = 1000 \text{ Hz.} \dots\dots\dots -\ln(1 - \alpha) = 0'256$$

$$\text{Para } f = 2000 \text{ Hz.} \dots\dots\dots -\ln(1 - \alpha) = 0'261$$

$$\text{Para } f = 4000 \text{ Hz.} \dots\dots\dots -\ln(1 - \alpha) = 0'261$$

Una vez obtenidos estos valores se debe calcular el coeficiente medio de absorción necesaria α mediante el siguiente proceso:

$$-\ln(1 - \alpha) = x$$

$$\ln(1 - \alpha) = -x$$

$$(1 - \alpha) = e^{-x}$$

$$\alpha = 1 - e^{-x}$$

de modo que para los distintos valores de x se obtienen los siguientes valores de α :

$$\text{Para } f = 125 \text{ Hz.} \dots\dots \alpha = 1 - e^{-0'206} = 0'186$$

$$\text{Para } f = 250 \text{ Hz.} \dots\dots \alpha = 1 - e^{-0'223} = 0'199$$

$$\text{Para } f = 500 \text{ Hz.} \dots\dots \alpha = 1 - e^{-0'243} = 0'215$$

$$\text{Para } f = 1000 \text{ Hz.} \dots\dots \alpha = 1 - e^{-0'256} = 0'225$$

$$\text{Para } f = 2000 \text{ Hz.} \dots\dots \alpha = 1 - e^{-0'261} = 0'229$$

$$\text{Para } f = 4000 \text{ Hz.} \dots\dots \alpha = 1 - e^{-0'261} = 0'229$$

Ahora se debe calcular la absorción total necesaria multiplicando el coeficiente medio de absorción α a cada frecuencia por la superficie total del local S_T que es de 600 m^2 . Realizando esta operación queda:

Frec.(Hz.)	125	250	500	1000	2000	4000
αS_T (m ²)	111'6	119'4	129	135	137'4	137'4

Estos últimos resultados son los de la absorción que teóricamente debe existir en el estudio.

Debemos tener en cuenta que para frecuencias de 2000 y 4000 Hz existe una absorción sonora debida al aire, de modo que la fórmula de Eyring (VII) usada anteriormente:

$$t = \frac{0'164 V}{-\ln(1 - \alpha)S_T}$$

se transforma en la siguiente:

$$t = \frac{0'164V}{-\ln(1 - \alpha)S_T + 4\eta_a V}$$

donde η_a es el coeficiente de atenuación sonora en el aire y cuyo valor es:

$$\eta_a = 8'98 \cdot 10^{-3} \frac{f_0^2}{\rho c_0}$$

en donde:

$$\rho = \text{densidad del aire a } 0^\circ\text{C} = 1'293 \text{ Kg/m}^3$$

$$c_0 = \text{velocidad del sonido en el aire a } 0^\circ\text{C} = 331'6 \text{ m/s}$$

$$f_0 = \text{frecuencia}$$

Pero también hay que tener en cuenta que para pequeños volúmenes este término añadido se desprecia. Sólo se tiene en cuenta para grandes volúmenes, aproximadamente a partir de 5000 m³, lo cual excluye nuestro estudio.

6.-DETERMINACION DE LA ABSORCION SONORA TOTAL EXISTENTE

El cálculo de esta absorción se hace cuando están colocados los materiales ordinarios de construcción sobre

las diferentes superficies del recinto. También habrá -- que tener en cuenta las personas y objetos que habitualmente estarán dentro del estudio.

Una vez conocida la superficie ocupada por paredes, - puertas, ventanas, decorados, mesas, etc., así como el número de personas y objetos, se recurre a tablas de absorción sonora de cada material y a las distintas frecuencias. En estas tablas la absorción viene dada por unidad ya sea de volumen, superficie o número.

Cuando se conoce la absorción de todos los materiales, se suman todas ellas y se obtiene la absorción sonora total existente.

A continuación se enumeran todos los elementos que - habrán generalmente en el estudio:

- Suelo = 150 m² de hormigón
 - Paredes = 290 m² recubiertas de yeso
 - Techo = 140'31 m² de hormigón
 - Mesas = 10'75 m² de madera de 19 mm.
 - Sillas = 9 tapizadas
 - Personas = 9
 - Puertas = 4 m² tapizadas
 - Cristal = 6 m²
 - Rejillas de ventilación = 5'45 m²
 - Decorado = 156'48 m² de telón de 500 gr/m²
 - Cámaras 3
 - Monitores 3
 - Micrófonos 4
 - Proyectores 32
 - Luminarias 14
- Total = 56 instrumentos

En la tabla 3 se muestra el cálculo de esta asociación.

7.-CALCULO DE LOS MATERIALES ABSORBENTES

Una vez obtenidos los valores de la absorción necesaria y de la existente, se debe hallar el tipo de materiales que se deben colocar en las paredes, techo y suelo, para que la existente llegue a la necesaria.

Primero que nada se debe ver la diferencia entre ambas absorciones. Llamando A_n a la absorción necesaria, A_e a la existente y A_a a la adicional ($A_n - A_e$) se obtiene la siguiente tabla:

	A_n	A_e	$A_a = A_n - A_e$
125 Hz	111'6	36'57	75'03
250 Hz	119'4	43'69	75'71
500 Hz	129	58'5	70'5
1000 Hz	135	78'84	56'16
2000 Hz	137'4	100'26	37'14
4000 Hz	137'4	109'26	28'14

A continuación se deben buscar materiales absorbentes cuya absorción total coincida con la A_a de la tabla anterior.

Al escoger estos materiales se ha decidido cubrir la totalidad del suelo (150 m^2) con linóleo de 5 mm. de espesor. En las paredes lo más conveniente es poner 75 m^2 de superficies semicilíndricas (de 113 mm. de longitud de la cuerda y de 40 mm. de altura de la sección) y 90 m^2 de Low Frequency Element. En la tabla 3 se muestra la absorción total A_t conseguida con estos materiales.

Como se puede observar en dicha tabla, la absorción total de los materiales adicionales supera a la absorción adicional A_a que teóricamente debería haber. La causa de esto es la siguiente: al colocar los materiales de sonorización sobre las paredes y el suelo, estos cubrirán una superficie que antes estaba absorbiendo y que ahora no absorberá. A causa de esto, se debe aumentar la absorción de los nuevos materiales. En la tabla 4 se encuentra un desarrollo detallado de lo dicho anteriormente. El orden seguido para el desarrollo de esta tabla es el siguiente:

- Cálculo de la absorción de las superficies cubiertas por los materiales absorbentes.
- Se resta de A_t el resultado del cálculo anterior.
- Se suma el resultado anterior a la absorción existente. De este modo se obtiene la absorción real que existe en el estudio A_r .
- Cálculo del nuevo tiempo de reverberación.

Una vez calculado el nuevo tiempo de reverberación resultante de la colocación de los nuevos materiales, se debe tener en cuenta que este no debe superar el límite del $\pm 10\%$ del tiempo óptimo de reverberación. Como se ve en la misma tabla 4 esta condición se cumple y en el PLANO 6 se muestra gráficamente la misma.

8.-DISPOSICION DE LOS MATERIALES ABSORBENTES SONOROS

Los materiales absorbentes sonoros se deben situar alrededor del estudio de tal forma que la disposición individual de dichos materiales sobre las superficies -

paralelas sea asimétrica.

Según se muestra en el PLANO 7, el linóleo está situado sobre toda la superficie del suelo (1) cubriendo los 150 m^2 necesarios. El Low Frequency Element se ha dispuesto sobre los paneles (2) cubriendo una superficie total de 90 m^2 distribuidos de la siguiente forma:

- En las paredes longitudinales, paneles de $1'5 \times 6 \text{ m}$ en número de 3 por pared.
- En las paredes transversales, en paneles de $1'75 \times 6 \text{ m}$ en número de 2 por pared.
- Se deben descontar $5'5 \text{ m}^2$ ocupados por las puertas y el cristal, ya que el resultado de los dos puntos anteriores es de $95'5 \text{ m}^2$

Las superficies semicilíndricas ocupan los paneles (3) y se distribuyen de la siguiente forma:

- Paneles de $1'25 \times 6 \text{ m}$ en las paredes longitudinales en número de 3 por pared.
- En las paredes transversales, paneles de $1'25 \times 6 \text{ m}$ en número de dos por pared, excepto uno de ellos cuyas dimensiones son de $1'4 \times 6 \text{ m}$ para compensar la superficie ocupada por el cristal.

Estas superficies semicilíndricas ocupan un total de 75 m^2 .

Todas las superficies están separadas 1 metro entre sí.

0.-INTRODUCCION

En esta segunda parte del proyecto se va a desarrollar el apartado de iluminación artística del estudio.

La parte útil del estudio para actuar es la comprendida por el telón y como ya se dijo en la primera parte del proyecto nunca se trabajará en dos partes del estudio a la vez.

Para calcular la iluminación necesaria se ha dividido el estudio en tres partes. Dos de ellas son exactamente iguales y están comprendidas por los extremos del recinto. Cada uno de estos extremos comprende, viendo el PLANO 1, desde el fondo donde se colocan los locutores, hasta una distancia perpendicular al telón de dicho fondo de 5 metros. Entre ambos extremos quedará una franja de 4 x 9 metros que se iluminará aparte. Se debe tener en cuenta, que en los extremos el telón se iluminará hasta una altura de 2'5 metros, y que sólo se hará el cálculo para uno de ellos debiendo colocarse un sistema de proyectores igual en el extremo opuesto. Para esto se ha colocado un sistema de suspensión de los proyectores, de modo que estos se puedan llevar desde un extremo del estudio hasta el opuesto, evitando así el duplicar el sistema.

El proyecto está hecho de modo que en cualquier parte de la superficie iluminada halla un determinado nivel de iluminación, suficiente para que las cámaras puedan recoger con facilidad la acción, pero el iluminador podrá cambiar la posición así como el número o intensidad de los proyectores según lo requiera la acción. Como

se acaba de decir, el número de proyectores puede variar se pero en los casos descritos en el presente proyecto, este número no puede ser inferior al dado aunque si puede ser superior.

Antes de comenzar el desarrollo de esta parte del proyecto se darán una serie de definiciones para la mejor comprensión del mismo.

1.-MAGNITUDES Y UNIDADES EMPLEADAS

A continuación se verán cuales son las magnitudes fundamentales de la Luminotecnia, así como las unidades mas empleadas para su medición y que sirven para comparar y valorar las diversas fuentes o manantiales luminosos utilizados en la práctica.

Las magnitudes fundamentales que se estudiarán son:

- Flujo luminoso
- Intensidad luminosa
- Intensidad de iluminación
- Luminancia

Interesa advertir que en las definiciones de estas magnitudes y mientras no se diga expresamente lo contrario, se supone que el manantial luminoso es puntiforme o se halla reducido a un punto del que parten las radiaciones luminosas en todos los sentidos.

1.1.-FLUJO LUMINOSO

Para saber lo que es flujo luminoso, primero se debe

saber lo que es flujo radiante.

Se denomina flujo radiante a la energía radiante emitida por un manantial de luz en la unidad de tiempo. Se mide en vatios. Pues bien, el flujo radiante evaluado por su capacidad para evocar la sensación de brillo se denomina flujo luminoso. Su unidad es el LUMEN.

También se podría definir como la medida de la potencia luminosa radiada al espacio por unidad de tiempo.

Normalmente se le suele representar con la letra ϕ .

1.2.-INTENSIDAD LUMINOSA

Dada una fuente puntual, se denomina intensidad luminosa al flujo emitido por unidad de ángulo sólido. Se mide en:

$$\frac{\text{LUMENES}}{\text{ESTERERRADIAN}} = \text{CANDELAS}$$

En general, las fuentes no emiten flujos iguales por unidad de ángulo sólido en todas las direcciones. Sin embargo, desde un punto de vista teórico se considerarán fuentes puntuales uniformes.

Hay que aclarar que un estereorradián es el ángulo sólido, cuyo vértice es el centro de una esfera, que abarca una superficie de la misma igual al cuadrado del radio. Como el área de una esfera es $4\pi R^2$, alrededor de su centro habrán 4π estereorradianes.

1.3.-INTENSIDAD DE ILUMINACION

Es el flujo luminoso incidente por unidad de area.-- También se le suele llamar solamente iluminación.Su unidad es:

$$\frac{\text{LUMEN}}{\text{m}^2} = \text{LUX}$$

Se debe tener en cuenta que esta magnitud depende -- del ángulo de incidencia del flujo luminoso sobre la superficie iluminada.Esta variación viene determinada por la siguiente fórmula:

$$E = \frac{I \cdot \cos\alpha}{r^2}$$

siendo: E = Iluminación

I = Intensidad luminosa

r = Distancia del punto luminoso a la superficie iluminada

α = Angulo formado por la normal a la superficie iluminada y la dirección de incidencia del haz

En otras palabras,esta fórmula dice que si un objeto esta iluminado con un cierto valor y lo alejamos del foco,la iluminación recibida disminuye tantas veces como indique el cuadrado de la distancia que se ha alejado.0 rientando la superficie desde ser tangente a ser normal al haz luminoso,podemos obtener una gama de iluminación que va desde 0 hasta I/r^2 respectivamente.

1.4.-LUMINANCIA

La luminancia es el concepto luminotécnico que co--- rresponde a la sensación subjetiva de claridad de un ma

nantial de luz o de un objeto iluminado.

Tanto el flujo luminoso como la intensidad luminosa y la iluminación, no producen en el ojo sensación inmediata de claridad; la luz no se hace visible hasta que tropieza con un cuerpo que la refleja o la absorbe. Y la mayor o menor claridad con que vemos distintos cuerpos iluminados, depende de su luminancia.

Se define luminancia en una dirección, como el cociente de la intensidad luminosa por la superficie normal a dicha dirección. Viene expresado mediante la fórmula:

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha}$$

siendo: L = Luminancia

I = Intensidad luminosa

α = Angulo formado por la dirección de radiación y la normal a la superficie

La unidad de luminancia mas corrientemente usada es:

$$\frac{\text{CANDELA}}{\text{m}^2} = \text{NIT}$$

1.5.-OTRAS UNIDADES

Existen otras unidades que han sido rechazadas por la Comisión Internacional de Alumbrado, pero existe una cierta inercia a abandonarlas. Algunas de ellas son:

-Phot, que es una unidad para muy altos niveles de iluminación y que equivale a 1 lumen/cm², o sea, 10.000 lux

-Miliphot, que es casi igual al foot-candle o lumen/ /pie². Su equivalencia es 1 foot-candle = 10'76 lux.

-Stilb, definido como la luminancia de una candela sobre un cm^2 de superficie.

-Apostilb. Una superficie que refleja un flujo total de 1 lumen/ m^2 tiene una luminancia de 1 apostilb.

Existen otras unidades, pero ya están en desuso.

2.-TEMPERATURA DE COLOR

Se denomina temperatura de color de un manantial luminoso a la temperatura absoluta a la que un cuerpo negro emitiría una radiación luminosa que provocará la misma impresión de color en el ojo que el manantial luminoso considerado.

En el párrafo anterior se ha hablado del cuerpo negro y no se ha dado una definición de él. Pues bien, se define al cuerpo negro como una fuente luminosa ideal, dotada de la propiedad de emitir en todas las zonas del espectro el máximo de la energía radiante y de absorber por completo la energía radiante que incide sobre él.

En televisión monocroma, las variaciones de la temperatura de color (no siendo excesivas) no tienen problemas. No obstante, en color, la temperatura de color de las fuentes de luz solo podrá variar 150°K de la línea de temperatura de color, esto es, $2950 \pm 150^\circ\text{K}$.

En el caso del presente proyecto, esta condición se aplicará a la iluminación de las caras, donde es importante que el rendimiento de color sea exacto.

3.-ORDEN A SEGUIR PARA REALIZAR EL PROYECTO DE ILUMINACION

Antes que nada se deben tener los datos iniciales sobre los que basar el proyecto.

El dato básico es la superficie a iluminar. Para hacer el cálculo de la iluminación tomamos las superficies indicadas en el apartado 0, o sea, se iluminarán los extremos a parte del centro del estudio. Cada uno de los extremos comprende un área de $43'33 \text{ m}^2$ y el centro del estudio una de 36 m^2 .

Otro dato a tener en cuenta es el coeficiente de reflexión de las paredes, techo y suelo. En este caso el techo estará pintado de un color gris claro con un índice de 0'5. El suelo así como las paredes (constituidas por el telón), serán de color azul claro con un índice de reflexión igual a 0'5.

El orden a seguir para realizar esta parte del proyecto es:

- Determinación del nivel de iluminación
- Elección del tipo de lámpara
- Elección del sistema de iluminación y de la altura de los aparatos de alumbrado
- Cálculo del flujo total que se ha de producir
- Número y distribución de los aparatos de alumbrado

A continuación se verán con detenimiento cada uno de estos apartados.

3.1.-DETERMINACION DEL NIVEL DE ILUMINACION

Para determinar el nivel de iluminación hay que tener en cuenta varios datos.

Estos datos son: la magnitud de los detalles, la distancia al espectador (o a la cámara), el factor de reflexión, la rapidez de movimientos y el tiempo empleado en la observación de los objetos.

En televisión se han tenido en cuenta todos estos datos y se ha visto que los niveles óptimos de iluminación oscilan entre los 1000 y los 2000 lux.

En este proyecto se va a calcular la iluminación para que puedan haber 2000 lux en la superficie útil de trabajo. El iluminador podrá usar a su criterio el número de proyectores, que se calcularán mas adelante, de modo que este nivel de iluminación podrá variar.

3.2.-ELECCION DEL TIPO DE LAMPARAS

Para alumbrado en estudios de TV se suelen emplear lámparas halógenas (cuarzo-yodo) por las siguientes causas:

La lámpara de cuarzo-yodo representa el avance técnico mas reciente en el campo de las lámparas de incandescencia.

El principio de funcionamiento de estas lámparas es el ciclo de regeneración yodo-tungsteno que se va a explicar resumidamente.

Las lámparas corrientes de incandescencia, a causa de la evaporación del filamento de tungsteno, tienen una vida útil muy limitada y, además, el flujo luminoso disminuye como consecuencia del progresivo ennegrecimiento de la pared de la ampolla.

Claro esta que, con objeto de obtener un mayor flujo

luminoso, podría aumentarse la temperatura de funcionamiento del filamento. Pero, en este caso, la evaporación sería mas rápida, con lo que la vida útil de la lámpara se acortaría y el ennegrecimiento de la ampolla aún sería mayor. Además este ennegrecimiento depende, en muy buena parte de las dimensiones de la ampolla: cuanto menor es esta, mayor es el ennegrecimiento.

Una buena solución sería la regeneración, al menos -- parcial, del tungsteno vaporizado; de esta manera se aumentaría la duración de la lámpara y se disminuiría el ennegrecimiento, lo que permitiría, por otro lado, menores dimensiones de la ampolla. Después de varios años de investigaciones, se descubrió que añadiendo al contenido de la ampolla una pequeña cantidad de yodo vaporizado, -- podría conseguirse la regeneración parcial del filamento. En efecto, los átomos de tungsteno evaporados en el -- filamento se combinan a temperaturas a temperaturas inferiores a 1450°C (zona próxima a las paredes de la ampolla) con el vapor de yodo formando yoduro de tungsteno. Este se mantiene vaporizado cuando la temperatura es superior a 250°C y, debido a las corrientes de convección térmica, entra en las zonas de altas temperaturas próximas al filamento donde se descompone, precipitándose el tungsteno sobre dicho filamento y, por lo tanto regenerando el material incandescente, al mismo tiempo que el vapor de yodo queda liberado y en disposición de reiniciar el ciclo de regeneración.

De esta manera se consigue una mayor duración útil y un flujo luminoso mucho más constante que en las lámpa-

ras corrientes de incandescencia. Además las dimensiones de estas lámparas suelen ser menores.

Debido a las altas temperaturas necesarias para el ciclo de regeneración, las ampollas de estas lámparas no pueden fabricarse de vidrio ordinario; se construyen de cristal de cuarzo que puede resistir temperaturas más elevadas. Las lámparas que se van a usar en este proyecto son las expuestas en el PLANO 8 y más adelante se verá en que proyectores se van a usar.

Estas lámparas halógenas tienen una temperatura de color de unos 3200°K a tensión máxima, pero lo normal es poner los controles de los dimmers (alimentadores de las lámparas) al 50% de su salida, de modo que dicha temperatura desciende hasta 2950°K aproximadamente.

3.3.- ELECCION DEL SISTEMA DE ILUMINACION

Existen cinco sistemas de iluminación que son: directo, semidirecto, difuso, semiindirecto e indirecto.

En este proyecto se elige el sistema directo por las siguientes causas:

La iluminación directa es apropiada para la obtención de altos niveles de iluminación sobre el plano de trabajo. Por lo tanto, esta es la iluminación utilitaria por excelencia. Es interesante hacer observar que, por su naturaleza, deja a oscuras la parte posterior de los aparatos de iluminación, reduciendo de este modo las pérdidas de luz. Cuando se usa la iluminación directa, hay que aumentar considerablemente los aparatos de alumbrado.

Este sistema hace que el flujo luminoso este proyec-

tado entre un 90 a un 100% hacia adelante del aparato - de alumbrado.

3.4.-ELECCION DE LA ALTURA DE LOS APARATOS DE ALUMBRADO

Lo primero que se debe elegir es el plano de trabajo.

Se llama plano útil de trabajo al plano donde se va a trabajar normalmente, o, en este caso, donde se va a desarrollar la escena. La elección de este plano se realizará de acuerdo a la situación particular de cada escena.

En el presente caso se supone que el plano de trabajo esta formado por el suelo y el telón hasta una altura de 2'5 metros. Por tanto, como la superficie del suelo según se vió anteriormente, era de 43'33 m² y como el perímetro del telón que bordea esta superficie es de --- 17'56 m multiplicado por 2'5 m de altura, sale una superficie total a iluminar de :

$$43'33 + (17'56 \times 2'5) = 87'23 \text{ m}^2$$

Esta es la superficie a iluminar en los extremos. A parte se iluminarán los 36 m² del centro del estudio.

Una vez elegido el plano de trabajo debemos elegir la altura de los proyectores. En televisión normalmente se suelen colocar los proyectores a unos 3 metros de altura, y, en nuestro caso, suponemos que la distancia entre el proyector y el objeto o persona a iluminar es de 3 metros. A esta distancia entre el proyector y el plano de trabajo le llamaremos H.

3.5.-CALCULO DEL FLUJO TOTAL QUE SE HA DE PRODUCIR

Una vez determinadas las condiciones expuestas anteriormente, se ha de calcular el flujo luminoso total que se necesita para conseguir el nivel de iluminación adecuado, cumpliendo todos los requisitos previos citados.

Para calcular este flujo luminoso se deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Factor de utilización u
- Indice del local K
- Factor de depreciación δ

A continuación se describen cada uno de estos factores.

3.5.1.-FACTOR DE UTILIZACION u

En un local cerrado, el flujo luminoso emitido por -- las lámparas, no llega en su totalidad a la superficie -- de trabajo. Una parte de este flujo es absorbida por el aparato de alumbrado, otra llega directamente a la superficie de trabajo, otra parte se dirige hacia las paredes donde una fracción se absorbe y otra llega también al -- plano de trabajo después de una o varias reflexiones; finalmente, otra parte se dirige al techo donde, como antes una porción se absorbe y otra llega a la superficie de trabajo después de varias reflexiones.

Para llegar al concepto de factor de utilización, llamaremos:

ϕ_0 = flujo luminoso total emitido por la lámpara

ϕ_a = idem por los aparatos de iluminación

ϕ_n = flujo útil que llega al plano de trabajo

Como se ha visto, en los aparatos de alumbrado hay -- una pérdida debida a la absorción de los materiales que constituyen dicho aparato. Se da el nombre de "rendimiento de los aparatos de alumbrado" a la relación:

$$N_a = \frac{\phi_a}{\phi_o}$$

Se denomina "utilancia" a la siguiente relación:

$$N_n = \frac{\phi_n}{\phi_a}$$

Finalmente, el factor de utilización viene definido -- por la siguiente relación:

$$u = \frac{\phi_n}{\phi_o}$$

y, de acuerdo con las definiciones anteriores:

$$u = N_a N_n$$

Es decir, que el factor de utilización, es la relación entre el flujo luminoso útil y el flujo total emitido -- por las lámparas. Naturalmente siempre será menor que la unidad puesto que se trata, en realidad, de la expresión de un rendimiento.

Téngase en cuenta que la parte de flujo luminoso que no es absorbida por las paredes o techo o suelo, ni llega tampoco a la superficie de trabajo, no interviene en la iluminación de dicha superficie, pero cumple una función visual muy importante, ya que ilumina y hace visi-- ble la parte de espacio comprendida dentro del local.

El valor del factor de utilización depende, evidentemente, de todas las pérdidas de flujo que pueden produ--

cirse entre la emisión de la luz por las lámparas hasta la llegada del flujo a la superficie de trabajo. A su vez estas pérdidas de flujo dependen de los siguientes factores:

- Del rendimiento de los aparatos de alumbrado
- De la forma en que el flujo se divide en tres partes que se dirigen al techo, a las paredes y al plano útil
- De los factores de reflexión de paredes, techo y suelo
- De las dimensiones del local

Resulta evidente que, a igualdad de las demás condiciones, el factor de utilización será tanto mayor, es decir, mas próximo a la unidad cuanto mas elevado sea el rendimiento de los aparatos de alumbrado.

La determinación de los factores de utilización se realiza por medio de tablas, cuyos valores son el resultado de trabajos teóricos y experimentales. En dichas tablas, se expresan los factores de utilización para diferentes tipos de aparatos de alumbrado, distintos valores del índice del local, factores de reflexión de techos, paredes y suelos, etc.

La tabla a utilizar en este caso es la TABLA 5. Como se ve, para poder hallar el factor de utilización u se debe conocer antes el índice del local K.

3.5.2.-INDICE DEL LOCAL K

Los proyectos de iluminación se refieren generalmente a locales paralelepípedicos rectangulares. Desde el punto de vista del factor de utilización, los estudios teóricos y experimentales han demostrado que la forma de estos locales puede caracterizarse por un coeficiente denominado índice del local, que combina las relaciones de la longitud y la anchura del local con la distancia de los proyectores al plano útil de trabajo. Este índice viene dado por la siguiente fórmula:

$$K = \frac{2L + 8A}{10H}$$

siendo: K = índice del local

L = longitud del local en metros

A = anchura del local en metros

H = distancia desde los aparatos de alumbrado al plano útil de trabajo.

El caso de este proyecto es muy particular. Según se vió en el apartado 3.4, tenemos dos superficies a iluminar: una de 87'23 m² de forma irregular y otra rectangular de 36 m². Con la segunda de ellas no hay problema ya que es una superficie rectangular, pero la primera no tiene esta forma. Lo que haremos es asemejarla a una superficie rectangular cuya longitud sea el doble de su anchura, de modo que:

$$87'23 = L \times A$$

siendo L = 2A, entonces:

$$87'23 = 2A \times A = 2A^2$$

despejando A queda:

$$A = \sqrt{\frac{87'23}{2}} = 6'6 \text{ m}$$

$$L = 2A = 13'2 \text{ m}$$

por lo tanto los 87'23 m² se pueden aproximar a una superficie rectangular de 13'2 x 6'6 m.

El valor de H para ambas superficies y según se vió en el apartado 3.4 es de 3 metros. Entonces el índice del local será para los extremos del local:

$$K = \frac{2 \times 13'2 + 8 \times 6'6}{10 \times 3} = 2'64$$

y para el centro del local:

$$K = \frac{2 \times 9 + 8 \times 4}{10 \times 3} = 1'66$$

ya que sus dimensiones eran de 4 x 9 metros.

Teniendo en cuenta estos factores y que en el apartado 3 se ve que el coeficiente de reflexión del techo, paredes y suelo es de 0'5, y buscando en la tabla 5 obtenemos que el factor de utilización es para los extremos:

$$u = 0'50$$

y para el centro del local:

$$u = 0'37$$

3.5.3.-FACTOR DE DEPRECIACION 6

Hay que tener en cuenta que, con el uso, las lámparas sufren un proceso de envejecimiento durante el cual el flujo luminoso va disminuyendo; además, los aparatos de alumbrado y las pinturas del local también envejecen, y disminuye, por tanto, el factor de reflexión de unos y otros; finalmente, y en muchas ocasiones, la acumulación de

polvo en techo, paredes, suelo y aparatos de alumbrado -- también contribuye a aumentar la depreciación de la instalación. Todos los efectos citados se han de tener en cuenta en los cálculos de iluminación; generalmente, se expresan por medio de un factor correctivo δ denominado factor de depreciación, siempre mayor que la unidad y -- que expresa el aumento del flujo luminoso que se debe tener en cuenta por este concepto. Este factor viene dado en la TABLA 5. En este proyecto, teniendo en cuenta -- que se trata de un estudio de TV y que normalmente ha de estar bien iluminado, se limpiarán las lámparas y los proyectores cada año teniendo un ensuciamiento normal. Por lo tanto el factor de depreciación será $\delta = 1'35$

3.5.4.-FLUJO TOTAL

Una vez conocido el factor de utilización, la iluminación necesaria, la superficie a iluminar y el factor de depreciación, se puede calcular el flujo luminoso necesario. Evidentemente, el flujo luminoso útil para iluminar la superficie es:

$$\phi_n = E \times S$$

Recordando que el factor de utilización viene expresado por:

$$u = \frac{\phi_n}{\phi_o}$$

y sustituyendo el valor de ϕ_n , se tendrá que:

$$u = \frac{E \times S}{\phi_o}$$

de donde se puede deducir inmediatamente:

$$\phi_0 = \frac{E \times S}{u}$$

fórmula que nos permite calcular el flujo luminoso total que se necesita para conseguir una iluminación media E sobre la superficie útil de trabajo.

Contando con el factor de depreciación, la fórmula definitiva que expresa el flujo luminoso necesario para iluminar un local, es la siguiente:

$$\phi_0 = \frac{E \times S \times \delta}{u}$$

A continuación se verá el flujo necesario para los dos casos de nuestro estudio. En primer lugar se calculará para los extremos teniendo en cuenta que:

$$E = 2000 \text{ lux}$$

$$S = 87'23 \text{ m}^2$$

$$\delta = 1'35$$

$$u = 0'50$$

el flujo total será:

$$\phi_0 = \frac{2000 \times 87'23 \times 1'35}{0'50} = 471042 \text{ lúmenes}$$

Para la zona central del estudio los valores son:

$$E = 2000 \text{ lux}$$

$$S = 36 \text{ m}^2$$

$$\delta = 1'35$$

$$u = 0'37$$

de donde el flujo será:

$$\phi_0 = \frac{2000 \times 36 \times 1'35}{0'37} = 262702'7 \text{ lúmenes}$$

Sumando los dos resultados obtenidos se tiene que el flujo total que se ha de producir es aproximadamente de 733745 lúmenes.

3.6.-NUMERO Y DISTRIBUCION DE LOS APARATOS DE ALUMBRADO

Una vez obtenidos los lúmenes totales que se han de producir, se deben elegir los aparatos de iluminación, de modo que la suma de los flujos producidos por cada uno de ellos, de el resultado obtenido en el apartado anterior.

Para tener iluminado un extremo del estudio y el centro del mismo (aunque no se trabaje en ambos lugares a la vez), con un nivel de iluminación de 2000 lux y teniendo en cuenta la forma particular de iluminar en TV, se han elegido los siguientes proyectores:

- 7 proyectores de 2 Kw "Fresnel Spot"
- 8 proyectores de 1 Kw "Fresnel Spot"
- 6 proyectores de 1'25 Kw "Soft light"
- 11 proyectores de 625 w "Top single unit compartment"

El iluminador podrá usar estos proyectores a su criterio en cada caso. Para iluminar el extremo opuesto del estudio no habrá mas que trasladar los proyectores del otro extremo.

A continuación se van a describir cada uno de estos proyectores y para que se usan.

-Proyectores de 2 Kw "Fresnel Spot". En primer lugar "spot" quiere decir que se trata de un proyector con un sistema de lentes para concentrar el haz de luz y dar un mayor control de la misma. La palabra "fresnel" dice que la lente es convexa y construida en facetas para reducir su delgadez. Este tipo de proyectores se usan para la iluminación frontal de los locutores. Estos proyector-

res son del tipo del modelo CASTOR 270 de la casa QUARTZ COLOR y usan una lámpara halógena Bi-post de 2 Kw ex--- puesta en el PLANO 8.

-Los proyectores de 1 Kw "Fresnel Spot" se utilizan para los contraluces, para que de sensación de profundidad en el escenario. Se elige un modelo del tipo POLARIS 260 de la casa QUARTZCOLOR con lámpara halógena de 1 Kw medium Bi-post expuesta en el PLANO 8.

-Proyectores de 1'25 Kw "Soft light". Estos son pro--- yectores destinados a producir luz difusa con pocas sombras, usadas para controlar el contraste. Usan lámparas halógenas lineales de 190 mm. Se eligen modelos del tipo ANTARES 3260 de la casa QUARTZCOLOR con lámparas halógenas lineales de 1250 w descritas en el PLANO 8. En este tipo de proyectores, la temperatura de color se mantiene mediante un reflector con cubierta especial que no se ensucia.

-Proyectores de 625 w "Top single unit compartment". Son proyectores que tienen un único compartimento y que se usan para iluminar el decorado. Se eligen proyectores del tipo MINI IRIS de la casa QUARTZCOLOR con lámparas halógenas lineales de 625 w descritas en el PLANO 8.

El flujo producido por las lámparas de estos proyectores teniendo en cuenta los datos del PLANO 8 es el siguiente:

7 lámparas de 2 Kw	280000 lúmenes
8 lámparas de 1 Kw	160000 lúmenes
6 lámparas de 1'25 Kw	150000 lúmenes
11 lámparas de 625 w	143000 lúmenes
<hr/>	
32 lámparas TOTAL	733000 lúmenes

Como se ve falta un poco para conseguir el flujo total obtenido en el apartado 3.5.4 pero esta diferencia es menor del 1% y se puede aceptar como válida.

Se debe tener en cuenta que todos los proyectores se van a suspender del techo y para ello se ha desarrollado un sistema que se verá en el siguiente apartado.

4.-SISTEMA DE SUSPENSION DE LA ILUMINACION

Como se vió en el apartado 3.4, la altura de suspensión de los aparatos de iluminación debe ser se unos 3 metros. Para conseguir esta altura y debido a que la sala tiene 6 metros de altura, se ha diseñado un sistema de guías (PLANO 15) de modo que estas esten suspendidas a 1'5 metros del techo y los proyectores estan sujetos a las mismas mediante una barra de 1 metro aproximadamente; de este modo añadiendo la altura del proyector se obtienen los 3 metros de altura deseados.

Todas las guías del PLANO 15 estan constituidas por barras del tipo del PLANO 10. Estas barras se harán de un material tal que puedan soportar el peso de los proyectores, teniendo en cuenta que el mayor de ellos (CASTOR 270) pesa unos 10'5 Kg.

A continuación se va a explicar el funcionamiento -- del sistema, teniendo siempre delante el PLANO 15. Se debe tener en cuenta que todos los movimientos, tanto de proyectores como de barras, se harán mediante una pértiga destinada a tal uso.

En primer lugar se verá la guía 1. Esta guía está situada a 1/2 metro del telón y circunda interiormente todo el estudio. Generalmente se usará para colocar los -- proyectores de contraluces, luz lateral o alumbrado de decorados. Como se dijo anteriormente, esta guía es del tipo del PLANO 10 y está colocada con la abertura hacia abajo. Por el interior de esta guía correrá la vagoneta del PLANO 11. Esta vagoneta tiene 4 ruedas con 2 arandelas a cada lado de cada una de ellas para que permanezcan siempre en la posición adecuada. Cada vagoneta tiene adosada una barra perpendicular de 1 pulgada de diámetro y de 1 metro de longitud, de la cual se suspenderá el proyector. Los proyectores tienen una altura media de 500 mm.

Las guías 2 están constituidas igual que las anteriores. Sobre ellas se deslizarán las mismas vagonetas y -- junto con la guía 1 cubrirán toda la anchura de la superficie útil de trabajo. A su vez, estas guías 2, se pueden desplazar en el sentido longitudinal del estudio ya que en sus extremos poseen las vagonetas descritas en el PLANO 12 que corren sobre las guías 4. Estas guías 4 son del mismo tipo que las anteriores con la excepción de que estas están colocadas con la ranura horizontal--

mente para que puedan entrar las vagonetas de las guías 2. Las guías 4 están colocadas a 1 metro de las 1.

Por último quedan las guías 3. Estas, del mismo tipo que las anteriores, están colocadas con la ranura hacia arriba y en ellas se dispondrán las tomas de corriente alterna (220 v) para conectar los proyectores.

También se podrán disponer vagonetas del tipo de las del PLANO 11 pero sin la barra adosada y con un garfio para sostener el cable de los proyectores cuando estos queden muy lejos de las tomas de corriente.

0.-INTRODUCCION

Esta tercera parte del proyecto va a tratar sobre el alumbrado del estudio. Este alumbrado es el empleado en el local cuando se va a hacer una reparación, la colocación de los materiales o cualquier otra actividad que no tenga nada que ver con la grabación de un programa.

En esta parte, las normas no deben ser tan estrictas como en la anterior parte del proyecto, ya que ninguna cámara va a captar la acción.

Las magnitudes y unidades serán exactamente las mismas que en la iluminación, o sea:

Flujo luminoso.....	Lumen
Intensidad luminosa.....	Candela
Intensidad de iluminación.....	Lux
Luminancia.....	Nit

La temperatura de color se tiene en cuenta en este caso, pero su influencia y sus variaciones carecen de la importancia que tiene en la grabación de programas.

1.-DATOS INICIALES Y ORDEN A SEGUIR

El primer dato que va a hacer falta es la superficie del local. Lo que ahora se debe alumbrar es la totalidad del local, es decir, 150 m^2 (10 x 15).

Como ya se vió anteriormente, el techo era de color gris claro con un índice de reflexión de 0'5; el suelo así como el telón son de color azul claro y el índice de reflexión es de 0'5. Las paredes que quedan detrás del -

telón también estarán pintadas de color gris y por lo tanto el índice de reflexión es el mismo que el del techo.

El orden a seguir para realizar esta parte del proyecto es:

- Determinación del nivel de iluminación y elección del tipo de lámpara.
- Elección del sistema de iluminación y de los aparatos de alumbrado.
- Elección de la altura de los aparatos de alumbrado.
- Cálculo del flujo total que se ha de producir.
- Distribución y número de los aparatos de alumbrado.

2.- DETERMINACION DEL NIVEL DE ILUMINACION Y ELECCION DEL TIPO DE LAMPARA

No existe un nivel de iluminación determinado para este caso, así que se va a considerar como suficiente un nivel de 200 lux en todo el plano útil de trabajo.

Se ha decidido poner lámparas fluorescentes ya que estas se suelen emplear cuando el nivel de iluminación necesario sobre el plano útil de trabajo, ha de alcanzar o sobrepasar los 200 lux.

En este caso se van a elegir las lámparas fluorescentes PHILIPS "TL"-H por las siguientes razones:

Las lámparas fluorescentes son lámparas de descarga eléctrica en una atmósfera de vapor de mercurio a baja presión y un gas inerte. La descarga se produce en un re

recipiente tubular de gran longitud con relación a su diámetro, sobre cuya pared interior se ha depositado una fina capa de sustancias minerales fluorescentes. El tubo está relleno de un gas noble, generalmente argón a algunos milímetros de presión, y de una pequeña cantidad de mercurio.

Al aplicar una tensión adecuada entre los extremos de la lámpara, se produce una descarga eléctrica entre ellos; los electrones procedentes de los electrodos, invaden el espacio interelectródico, chocando con los átomos de mercurio que existen en dicho espacio. A consecuencia de estos choques, una parte de los átomos se ioniza, aumentando así la corriente de descarga; pero la mayor parte de los átomos de mercurio se ionizan. Ahora bien, la baja presión que existe dentro del tubo, es la causa de que en la excitación de los átomos de mercurio se emitan, casi exclusivamente, radiaciones ultravioleta. Estas radiaciones excitan a su vez las materias fluorescentes depositadas en las paredes del tubo, que emitirán radiaciones de mayor longitud de onda, o, dicho de otra manera radiaciones visibles.

En este tipo de lámparas la cantidad de vapor de mercurio es muy preciso y constante. Pero el calor provoca un aumento de la presión del vapor de mercurio que sobrepasa el valor ideal. Como consecuencia surge una disminución del flujo luminoso.

La lámpara "TL"-H posee la particularidad de que la

presión del vapor de mercurio se mantiene, prácticamente al mismo nivel, independientemente del aumento de temperatura.

Su funcionamiento es el siguiente (PLANO 13):

La lámpara "TL"-H esta provista de una cápsula de vidrio (4), que encierra el mercurio y esta sujeta al anillo metálico que rodea al electrodo mediante un hilo -- conductor. Este hilo se torna incandescente por medio de una corriente de alta frecuencia, lo que produce la fusión de la cápsula, y por lo tanto la liberación del mercurio.

La mayor ventaja que aporta el empleo de esta cápsula es la dosificación exacta del vapor de mercurio, lo cual es una condición necesaria para el buen rendimiento de la lámpara.

Cuando se enciende la lámpara, las gotas de mercurio se evaporan rápidamente al aumentar la temperatura. En este tipo de lámpara, gran parte del volumen de mercurio se mantiene por la amalgama del indio. La amalgama de indio es un sólido. El PLANO 13 muestra los puntos 1, 2 y 3 recubiertos de la misma. Cuando el electrodo se calienta (después del encendido de la lámpara) la primera parte de la amalgama que es la mas próxima al filamento (2) se evapora. El calentamiento prosigue hasta que la temperatura de régimen precisa mas amalgama que se libera entonces en la zona (3). Durante el funcionamiento la presión del vapor de mercurio se está constantemente corrigiendo, en función de la temperatura, por la amalgama de

la base (1), de este modo la presión de vapor de mercurio permanece en su valor óptimo a pesar de las variaciones de temperatura. De este modo, se obtiene un mantenimiento del flujo luminoso ya que no varía con el calor y se obtiene un ahorro de energía de hasta el 30%, ya que con lámparas "TL"-H de menos vatios se obtiene el flujo luminoso que darían las lámparas normales de mas vatios.

Por último queda decir que la potencia de las lámparas elegidas es de 65 W y de 3300 lúmenes de flujo luminoso.

3.-ELECCION DEL SISTEMA DE ILUMINACION Y DE LOS APARATOS DE ALUMBRADO

En el presente caso se ha elegido el sistema de iluminación directa. Se elige este sistema porque el flujo luminoso esta dirigido entre un 90% y un 100% hacia la parte delantera de los aparatos de alumbrado, reduciendo así las pérdidas de luz al mínimo.

El aparato de alumbrado elegido es el mostrado en el PLANO 14. Esta luminaria es un plafón con difusor opal (liso) de metacrilato. En estas luminarias se colocarán tubos fluorescentes del tipo expuesto en el apartado anterior, esto es, del tipo "TL"-H de 65 vatios.

Las luminarias son del tipo PRO-265 de la casa MAZDA. Las dimensiones de dichas luminarias estan expuestas en el mismo PLANO 14.

4.-ELECCION DE LA ALTURA DE LOS APARATOS DE ALUMBRADO

En primer lugar se debe elegir el plano de trabajo.- Este plano se supone que estará a una altura media de trabajo de aproximadamente 1'5 metros, ya que no todos los trabajos a realizar en el estudio se harán a la misma altura.

Las luminarias estarán adosadas al techo, de modo que se encuentran a una altura de 6 metros. Entonces la altura H desde el plano útil de trabajo hasta las luminarias será de:

$$6 - 1'5 = 4'5 \text{ metros}$$

5.-CALCULO DEL FLUJO TOTAL QUE SE HA DE PRODUCIR

Primero que nada se debe calcular el índice del local K que como se recordará se halla mediante la fórmula:

$$K = \frac{2L + 8A}{10H}$$

siendo: L = longitud del local

A = anchura del local

H = distancia entre los aparatos de alumbrado
y el plano útil de trabajo

Sustituyendo el valor de cada una de las variables se tendrá que:

$$K = \frac{2 \times 15 + 8 \times 10}{10 \times 4'5} = 2'44$$

Una vez conocido este índice y teniendo en cuenta -- que los índices de reflexión del techo, paredes y suelo

eran iguales y de valor 0'5, mediante la TABLA 6 se obtiene el factor de utilización u. Este valor obtenido es $u = 0'43$.

El siguiente paso es hallar el factor de depreciación δ que se halla también mediante la TABLA 6. Teniendo en cuenta que las luminarias tendrán un ensuciamiento bajo y que se van a limpiar cada año, de obtiene un $\delta = 1'30$.

Una vez obtenidos estos datos, ya se puede calcular el flujo total que se ha de producir. Para ello se utilizará la fórmula:

$$\phi_0 = \frac{E \times S \times \delta}{u}$$

siendo: E = iluminación necesaria (200 lux)

S = superficie del local (150 m²)

δ = factor de depreciación (1'30)

u = factor de utilización (0'43)

Por tanto el flujo será:

$$\phi_0 = \frac{200 \times 150 \times 1'30}{0'43} = 90697'67 \text{ lúmenes}$$

6.-NUMERO Y DISTRIBUCION DE LOS APARATOS DE ALUMBRADO

Como ya se vió en el apartado 2 se han elegido lámparas fluorescentes de 65 vatios y 3300 lúmenes. Para hallar el número de lámparas necesarias, se dividirá el flujo luminoso necesario obtenido en el apartado 5 por los lúmenes que nos da cada lámpara:

$$n^0 \text{ de lámparas} = \frac{90697'67}{3300} = 27'48$$

Aproximando este número a 28 lámparas salen 14 lumi-

narias ya que cada una de estas tiene dos tubos fluorescentes.

Por último queda calcular la disposición adecuada de las luminarias en el techo del local. Para ello se ha seguido la norma de que la distancia entre luminaria y luminaria ha de ser el doble que entre las luminarias extremas y la pared mas próxima a ellas.

Según la disposición del PLANO 9 y teniendo en cuenta la norma anteriormente citada, se ha obtenido que la distancia entre luminarias longitudinalmente es de 2'14 metros, y entre las luminarias extremas y la pared de 1'07 metros. En el sentido transversal la distancia de luminaria a luminaria es de 5 metros y entre luminarias extremas y la pared es de 2'5 metros.

Todas las distancias tienen como referencia el centro geométrico de cada plafón.

0.-INTRODUCCION

En esta última parte del proyecto se ha intentado hacer un pequeña cálculo del aire acondicionado necesario para el estudio.

Debido al calor provocado por la iluminación y por las personas dentro del local, se hace necesaria la instalación de un equipo de aire acondicionado, de modo que permita que el ambiente sea el adecuado para el trabajo dentro del local. En este cálculo sólo se expone el nivel de ventilación que debe haber, dejando a un lado la instalación del equipo. Debe instalarse uno cuyas características sean las necesarias para que cumplan las condiciones expuestas en los siguientes apartados.

Como se dijo en el resumen inicial, nunca se trabajará en dos partes del estudio a la vez, de modo que la ventilación se calculará para uno de los extremos, siendo válida para el extremo opuesto y para el centro del mismo.

1.-CALOR TOTAL EMITIDO

Antes de tratar de seleccionar cualquier sistema de ventilación, se debe establecer la relación necesaria de cambio de aire en el estudio, para lo que se necesita saber el calor producido en el mismo, debido a la iluminación y a las personas.

La cantidad de calor que emite un sistema luminoso viene dado por la siguiente expresión:

$$Q_{\text{luminoso}} = P \times \theta$$

donde: P = potencia emitida por las lámparas en Kw
 θ = 860 Kilocalorias/hora, que es la cantidad
de calor por Kw de potencia eléctrica

Como se vió en el apartado 3.5.4 de la parte de iluminación del estudio, los lúmenes necesarios para un extremo del estudio eran 471042 lúmenes. Para conseguir este flujo luminoso harán falta las siguientes lámparas:

4 lámparas de 2 Kw	160000 lúmenes
5 lámparas de 1 Kw	100000 lúmenes
4 lámparas de 1'25 Kw	100000 lúmenes
9 lámparas de 625 w	117000 lúmenes
<hr/>	
Vatios totales = 23'625 Kw....	477000 lúmenes

Como se ve, los lúmenes exceden un poco de los necesarios, pero cae dentro de los límites del $\pm 10\%$ y se considera como válido. Teniendo los vatios totales, se puede calcular el calor producido por los proyectores:

$$Q_{\text{luminoso}} = 23'625 \times 860 = 20317'5 \text{ Kcal/hora}$$

Para calcular el calor total producido en el recinto se debe tener en cuenta además del producido por el sistema de iluminación, el debido a las personas. Considerando que una persona emite 110 Kcal/hora y que vamos a poner el caso de que hayan 9 personas en el estudio, el calor total producido será:

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{luminoso}} + Q_{\text{personas}}$$

y sustituyendo por sus valores:

$$Q_{\text{total}} = 20317'5 + 110 \times 9 = 21307'5 \text{ Kcal/hora}$$

2.-CALCULO DEL AREA DE LAS REJILLAS DE VENTILACION

Para obtener la relación necesaria de cambio de aire se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen cambiado} = \frac{Q_T}{0.274 \Delta t}$$

siendo Δt el incremento de temperatura, es decir, la máxima variación de temperatura que se debe permitir. Considerando este $\Delta t = 4^{\circ}\text{C}$, el volumen de aire cambiado será:

$$V_{ac} = \frac{21307.5}{0.274 \times 4} = 19441.14 \text{ m}^3/\text{hora}$$

De acuerdo con esta cantidad de aire que ha de cambiarse, se seleccionará el tipo de instalación que se deberá instalar.

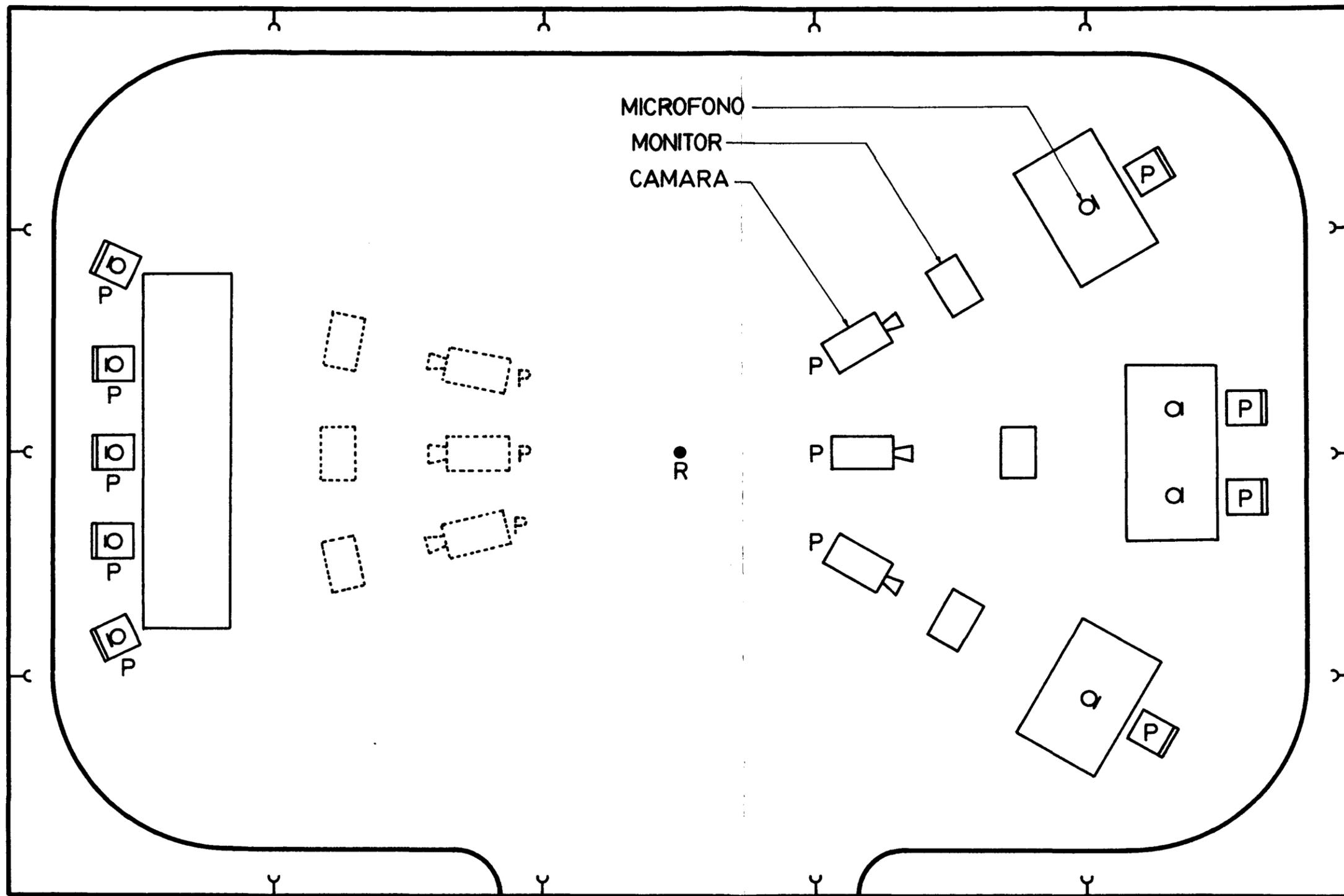
El area total de las rejillas de entrada y salida de los conductos de aire depende de la velocidad del mismo. Suponiendo que la velocidad del aire es de 2 m/sg y utilizando la siguiente fórmula:

$$S_r = \frac{2V_{ac}}{3600 V_a}$$

se obtiene que el area de las rejillas de ventilación debe ser :

$$S_r = \frac{2 \times 19441.14}{3600 \times 2} = 5.45 \text{ m}^2$$

Estos 5.45 m² de rejillas de ventilación se han repartido en 5 rejillas de 1.1 m² aproximadamente y se han dispuesto según muestra el PLANO 9.

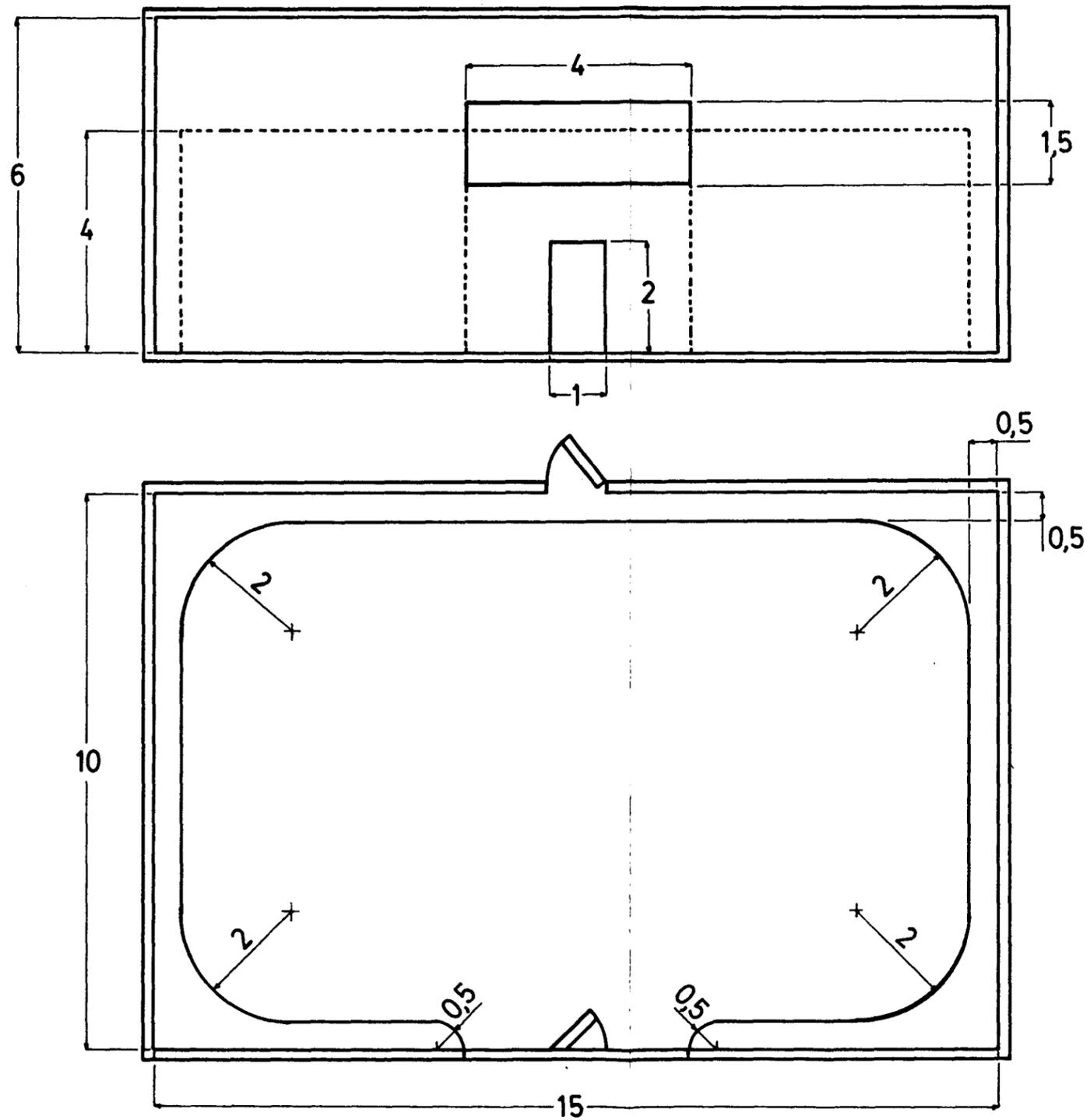


Y=Tomas de video y audio.

P=Locutor, participante en la escena u operador.

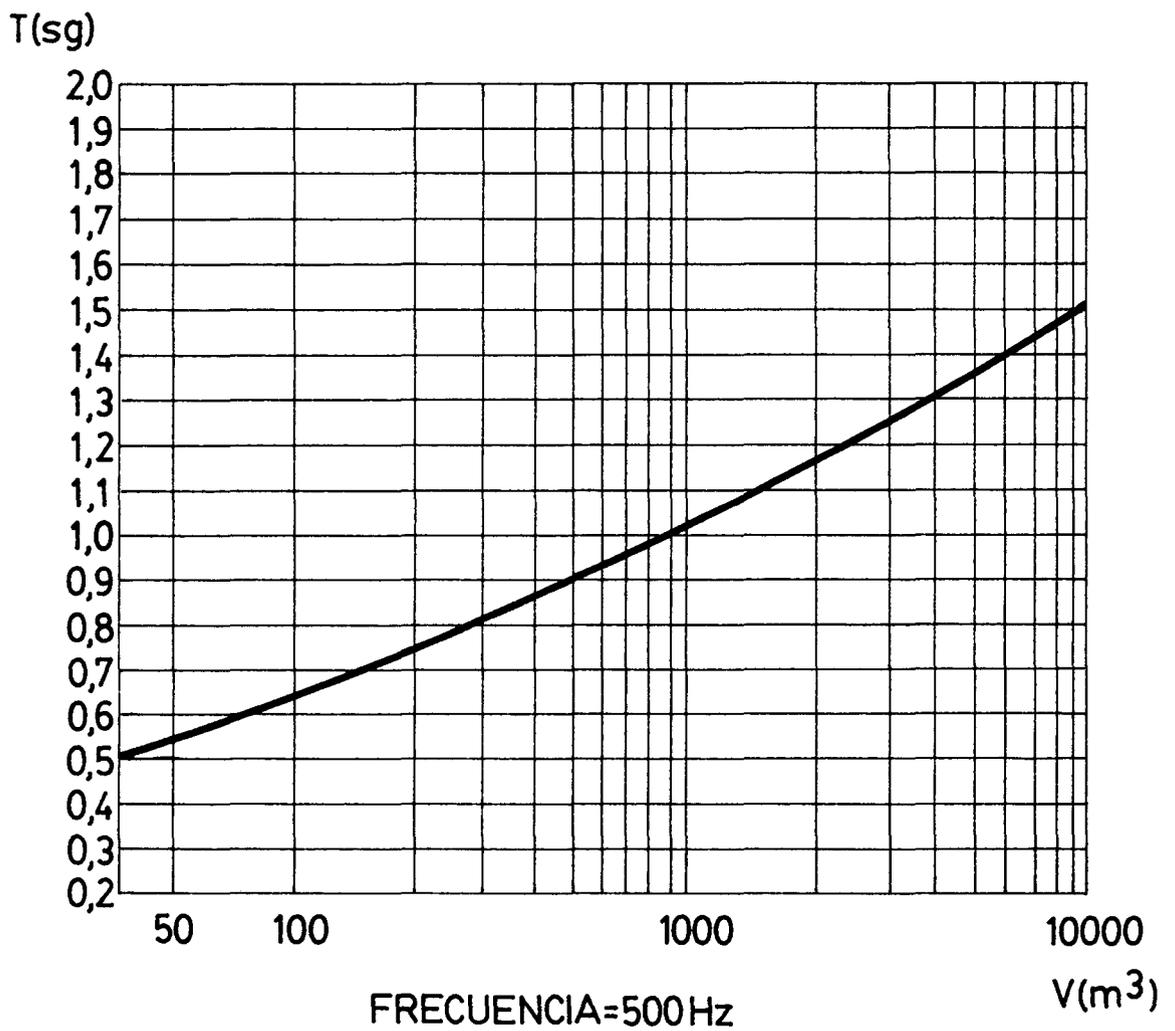
R=Regidor.

DIBUJADO POR: JUAN CARLOS SANCHEZ PAZ		
A PETICION: E.U.I.T.T.L.P.		FECHA: FEB.-82
ESCALA 1:50	DISPOSICION DE LOS ELEMENTOS BASICOS DEL ESTUDIO	Nº: 1



TODAS LAS DIMENSIONES EN m.

DIBUJADO POR: JUAN CARLOS SANCHEZ PAZ		
A PETICION: E.U.I.T.T.L.P.		FECHA: FEB.-82
ESCALA 1:100	DIMENSIONES DEL ESTUDIO	Nº: 2



DIBUJADO POR: JUAN CARLOS SANCHEZ PAZ

A PETICION: E.U.I.T.T.L.P.

FECHA: FEB.- 82

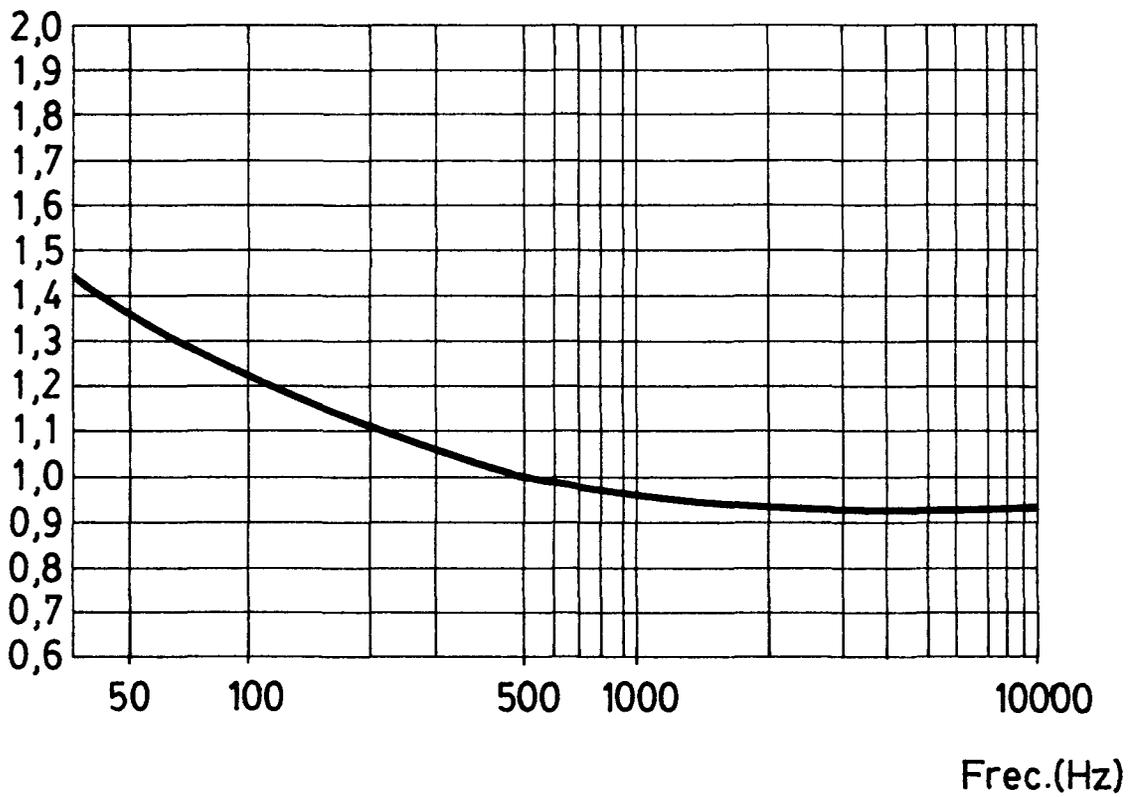
ESCALA

1:

TIEMPO DE
REVERBERACION
A 500 Hz.

Nº: 3

$$\frac{T(f)}{T_{500}}$$



DIBUJADO POR: JUAN CARLOS SANCHEZ PAZ

A PETICION: E.U.I.T.L.P.

FECHA: FEB.-82

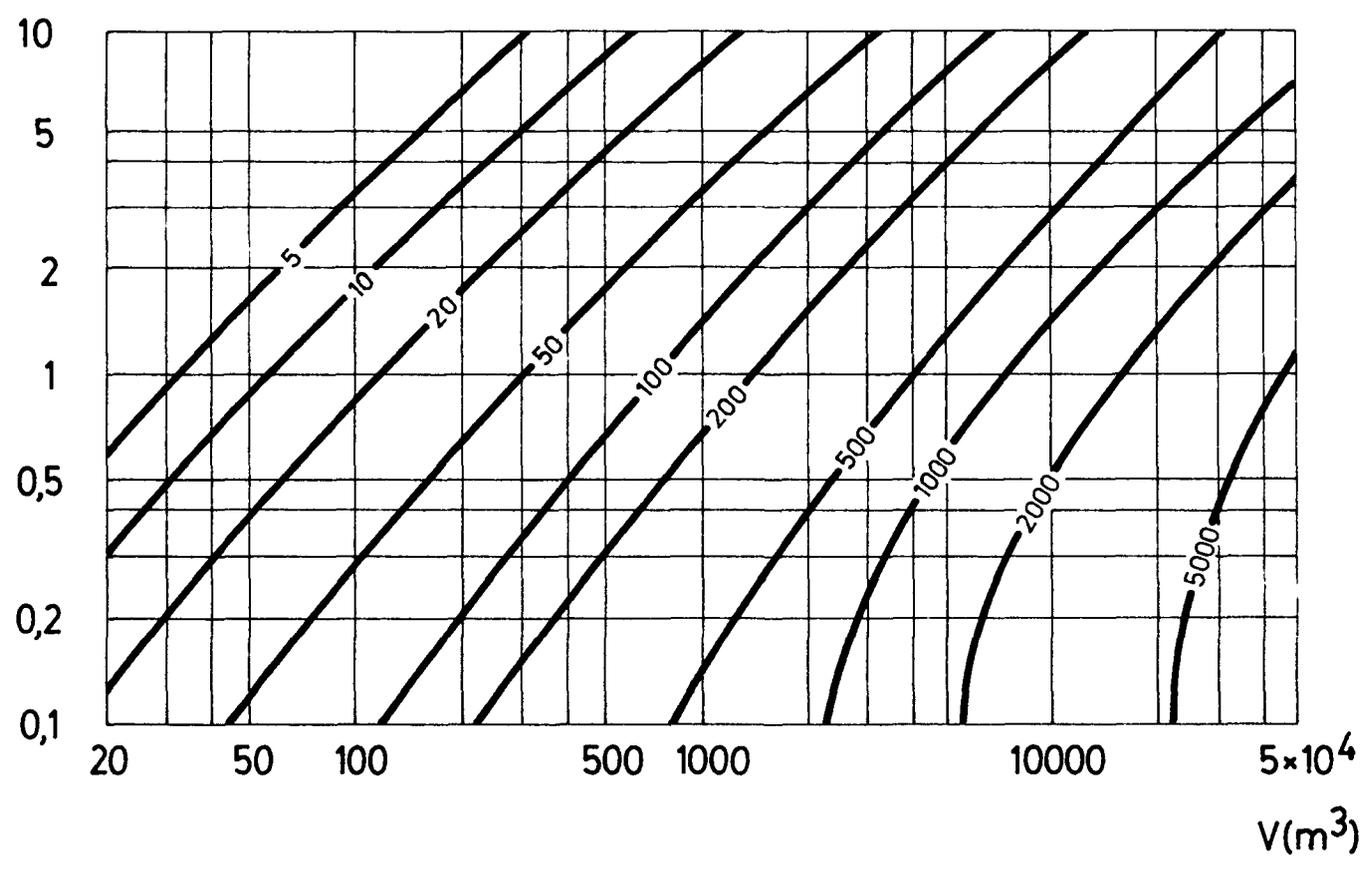
ESCALA

1: TIEMPOS DE REVERBERACION RELATIVOS

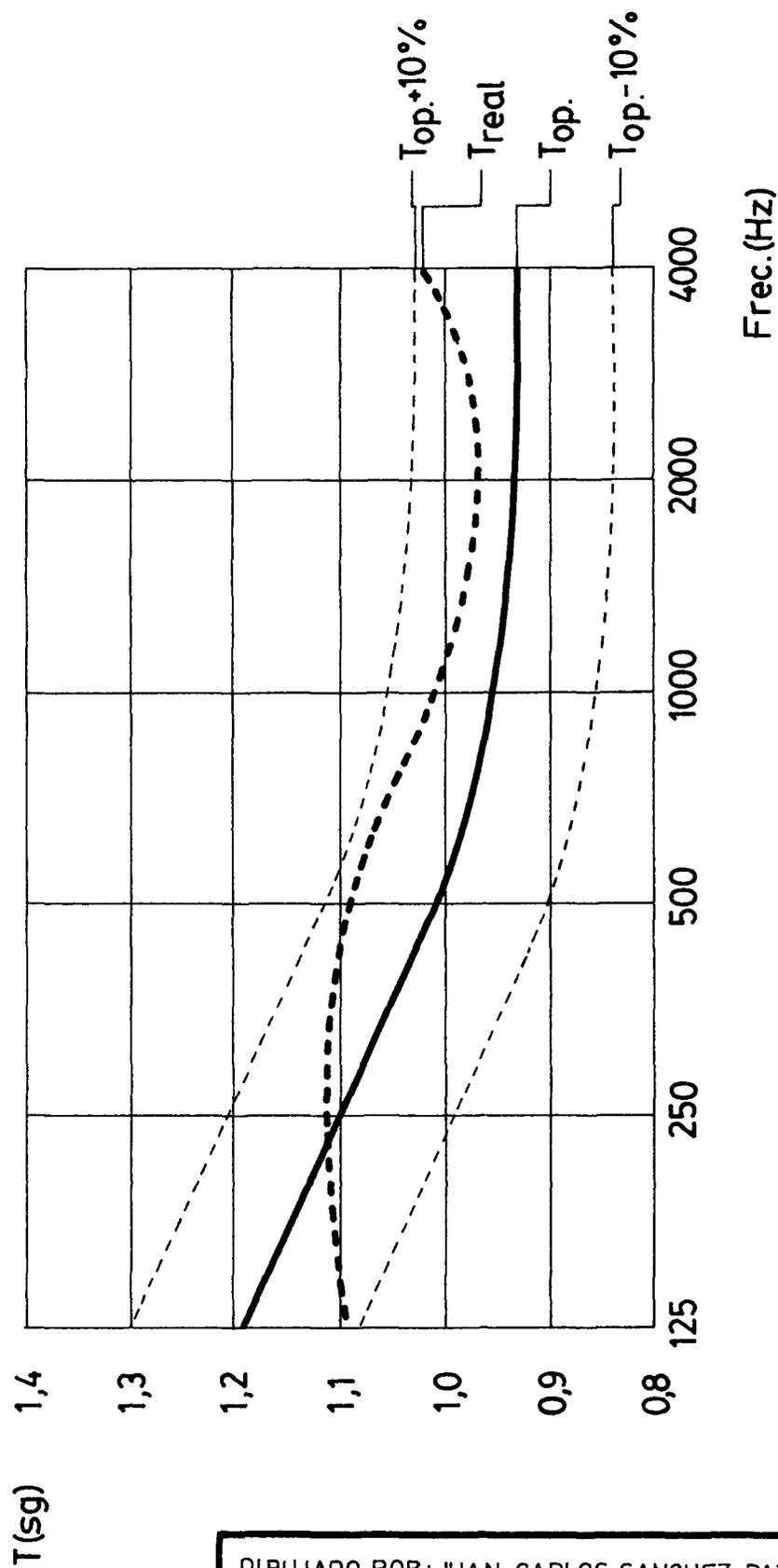
Nº: 4

—xxx— = Valores de $\alpha \cdot s$ en m^2

$$\frac{0,164 \cdot V}{S \cdot \ln(1-\alpha)} = T(\text{sg})$$



DIBUJADO POR: JUAN CARLOS SANCHEZ PAZ		
A PETICION: EUITTL.P.		FECHA: FEB.-82
ESCALA 1:	TABLA DE ABSORCIONES	Nº: 5



DIBUJADO POR: JUAN CARLOS SANCHEZ PAZ

A PETICION: E.U.I.T.T.L.P.

FECHA: FEB.-82

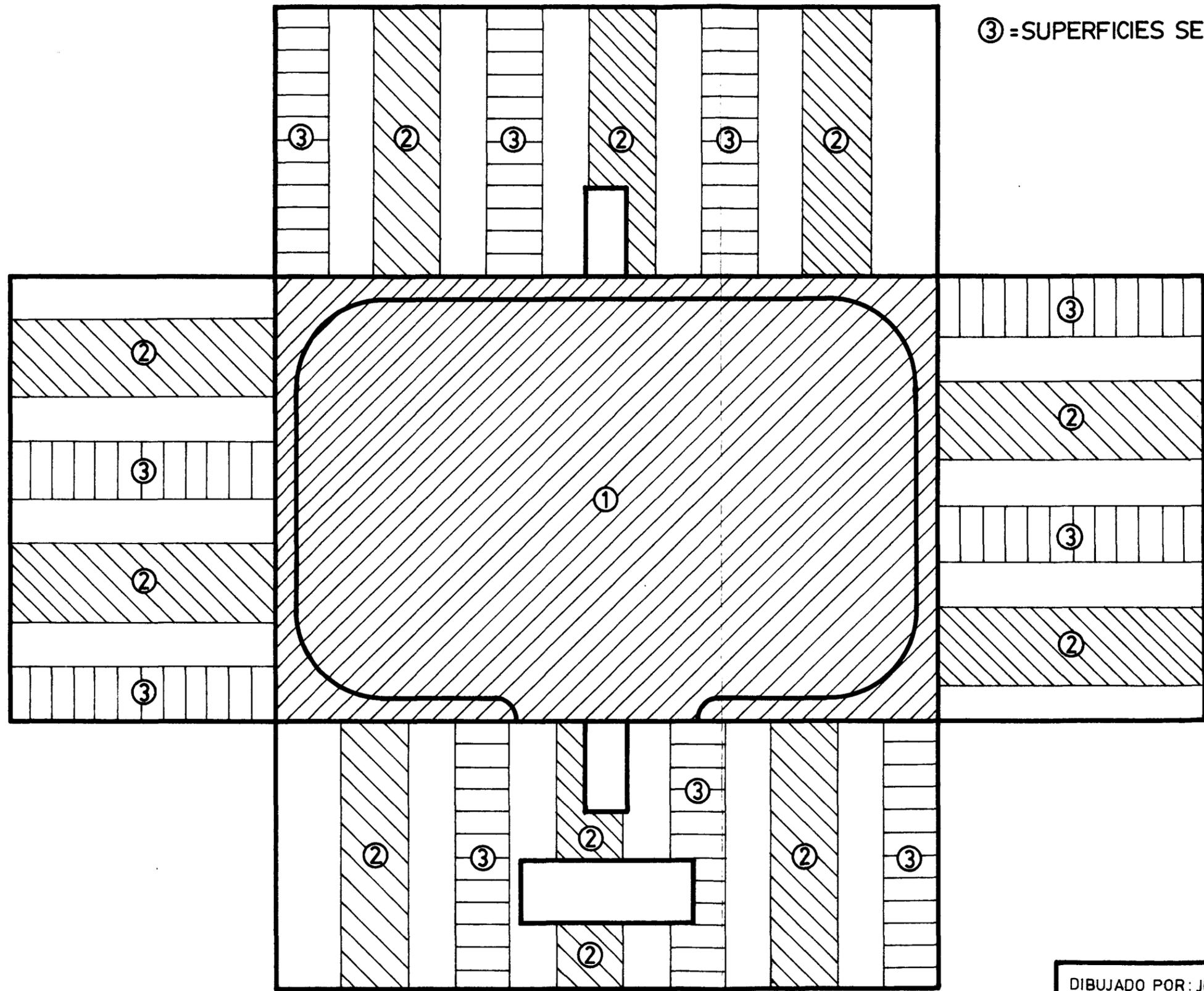
ESCALA

1:

TIEMPOS REAL
Y OPTIMO

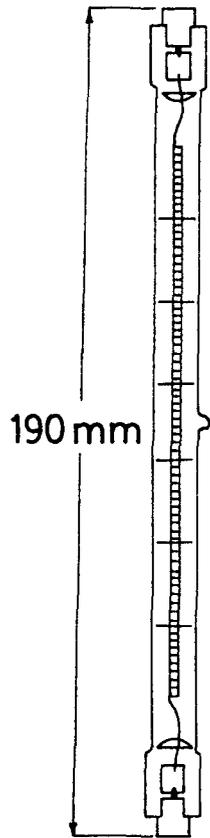
Nº: 6

- ① = LINOLEO
- ② = LOW FREQUENCY ELEMENT
- ③ = SUPERFICIES SEMICILINDRICAS

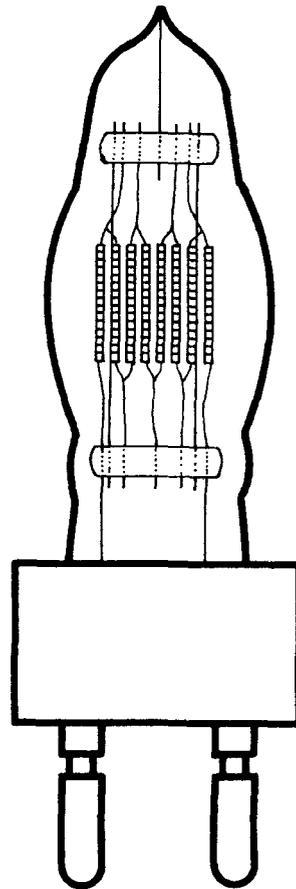


DIBUJADO POR: JUAN CARLOS SANCHEZ PAZ		
A PETICION: E.U.I.T.T.L.P.		FECHA: FEB.-82
ESCALA 1:100	DISPOSICION DE MATERIALES ABSORBENTES	Nº: 7

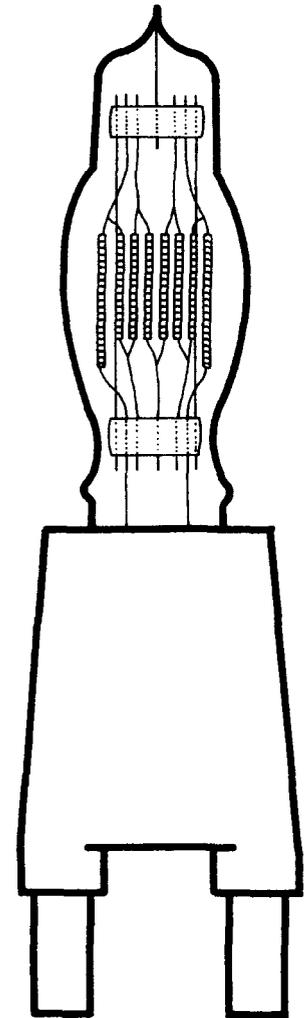
DIBUJADO POR: JUAN CARLOS SANCHEZ PAZ		
A PETICION: E.U.I.T.T.L.P.		FECHA: FEB.-82
ESCALA 1:	LAMPARAS	
	Nº: 8	



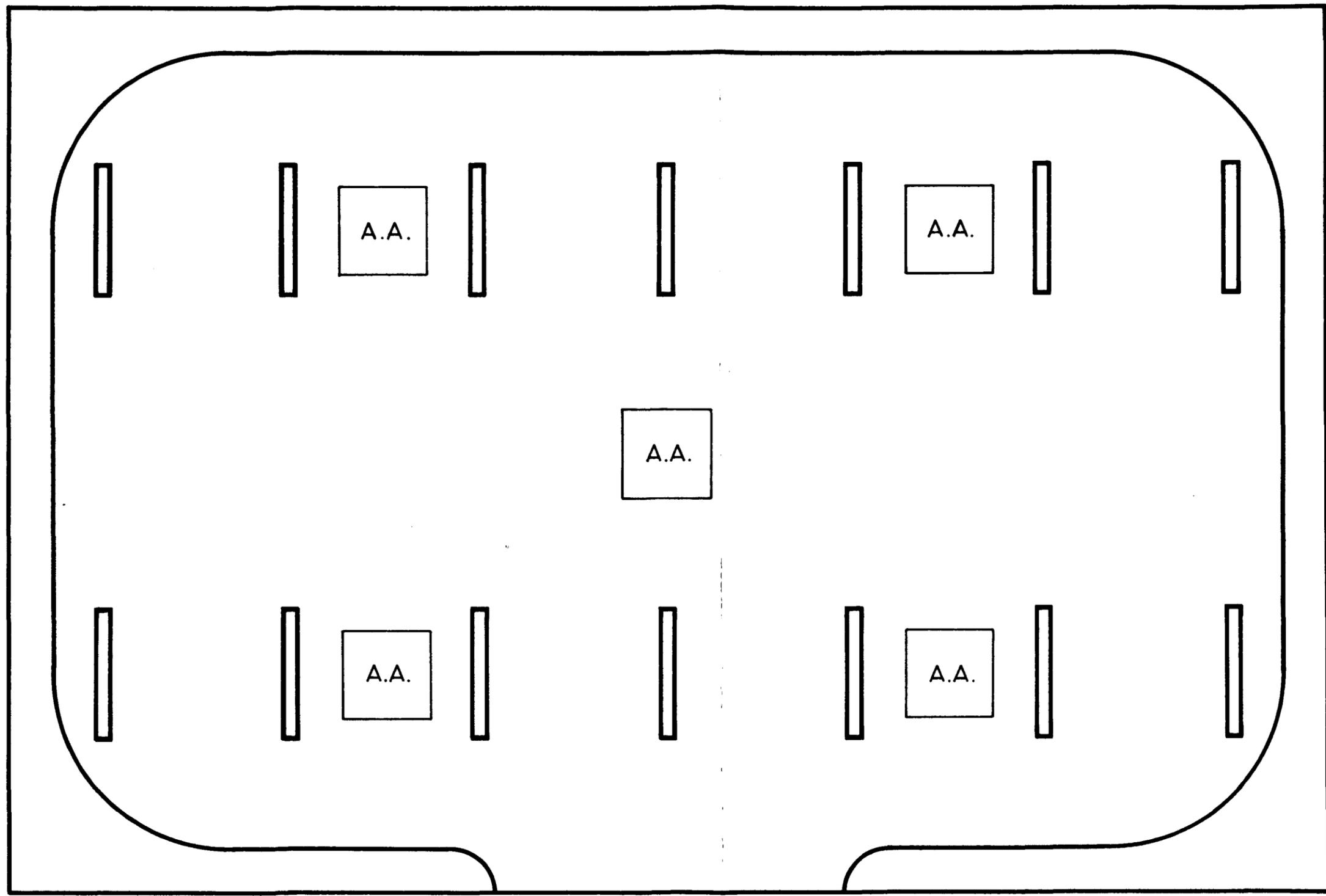
1.250w. linear lamp 25.000 lum.
625w. linear lamp 13.000 lum.



1 Kw. medium Bi-post
20.000 lumenes

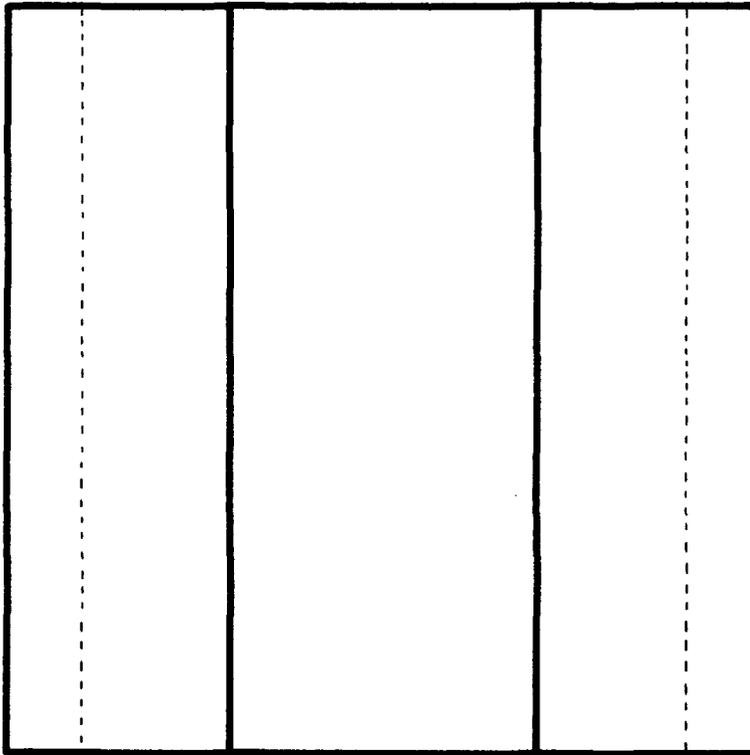
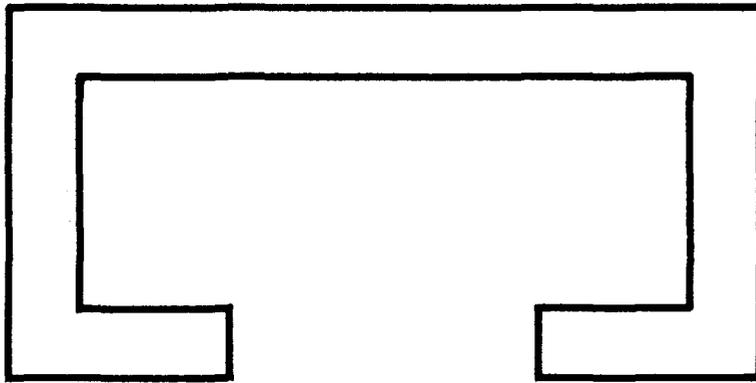


2 Kw. Bi-post
40.000 lumenes

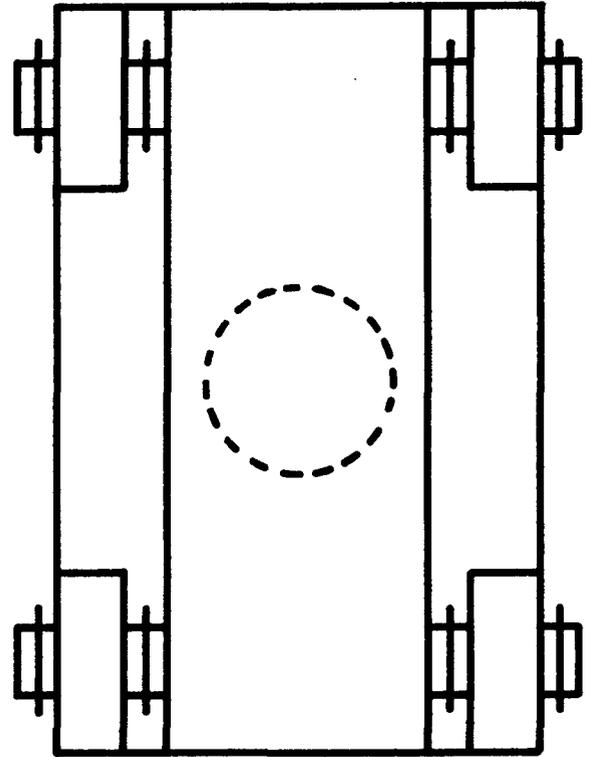
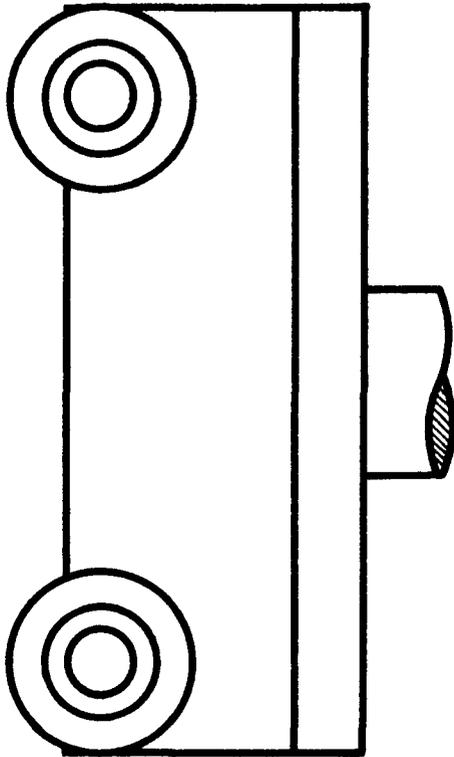
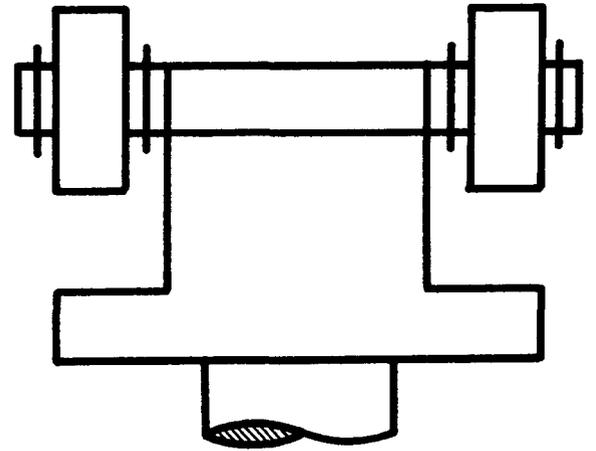


A.A. = 1,1m² de rejillas de aire acondicionado

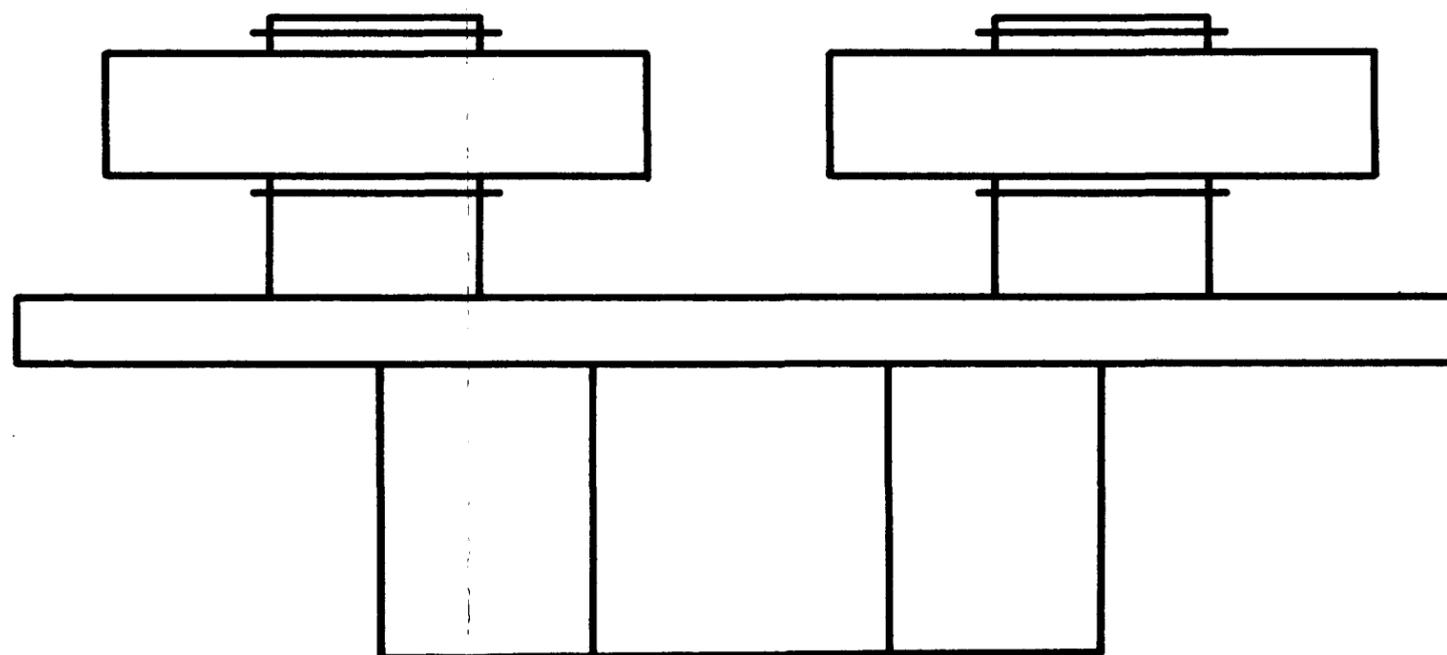
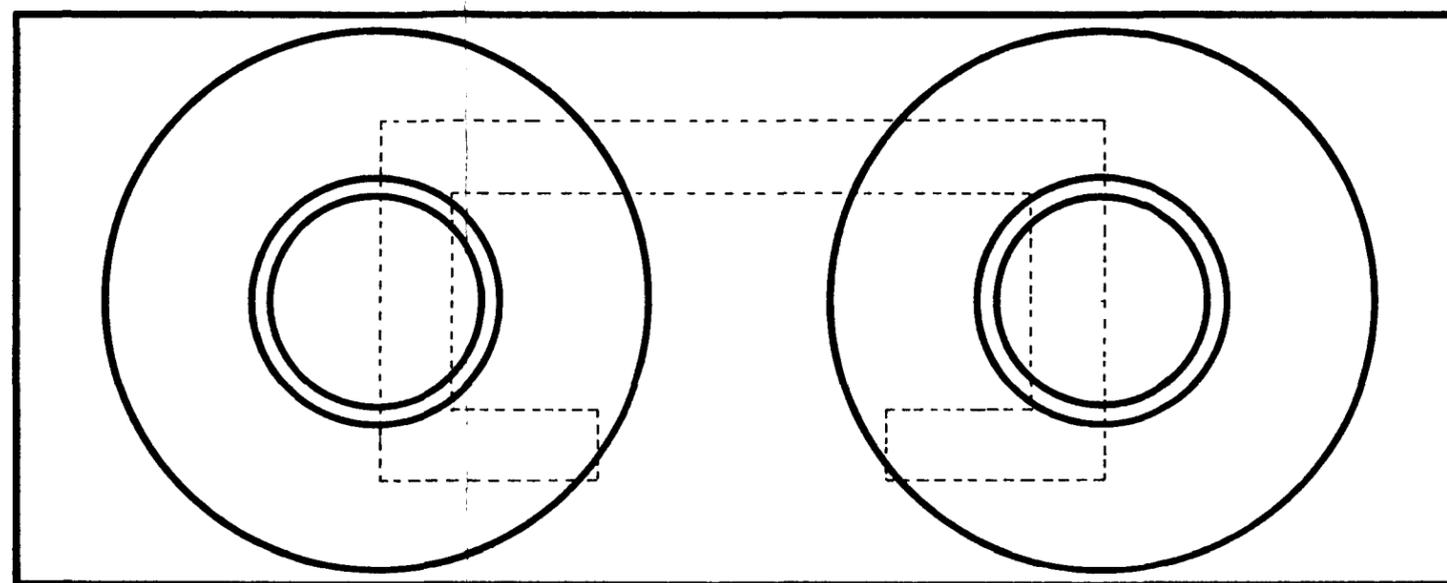
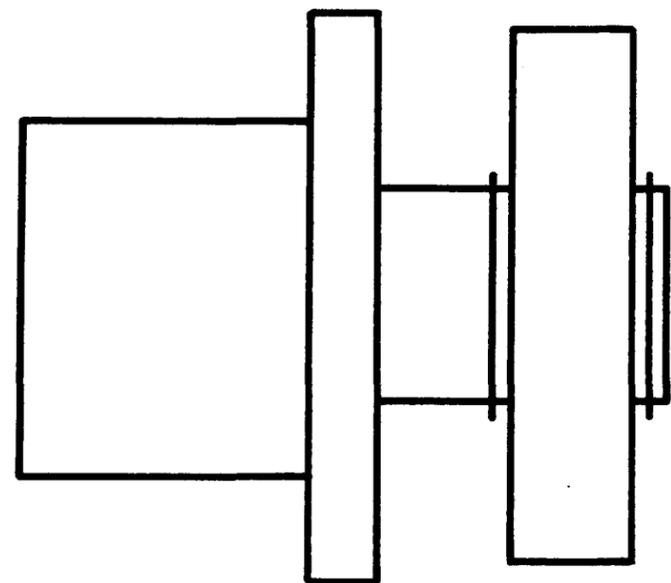
DIBUJADO POR: JUAN CARLOS SANCHEZ PAZ		
A PETICION: E.U.I.T.T.L.P		FECHA: FEB.- 82
ESCALA 1:50	ALUMBRADO	Nº: 9



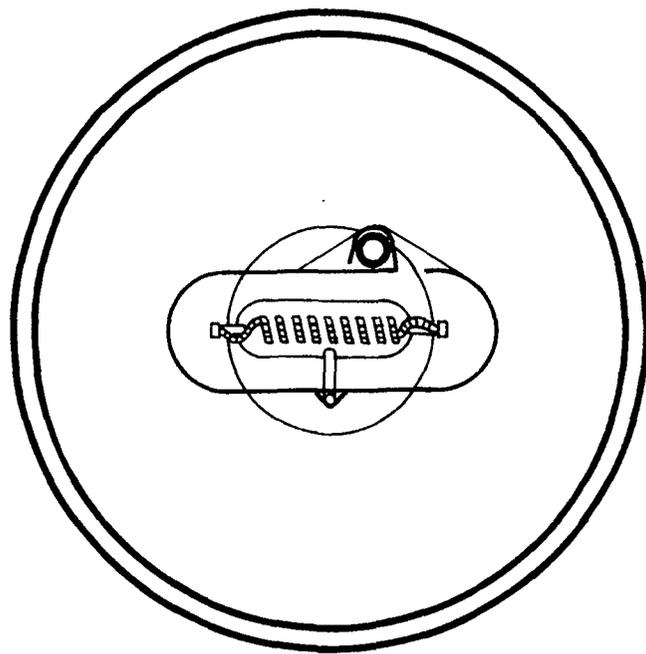
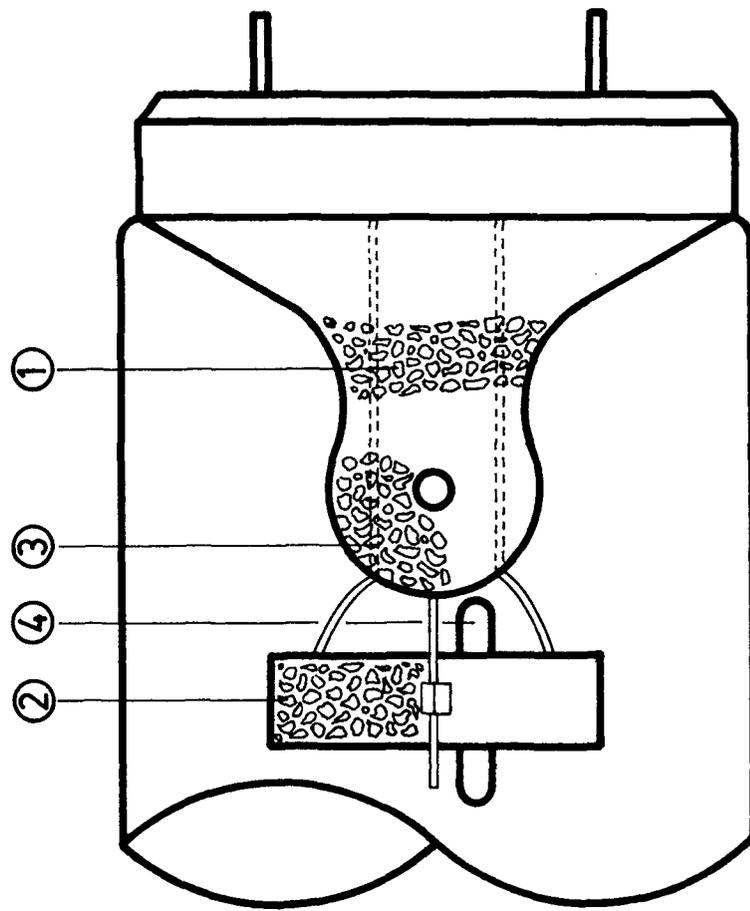
DIBUJADO POR: JUAN CARLOS SANCHEZ PAZ		
A PETICION. E.U.I.T.T.L.P.		FECHA: FEB.-82
ESCALA 1:1	TIPO DE BARRAS	Nº:10



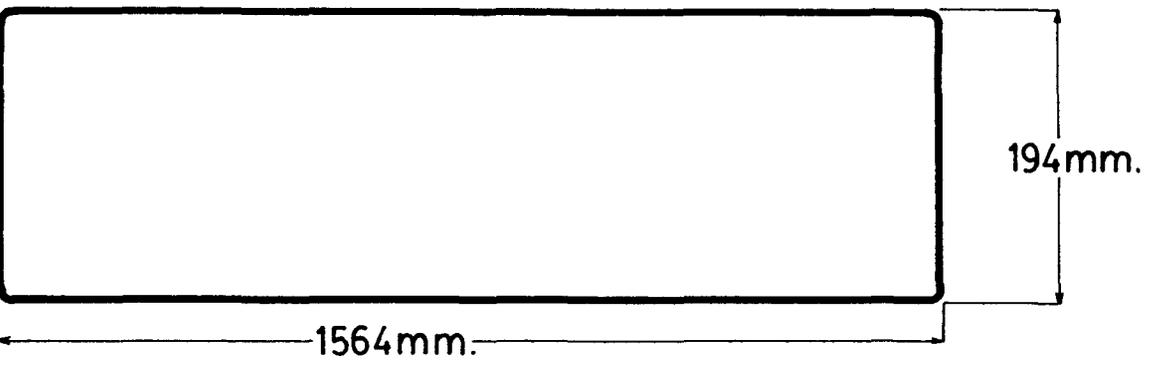
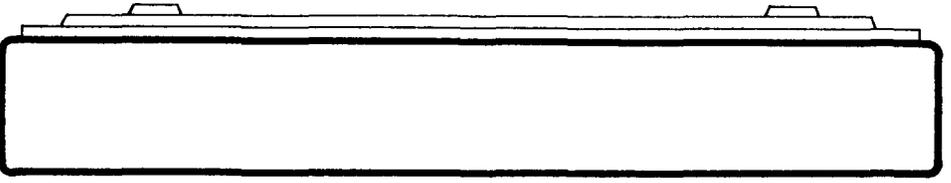
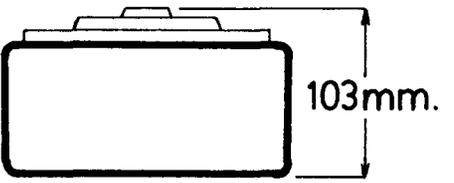
DIBUJADO POR: JUAN CARLOS SANCHEZ PAZ		
A PETICION: E.U.I.T.T.L.P.		FECHA: FEB.-82
ESCALA 1:1	GUIA DE PROYECTORES	Nº: 11



DIBUJADO POR: JUAN CARLOS SANCHEZ PAZ		
A PETICION: EU.I.T.T.L.P.		FECHA: FEB.-82
ESCALA 1:1	GUIA DE BARRAS MOVILES	Nº:12



DIBUJADO POR: JUAN CARLOS SANCHEZ PAZ		
A PETICION: E.U.I.T.T.L.P.		FECHA: FEB.-82
ESCALA 1:	TIPO DE FLUORESCENTE	Nº: 13



DIBUJADO POR: JUAN CARLOS SANCHEZ PAZ

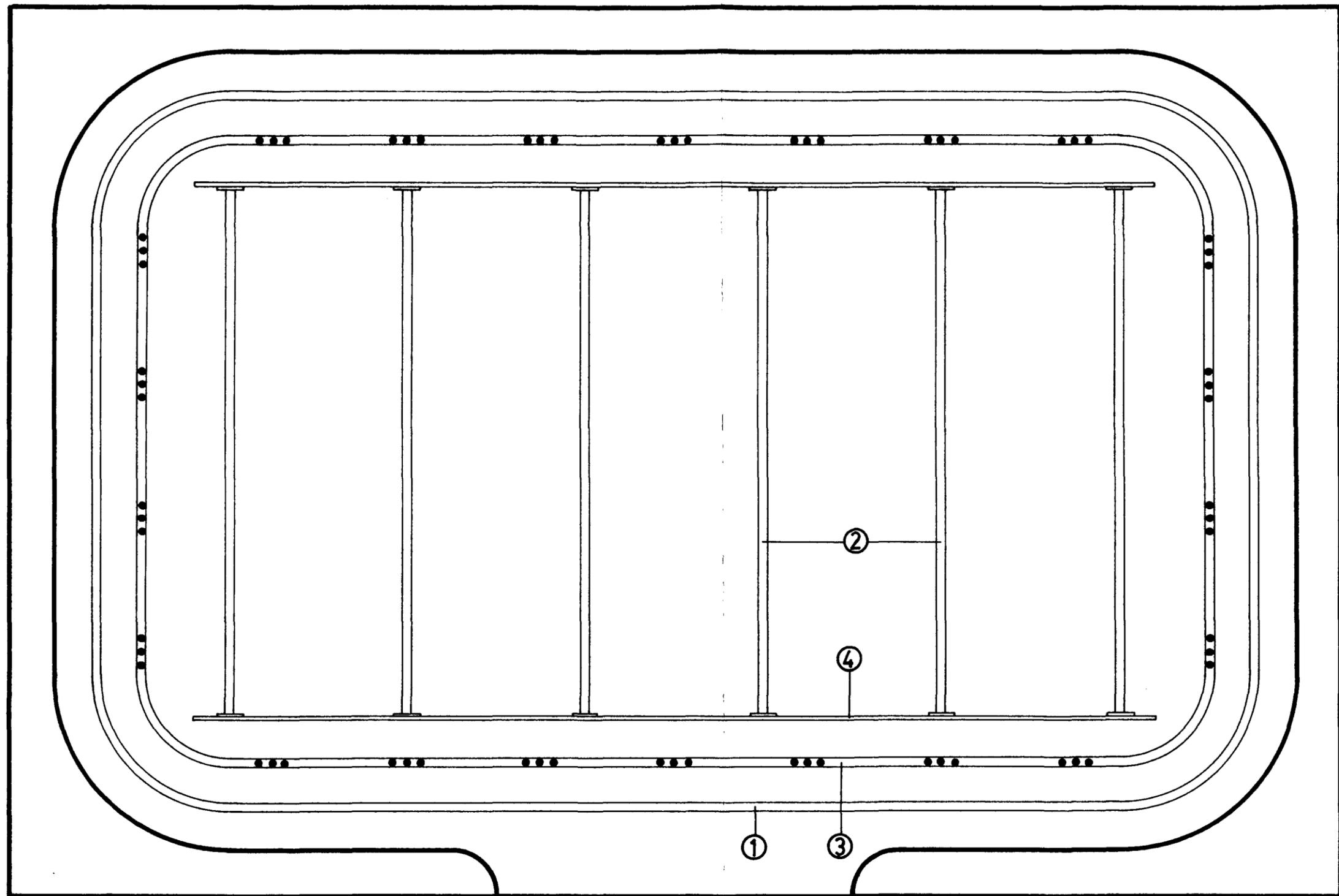
A PETICION: E.U.I.T.T.L.P.

FECHA: FEB.-82

ESCALA
1:

LUMINARIAS

Nº: 14



•=Toma de corriente alterna (220 V.)

DIBUJADO POR: JUAN CARLOS SANCHEZ PAZ		
A PETICION: E.U.I.T.T.L.P.		FECHA: FEB.-82
ESCALA 1:50	BARRAS DE ILUMINACION	Nº: 15

TABLA 1

<u>TIPO DE ESTUDIO</u>	AREA DEL SUELO m ²	ALTURA m	VOLUMEN m ³	NUMERO DE PERSONAS
-Estudio de charlas de TV...	12/15.....	2'8/3'2...	34/48.....	1/2
-Estudio de películas ha- bladas y radioestudios.....	12/25.....	3'2/3'5...	48/90.....	1/2
-Estudios de presentación de televisión.....	50/80.....	4/5.....	200/400.....	10/15
-Estudios de música de cá- mara de la radio.....	50/80.....	4/4'5.....	200/360.....	10/15
-Estudios pequeños para - conciertos de radio.....	150/200...	6/7.....	900/1400.....	25/40
-Estudios pequeños de mú- sica de cine.....	150.....	6'5/7.....	1000.....	25/30
-Estudios de grabaciones orquestales.....	450/600...	9/9'5.....	4000/5700....	75/100
-Estudios grandes de con- ciertos de radio.....	400/450...	10/11.....	4000/5000....	115/140
-Estudios grandes de gra- bación para orquestas.....	720.....	10.....	7200.....	120
-Estudios pequeños de TV....	100.....	5/6.....	600.....	20
-Estudios pequeños de TV....	150.....	6.....	900.....	35
-Estudios pequeños de TV....	200.....	7.....	1400.....	50
-Estudios grandes de TV....	300.....	8.....	2400.....	100
-Estudios grandes de TV....	450.....	10.....	4500.....	200
-Estudios grandes de TV....	600.....	11.....	6600.....	250
-Estudios grandes de TV....	1000.....	15.....	15000.....	400
-Estudios cinematográficos..	500/2000..	10/18.....	5000/35000....	---

VOLUMEN DEL RECINTO (m ³)	LONGITUD (l)	ANCHURA (a)	ALTURA (h)
MAYOR DE 250	1'6	1'3	1
DE 650 A 1250	2'5	1'5	1
DE 2000 A 4000	3	2	1
DE 4000 EN ADELANTE	3'3	2'2	1

DESCRIPCION DEL MATERIAL	125		250		500		1000		2000		4000	
	α	αs	α	αs	α	αs	α	αs	α	αs	α	αs
150 m ² de suelo de hormigón	0'01	1'5	0'01	1'5	0'02	3	0'02	3	0'02	3	0'03	4'5
290 m ² de paredes de yeso	0'02	3'8	0'02	5'8	0'02	5'8	0'03	8'7	0'04	11'6	0'04	11'6
140'31 m ² techo de hormigón	0'01	1'4	0'01	1'4	0'02	2'8	0'02	2'8	0'02	2'8	0'03	4'2
10'75 m ² de mesas (19 mm)	0'02	0'21	0'02	0'21	0'03	0'32	0'03	0'32	0'05	0'53	0'05	0'53
9 sillas tapizadas	0'3	2'7	0'3	2'7	0'3	2'7	0'32	2'88	0'34	3'06	0'33	2'97
9 personas	0'23	2'07	0'32	2'88	0'48	4'32	0'62	5'58	0'76	6'84	0'70	6'3
2 puertas tapizadas (4 m ²)	0'08	0'32	0'29	1'16	0'44	1'76	0'50	2	0'40	1'6	0'35	1'4
6 m ² de cristal	0'04	0'24	0'04	0'24	0'03	0'18	0'03	0'18	0'02	0'12	0'02	0'12
5'45 m ² rejillas ventilac.	0'3	1'63	0'42	2'29	0'5	2'72	0'5	2'72	0'5	2'72	0'5	2'72
156'48 m ² telón de 500 gr/m ²	0'05	7'82	0'07	10'95	0'13	20'34	0'22	34'42	0'32	50'07	0'35	54'76
56 instrumentos	0'23	12'88	0'26	14'56	0'26	14'56	0'29	16'24	0'32	17'92	0'36	20'16
A_e = Absorción total existente		36'57		43'69		58'5		78'84		100'26		109'26
A_n = Absorción total necesaria		111'6		119'4		129		135		137'4		137'4
A_a = Absorción adicional		75'03		75'71		70'5		56'16		37'14		28'14
MATERIALES ADICIONALES												
150 m ² de linóleo de 5 mm	0'02	3	0'025	3'75	0'03	4'5	0'035	5'25	0'04	6	0'04	6
75 m ² de sup. semicilind.	0'35	26'25	0'29	21'75	0'26	19'5	0'11	8'25	0'08	6	0'07	5'25
90 m ² de Low Freq. Element	0'66	59'4	0'60	54	0'50	45	0'50	45	0'35	31'5	0'20	18
A_t = Absorción total de los materiales adicionales		88'65		79'5		69		58'5		43'5		29'25

	125	250	500	1000	2000	4000
A_t	88'65	79'5	69	58'5	43'5	29'25
Coeficiente de absorción del yeso	0'02	0'02	0'02	0'03	0'04	0'04
$A_{\text{yeso}} = \alpha \times 165$	3'3	3'3	3'3	4'95	6'6	6'6
Coef. de absorción del hormigón	0'01	0'01	0'02	0'02	0'02	0'03
$A_{\text{horm}} = \alpha \times 150$	1'5	1'5	3	3	3	4'5
$A_b = A_t - A_{\text{yeso}} - A_{\text{horm}}$	83'85	74'7	62'7	50'55	33'9	18'15
A_e	36'57	43'69	58'5	78'84	100'26	109'26
$A_b + A_e = A_r$	120'42	118'39	121'2	129'39	134'16	127'41
$\alpha_m = \frac{A_r}{S_T} = \frac{A_r}{600}$	0'200	0'197	0'202	0'215	0'223	0'212
$-\ln(1 - \alpha_m)$	0'224	0'219	0'225	0'242	0'253	0'238
$A_t = -S_T \ln(1 - \alpha_m)$	134'4	131'8	135'3	145'74	151'8	143'2
$T = \frac{0'164 V}{A_t}$	1'09	1'11	1'09	1'01	0'97	1'03
T_{optimo}	1'19	1'1	1'01	0'96	0'94	0'94
$\frac{T - T_{\text{op}}}{T_{\text{op}}} \times 100$	-7'72%	1'74%	7'94%	5'49%	3'4%	9'6%

ILUMINACION DIRECTA (PROYECTORES)

FACTORES DE UTILIZACION										FACTOR 6 DEPRECIACION		
INDICE DEL LOCAL K	$e_s = 0'7$			$e_s = 0'5$			$e_s = 0'3$			LIMPIEZA CADA		
	$e_p = 0'5$	$e_p = 0'3$	$e_p = 0'1$	$e_p = 0'5$	$e_p = 0'3$	$e_p = 0'1$	$e_p = 0'5$	$e_p = 0'3$	$e_p = 0'1$	1 AÑO	2 AÑOS	3 AÑOS
1	0'27	0'21	0'17	0'26	0'21	0'17	0'26	0'21	0'17			
1'2	0'32	0'26	0'21	0'31	0'25	0'21	0'30	0'25	0'21			
1'5	0'38	0'32	0'27	0'37	0'32	0'27	0'36	0'31	0'27			
2	0'46	0'40	0'36	0'45	0'40	0'36	0'44	0'39	0'36	ENSUCIAMIENTO BAJO		
2'5	0'51	0'46	0'42	0'50	0'46	0'42	0'49	0'45	0'42	X	X	X
3	0'55	0'50	0'46	0'54	0'50	0'46	0'53	0'49	0'46	ENSUCIAMIENTO NORMAL		
4	0'61	0'56	0'53	0'60	0'56	0'53	0'59	0'55	0'53	1'35	1'55	X
5	0'64	0'60	0'57	0'63	0'60	0'57	0'62	0'60	0'67	ENSUCIAMIENTO ALTO		
6	0'67	0'63	0'61	0'66	0'63	0'60	0'65	0'62	0'60	1'65	2'15	X
8	0'70	0'67	0'65	0'69	0'67	0'65	0'68	0'66	0'65			
10	0'72	0'70	0'68	0'71	0'69	0'67	0'71	0'69	0'67			

ILUMINACION DIRECTA (FLUORESCENTES)

FACTORES DE UTILIZACION										FACTOR 6 DEPRECIACION		
INDICE DEL LOCAL K	$e_s = 0'7$			$e_s = 0'5$			$e_s = 0'3$			LIMPIEZA CADA		
	$e_p = 0'5$	$e_p = 0'3$	$e_p = 0'1$	$e_p = 0'5$	$e_p = 0'3$	$e_p = 0'1$	$e_p = 0'5$	$e_p = 0'3$	$e_p = 0'1$	1 AÑO	2 AÑOS	3 AÑOS
1	0'24	0'19	0'16	0'23	0'19	0'16	0'23	0'19	0'16			
1'2	0'28	0'23	0'20	0'27	0'23	0'20	0'27	0'23	0'20			
1'5	0'33	0'29	0'25	0'32	0'29	0'25	0'32	0'28	0'25			
2	0'40	0'36	0'33	0'39	0'35	0'32	0'38	0'35	0'32	ENSUCIAMIENTO BAJO		
2'5	0'44	0'40	0'37	0'43	0'40	0'37	0'42	0'39	0'37	1'30	1'45	1'65
3	0'47	0'43	0'40	0'46	0'43	0'40	0'45	0'42	0'40	ENSUCIAMIENTO NORMAL		
4	0'51	0'48	0'45	0'50	0'47	0'45	0'49	0'47	0'45	1'55	1'90	2'15
5	0'53	0'51	0'48	0'53	0'50	0'48	0'52	0'50	0'48	ENSUCIAMIENTO ALTO		
6	0'55	0'53	0'51	0'54	0'52	0'50	0'54	0'52	0'50	X	X	X
8	0'57	0'55	0'54	0'57	0'55	0'54	0'56	0'55	0'53			
10	0'59	0'57	0'56	0'58	0'57	0'55	0'58	0'56	0'55			

BIBLIOGRAFIA

- "Iluminación interna". Autor: Vittorio Re. Editorial: Marcombo (Boixareu Editores). Edición: 1979
- "Electroacústica". Autor: Joaquín G. Barquero. Editorial: Paraninfo. Edición: 1969 (Tercera edición)
- "Características acústicas de recintos para transmisión sonora, Características acústicas de estudios de cine, radio y televisión, Teorías básicas para el estudio de la acústica de recintos". Autor: Manuel Recuero López. Editorial: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicación de Madrid. Edición: Enero de 1978
- Revista "Mundo Electrónico". Páginas: 53, 54, 55, 56, 59, 60, 61, 62. Título del artículo: Acústica de pequeños auditorios. Autor: Alfredo Bonavida Estupiñá. Edición: nº 67 de 1977
- "Hojas informativas del Departamento de Estudios Técnicos de RTVE". Números: 8, 11, 20, 34 y 35. Editor: Instituto Oficial de Radiodifusión y TV.
- "Curso básico de sonido". Tomo I. Autor: Instituto Oficial de Radiodifusión y TV.
- "Luminotecnia", de la colección Enciclopedia CEAC de Electricidad. Autor: José Ramírez Vázquez.