



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO DE REFLECTORES DE LUZ FLUORESCENTE
DE BAJO CONSUMO PARA ILUMINACION DE ESTUDIOS
DE TELEVISION Y EL DESARROLLO DEL SISTEMA DE
ILUMINACION BASADO EN ESTA TECNOLOGIA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICO
P R E S E N T A N
ALEXANDER KATZ VIGERIE DAVID GUI
BONILLA CAMPOS FRANCISCO CARLOS
CAMARGO DURAN LUIS ALBERTO
MEDINA GARCIA JESUS
VERGARA ORTEGA RODOLFO

Frederick

DIRECTOR DE TESIS: M. I. LAURO SANTIAGO CRUZ



MEXICO, D. F.

JUNIO DE 1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería que gracias a estas instituciones nos dieron la oportunidad de desarrollarnos como personas y como profesionistas.

A todos nuestros profesores que con su orientación y enseñanzas nos lograron dar las herramientas necesarias para poder terminar nuestros estudios, y muy en especial a nuestro asesor el M.I. Lauro Santiago Cruz por la ayuda ofrecida en la culminación de este trabajo.

ÍNDICE

1. **INTRODUCCIÓN**
2. **TEORÍA BÁSICA DE LA LUZ**
 - 2.1 La luz
 - 2.2 Unidades y medidas
 - 2.3 Transmisión y control de la luz
 - 2.4 El ojo humano y la cámara de video
3. **FUENTES DE LUZ DE USO COMÚN EN T.V.**
 - 3.1 Distintos tipos de reflectores existentes y su utilización
 - 3.2 El ciclo tungsteno halógeno
 - 3.3 Lámparas y bases de lámparas
4. **SISTEMAS DE CONTROL PARA EQUIPO DE ILUMINACIÓN EN T.V.**
 - 4.1 Atenuadores
 - 4.2 Control
 - 4.3 Sistemas de suspensión
 - 4.4 Distribución de contactos
5. **DESARROLLO DE REFLECTORES FLUORESCENTES PARA T.V.**
 - 5.1 Lámparas fluorescentes
 - 5.2 Balastras para lámparas fluorescentes
 - 5.3 Consideraciones y necesidades iniciales
 - 5.4 Selección de lámparas y balastras
 - 5.5 Diseño del espejo reflejante
 - 5.6 Diseño del chasis y sus accesorios
 - 5.7 Parámetros de prueba y resultados de las pruebas
6. **TEORÍA DE LA ILUMINACIÓN DE BAJO CONSUMO PARA T.V.**
 - 6.1 Conceptos de iluminación para T.V.
 - 6.2 Como lograr los objetivos mediante la iluminación de bajo consumo
7. **APLICACIONES DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN FLUORESCENTE**
 - 7.1 Estudio de noticias y entrevistas
 - 7.2 Estudio para "talk shows"
 - 7.3 Estudio para telenovelas
8. **RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

9. BIBLIOGRAFÍA

10. APÉNDICES

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El desarrollo del presente trabajo de tesis se basa en un proyecto de la empresa Teletec de México, S.A. de C.V. , misma que tiene una gran experiencia vendiendo, fabricando y proyectando tanto sistemas como productos relacionados con la iluminación para televisión. Teletec de México, S.A. de C.V. es una empresa de capital cien por ciento mexicano y que cuenta con 26 años en el mercado. La compañía está integrada principalmente por las siguientes áreas:

- Dirección.
 - Departamento administrativo.
 - Ventas.
- 1) División Broadcast.
 - 2) División Espectáculo.
 - 3) División Arquitectónica, Comercial e Industrial.
- Servicio.
 - Instalaciones.
 - Proyectos.
 - División de desarrollo de reflectores y nuevos productos. (Fluo-Tec).

Entre sus principales clientes se encuentran casas productoras, cadenas de televisión, auditorios, centros de espectáculos, centros de exposiciones, etc. Durante el año de 1996 y los primeros meses de 1997, dentro del área de Fluo-Tec hemos desarrollado una nueva línea de reflectores para televisión que obedece a las necesidades actuales de consumo de energía. Los reflectores utilizan lámparas fluorescentes y representan una nueva opción para resolver los problemas de consumo y generación de calor en un estudio. La combinación de este tipo de lámparas con las lámparas incandescentes convencionales ha dado como resultado una nueva cultura de lo que es la iluminación en televisión.

Con el paso de los años la televisión se ha convertido hoy por hoy en el medio de comunicación más importante en el mundo y por lo tanto la demanda de innovaciones y complementos tecnológicos no se ha hecho esperar. Si en sus inicios

las transmisiones de televisión eran muy cortas y sólo se contaba con algunos pocos programas, en la actualidad la demanda de horas de estudio para programas pregrabados, telenovelas, noticieros, eventos de deportivos, etc. es de veinticuatro horas al día y de trescientos sesenta y cinco días al año.

Problemática

La utilización de la luz como un componente imprescindible en una transmisión o grabación de televisión, se ha desarrollado artística y técnicamente de una gran forma. Desde el punto de vista técnico, las luminarias desarrolladas para un estudio de televisión tenían como objeto principal el cumplir con los requerimientos que las cámaras imponían.

Anterior a la aparición de las nuevas cámaras de T.V. del tipo CCD(dispositivos de carga acoplada), se utilizaba una tecnología que requería, en primer lugar, de una gran cantidad de luz para poder captar las imágenes con claridad y en segundo un balance específico de las frecuencias emitidas por estas fuentes lumínicas para lograr la tonalidad y brillantez naturales en la imagen de video. Esta luz era suministrada mediante luminarias de muy alta potencia, las cuales además de consumir una gran cantidad de energía generan mucho calor. Adicionalmente, la fuente de luz que utilizan estas luminarias es producida mediante lámparas que funcionan en base al ciclo tungsteno - halógeno, cuya eficiencia es muy baja y su vida útil muy corta. El resultado es una pesada e inevitable carga económica.

Los sistemas de iluminación han avanzado de forma más lenta que los sistemas de video a los cuales sirven, sin embargo, los problemas que en la actualidad representan el gasto, el consumo de energía y el calor que producen los reflectores comunes, han orillado al desarrollo de nuevas tecnologías de emisión de luz en una forma un tanto acelerada. Por ejemplo, el hecho de que en los foros se tenga que trabajar las 24 horas del día, ha provocado la búsqueda de fuentes lumínicas más eficientes y que produzcan menos calor.

Propuesta de solución

El hecho de que la nueva generación de cámaras capte imágenes con niveles lumínicos cada vez más bajos y permita mayor control sobre el balance de las frecuencias utilizadas por sus dispositivos fotosensibles para generar la señal de video, ha permitido el desarrollo de dos nuevas técnicas de iluminación que se conjugan en un concepto global: La utilización de luminarias convencionales de mucho menor potencia y la integración de lámparas tipo fluorescente. Las lámparas fluorescentes en un inicio se destinaban exclusivamente como luz de trabajo dada su alta emisión de luz visible, su gran durabilidad, su bajo consumo energético y la baja generación de calor. Las primeras generaciones de luz fluorescente resultaban impensables para la televisión, ya que no contaban con una temperatura de color adecuada, producían muy poca luz, el rendimiento de color era muy pobre y además necesitaban de una balastra

que, además de ruidosa, operaba a una frecuencia que las cámaras detectaban en forma de "flicker" o parpadeo semejante al de una vela. Sin embargo, con el tiempo las nuevas fuentes fluorescentes no sólo son mucho más eficientes sino que además han logrado compensar la temperatura de color, el rendimiento del mismo y han integrado balastras electrónicas que eliminan el parpadeo.

Las lámparas fluorescentes tienen un costo inicial alto debido al proceso y a los materiales necesarios para su fabricación, sin embargo el balance a largo plazo resulta favorable pues su utilización eficientiza inclusive los sistemas de aire acondicionado, el desenvolvimiento escénico de los actores y comentaristas, y por supuesto reduce considerablemente el consumo de energía eléctrica.

Desde el punto de vista del consumo y la economía, ahora que las normas internacionales de control para la utilización de energía están penetrando en nuestro país, con la aparición de organismos que reglamentan y ayudan a hacer más eficiente este consumo de energía y con el alza en las tarifas por el consumo de la misma, la implementación de nuevas tecnologías y soluciones, establece los parámetros a seguir en lo que a iluminación para televisión se refiere.

Desde el punto de vista del diseño de la iluminación en un estudio de televisión, una combinación adecuada de luminarias convencionales con luminarias del tipo fluorescente nos permite conservar la visibilidad, el ambiente, la composición, la brillantez, la intensidad, el color, la forma y el movimiento. Todo esto sin la necesidad de implementar un sistema de aire acondicionado de gran tamaño, sin mantener a los conductores bajo un régimen de temperatura desgastante y con la certeza de que el foro podrá trabajar durante muchos días y muchas noches sin tener que cambiar las lámparas de los reflectores.

Objetivos

Con base en los antecedentes y la problemática planteada, la tesis abarca dos puntos fundamentalmente: El desarrollo de reflectores con las nuevas lámparas fluorescentes existentes en el mercado y el establecimiento de un concepto nuevo de iluminación para estudios de televisión. Como se mencionó con anterioridad, el nuevo concepto de iluminación aplica conjuntamente las lámparas fluorescentes y las lámparas incandescentes comúnmente usadas.

Para poder darle al documento un marco teórico adecuado se analizarán temas relacionados con la teoría básica de la luz, los tipos de reflectores existentes, las necesidades del video en cuanto a iluminación, los tipos de lámparas, los elementos que conforman el sistema completo de un estudio y las aplicaciones concretas de la nueva propuesta de iluminación.

Organización de la tesis

El documento se dividirá en diez capítulos que a su vez se subdividirán en un total de veintidós temas.

El capítulo uno corresponde a la introducción y en él se presentarán de una forma muy general los antecedentes, la problemática, las propuestas de solución, los objetivos y la forma y orden en el que se abordarán los distintos temas.

En el capítulo dos hacemos una reseña de lo que es en términos generales la luz, su comportamiento, las formas que hemos encontrado para medirla, sus características, las formas de controlarla y la relación que tiene con el ser humano.

En el capítulo tres se hablará específicamente de los reflectores que se han desarrollado para controlar la luz y del funcionamiento y características de las fuentes (lámparas) incandescentes que existen en el mercado.

En el capítulo cuatro nos introduciremos a fondo en el sistema de iluminación que se utiliza en un estudio de televisión. Es decir, el control, la distribución de energía y los atenuadores que reducen o aumentan el flujo luminoso de las lámparas.

En el capítulo cinco describiremos el desarrollo completo de los reflectores con lámparas fluorescentes. Es decir, la teoría de las lámparas, las balastras o transformadores de voltaje, el control del haz de luz, el chasis, las pruebas, etc.

En el capítulo seis presentamos los conceptos básicos y las técnicas desarrolladas para iluminar un estudio de televisión mediante la combinación de luz incandescente y luz fluorescente.

En el capítulo siete presentamos algunas aplicaciones para estudios de televisión en donde se utiliza iluminación fluorescente de bajo consumo.

Por último, presentamos los resultados y las conclusiones del presente trabajo. Añadiendo la bibliografía consultada y los apéndices, que contienen información importante, referente al presente trabajo.

CAPÍTULO 2

TEORÍA BÁSICA DE LA LUZ

A lo largo de este capítulo se pretende explicar los conceptos fundamentales de el fenómeno físico al que conocemos como luz, se comentará de manera breve su naturaleza y las diferentes teorías que han tratado de explicarla a lo largo de la historia.

Si bien la luz es de casi todos conocida empíricamente, y su captación e interpretación mediante el ojo puede declararse no objetiva, haremos mención de algunos conceptos que se utilizan para cuantificar la luz de manera objetiva y como es que ciertos conceptos subjetivos (por ejemplo que tan blanco es el color blanco) han sido normalizados. También se tratan temas relacionados con la forma en que la luz se transporta y de como varía su velocidad y dirección en diversos materiales; efectos y propiedades que se aprovechan a conveniencia del usuario.

Por último contemplamos los conceptos básicos del video y su relación directa con la visión humana.

2.1 La luz

Intuitivamente se observa que la luz procedente de una fuente que viaja en línea recta hasta la hoja de un texto, y de ahí al ojo. Este fenómeno resulta más aparente cuando la hoja en cuestión tiene brillo. En tal caso, el papel actúa como espejo, porque la luz adopta caminos directos desde la bombilla a la hoja y al ojo, produciendo un reflejo que resulta molesto para la lectura, ya que impide observar las letras negras contenidas en la hoja. Normalmente, las páginas de un libro no se comportan como espejos; por lo tanto, la luz empleada en la lectura debe funcionar de un modo distinto.

La descripción o modelo más sencilla de la luz supone que se trata de algo que viaja como rayos en línea recta. Los rayos resultan sencillos de visualizar, y de hecho todos los hemos observado en una habitación polvorienta, en el cine o incluso cuando el sol atraviesa las nubes en una tarde lluviosa. En el caso de utilizar un láser, la describirá como un fino haz o rayo. Además, el rayo en cuestión no se curva, por lo que resulta natural pensar en casos de curvaturas o flexiones de rayos de luz, como sucede cuando se contempla un objeto sumergido bajo el agua, que nunca está situado en el lugar ~~que~~ aparentemente se ve. Cualquier rayo que viaja desde debajo del agua, pasando al aire y al ojo, experimenta un cambio de dirección.

Para recoger la información contenida en un texto, la luz deberá viajar desde el mismo hasta el ojo. El camino seguido es recto o casi recto. No obstante, cualquier persona situada en otra dirección puede también leer el texto; por esta razón, la luz debe estar viajando también hasta ella. Así pues, la luz procedente del texto viaja en muchas direcciones simultáneamente, lo anterior es cierto incluso cuando la hoja iluminada por una sola fuente de luz puntual, como podría ser un pequeño orificio practicado a una pantalla opaca. Un solo rayo de luz que viaja desde la fuente a la página se convierte en muchos haces distintos, que parten desde la hoja en múltiples direcciones. A ciertos ángulos, que dependen de la posición del foco de luz, se puede observar un reflejo directo del foco en la hoja; la intensidad de reflejo depende del satinado de la hoja. La descripción detallada del comportamiento de la superficie iluminada tiene mucho que ver con el modo como se acepta la luz en la propia superficie.

La propagación rectilínea de la luz se conocía como mínimo hace 2300 años. Herón de Alejandría, alrededor del año 100 D.C., sugirió que la luz adoptaba el camino que consumía un menor tiempo. Conviene considerarlo en su forma más abstracta, una línea recta, y no como una corriente fluida o un conjunto de minúsculas partículas, conceptos propuestos originalmente por los filósofos griegos.

Otro modelo que intenta explicar la naturaleza de la luz es el conocido como corpuscular. En la antigua Grecia, por ejemplo, se pensaba que la luz no procedía de los objetos y llegaba hasta el ojo, sino que el propio ojo emitía rayos o partículas que le permitían ver. Basándose en razonamientos más que en evidencias experimentales, los miembros de la escuela de Pitágoras decidieron que la luz debería estar compuesta por partículas emitidas por todos los objetos. La tendencia general en los primeros balbuceos de la ciencia era pensar que todo estaba formado por partículas minúsculas. Dentro de este contexto, se suponía eran algo que no admitía subdivisiones (la palabra átomo, acunada por los griegos, significa literalmente sin división). Los modelos de rayos y corpúsculos coinciden en afirmar que unos y otros viajan en línea recta. Posteriormente, ya en el siglo XVII, se dedicaron muchos esfuerzos a explicar el modo en que las lentes o prismas (cunas de vidrio) podían afectar los caminos de las partículas que los atravesaban. Isaac Newton, que consiguió separar con la ayuda de un prisma, en 1682, la luz blanca del sol en colores, creó una explicación fantástica basada en corpúsculos. Sin embargo, llegó a mencionar las ondas.

En este siglo, el péndulo de la historia científica se ha vuelto a inclinar al otro lado, desarrollándose un modelo de luz como fotones. Un fotón es una partícula rudimentaria de luz semejante a un corpúsculo, con la salvedad de que la física moderna es muy precisa al describir lo que es un fotón y lo que hace. Los fotones, al igual que cualquier partícula, pueden reflejarse en superficies pulidas, del mismo modo que un rayo se refleja en un espejo. Más difícil de explicar, pero perfectamente factible, es la descripción del enfoque de fotones por medio de una lente. Existe una íntima conexión entre fotones y ondas luminosas, y aunque a primera vista parecen modelos radicalmente distintos, cualquiera de ellos pueden utilizarse independientemente para explicar la mayoría de los

fenómenos ópticos. De ahí se desprenden la teoría dual que combina las características partícula-ondulatorias de la luz. De esta manera la luz se estudia también como radiación electromagnética, es decir, como un par de campos, uno magnético y otro eléctrico que son perpendiculares, y que oscilan retroalimentándose uno a otro, lo cual les permite literalmente "desprenderse" de la fuente que los genera y viajar de manera incluso controlada, a través del espacio.

Otro tipo de modelo de luz se basa en la información. Se trata de un modelo más abstracto que no se preocupa de la naturaleza de la luz ni de sus manipulaciones, sino que la considera un medio de transporte. La luz, ya sea de rayos, ondas o fotones, transporta información; la cantidad de información que se acarrea puede definirse con precisión, dependiendo de lo que se hace con la luz. El transporte de información está directamente relacionado con el hecho de que la luz transporta energía; no se puede concebir una sin la otra.

La realidad es que la naturaleza de la luz no se conoce al cien por ciento, lo que es un hecho es que está ahí y que puede ser utilizada en nuestro beneficio. Para los fines perseguidos en este documento, y en general para fines prácticos, la teoría más acertada, mejor documentada y por lo tanto la más utilizada es la electromagnética, ya que permite explicar de manera global los fenómenos asociados a la radiación luminosa como variaciones de frecuencia, amplitud y fase.

La luz debe contener colores, dicho de otro modo, debe ser visible. Además, se necesita una mezcla de colores que sea aproximadamente blanca. Imaginemos intentar leer un texto con luz verde o roja. Si el papel fuese coloreado y no blanco, ciertos colores de la luz harían que el papel se hiciese tan negro como las letras. En este contexto resulta más sencillo imaginar fotones, en lugar de ondas, como portadoras de color. Una onda es un elemento cuyo comportamiento varía con el tiempo, mientras que un fotón es un fragmento de energía bien definido, al cual puede asignarse un color. La explicación del color, en cualquiera de estos dos modelos, es otro de los aspectos fascinantes de la óptica.

Técnicamente, esta propiedad se define por medio de la frecuencia y la longitud de onda. Cuando se trata de luz visible, esta variable se llama color. La óptica, a diferencia de otras ciencias que se ocupan de distintos fragmentos del espectro, suele asociar a una parte bastante estrecha del mismo, incluye la luz visible y sus alrededores. Entre estos "alrededores" se incluyen "colores" de menor frecuencia que el rojo (infrarrojo) y de mayor frecuencia que el violeta (ultravioleta). Los rangos quedan determinados a cada lado de la región visible por la zona donde la radiación puede manipularse por medio de lentes y espejos construidos con materiales usuales. No obstante, algunas propiedades ópticas se alteran de forma notoria cuando cambia el color.

La luz es una pequeña banda de frecuencias en el espectro electromagnético, como podemos apreciar en la figura 2.1.1. En el diagrama se muestra la ubicación de la banda de luz visible con respecto a otras bandas de frecuencias. Es clara la relación de

las bandas de frecuencia con la fuente microscópica que las genera, de donde podemos deducir, a manera de observación, que las frecuencias más altas están ligadas a partes más internas de la estructura atómica y por tanto a mayores niveles energéticos.

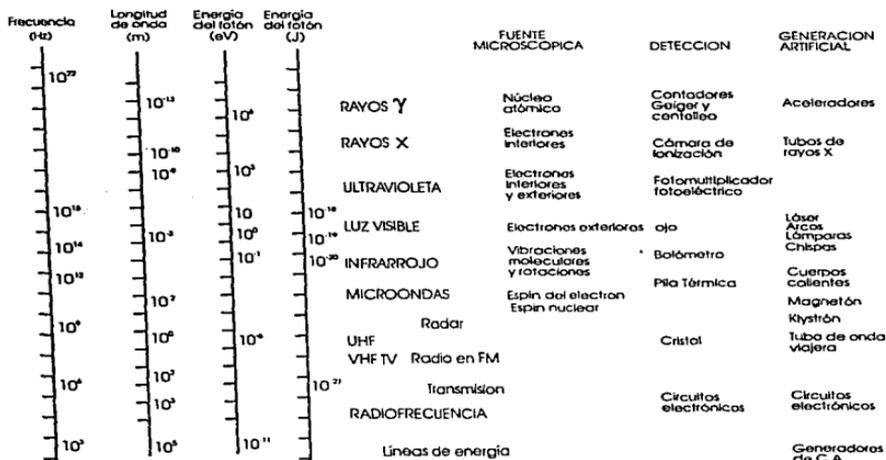


Figura 2.1.1 Espectro electromagnético.

Los principios de la óptica se aplican a todos los colores o longitudes de ondas electromagnéticas. Las ondas de radio pueden imaginarse como constituidas por luz muy roja, mientras que los rayos X se aproximan a luz muy violeta de gran energía. El espectro carece de final; a pesar de ello, el estudio de las ondas de radio, radar, rayos X y demás rangos se alojan en campos diferentes de la física, con distintas aplicaciones.

Además, la luz debe tener un brillo suficiente, pero no excesivo. Un mejor término para describir esta magnitud es la intensidad, que está relacionada con la energía transportada por la luz. Una luz excesivamente débil, como la producida por las estrellas, resulta totalmente inadecuada para la lectura, por más que la fotografía astronómica haga uso continuo de ella. En el otro extremo, la luz puede llegar a ser más intensa que

consiga calentar la página hasta hacerla arder. La luz del sol tiene esta intensidad aproximadamente a la distancia del planeta Mercurio.

La luz posee otras propiedades no tan evidentes para un observador casual: su fase, coherencia, polarización y cuantización. Todas estas propiedades no afectan normalmente al proceso de observación de la letra impresa en una página. Los animales, sin embargo, pueden detectar polarizaciones y aprovecharlas para viajar utilizando el sol como referencia. Si su fuente de luz fuera un láser las variaciones de fase quedarían patentes. La luz, cuando se comporta como si fueran partículas, deben poseer una propiedad semejante a la masa. El efecto de los fotones rebotando en una superficie es semejante en un punto de vista mecánico al rebote de bolas minúsculas.

La luz puede conectarse y desconectarse de forma rápida. Cuando se apaga la luz, los rayos se desvanecen o los fotones dejan de llegar, las ondas desaparecen. Al conectar la luz, las ondas deben comenzar a generarse, pero los fotones no tienen tal etapa inicial, se detectan inmediatamente viajando. Las fuentes luminosas, además, pueden parpadear. Si la luz que está utilizando para leer es artificial, estará probablemente oscilando 60 veces por segundo; esta oscilación puede detectarse en movimientos rápidos. A ciertas velocidades, las imágenes parecen paradas (efecto estroboscópico). Por encima de una cierta tasa de fluctuación, el parpadeo no se observa, y la luz aparenta ser constante, ya que el ojo responde de forma demasiado lenta para su detección. Una pantalla de televisión parpadea 60 veces por segundo; sin embargo, el ojo observa simplemente cambios suaves de imagen.

Otra propiedad no evidente durante la lectura es la velocidad de la luz. Durante mucho tiempo se pensó que la luz viajaba de modo infinitamente rápido; los primeros experimentos que se realizaron para medirla eran demasiado inexactos para sacar cualquier otra conclusión. Galileo, como resultado de la observación de las lunas de Júpiter, se percató de que la luz procedente de las lunas consumía un tiempo determinado, bastante largo, para alcanzar la tierra; a partir de estos datos realizó una estimación de la velocidad. Olaus Romer mejoró la medida en 1676. En 1849, Armand Fizeau realizó determinaciones mecánicas de la velocidad empleando una rueda dentada giratoria; Jean Foucault, por su parte, hizo el mismo experimento con un espejo giratorio. Foucault consiguió también demostrar que la velocidad era inferior en agua que en aire, contradiciendo la popular teoría corpuscular y favoreciendo la ondulatoria.

Los científicos de este siglo, como Albert Michelson en 1926, continuaron sus esfuerzos para obtener medidas más precisas de la velocidad de la luz. Al igual que muchos experimentos pioneros en física, estas medidas constituyen un simple ejercicio de laboratorio. La velocidad de la luz es una constante en el espacio (vacío); este hecho tiene implicaciones que trascienden en la óptica. Dentro de un material transparente, la velocidad es menor. Aunque muy elevada, la velocidad de la luz constituye en la actualidad una barrera fundamental para las metas tecnológicas de computadoras más veloces.

Las teorías físicas sobre la luz son relativamente completas, a la vez simples y profundas. Se comprende en un principio la interacción de la luz con la materia, aunque los cálculos clásicos resultan a menudo muy difíciles. Menos sencilla de comprender es la interacción de la luz con los organismos vivos. Actualmente se emplea la luz en instrumentos de gran precisión que permiten explorar el mundo de las cosas muy pequeñas, animadas e inanimadas, hasta la resolución que soporta el tamaño de las ondas. Por su parte, la luz procedente de las estrellas y las galaxias se interpreta con métodos cada vez más complejos, que ayudan a determinar los secretos del universo, incluyendo su origen. La luz procedente de los láseres se ha transformado en una herramienta de investigación de enorme precisión, que ha alterado profundamente muchas ciencias y tecnologías.

La luz ayuda a los humanos, animales y plantas de muchas formas distintas, al permitir que el mundo sea visible. En las plantas tienen una acción decisiva sobre nuestro planeta al convertir la energía luminosa en alimentos. Así mismo tiene implicaciones tecnológicas muy variadas, desde el transporte de información hasta la precisión que aporta a los instrumentos por medio de sus minúsculas ondas/fotones. Se han explotado intensamente todas las propiedades de la luz: desde las primeras manifestaciones artísticas a las últimas tecnologías holográficas, de láser y de fibras ópticas. Los medios de comunicación dominan el mundo a través de las cámaras de video, televisiones y películas. Todas ellas aplicaciones especiales de la óptica. La fotografía, como ciencia y como arte, sirve de soporte fundamental a cualquier publicación moderna. El diseño por computadora representa un nuevo reto para que los artistas incrementen su potencial de creación.

2.2 Unidades y medidas

Unidades

La intensidad luminosa es una propiedad característica de una fuente de luz y se define como la densidad de luz dentro de un ángulo sólido extremadamente pequeño y con una dirección determinada. Esta intensidad luminosa representa una magnitud y caracteriza la "potencia" o poder lumínico de una fuente de luz.

El primer parámetro base que se tomó para cuantificar la intensidad luminosa fue una vela. La luz emitida por una vela de $1/8"$ de diámetro en su mecha y un ancho total de $1\ 1/8"$, fue usada como referencia para la medición de la intensidad luminosa. A esta unidad se le llamó "*candle*" que en inglés significa vela. Sin embargo, debido a la irrepitibilidad de dos velas exactamente iguales y en iguales condiciones, ésta fue reemplazada por la flama producida al quemar gas. Esta llama producía aproximadamente 10 veces más luz que una vela con las características que mencionamos anteriormente. En 1909, la idea del gas fue considerada inexacta y se sustituyó por la intensidad luminosa que producía una lámpara de filamento (bombilla). Este estandar se conservó hasta 1948.

A partir de esta fecha y para permitir mediciones de gran exactitud, se estableció una nueva forma de definir a la candela. La nueva candela se entiende como la intensidad luminosa que produce un radiador integral (cuerpo negro) a una temperatura de 1773°C (solidificación del platino). Este cuerpo negro emite radiación monocromática a través de una superficie perpendicular de 1/600,000 metros cuadrados, se encuentra a una atmósfera de presión y cuenta con una frecuencia igual a 540×10^{12} Hz.

Como podemos observar, la intensidad luminosa está dada en candelas y la candela es la cantidad física básica internacional para todas las medidas y mediciones de luz.

Dos unidades importantes, derivadas de la candela son el flujo luminoso y la iluminación. Así, el flujo luminoso se define como la cantidad de luz que emite una fuente puntual de una candela y que incide sobre una superficie total de un metro cuadrado. El flujo luminoso se cuantifica en lumens (lm) y se diferencia de la intensidad luminosa (candela) por el simple hecho de que aquel no depende de una dirección. El flujo luminoso queda determinado por todos aquellos rayos luminosos que inciden en una superficie de un metro cuadrado.

La iluminación se cuantifica en luxes o pies/candela (*footcandle*). Un lux es la iluminación sobre una superficie que dista, en dirección perpendicular, a un metro de una fuente puntual de una candela. Si analizamos la definición de lúmen, podremos deducir que un lumen uniformemente distribuido en un metro cuadrado de superficie que produce una iluminación de un lux, que se define por la ecuación 2.2.1:

$$\text{Número de luxes incidentes sobre una superficie} = \frac{\text{lúmenes}}{\text{m}^2} \quad (2.2.1)$$

Un pie/candela (*footcandle*) es la cantidad de luz recibida por un área de un pie cuadrado a una distancia de un pie de una fuente luminosa igual a una candela.

En la figura 2.2.1 se muestra una fuente luminosa que emite una candela. Como podemos observar, la luz se emite en todas direcciones en una distribución esférica. En la figura 2.2.1 se muestran dos secciones de esferas de un pie cuadrado y de un metro cuadrado a distancias de la fuente luminosa de un pie y un metro respectivamente. Se puede observar en la figura que el área pequeña y más cercana a la fuente de luz, tendrá más nivel lumínico que el área mayor y más alejada.

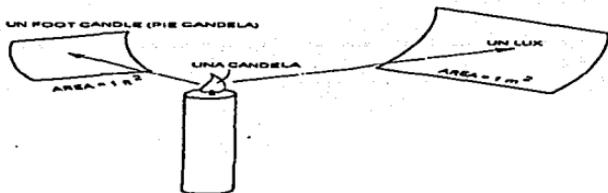


Figura 2.2.1 Fuente luminosa con emisión de una candela.

Se puede encontrar la relación entre *footcandle* (*fc*) y lux (*lx*) cuando se relacionan las áreas a iluminar. Finalmente, ambas unidades definen la iluminación causada por una fuente puntual que emite una candela.

Si convertimos a milímetros el área ocupada por un pie cuadrado obtenemos que la equivalencia es de 92,903 *mm*². Un metro cuadrado equivale a 1,000,000 *mm*² y entonces podemos hacer una relación de ambas áreas, como lo muestra la ecuación 2.2.2:

$$\frac{1,000,000}{92,903} = 10.76 \Rightarrow 1fc = \frac{1lux}{10.76} \quad (2.2.2)$$

La relación que se obtiene entre un lux y un *footcandle* es importante ya que todos los países que se apegan al Sistema Internacional de Unidades utilizan al lux como la unidad práctica para medir los niveles de iluminación. Sin embargo, tanto los ingleses como los estadounidenses basan sus tablas y especificaciones en el Sistema Inglés. Como son dos países que tienen una gran influencia en el desarrollo de la ciencia y la tecnología, es muy común el tener que consultar publicaciones en las que se utiliza el Sistema Inglés de Medidas.

Medidas

La luz, o mejor dicho la intensidad de la luz decrece en función de la distancia pero en una proporción geométrica. Es decir, cada vez que doblamos la distancia entre la fuente y la superficie a iluminar, la iluminación sobre ésta se reduce a la cuarta parte. A esta regla se le llama la ecuación del inverso del cuadrado y queda definida por la ecuación 2.2.3.

$$E = \frac{I}{D^2} \quad (2.2.3)$$

Donde:

E = Nivel de iluminación en lux.

I = Intensidad luminosa en candelas.

D = Distancia en metros o pies.

Si se conoce la intensidad de una fuente de luz, la iluminación que produce ésta fuente sobre una superficie se puede calcular utilizando la ley del inverso cuadrado. Considerando la distancia entre la fuente de luz y la superficie a iluminar, se puede obtener la iluminación sobre ésta. La figura 2.2.2 nos muestra la situación que se describe.

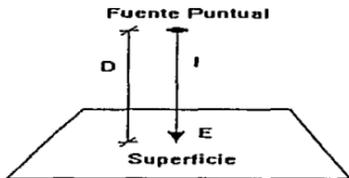


Figura 2.2.2 Iluminación producida por una fuente puntual sobre una superficie perpendicular.

Si añadimos a esta relación el hecho de que el haz luminoso tiene cierto ángulo, podemos calcular los distintos niveles lumínicos en el área iluminada mediante la ecuación 2.2.4:

$$E(\text{fc}) = \frac{I(cd) \cos b}{D^2(\text{ft}^2)} \quad (2.2.4)$$

En esta relación, b es el ángulo que determina como incide el haz de luz en una superficie.

La figura 2.2.3 ilustra lo que ocurre cuando la superficie no es perpendicular a la línea que la une con la fuente de luz. El mismo flujo luminoso que cae en el área perpendicular M , ahora es esparcido sobre un área mayor N . De ese modo, la iluminación sobre N es menor. En este caso, el ángulo b es determinado por una línea que conecta la superficie y la fuente de luz, y una línea perpendicular a la superficie N . La distancia d es un poco mayor a la distancia d' y esto determina la dimensión de ambas superficies.

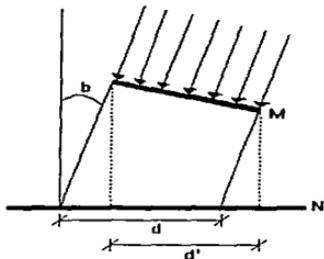


Figura 2.2.3 Flujo luminoso que incide sobre una superficie N no perpendicular.

Cuando aplicamos la ecuación 2.2.3 a la situación representada por la figura 2.2.3, el ángulo b es igual a cero y por lo tanto su coseno es uno ($\cos 0^\circ = 1$).

La superficie N no necesita ser una superficie real. Normalmente la iluminación en un área se especifica en el "plano de trabajo", siendo éste un plano paralelo al suelo a una altura típica de 90 cm que corresponde a la elevación de una mesa o escritorio. La iluminación no depende de la dirección de donde venga la luz, sino de la cantidad de flujo luminoso (lumens) que cae en la superficie. Si queremos obtener la iluminación en una superficie grande, se deben tomar varias lecturas en diferentes partes de ésta y sacar un promedio de las mismas.

La intensidad (I), la cual ya habíamos definido, es la cantidad que se utiliza para especificar cómo está distribuida la luz de una lámpara sobre una superficie. La intensidad no depende de la superficie pero para que se convierta en una cantidad útil, hay que relacionarla con una distancia y con una superficie determinada por un ángulo de dispersión. La cantidad de luz no se inventa, simplemente es la propiedad de una fuente luminica. Sin embargo, en términos de cuantificación es importante establecer que es lo que queremos de esta fuente luminica. Así, para poder generar tablas comparativas y aplicaciones específicas para una cierta fuente, hay que partir de ciertos parámetros que pongan en igualdad de circunstancias a las distintas fuentes y nos permitan decidir si es buena o mala y si funciona para lo que nosotros queremos aplicarla.

La figura 2.2.4 es un ejemplo de como un esquema con las características antes mencionadas puede ser útil y nos libra de que para cada reflector tengamos que ir al laboratorio y realizar las medidas correspondientes. En este caso, la fuente luminica se encuentra a una distancia preestablecida de 5 pies de la superficie a iluminar y ésta última queda determinada en grados. Estas gráficas, generalmente, son proporcionados

por los fabricantes de lámparas y son llamadas distribuciones de intensidad. A la figura 2.2.4 se le llama esquema rectangular.

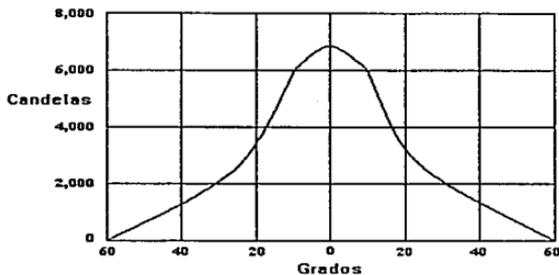


Figura 2.2.4 Esquema rectangular de distribución de intensidad.

Como podemos observar, una distribución de intensidad es un diagrama ó una gráfica que muestra como la intensidad de la luz varía con la dirección.

Otra forma muy común de ilustrar la misma información se muestra en la figura 2.2.5. Esta es una gráfica polar y es más fácil ver la forma del rayo.

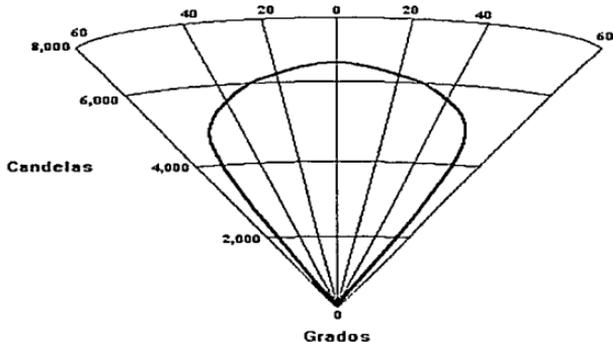


Figura 2.2.5 Esquema polar de distribución de intensidad.

Para cada ángulo con respecto al eje de los 0° se dibuja una línea cuya longitud representa la intensidad en esa dirección. Las puntas de éstas líneas se conectan para formar una curva uniforme. Si recordamos que la emisión de luz de una fuente es esférica (emite en todas direcciones), esta distribución de intensidad es la misma en todas direcciones.

La Temperatura de color y el rendimiento del color

La temperatura de color es un término que se usa para describir el color de una fuente luminosa. La radiación de esta fuente se compara con la de un cuerpo negro que se considera como el "radiante perfecto". El cuerpo negro cambia de color con el aumento de la temperatura y las distintas temperaturas de color se asignan por analogía a las demás fuentes de luz. Hay que entender que la temperatura de color es un término que se utiliza para identificar el color de la radiación de una fuente.

El color de la radiación se determina por su longitud de onda. Como ya habíamos visto, la energía de las ondas cortas del espectro visible produce la sensación de violeta (3,800 a 4,500 Angstroms). Después del violeta están los azules (4,500 a 4,900 Angstroms), luego los verdes (4,900 a 5,600 Angstroms), más allá de los verdes encontramos los amarillos (5,600 a 5,900 Angstroms), después de los amarillos los naranjas (5,900 a 6,300 Angstroms), y finalmente los rojos (6,300 a 7,600 Angstroms) en la parte superior del espectro de luz visible. El espectro de una fuente de luz puede ser continuo e incluir todas las longitudes de onda visibles, o bien ser un espectro lineal o de banda que sólo contiene uno o varios grupos separados de longitudes de onda. Un espectro de luz uniforme es el que produce la luz blanca.

La distribución de energía a través del espectro electromagnético determina el color de la luz. El único método exacto para describir el color de la luz generada por una fuente es con una distribución de poder espectral (DPE). El DPE es una descripción de la cantidad de poder que produce la fuente por cada longitud de onda. Un ejemplo es la figura 2.2.6, que representa la distribución espectral de una lámpara blanca fluorescente. El espectro continuo se debe al recubrimiento de fósforo de la lámpara y las radiaciones puntuales se deben al arco de mercurio que se descarga dentro del tubo, las longitudes de onda predominantes están en el orden de los colores verdes y amarillos.

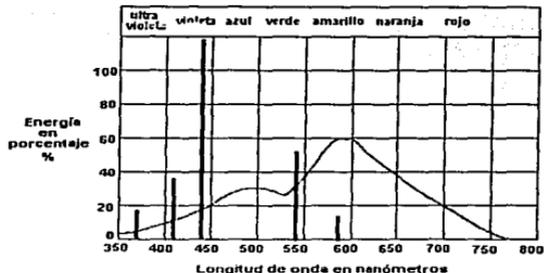


Figura 2 2 6 Distribución espectral de una lámpara blanca fluorescente.

La escala de color en grados Kelvin, se basa en la emisión de luz de un cuerpo oscuro opaco el cual se eleva a temperaturas en las cuales emite luz visible. La temperatura se determina en grados Kelvin (°K). La temperatura a la que esta fuente comienza a emitir luz visible especifica su distribución de poder espectral (DPE) y su color visual. Por lo tanto, esta fuente establece una escala de color en términos de temperatura. La temperatura de color del cuerpo oscuro es un método conveniente para especificar el color visual de una fuente de luz, si el color de una fuente luminosa cae dentro de la secuencia de rojo/naranja/amarillo/azul-blanco, la temperatura de color de esta fuente es la temperatura del cuerpo oscuro que coincida más cercanamente con el color visual de esa luz. La tabla 2.2.1 nos muestra las temperaturas de color de algunas lámparas convencionales.

TEMPERATURA DE COLOR EN GRADOS KELVIN (°K)	
CIELO AZUL	10,000 A 30,000
CIELO CUBIERTO	7,000
LUZ SOLAR AL MEDIODIA	5,250
LÁMPARA FLUORESCENTE - LUZ DE DIA	6,500
LÁMPARA FLUORESCENTE - BLANCA FRIA	4,500
LÁMPARA FLUORESCENTE - BLANCA	3,500
LÁMPARA FLUORESCENTE - BLANCA CALIDA	3,000
LÁMPARA INCANDESCENTE	4,000
LÁMPARA FOTOGRAFICA	3,400
LÁMPARA INCANDESCENTE - SERVICIO GRAL.	2,500 A 3,050
LLAMA DE BUJIA	1,800

Tabla 2 2 1 Temperatura de color de algunas fuentes comunes.

Las fuentes incandescentes reales tienen DPEs que se acercan a los DPEs de los cuerpos oscuros. La respuesta de películas y de cámaras de televisión, dependen del DPE de la luz y la temperatura de color.

El índice de rendimiento de color (IRC) es una escala que va desde 0 hasta 100 y se utiliza para describir aproximadamente el efecto visual de fuentes de luz sobre superficies colorizadas. Para determinar el IRC se observan ocho colores estandar bajo la luz de la fuente que estamos analizando y se comparan con el efecto que produce una fuente de cuerpo oscuro de la misma temperatura de color. La diferencia promedio en la apariencia de estos colores se usa para determinar el IRC. El IRC da algunas veces una idea general de la relación entre el DPE de la fuente y el del cuerpo oscuro. Hay que notar que cada fuente se compara con un cuerpo oscuro muy similar en temperatura de color. Por lo tanto, no se puede comparar la clasificación del IRC de dos fuentes con diferente temperatura de color. Así mismo, un IRC mayor indica un funcionamiento que se aproxima al del cuerpo oscuro que tomamos como referencia.

Aunque la temperatura de color y el índice de rendimiento de color están definidos en términos de efectos visuales, los valores que se utilizan para describir las fuentes de luz son obtenidos, invariablemente, de cálculos basados en la distribución del poder espectral de cada fuente.

Métodos de medición

Cualquier medida que se realiza está determinada por las condiciones existentes en el momento en el que se realiza y por esta razón es pertinente anotar toda la información relacionada. Si se quieren medidas con calidad de laboratorio se deberán considerar factores como la temperatura ambiente, el voltaje de la línea, la limpieza de las instalaciones, los materiales de los techos, paredes y pisos, el tipo de lámpara, el tiempo que llevan encendidas las lámparas y por supuesto el tipo de medidor que se está utilizando.

Un equipo de alumbrado se diseña para distribuir la luz de diversas formas, según la finalidad a la que vaya destinada. Esta distribución de luz puede representarse gráfica o numéricamente por diferentes métodos. El más común de estos métodos es el de la curva de distribución luminosa o distribución de intensidad.

Una curva de distribución luminosa es el resultado de tomar medidas de intensidad luminosa a diferentes ángulos alrededor de una fuente de luz o luminaria y de representarlas en forma gráfica. Como ya hablamos visto con anterioridad, esta forma gráfica de representación puede ser en forma polar o bien en forma rectangular. La distancia de cualquier punto de la curva al centro indica la intensidad luminosa de la fuente en esa dirección.

La iluminación recibida desde una sola fuente de luz sobre cualquier superficie dada, puede calcularse a partir de los datos de la curva de distribución luminosa de dicha

fuelle. Cuando la relación entre el tamaño de la fuente y la distancia fuente-superficie es tal que puede aplicarse la ley del inverso cuadrado, el cálculo se reduce a tomar en la curva de distribución la lectura de la intensidad luminosa para el ángulo requerido, dividirla por el cuadrado de la distancia y multiplicarla por el coseno correspondiente. Esto último en caso de que la superficie no sea perpendicular a la dirección de los rayos de luz.

Es importante aclarar que en la mayoría de las situaciones reales, el cálculo de la iluminación sobre una superficie no es tan evidente e influyen varios factores que determinan el nivel que encontramos sobre la misma. Las distribuciones luminosas de las que hablamos determinan el comportamiento de una fuente de luz o reflector en condiciones ideales, es decir, la intención de una gráfica de distribución de iluminación es caracterizar al reflector como una fuente de luz. Esta fuente de luz nos proporciona cierta iluminación a una distancia dada y cubre una superficie determinada por los ángulos vertical y horizontal de dispersión.

Cuando nuestra intención es realizar un cálculo de iluminación en un lugar determinado, se recurre a algunos métodos que se han desarrollado para estos fines. Los métodos más utilizados son el de los Lúmenes y el Punto por Punto. A continuación hablaremos un poco del método Punto por Punto por ser el más exacto.

Con este método se puede predecir la iluminación sobre una superficie específica de trabajo, aun y cuando la fuente de luz no sea puntual (lámparas fluorescentes). El hecho de que la fuente de luz no sea puntual es importante ya que tiene un comportamiento distinto de transmisión a lo largo de toda la distancia en la que sea continua la lámpara. Una fuente lineal con una longitud específica se asemeja a la unión (en línea) de muchas fuentes puntuales. El resultado es que los haces de estas pequeñas fuentes puntuales se suman en cuanto salen de la lámpara y por lo tanto la relación de la intensidad y la distancia recorrida ya no es la misma. La figura 2.2.7 es una comparación de la forma en que se distribuye sobre una superficie una fuente puntual y una fuente continua o lineal.

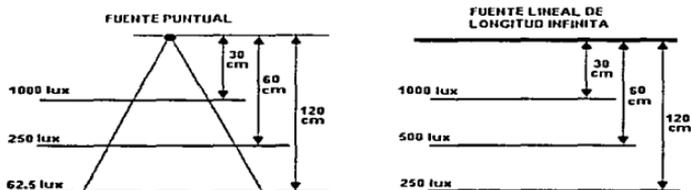


Figura 2.2.7 Esquema comparativo de dispersión de luz para una fuente puntual y una lineal.

La iluminación sobre una superficie específica de trabajo consta de dos componentes, la de iluminación directa y la de la iluminación reflejada. La primera es producida por el flujo que va de las luminarias a la zona de trabajo y la segunda es producida por el flujo reflejado desde otras superficies hacia la misma zona de trabajo. La componente directa se calcula utilizando un sistema de coordenadas angulares y la reflejada puede determinarse empleando coeficientes de luminancia.

El término de luminancia o brillo fotométrico, en el lenguaje ordinario se conoce como brillo. La luminancia se expresa como la relación de lúmenes por unidad de superficie. Una superficie que refleja luz en una dirección determinada a razón de un lumen por centímetro cuadrado de área proyectada tiene un brillo en esa dirección de un Lambert. Así, en la ecuación 2.2.5:

$$Lamberti = \frac{lumen}{cm^2} \quad (2.2.5)$$

Cálculo de la componente de iluminación directa

En el cálculo mediante un sistema de coordenadas angulares intervienen dos ángulos, uno longitudinal (α) y otro lateral (β). El ángulo longitudinal es el que determina una superficie perpendicular al luminario y el ángulo lateral se refiere a la desviación que tiene nuestro punto P de trabajo con respecto a esta superficie. La figura 2.2.8 es una forma más clara de representar estos ángulos.

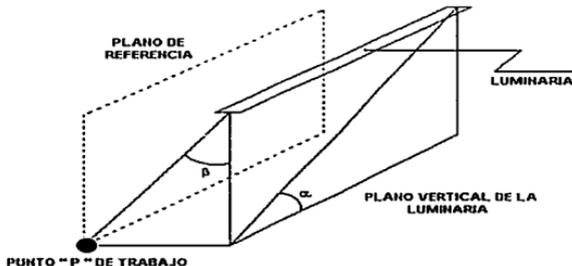


Figura 2.2.8 Esquema de los ángulos longitudinal y vertical

El punto P de trabajo puede representar una mesa o escritorio. Los ángulos α y β están determinados por la altura a la que se encuentra el luminario y la distancia horizontal a la que está desplazado el punto P . En el caso de la fuente puntual, para

determinar estos ángulos simplemente se une al punto P con la fuente y se toman en cuenta la altura y el desplazamiento horizontal. Sin embargo, para las fuentes lineales habría que considerar cada pequeña fuente puntual a lo largo de toda su longitud. Para no hacer esto se toma el punto más alejado de cada lado de la fuente y se consideran dos fuentes con dos ángulos longitudinales y por lo tanto dos desplazamientos horizontales. La figura 2.2.9 nos muestra la situación.

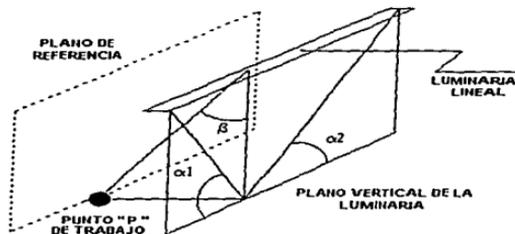


Figura 2.2.9 Esquema de los ángulos longitudinales y vertical para una fuente lineal

Si sobre una superficie determinada de trabajo inciden los flujos luminosos de varias fuentes (puntuales o lineales), hay que obtener la relación de ángulos longitudinales y verticales para cada una de ellas. Cada fuente cuyo flujo incide directamente sobre la superficie deberá ser considerada como parte de la iluminación directa. Ya que se obtuvieron todos los ángulos y desplazamientos, entonces recurrimos a las tablas experimentales que proporciona cada fabricante. En ellas, para cada relación de ángulos longitudinal y vertical existe un nivel de iluminación directa que depende y varía con cada luminaria. La suma de todos los niveles que obtengamos es la componente de iluminación directa.

Cálculo de la componente de iluminación reflejada

La componente de iluminación reflejada en superficies horizontales se determina partiendo de la emisión luminosa inicial de cada lámpara (dato que suministra el fabricante), el número de lámparas instalado en la zona y el área de ésta en metros cuadrados. De acuerdo con el manual del alumbrado de Westinghouse, la expresión que determina esta componente se define en la siguiente ecuación 2.2.6:

$$\frac{\text{Lux reflejados sobre una superficie horizontal}}{\text{Lámparas por luminaria} \times \text{Lúmenes por lámpara} \times \text{Coeficiente de radiación reflejada} \times \text{Factor de conservación}} = \frac{\text{Área por luminancia (sobre el plano de trabajo)}}{\quad} \quad (2.2.6)$$

Los únicos términos nuevos son el coeficiente de radiación reflejada y el factor de conservación. El factor de conservación depende del envejecimiento de las lámparas, acumulación de polvo y suciedad en las paredes y techo del local donde se encuentran. Este factor es la relación entre la iluminación que se logra tomando en cuenta las circunstancias anteriores, y la iluminación exactamente después de haber dado mantenimiento a todo el sistema.

El coeficiente de radiación reflejada depende de las luminancias de las superficies que forman un local y de la posición que guarda nuestro punto de trabajo con respecto a éstas. Para obtener el coeficiente de radiación reflejada en una superficie de trabajo particular, establemos una cavidad dentro del local que involucra solo a las luminarias que contribuyen de manera directa sobre la superficie de trabajo. Esta cavidad representa un volumen dentro del volumen total de la habitación. La altura de la cavidad seleccionada es la de la habitación y las medidas de la base están determinadas por el área de influencia de las luminarias seleccionadas. La figura 2.2.10 es un ejemplo de una cavidad seleccionada. Las superficies que en este caso contribuyen con radiación reflejada son una sección del piso, una pared lateral y dos secciones de las paredes principales.

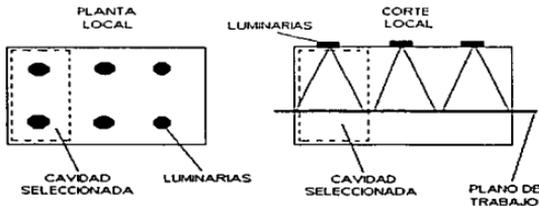


Figura 2.2.10 Cavidad de influencia seleccionada para un local rectangular.

De esta manera, el coeficiente de radiación reflejada se define en la siguiente ecuación 2.2.7:

$$\rho_{\text{total}} = \frac{\rho_n \rho_w F \left(2 \frac{A_n}{A_w} (1-F) - F \right) + \rho_n F^2 + \rho_w \frac{A_n}{A_w} (1-F)^2}{1 - \rho_n \rho_w \frac{A_n}{A_w} (1-F)^2 - \rho_w \left(1 - 2 \frac{A_n}{A_w} (1-F) \right)} \quad (2.2.7)$$

siendo

ρ_{ref} = coeficiente de radiación reflejada.

ρ_0 = reflectancia del piso.

ρ_w = reflectancia de las paredes.

A_B = Área de la base de la cavidad seleccionada.

A_w = Área de las paredes de la cavidad seleccionada.

F = Factor que relaciona el área por donde penetra luz reflejada a la cavidad y el área de influencia o base de la misma. F se define como sigue :

$$F = \frac{2}{(xy)\pi} \ln \left(\frac{(1+x^2)(1+y^2)}{1+x^2+y^2} \right)^{1/2} \quad (2.2.8)$$

donde

x = longitud de la cavidad seleccionada / profundidad de la cavidad seleccionada.

y = ancho de la cavidad seleccionada / profundidad de la cavidad seleccionada.

Medidores

Las medidas de iluminación se hacen generalmente con luxómetros que llevan incorporadas células fotosensibles del tipo de capa-barrera. Este tipo de células consisten en una película de material sensible a la luz; dispuesta sobre una placa metálica cubierta con una superficie muy fina y traslúcida de metal pulverizado. Al incidir la luz sobre la superficie de la célula, origina la emisión de electrones del material semiconductor sensible a la luz. Estos electrones son recogidos por un colector de metal, en contacto con el electrodo frontal traslúcido, estableciéndose una diferencia de potencial entre el colector y la placa de base. Si conectamos un microamperímetro entre ellos, podemos medir la corriente generada por la célula. Si tomamos en cuenta que esta corriente es proporcional a la intensidad de la luz incidente, el aparato se puede calibrar para medir directamente en luxes o bien en *foot-candles*. La figura 2.2.11 muestra la disposición de las capas y superficies en un luxómetro convencional.

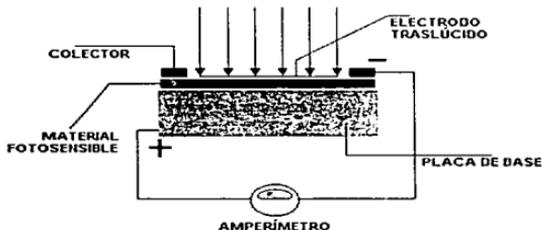


Figura 2.2.11 Luxómetro de célula sensible

Existen luxómetros con una amplia gama de sensibilidades para las diversas aplicaciones. En algunos instrumentos, el microamperímetro está incluido en la misma caja que la célula; en otros, en cambio, solo se conecta eléctricamente a ella.

A pesar de que los luxómetros portátiles de célula sensible a la luz son simples y resulta muy sencillo manejarlos, la mayoría de ellos no están diseñados como instrumentos de precisión. Un manejo cuidadoso y un calibrado frecuente ayudan a mantener su fiabilidad, pero no puede esperarse que las medidas hechas con ellos tengan una incertidumbre menor al cinco por ciento.

Todas las células sensibles a la luz tienen ciertas características inherentes que el usuario debe conocer si quiere obtener los mejores resultados posibles. A continuación hacemos un repaso de estas características de tal manera que se entienda a que nos referimos.

1- Respuesta al color

La respuesta de las células fotosensibles a las distintas longitudes de onda del espectro visible es precisa sólo para aquel tipo de iluminación para la que fueron calibradas. Normalmente se calibran para una lámpara de filamento con una temperatura de color de 2700 ° K. Sin embargo, existen algunos luxómetros que cuentan con un filtro corrector de color que cambia la respuesta de la célula hasta obtener una aproximación razonable de la curva espectral correcta.

La utilización del luxómetro sin corregir debe limitarse a la luz de las llamadas fuentes blancas. De no ser así, la discrepancia en las mediciones que resulta de las características de la célula puede ser considerable.

2- Efecto del ángulo de incidencia (efecto coseno)

La luz que incide oblicuamente contra la cara de la célula, produce una iluminación proporcional al coseno del ángulo con el que incide. Sin embargo, la respuesta de la célula puede no ser equivalente a la realidad por dos simples razones: La luz que incide oblicuamente no alcanza en su totalidad al material fotosensible de la célula y el cerco de la caja que alberga la célula puede producir una sombra en esta misma superficie. Estos dos efectos aumentan conforme aumenta el ángulo de incidencia.

Los aparatos suelen calibrarse con luz normal a la superficie, por lo tanto, la luz que incide con cierto ángulo provoca mediciones menores a la realidad. Los luxómetros más modernos cuentan con una cubierta difusora que corrige hasta cierto punto la superficie de exposición. Una célula bien compensada puede tener una buena respuesta para casi todos los ángulos de incidencia. La luz directa que procede de una sola fuente e incide oblicuamente sobre una superficie, puede medirse con un luxómetro si mantenemos la célula en posición perpendicular a la dirección de la luz y luego multiplicamos la lectura por el coseno del ángulo con que incide.

3- Fatiga

Todas las células fotosensibles muestran un cierto grado de fatiga. Esto es, una tendencia del indicador del aparato a moverse con lentitud para poder obtener una lectura constante y definitiva. Este efecto se nota más para valores altos de iluminación y en particular si la célula ha estado previamente en la oscuridad por algún tiempo. Por ello, antes de efectuar cualquier medida, hay que dejar al luxómetro en un periodo de adaptación y con el nivel de iluminación que va a ser medido.

Medidas de luminancia o brillo

Para medir el brillo o luminancia pueden utilizarse distintos tipos de instrumentos. Uno de ellos tiene un tubo fotoeléctrico como elemento sensible a la luz y cuenta con un filtro para conformar la respuesta espectral a la curva de sensibilidad del ojo. El instrumento se dirige hacia la superficie a medir y una lente afoca la imagen de una pequeña área sobre el tubo que a su vez produce una corriente proporcional a la luminancia. Esta corriente se lee en un microamperímetro calibrado en lamberts sobre centímetro cuadrado. La figura 2.2.12 nos muestra la relación de respuesta espectral tanto del ojo humano como de una celda fotosensible con un filtro corrector.

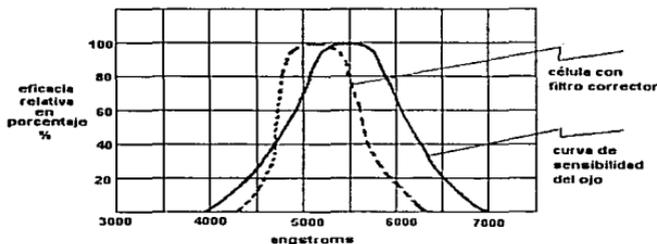


Figura 2.2.12 Respuesta espectral de una célula fotosensible y del ojo humano

En otro tipo de dispositivos, las medidas se hacen visualmente. Un medidor visual de luminancia tiene un sistema óptico que presenta ante el ojo del observador la superficie a medir y un campo de comparación interno. La luminancia del campo de comparación es ajustable mediante una pequeña lámpara y un filtro neutro graduado. Este campo se iguala con la superficie que se mide y la luminancia se mide en lamberts sobre centímetro cuadrado en la escala del aparato

Hay dos tipos de medidores de luminancia básicos. El medidor de exposición de la luz reflejada que promedia la luminancia sobre un campo amplio de visión y el medidor de luminancia de spot, el cual mide la luminancia en áreas pequeñas. Dichos instrumentos se pueden operar en el principio de comparación visual con una fuente de referencia. Sin embargo, se requiere de cierta experiencia para comparar tanto a la luz como a la fuente de referencia cuando éstas no se acercan al mismo color. Los medidores de luminancia de luz concentrada utilizan detectores fotoeléctricos y la luminancia se lee directamente de una escala métrica. Los medidores de luminancia así como los luxómetros son fabricados por compañías como Photo Research, Topcon y Minolta.

Algunos modelos comerciales de luxómetros (intensidad) son el Minolta 1519 y el Topcon 1M-3. Un medidor muy bueno de temperatura de color es el Minolta Color Meter II.

2.3 Transmisión y control de la luz

La materia está formada por átomos, que a su vez se componen de electrones ligeros ligados a núcleos positivos pesados. La materia tiende a ser eléctricamente neutra, porque las fuerzas existentes entre las cargas son muy intensas. Cada átomo está rodeado por complejos campos eléctricos y magnéticos, por lo que, en principio, podría parecer imposible una descripción detallada de una onda electromagnética atravesando un material. De hecho, puede parecer incluso imposible que la onda sea capaz de atravesar el material en absoluto, teniendo en cuenta el enorme número de campos existentes en su interior.

La luz puede atravesar libremente materiales como el vidrio y los plásticos transparentes con la misma facilidad que atraviesa el aire, y lo mismo sucede con las ondas de radio. Sin embargo los materiales opacos la luz no consigue atravesar y queda absorbida en lugar de ser transmitida; la energía de la onda se convierte en calor dentro de éste . Cuando se considera el espectro de ondas electromagnéticas en toda su amplitud, los materiales se comportan de forma bastante selectiva. Las ondas de radio pueden atravesar cuerpos que absorben la luz, y viceversa. La explicación a este fenómeno, de manera breve, se debe, en primer lugar, a la frecuencia de la onda electromagnética en cuestión y en segundo a la estructura molecular microscópica (cantidad de electrones libres en las órbitas exteriores de sus átomos) y macroscópica (forma de los materiales). Generalizando, puede decirse que los dieléctricos transparentes permiten en todo momento el paso de las ondas electromagnéticas de cualquier tipo (aunque siempre cabe la posibilidad de la excepción que confirma la regla). Las moléculas en los dieléctricos están firmemente unidas a sus cargas, aunque resulta posible separarlas ligeramente de su posición de equilibrio.

Refracción y Reflexión

La reflexión y la refracción son fenómenos muy básicos que atañen a la teoría y aplicaciones de la óptica. La ley de la reflexión se dedujo en tiempos muy antiguos (Grecia clásica) a partir de observaciones. La ley de la refracción (ley de Snell) quedó deducida a partir de los experimentos de Willebrod Snell en 1621. También puede deducirse de la teoría corpuscular de la luz de Rene Descartes en 1637.

La reflexión de la luz es algo tan común que rara vez pensamos en ella, sin embargo, es gracias a ella que podemos ver, ya que nuestros ojos captan la reflexión de la luz sobre los objetos que nos rodean. Cuando pensamos en un reflector, nos imaginamos una superficie brillante y pulida, sin embargo, cualquier sólido líquido e incluso gas reflejan parte de la luz que incide en ellos, de otra forma no podríamos verlos. Las leyes de reflexión son las mismas para todos los objetos reflectores planos y brillantes, sin embargo, si la superficie es difusa, esto tendrá un efecto de dispersión en la luz.

Si consideramos una superficie reflejante y brillante, a la cual le aplicamos un rayo de luz, veremos que el rayo de luz es reflejado con el mismo ángulo con el que llega. Esto se verifica si el ángulo es medido desde una línea dibujada y medida desde el punto de emisión hasta la tangente de la parte de incidencia del reflector. Esta regla es válida para cualquier clase de reflector.

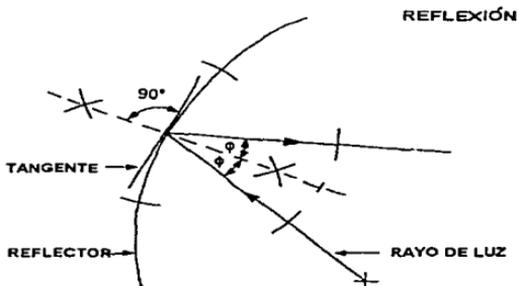


Figura 2.3.1 Fenómeno de reflexión.

De algún modo la onda electromagnética puede pasar de un átomo a otro dentro de un dieléctrico, venciendo obstáculos de manera que consigue conservar su dirección y frecuencia originales con unas pérdidas de energía muy bajas. La propiedad colectiva más simple que posee la materia, en lo que respecta a su comportamiento frente a ondas electromagnéticas, es el llamado índice de refracción, n . Esta cantidad expresa la tasa de disminución de la velocidad de la onda en el interior del material: la velocidad de la luz queda reducida c/n . El valor de n puede ser ligeramente distinto para diferentes longitudes de onda en un mismo material. El aire tiene $n=1.0003$, bastante próximo al índice de vacío, $n=1$. La mayoría de los vidrios tienen valores de n próximos a 1.5. La frecuencia de radiación no puede variar, por lo que al introducirse la luz en el material, varía la longitud de onda y será menor que la original en c/n , ya que n siempre sea mayor que 1 en todos los materiales.

La refracción es un fenómeno que se aprecia fácilmente al pasar la luz por medios de densidades distintas, en la figura 2.3.2 se muestra un pedazo de cristal o vidrio al cual entra un rayo de luz. En el punto de entrada, la luz es refractada cambiando de dirección, al salir, la luz cambia nuevamente de dirección y toma la misma dirección con la que entró al vidrio, pero con un desplazamiento vertical, este desplazamiento dependerá del grueso del cristal.

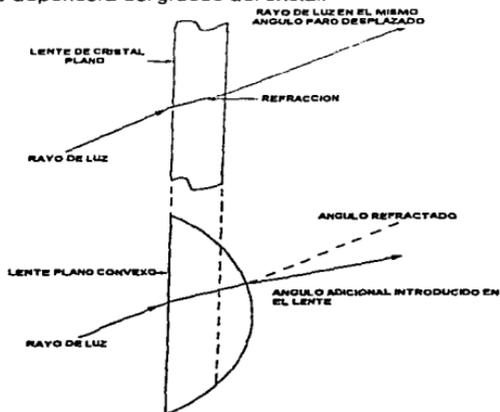


Figura 2.3.2 Fenómeno de refracción.

En la misma figura se muestra un experimento similar, pero se agrega un lente plano-convexo. La luz se refracta al entrar, pero la curvatura del lente tiene influencia en el rayo de luz al salir este del cristal, forzando a la luz a continuar con la dirección que tenía dentro del cristal.

Control de la luz mediante lentes y reflectores

La dirección de la luz se controla aprovechando los efectos de la refracción y la reflexión. A principios del siglo XIX, la luz usada para los espectáculos solo podía ser controlada mediante su reflexión, usando espejos. Si bien se conocían las propiedades de los lentes plano convexos para el control de la luz, estos eran imposibles de fabricar en esta época debido a los métodos de fundido y formado de vidrio y a la gran cantidad de vidrio y profundidad del lente.

El control mediante la refracción no fue posible en forma práctica sino hasta 1748 cuando George Louis Leclerc de Buffon, originó la idea de dividir un lente plano convexo en distintos círculos concéntricos, aplanando el lente plano-convexo con la idea de reducir el peso de los lentes. En 1820 la idea fue adoptada por Agustín Jean Fresnel, creando un lente de una sola pieza, muy delgado pero equivalente a un lente plano convexo mucho más grueso y con el mismo diámetro mismo al que dio su nombre y que hoy día se conoce como lente fresnel. En la figura 2.3.3, se muestra un dibujo simplificado de la generación de un lente fresnel a partir de un lente plano convexo, mostrando que la misma curvatura del lente plano-convexo, puede ser lograda con él.

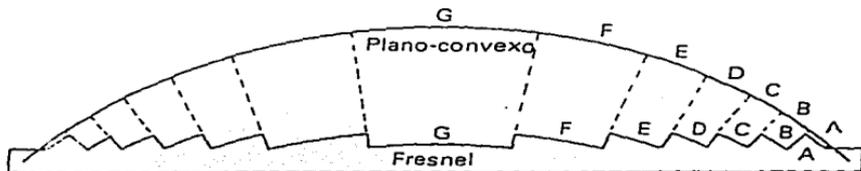


Figura 2.3.3 Generación de una lente Fresnel.

Esta lente genera un frente de onda plano, es decir que desvía los haces de luz que inciden por su parte posterior, de tal manera que sean concéntricos a un eje imaginario que se encuentra al centro del lente y es perpendicular al mismo. El movimiento de la fuente luminosa con respecto al foco del lente permite controlar que tan difusa o concentrada se verá la luz.

El antiguo método de reflexión mediante espejos se ha modificado utilizando diferentes formas geométricas que permiten tener un control mucho mayor de la luz que un simple espejo plano. En la figura 2.3.4, se muestra un cono sólido el cual es responsable de la generación de todos los reflectores que se usan en cualquier tipo de luminaria. Los cortes en distintas partes del cono generan las 5 figuras básicas usadas en el diseño de luminarias:

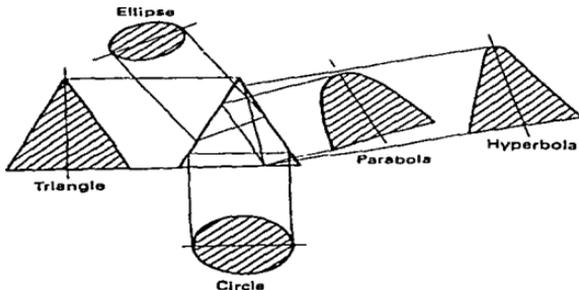


Figura 2.3.4 Generación de reflectores a raíz de un cono sólido.

El primero de ellos es el reflector circular. Este reflector es usado con una fuente de luz puntual, es decir, que emita (idealmente) toda la luz de un solo punto, y que se envíe hacia el reflector y regrese a la fuente desde donde sigue al resto de la luz hacia la dirección seleccionada. Este reflector es sin embargo bastante ineficiente, debido a que la luz que no incide sobre el reflector, no es devuelta hacia el lente y de la luz que si incide el reflector, no toda es canalizada hacia el lente, mientras más alejado esté el reflector del lente, mas se desperdiciará la luz, como se muestra en la figura 2.3.5 :

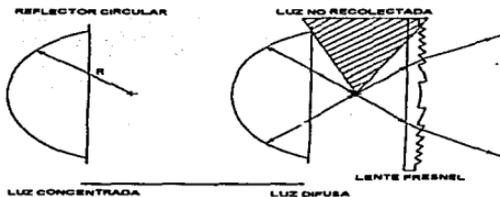


Figura 2.3.5. Reflector circular.

Como contradicción, la posición de más concentración de luz por parte del lente plano convexo, y por tanto del fresnel, es aquella donde existe mayor distancia entre el reflector y el lente, siendo esta posición, donde el reflector circular es menos eficiente.

El siguiente reflector es el elipsoidal, este es mucho más eficiente que el circular, sin embargo tiene también pérdidas de luz importantes, como se puede ver en la figura 2.3.6:

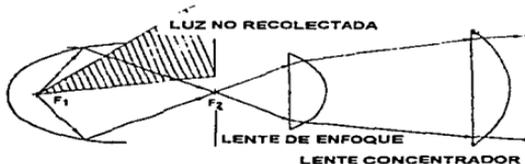


Figura 2.3.6 Reflector elipsoidal.

Con la fuente de luz ubicada en f_1 , la luz reflejada es dirigida a f_2 , es inútil hacer más grande y largo el lente para intentar recolectar más luz, ya que la luz recolectada de esta manera, no puede ser dirigida hacia los lentes, con un ángulo que estos puedan redireccionar para ser utilizada.

Otro tipo de reflector es el parabólico, utilizado para luminarias que requieren de un haz de luz paralelo (idealmente), o con un ángulo extremadamente pequeño. La figura 2.3.7 demuestra claramente el funcionamiento del reflector parabólico:

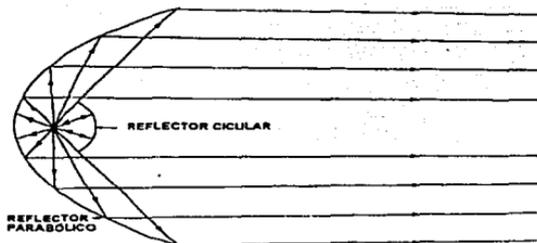


Figura 2.3.7 Reflector parabólico con reflector circular.

En este diagrama se ve que toda la luz que incide al reflector es redirigida en forma paralela formando un frente casi plano.

Un tipo de reflector diferente es el que se muestra en la figura 2.3.8:

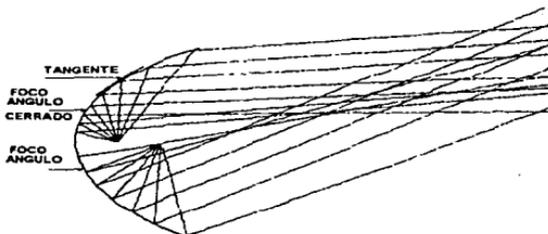


Figura 2.3.8 Reflector de cara abierta

Estos reflectores son llamados "de cara abierta". El primero de estos reflectores tiene la posibilidad de mover la fuente de luz de manera que se cuenta con un cierto grado de focabilidad, la luz directa de la fuente no cambia, sin embargo la luz reflejada es redirigida en forma diferente dependiendo de la posición de la lámpara. El diseño de

los reflectores de cara abierta se logra siguiendo el rayo de luz que se requiere de regreso al reflector, en este punto se traza una tangente al ángulo entre la fuente de luz y el rayo de luz requerido, se repite este proceso hasta tener la curva aproximada del reflector deseado.

Algunos de estos reflectores utilizan una cubierta sobre la fuente de luz para evitar que existan rayos directos de la fuente y toda la luz sea reflejada. Este reflector se conoce como *Soft* y se usa cuando se requiere de una luz muy difusa y de ángulo de proyección muy abierto, en donde la luz directa sería demasiado fuerte en comparación con la reflejada.

El siguiente diagrama (figura 2.3.9) representa un reflector llamado ciclorama, utilizado en los luminarios con ese nombre, mismo que proviene de su aplicación, es decir iluminar ciclorama¹:

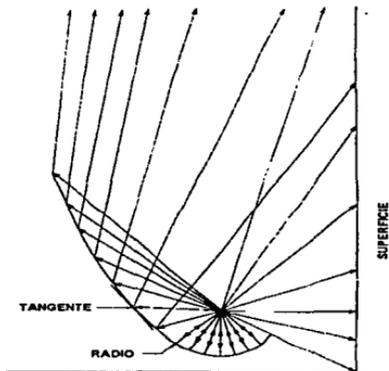


Figura 2.3.9 Diagrama de ciclorama.

El reflector esta constituido de un reflector circular y uno de cara abierta pero de distribución asimétrica, es decir que a diferencia de los otros reflectores donde se trata de dirigir la luz de forma uniforme del punto de proyección al área a iluminar, este reflector proyecta la luz de forma distinta, acentuando la luz en un extremo, esto tiene su razón en la forma en que es colocado el reflector con respecto al área a iluminar.

¹ Un Ciclorama es una sección de habitación de ángulos redondeados que se colorea con luz y se utiliza como fondo para diversas aplicaciones.

Como se observa, se tiene mayor distancia con respecto al luminario, en un extremo que en el otro, es por esto que se intenta dirigir más luz al punto más lejano que al más cercano.

2.4 El ojo humano y la cámara de video

Los principios de la televisión se basan firmemente en las propiedades psicofísicas de la visión humana, cuyas leyes fundamentales fueron descritas por Herman Grassman en Alemania a principios del siglo XIX.

La visión es el resultado de la estimulación de los ojos por la luz y su consecuente interacción a través del sistema nervioso con el cerebro. Como se explicó anteriormente, en términos físicos la luz visible constituye un pequeño rango de la radiación electromagnética con una longitud de onda que va desde unos 380 nm hasta los 770 nm (o en términos de frecuencia de 430 a 750 teraHz).

La luz que llega a un observador por lo general ha sido reflejada por algún objeto, aun cuando existen también objetos que funcionan como fuentes generadoras de luz que radian debido a cambios internos en sus átomos y moléculas. Los diferentes tipos de emisión dependen tanto de la manera en que los átomos y moléculas son suministrados con energía para compensar la que estos radian en forma de luz, como de su estado físico ya sea sólido, líquido o gaseoso. La fuente más común de radiación electromagnética visible es la excitación térmica.

La sensación de color asociada a un estímulo luminoso puede ser descrita en términos de tres características : Tinte (también llamado color específico o hue), saturación y brillantez, cuyos análogos psicofísicos serían : la longitud de onda dominante (por no descartar la presencia de frecuencias armónicas), la pureza de excitación y la luminosidad, respectivamente.

Los tintes son el rojo, naranja, amarillo, azul, violeta etc. es decir las frecuencias fundamentales que se obtienen al descomponer la luz blanca y todas las combinaciones de ellas en proporciones no balanceadas, que evocan una sensación de color (se excluye al color blanco y los grises que en realidad son una combinación uniforme de todas ellas y se denominan técnicamente como "acromáticos"). La saturación se refiere a la intensidad del tinte, por ejemplo los colores pastel tienen una saturación baja o intermedia, el blanco y los grises, que se consideran sin tinte, no tienen saturación es decir que son de saturación cero. La brillantez se refiere a la intensidad de la estimulación y es completamente independiente del tinte decir que si un estímulo es de alta intensidad será brillante sin importar su tinte o saturación.

Los objetos que vemos comúnmente dadas ciertas características de su recubrimiento reflejan la luz de cierta longitud de onda y por eso se dice que tienen colores. A bajos niveles de iluminación los objetos pueden diferenciarse unos de otros por

su luminosidad pero no nos proporcionan sensaciones de tinte ni saturación, todos parecen ser de diferentes tonos grisáceos, esto se debe a que su luminosidad es tan pobre que solamente estimula un tipo de célula fotosensible que se encuentra en el ojo denominada bastón. A esto se le llama visión escotópica. La llamada visión fotópica toma lugar a mayores niveles de iluminación y nos da una sensación de tinte y saturación debido al estímulo de otro tipo de célula fotosensibles llamadas conos. Estos forman tres clases, cada una con una diferente distribución de sensibilidad espectral que, aunque no se conoce con exactitud, se sabe que traslapan en bandas considerablemente anchas.

Este hecho dio lugar a la teoría tricromática del color o teoría triestimulatória aditiva, la cual, explicada de forma muy somera, sostiene que varios diferentes estímulos físicos pueden provocar la mínima sensación de color. De esta manera dos estímulos serán equivalentes en cuanto provocan la misma absorción de energía a cada tipo diferente de cono, lo cual proporciona una excitación neuronal similar y por tanto igual sensación de color. El sistema visual y el cerebro no serán capaces de diferenciar un estímulo del otro aun cuando estos sean físicamente diferentes, esto se conoce como un metámero y el fenómeno como metamerismo.

El metamerismo es fundamental para la ciencia de la colorimetría y sin el la televisión (o video) no sería posible, ya que la imagen que se observa en el monitor de TV no es sino un metámero de la imagen original.

Dado el fenómeno de tricromía del ojo, es posible obtener cualquier estímulo de color mezclando tres estímulos primarios. No existen tres estímulos primarios únicos, sólo debe cumplirse la condición de que ninguno de ellos pueda ser obtenido por la mezcla de los otros dos. Con estas consideraciones y por razones casi obvias debido a su colocación en el espectro de frecuencias, los tres colores primarios más comúnmente utilizados son el rojo, el verde, y el azul, siendo sus iniciales en inglés R, G, B .

La operación de combinación de primarios obedece a una relación lineal como la que se muestra en la ecuación 2.4.1 :

$$C = Rr + Gg + Bb \quad (2.4.1)$$

Esta simple ecuación cumple con las propiedades aditivas y de linealidad y refleja en forma muy precisa el comportamiento de los colores en situaciones prácticas. Sin embargo, cabe aclarar que dada la capacidad de respuesta en frecuencia del ojo el color blanco no se "siente" con coeficientes iguales para los tres colores primarios ; el ojo es más sensible al verde que al rojo y a la vez más sensible al rojo que al azul, siendo estos dos últimos los extremos del espectro visual.

Aprovechando otra característica del ojo humano, en específico de la retina conocida como la retentividad, puede lograrse la sensación de movimiento mediante la exposición momentánea de imágenes estáticas sucesivas. La velocidad a la que deben

sucederse las imágenes depende de la retentividad de la retina, pero en el caso de los dibujos animados y del cine suele ser de veinticuatro imágenes por segundo, con excepción de algunos formatos especiales como IMAX u OMNIMAX que proyectan hasta 60 cuadros por segundo .

Lo que hoy en día conocemos como video es la evolución hasta la actualidad, pero aun no final, de una búsqueda que comenzó en la última década del siglo XIX con el disco de Nipkow, y que no tomó una forma bien definida sino hasta la tercera década del siglo XX con la televisión en su forma completamente electrónica (de hecho cuando se le denominó como tal aún utilizaba el sistema de barrido mecánico de Nipkow).

El video desde su concepción es un medio de grabación , reproducción y transmisión de imágenes no estático; a diferencia del cine, que comenzó con la fotografía y evolucionó a ser una serie de las mismas, el video comenzó como un medio para la transmisión de imágenes en movimiento, aunque hoy en día se comienzan a poner de moda cámaras fotográficas que en lugar de usar una película fotosensible graban la imagen con señales magnéticas en un pequeño disco y nos permiten ver la foto de manera instantánea mediante un televisor.

Al igual que todos los medios electrónicos de grabación, reproducción, amplificación o análisis de señales; el video requiere de generar de alguna manera ordenada una señal eléctrica análoga a la señal real, que en este caso es radiación electromagnética visible, mejor conocida como luz, por lo tanto la utilización de elementos fotosensibles y del efecto fotoeléctrico es de carácter fundamental.

En el cine o fotografía, las imágenes bidimensionales completas son guardadas en la película y proyectadas en una pantalla. En la televisión, como se conoce hasta ahora, la representación instantánea de imágenes bidimensionales no es posible, dado que una señal al aire solo puede transmitirse de manera unidimensional de forma serial. Esto significa que la imagen bidimensional debe ser convertida en una señal serial. Esta conversión se lleva a cabo mediante un procedimiento denominado barrido o *scanning*. El barrido es una forma de muestreo, es decir un proceso en el que el valor de una señal de variación constante se mide a intervalos regulares de tiempo, y en el caso del barrido, también de distancia. Como resultado una imagen se convierte en un arreglo de elementos rectangulares denominados píxeles.

Así puede deducirse que el video se logra a base de una combinación de elementos electrónicos y ópticos.

La cámara, que es el primer elemento a intervenir, es un transductor de señales luminosas a señales eléctricas, su lente enfoca una imagen sobre la superficie fotosensible de un sensor.

Estos sensores eran originalmente tubos al vacío (orthicons, vidicons y plumbicons) pero a últimas fechas estos han sido substituidos por elementos de estado sólido como los CCDs o dispositivos de carga acoplada (arreglos matriciales de fotodiodos y transistores que funcionan como una especie de registros de corrimiento) que son mucho más baratos, pequeños, ligeros, eficientes y resistentes. Sea cual sea el sensor su función es la misma, obtener una señal de voltaje variable tal que pueda ser grabada o transmitida para luego ser convertida en imagen mediante la aplicación del proceso inverso. Un diagrama ilustrativo de este proceso es la figura 2.4.1.

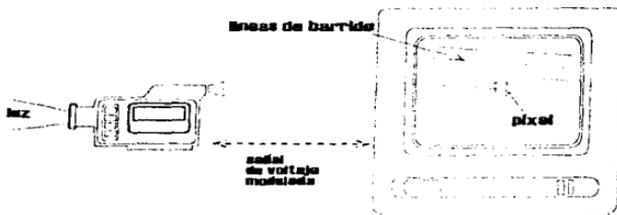


Figura 2.4.1 Adquisición y reproducción de una señal de video

Este proceso inverso implica la conversión de la señal eléctrica en una imagen mediante la manipulación de haces electrónicos y materiales fosforescentes o bien dispositivos capaces de emitir luz de manera controlada. La imagen quedará formada por líneas, cada una constituida por una serie de los ya mencionados píxeles o pequeños elementos rectangulares, cuya dimensión vertical estará determinada por el espaciamiento entre las líneas de barrido y su dimensión horizontal será igual a la distancia que el punto de barrido se mueve durante la mitad de un ciclo de la frecuencia más alta del ancho de banda de transmisión.

Un problema que siempre aqueja a los sistemas electrónicos que manejan información es el ancho de banda, dado que de éste depende la complejidad de los dispositivos electrónicos a utilizar así como la posibilidad de transmisión simultánea por multiplexión en frecuencia a través de un mismo espacio (que es la forma más común de transmisión).

El ancho de banda requerido para una señal de video será, como dice el teorema del muestreo², la mitad del número de píxeles transmitidos por segundo, lo que se muestra la ecuación 2.4.2 :

² Para que el muestreo de una señal analógica sea representativo debe ser tomado, cuando menos al doble de la máxima frecuencia de la señal original.

$$B_w = 0.8F_r \cdot N_l \cdot R_h^2 \quad (2.4.2)$$

Donde:

B_w = Ancho de banda [Hz].
 F_r = No. total de cuadros [Fr].
 N_l = Líneas por cuadro [L/Fr].
 R_h = ciclos por línea [Hz/L].

La constante 0.8 se deriva del siguiente razonamiento:

$$(\text{ciclos/línea}) = \frac{(0.5)(\text{rel. de aspecto})(R_h)}{0.84} = (0.793)(R_h)$$

En donde :

- 0.5 = relación del número de ciclos por el número de líneas resueltas.
- Rel. de aspecto = relación entre el ancho y el alto de la imagen, convencionalmente 4/3. En realidad tiene solamente un efecto estético sobre la imagen pero se requiere porque la resolución horizontal depende de la geometría de la imagen.
- El factor 0.84 = fracción del ciclo de barrido que se utiliza para generar imagen ya que el resto se utiliza para regresar el elemento reproductor a su posición original.

La elección de todas las variables para lograr una combinación que proporcione un óptimo desempeño en cuanto a ancho de banda, estabilidad y calidad de la imagen fue un problema para los diseñadores. Problema que, al igual que muchos otros, no tiene una solución única y de ahí surgen las diferentes normas adoptadas en diversas regiones del planeta. En todas ellas existen elementos comunes, como son la necesidad de reducir el ancho de banda al mínimo, generar un número de cuadros por segundo que proporcione una imagen estable sin vibración (o *flicker*), de hecho es recomendable que este número de cuadros sea igual a algún múltiplo de la frecuencia de alimentación primaria para que las líneas de ruido (o HUM) que resulten de un filtrado imperfecto de la alimentación, permanezcan estacionarias o se muevan lentamente (de hecho los valores más comunes son 25 o 30 imágenes por segundo). Por otro lado es deseable

* Noll Michael A. Television Technology . Cap. 1 . Pág. 5

tener un número de líneas por cuadro y de puntos por línea tan grande como sea posible, para tener una imagen con muy buena resolución y minimizar los efectos de *Moiré*.³

Considerando que las imágenes serán vistas primordialmente por ojos humanos, deberán adaptarse sus características a las capacidades y limitaciones de éstos.

Las imágenes sucesivas aparecen como sólidas para la mayoría de los seres humanos, siempre y cuando se desplieguen a una velocidad arriba de 40 imágenes por segundo. Evidentemente, el acrecentar el número de cuadros por segundo aumenta la cantidad de información por unidad de tiempo y por lo tanto el ancho de banda.

Un método utilizado para controlar el ancho de banda es el entrelazado de las líneas del video. Este ingenioso método consiste en dividir cada cuadro en dos campos, cada uno de ellos formado por sólo la mitad de líneas, de hecho uno tiene solo las líneas pares y el otro las líneas nones. El número de imágenes por segundo se duplica pero la resolución se divide a la mitad, así es que el verdadero arte de este método consiste en hacer que las líneas nones ocupen los lugares vacíos dejados por las líneas pares en el campo anterior para conservar la resolución intacta, de ahí el nombre de entrelazado. Esto es equivalente al obturador utilizado en los proyectores de cine que expone cada uno de los 24 cuadros dos veces dando la sensación de 48 y por tanto reduciendo el flicker.

En cuanto a la resolución de las imágenes, un principio básico que funciona muy bien como referencia inicial es la resolución de la visión humana; no tiene sentido hacer una imagen con excesiva definición si el ojo tiene un límite a partir del cual no puede percibir la diferencia.

El ojo humano es capaz de resolver dos líneas paralelas si las líneas abarcan alrededor de 2 minutos de arco en la retina (1/30 de grado). Considerando en base a experimentación, que la distancia mínima del observador a la imagen será de unas cuatro veces la altura de ésta, o bien 4H, y que "d" será la distancia entre las líneas. Como se muestra en la figura 2.4.2 se forma un triángulo rectángulo con catetos adyacente y opuesto 4H y d/2 respectivamente. La tangente del ángulo θ será como se ve en las ecuaciones 2.4.3 y 2.4.4:

$$\tan(\theta) = (d/2) / 4H = d / 8H \quad (2.4.3)$$

$$\text{si } H = (d)/(NI) \quad (2.4.4)$$

donde: NI = número de líneas

³ Moiré es el efecto de movimiento o mareo que se produce cuando la resolución de la cámara de video no permite definir con claridad ciertos detalles de la imagen real, tales como pequeñas rayas horizontales o cuadros en la ropa de algún actor.

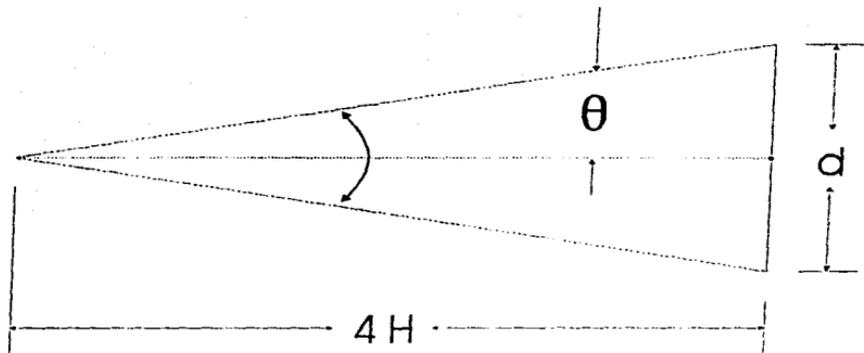


Figura 2.4.2 Resolución de la vista humana.

Resolviendo el sistema de ecuaciones se tendrá que el número aproximado de líneas en una imagen de altura H es como muestra la ecuación 2.4.5 :

$$\begin{aligned}
 \tan(\theta) &= d / 8 \quad (d)(NI) = 1 / 8NI & (2.4.5) \\
 NI &= 1 / 8 [\tan(\theta)] & \text{si } \theta = 1 / 60 \text{ deg} \\
 NI &= 429.728 & \text{aprox.} = \underline{430}
 \end{aligned}$$

En la televisión comercial las porciones inferior y superior de la imagen son bloqueadas por una máscara alrededor de la pantalla. Esto se hace deliberadamente pues no todos los monitores se comportan igual y es de esperarse que una parte de la imagen se pierda en muchos receptores. Para este efecto se destinan aproximadamente 53 líneas que constituyen el denominado "Overscan".

Además debe considerarse que el elemento de barrido o elemento reproductor requiere de un cierto tiempo para regresar a su posición original cada vez que termina un cuadro proceso que ocupa el equivalente a 42 líneas más por lo que el número total de líneas de barrido en la televisión comercial será de 525. Porsupuesto hablamos de la televisión comercial en México que se basa en los estándares de la *National Television System Committee* o NTSC. Como se había mencionado con anterioridad la solución del problema del video no es única y aun cuando la metodología es similar en otras partes del mundo se utilizan estándares diferentes.

En este capítulo se mostró la teoría básica de la luz, donde se menciona los principios de estudio de luz que abarca desde el átomo hasta el estudio de los fotones. Los parámetros para cuantificar la luz, como son los lúmenes y los *foot candles* , así como los teoremas de control y transmisión de la misma .

En el último subtema se analiza al ojo humano, el principio de funcionamiento de la cámara de video y como están interrelacionados.

CAPÍTULO 3

FUENTES DE LUZ DE USO COMÚN EN T.V.

Para iluminar se requiere de producir luz, en este capítulo se analizarán las fuentes que existen para esta tarea, enfocadas a la iluminación profesional de estudios de televisión, se analizan desde varias perspectivas: lámparas, las cuales producen la luz; reflectores, que conducen esta luz hacia su destino; lentes, los cuales la controlan y accesorios que permiten el funcionamiento de los anteriores.

3.1 Distintos tipos de reflectores existentes y su utilización

En la práctica, los términos "reflector", "instrumento" y "linterna" (principalmente en Europa) se utilizan para denominar una luminaria. Una luminaria es una unidad completa de iluminación que consiste en una lámpara ó lámparas juntas con partes diseñadas para distribuir la luz, para posicionar y proteger las lámparas y para conectar las lámparas a la fuente de poder.

Las características del rayo exterior de una luminaria se definen en términos del ángulo interior ("*beam angle*") y del ángulo exterior ("*field angle*"), como muestra la figura 3.1.1. Aquellos puntos de la curva, donde la potencia lumínica es por lo menos 50% de la potencia lumínica máxima, se definen como ángulo interior de la unidad de iluminación. El ángulo exterior se define como aquellos puntos de la curva donde la potencia lumínica es 10% de la máxima potencia lumínica, también conocido como "*field angle*".

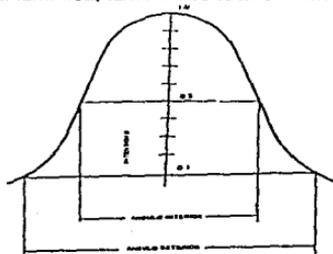


Figura 3.1.1 Características del rayo exterior de una luminaria.

La eficiencia de un reflector o luminaria se define como la relación entre los lumens (flux luminosos) que salen de una luminaria y los lumens generados por una lámpara ó lámparas dentro de ésta. La ecuación 3.1.1 nos presenta esta relación.

$$\text{Eficiencia del reflector} = \frac{\text{Lumens de luminaria}}{\text{Lumens de lámpara}} \quad (3.1.1)$$

La eficiencia de un rayo de luz es la relación entre lumens dentro del ángulo interior y los lumens emitidos por una lámpara, ecuación 3.1.2.

$$\text{Eficiencia del rayo} = \frac{\text{Lumens del ángulo interior}}{\text{Lumens de lámpara}} \quad (3.1.2)$$

La eficiencia de campo es la relación entre los lumens dentro del ángulo de campo ó ángulo exterior y los lumens emitidos por una lámpara, ecuación 3.1.3.

$$\text{Eficiencia del campo} = \frac{\text{Lumens del ángulo exterior}}{\text{Lumens de lámpara}} \quad (3.1.3)$$

El coeficiente de utilización (C.U.) es la medida de eficiencia del sistema de iluminación incluyendo la misma luminaria y la forma en la que sale la luz de la luminaria hacia el plano de trabajo. El coeficiente de utilización se define como la relación entre los lumens recibidos en el plano de trabajo y el total de lumens emitidos por una lámpara ó lámparas, ecuación 3.1.4.

$$\text{C.U.} = \frac{\text{Lumens en el plano de trabajo}}{\text{Lumens de lámpara}} \quad (3.1.4)$$

Tipos de luminarios

Al escoger los luminarios que se utilizarán para un cierto espectáculo, debemos considerar qué podemos controlar en cada uno de ellos y que propiedades tiene la luz que proyectan, de esta forma saber para que son útiles. Las preguntas que nos hacemos al respecto a estos luminarios son la siguientes:

¿Podemos controlar la intensidad?. Esto depende del tipo de lámpara que se utiliza en el luminario. En general, éstas son controlables en su intensidad si son del tipo incandescente, es decir, del tipo de filamento de tungsteno, las cuales varían su intensidad reduciendo o aumentando su consumo eléctrico por medios electrónicos. Es más complicado el controlar la intensidad de lámparas que funcionan mediante arcos eléctricos, como son las lámparas de descarga, aditivos metálicos o fluorescentes. Eso es debido a que estas lámparas requieren de una corriente y voltaje constante para mantener el arco eléctrico que genera la luz, es por esto que su control de intensidad se lleva a cabo por medios mecánicos que obstruyen parcialmente la luz que estos emiten de forma constante.

¿Podemos controlar el color?. El color por lo general se controla mediante filtros que "pintan" la luz producida por el reflector escogido. La única consideración que se debe tener, es proveer a este luminario de los aditamentos necesarios para sujetar el filtro, y en su caso, cambiarlo de forma automática, a distancia y a nuestra voluntad.

¿Podemos controlar la dirección?. El escoger el montaje apropiado que nos permita dirigir el luminario de forma flexible y apropiada es una tarea fácil. Se debe considerar el movimiento vertical y horizontal del mismo. Por otra parte, podemos desear tener movilidad en los luminarios de forma motorizada.

¿Podemos controlar el haz luminoso?. Los distintos reflectores añaden a la luz producida por la lámpara, distintas propiedades. Estas son: luz difusa, luz concentrada y luz afocable entre otras. La necesidad de iluminar un objeto especificado de forma muy definida requiere de un luminario distinto al que se requeriría para dar luz de base a toda el área de exhibición.

Partiendo de esta pregunta, podemos analizar los distintos luminarios que se tienen para llevar a cabo una iluminación deseada.

Luminarios más comunes

Aunque existen una variedad muy grande de luminarias, nosotros nos enfocaremos a los que se usan más comúnmente en la producción de televisión, analizándolos en función de las 4 preguntas anteriores y dividiéndolos en los siguientes grupos:

- 1) Fresneles
- 2) Elipsoidales
- 3) Seguidores
- 4) Cazuelas
- 5) Luz de base
- 6) Luz afocable
- 7) Luz sellada (pares)

- 8) Luz de ciclorama
- 9) Efectos especiales

1) Fresneles

Esta luminaria emplea un lente fresnel y un reflector circular cóncavo, con la fuente de luz ubicada en el centro del radio del reflector, este luminario puede ser afocado, lo que se logra moviendo el reflector junto con la lámpara, más cerca o más lejos del lente. Al acercar la lámpara y reflector al lente, la luz es más difusa y con un mayor ángulo de proyección, al alejarlos, la luz es más precisa (afocada) y el ángulo de proyección menor. El uso de este reflector es para luz general muy controlada, se le pueden adaptar cortadoras al frente para mejorar el control de la luz y filtros para cambiar el color de la luz.

2) Elipsoidales

Este reflector usa uno o dos lentes plano-convexos y un reflector elipsoidal, la fuente de luz se ubica en el foco de la elipsoidal; el resultado es una luz afocable con definición, es decir que puede proyectar un haz con bordes definidos. Gracias a esta cualidad, se pueden interponer figuras a la luz las cuales son proyectadas y amplificadas. Según la posición de los lentes plano-convexos entre si y entre la fuente de luz, se proyecta con distintos ángulos, en el mercado se encuentran reflectores elipsoidales de 5 a 50 grados. El reflector cuenta con cortadoras integradas, éstas son cuatro láminas que se interponen a la luz para recortarla a nuestro gusto. Este reflector permite proyectar desde luz muy definida a luz difusa si se desafocan los lentes, además permite proyectar siluetas, cuentan con portafiltros.

Debido a su sistema de lentes éste es un reflector muy grande, sobre todo en versiones de ángulos cerrados, donde se requiere de mayor distancia entre lentes.

3) Seguidores

Los seguidores tienen una óptica muy similar a los elipsoidales, pero le agrega varios elementos como son: capacidad de cambiar el ángulo, es decir que permite proyectar desde ángulos cerrados hasta ángulos abiertos, deslizando los lentes y cambiando su relación entre ellos; permite cambiar el color de la luz que se proyecta y además cuenta con iris integrado que permite cerrar el haz de luz, cuenta con un control de intensidad de luz mecánico, el cual permite desvanecer la luz gradualmente y cortadoras que bloquean la luz si lo requerimos.

4) Cazuelas

Este luminario toma su nombre de su aspecto similar a una cazuela, debido a su tipo de reflector parabólico, en el cual se coloca la fuente luminosa muy cerca del reflector. Produce una luz muy abierta y totalmente incontrolable; debido a su

característica de luz muy difusa se usa para luz de base, se pueden colocar portafiltras con los cuales se cambia el color de la luz y cortadoras, aunque éstas resultan poco efectivas.

5) Luz de base (*soft light*)

Los luminarios de luz de base comparten su trabajo con las cazuelas, como su nombre lo indica, su función es proporcionar una luz suave y difusa, que permita crear ambientes de luz, su diseño pretende eliminar al máximo la sombras que proyectan los objetos que se iluminan, para lograrlo cuenta con un reflector alargado el cual evita tener un punto de emisión de luz; mientras más grande y largo es el reflector más eficiente es, su principal uso es eliminar las sombras excesivas que se generan al iluminar con reflectores de acento.

6) Luminario de luz afocable

Este luminario usa nuevamente un reflector parabólico, no cuenta con óptica alguna, en cambio, puede mover la posición de la fuente de luz, cambiando su punto de foco, por lo que puede proyectar un haz de luz amplio a uno de luz semi concentrada, aunque ésta siempre será difusa. Normalmente, estos luminarios son de tamaño reducido y de gran potencia luminosa.

7) Reflectores par (sellados)

Los luminarios par son básicamente un bote que aloja una lámpara llamada comúnmente par, esta lámpara tiene un reflector parabólico con la fuente de luz ubicada en el foco de la parábola, de la misma forma que el rayo de luz, enfrente de la parábola cuenta con una pantalla de lentes modulares que controlan el ángulo y la dispersión de la luz. El ángulo es distinto en el plano vertical que el horizontal, proporcionando siempre dos ángulos de proyección, el resultado es la proyección de una elipse, debido a esta facultad de proporcionar 2 ángulos de proyección se deriva el nombre de "par", la lámpara está construida en vidrio y es herméticamente sellada.

Comercialmente los reflectores par se encuentran en distintos ángulos, como son: 9°x12°, 10°x14°, 11°x24°, 21°x57°, 70°x70°, entre otros.

8) Luz de ciclorama

El ciclorama es un elemento teatral que consta de una tela de color claro que se suspende en el fondo del escenario en forma de un telón estirado, este elemento se "colorea" mediante luz, idealmente esta luz tiene que ser muy uniforme para dar el efecto de un fondo realmente pintado, el luminario que se utiliza para este fin es el llamado "ciclorama". Este luminario está constituido principalmente por un tipo de reflector con una curva muy especial, la idea es iluminar paredes o como su nombre lo señala, cicloramas, desde un punto a la misma altura que el inicio de la pared a

iluminar y además a la menor distancia posible, conservando una luz plana y uniforme sobre la superficie, es decir que el nivel de luz en toda la pared sea el mismo desde la parte superior hasta la parte inferior de la misma; sin embargo, el luminario se encuentra en uno de estos dos extremos (ya sea en el piso o en el techo), para lograrlo, el luminario posee un reflector que proyecta más luz a los puntos más lejanos a iluminar y menos a los más cercanos, siendo el extremo, aquellos puntos que sólo reciben la luz directa de la lámpara. Por otro lado, el luminario cuenta con lámparas alargadas para aumentar la cobertura horizontal, de manera que se usen el mínimo número de luminarios posibles. La luz de ciclorama cuenta con portafiltras para modificar el color de la luz.

En algunas ocasiones no basta con iluminar desde uno de los extremos y es necesario reforzar desde el otro extremo, esto dependerá de la altura del ciclorama o muro a iluminar.

10) Efectos especiales

Los efectos de luz son muy variados, según la inventiva de los fabricantes; sin embargo, casi todos ellos cuentan con similitudes, al ser su función en la mayoría de los casos proyectar algún tipo de luz con matices especiales, la mayoría de luminarios cuentan con un reflector tipo elipsoidal. Como se planteó anteriormente, seguido de un lente de absorción de calor, para evitar que los efectos que se proyectan sufran por la temperatura que emite la lámpara, un lente plano convexo, para condensar la luz y posteriormente todo tipo de efectos motorizados, programables etc. Actualmente los efectos más usados son la "luces robóticas", las cuales se controlan mediante consolas computarizadas para proyectar luz cambiante en posición, color, forma y ángulo de dispersión.

Ejemplos de algunas eficiencias de luminarias típicas, que se basan en el flux luminoso en relación con el ángulo exterior o de campo, son :

- Fresnel: rango de eficiencia cercano a 0.08 en la posición de la luz concentrada y hasta 0.28 en la posición de más abierta. En promedio los Fresneles se ubican cerca del 0.18 (18%).
- Cazuelas y otro tipo de luminarias tipo "*soft-light*": las eficiencias fluctúan entre 0.40 y 0.64 aproximadamente. El promedio para éstas es de 0.50 (50%).
- Seguidores y Elipsoidales: las eficiencias fluctúan entre 0.28 y 0.40. El promedio de un elipsoidal es cerca de 0.35 (35%).

Conforme se operan las fuentes de luz, la salida de lumens de estas fuentes continúa disminuyendo a través de la vida. Factores, como el polvo que se acumula en los lentes, superficies reflejantes, cubiertas de lámparas, etc., afectan la salida de lumens de una luminaria. El factor de pérdida de luz ó el factor de mantenimiento es una medida

neta de todos estos efectos. Este factor se define como la relación de iluminación en una área dada, después de un periodo de tiempo, a la iluminación inicial en la misma área con lámparas nuevas, equipo limpio, etc. También es posible referirse al factor de mantenimiento de una luminaria. Este está determinado por la relación de lumens que salen de una luminaria después de un periodo de tiempo, a los lumens que salen de una luminaria con lámparas nuevas, superficies y elementos nuevos, ajustes correctos, etc. Hay que notar que estas pérdidas, debido a la acumulación de polvo y a la falta de ajuste, son responsables de la reducción de más de la mitad de los lumens que el mismo luminario proporcionaba originalmente. Por lo tanto, es de suma importancia limpiar y ajustar todo equipo periódicamente.

Al parecer, y de acuerdo a las eficiencias de una luminaria indicadas anteriormente, la cantidad de salida de luz depende en gran parte a las características ópticas de la luminaria que se utiliza. Una unidad de cara abierta ó del tipo cazuela-sin-lente es mejor que un fresnel ó que un elipsoidal. Sin embargo, el cazuela está limitado en tiros cortos. Además, si se compara con un fresnel y un elipsoidal, el cazuela es una fuente de luz suave (difusa), mientras que los anteriores son fuentes controlables (afocables). Por lo tanto, el tipo de luminaria determina tanto el carácter como la cantidad de luz.

El tamaño físico de una luminaria, ó mejor dicho, el tamaño aparente de la fuente de luz es importante desde el punto de *shadow-casting* (sombra-personaje). Para un tipo de luminaria dado, la apariencia más grande de la fuente de luz significa que el *shadow-casting* es más suave cuando un objeto se expone a esta fuente de luz, que el mismo objeto expuesto a una fuente de luz mayor pero de fuente muy puntual. Un ejemplo de este efecto es la luz solar, en un día despejado, la luz que recibimos de sol es muy puntual, pues toda viene de un solo punto (el mismo sol), el efecto son sombras muy definidas en el suelo, sin embargo, en un día nublado, la fuente de luz es distribuida en la superficie de las nubes, por tal razón recibimos luz de un área mucho mayor (toda el área nublada donde la luz solar incide), el resultado es que las sombras desaparecen ó se encuentran en forma muy difusa. Este efecto se puede repetir al iluminar colocando difusores delante de las fuentes de luz, mientras más grande sea el difusor, menor será el efecto de sombras producido.

3.2 El ciclo de tungsteno-halógeno

Cuando un filamento de tungsteno emite luz, la gran temperatura al que está sometido permite que átomos de tungsteno se liberen del filamento y se proyecten contra las paredes de cristal de la lámpara, esto causa que las paredes de la lámpara se opaquen con el tiempo causando reducción de la emisión de luz y cambio continuo del color de la misma. El principio químico de introducir el gas halógeno a las lámparas con filamento de tungsteno para reducir el ennegrecimiento de las paredes de la lámpara, era bien conocido antes de poder usarlo en forma comercial, esto era debido a que los bulbos se le añadía yoduro, el cual causaba un color rosado en la luz, la búsqueda del gas halógeno más adecuado continuo por varios años sin encontrar uno

que tuviera las características de color y durabilidad deseadas, algunos halógenos atacaban al filamento reduciendo considerablemente su vida útil. Finalmente, se usó el bromuro y una aleación de cristal sintético en vez de puro cuarzo para el bulbo, la teoría demostró que mientras más reactivo era el halógeno, más eficiente resultaba el ciclo, por lo cual en principio el más efectivo sería el gas fluoruro, sin embargo este gas es tan reactivo que ataca el bulbo de cristal destruyéndolo.

El bromino, el gas elegido, resultó ser un gran avance tecnológico, éste no añade color a la luz y el nuevo material usado en el bulbo de la envoltura, es más barato que el cuarzo puro, sin embargo el yodo y el cloruro se usan comúnmente. El ciclo del tungsteno halógeno es un principio sencillo.

Los átomos de tungsteno que se liberan del filamento se combinan con átomos de bromuro que se encuentran libres dentro del bulbo, estos circulan juntos y eventualmente regresan al filamento donde se separan nuevamente, reponiéndose el átomo de tungsteno nuevamente en el filamento y el átomo de bromuro flota libremente. Idealmente, el filamento duraría por siempre, y por tanto tendríamos una lámpara perpetua, sin embargo y por suerte para los fabricantes de lámparas, esto no sucede. Si bien los átomos de tungsteno son emitidos uniformemente por todo el filamento, estos no regresan de forma uniforme, tiene la tendencia a adherirse en la partes más frías del filamento, por lo tanto las partes ligeramente más calientes se adelgazan, aumentando su resistencia y por tanto aumentando su temperatura aun más, recibiendo menos átomos de tungsteno hasta el punto de romperse el filamento de estas partes. Sin embargo, aunque no tenemos una lámpara eterna, si tenemos una lámpara con grandes ventajas:

- 1.- Una vida mucho más larga.
- 2.- Emisión constante de luz a lo largo de la vida de la lámpara.
- 3.- Color constante de luz a lo largo de la vida de la lámpara.
- 4.- Una envoltura más pequeña.
- 5.- Mayor relación de emisión de luz contra potencia (lumens/watts).

Las lámparas son diseñadas de manera que las paredes de la lámpara estén muy cerca del filamento para mantener una temperatura alta, el átomo de tungsteno evaporado se enfría rápidamente hasta una temperatura de 1400 °C, en este estado se combina fácilmente con los átomos de halógeno, estando juntos circulan libremente hasta encontrar una temperatura por debajo de 250 °C, lo que le permite separarse, o bien una temperatura mayor de 1400 °C, que permite también la separación de estos dos átomos. La lámpara está diseñada para evitar que las paredes de la lámpara estén tan cerca del filamento que no existan puntos de temperatura por debajo de los 350 °C, por esta razón los pares de átomos circulan hasta encontrar puntos por arriba de 1400 °C, que por supuesto es el filamento, permitiendo que se separen los elementos, regresando los átomos de tungsteno al filamento.

Un factor que se debe tomar en cuenta es la emisión de rayos ultravioleta por parte de los filamentos de tungsteno. La envoltura de cuarzo permite el paso de estos rayos, la exposición prolongada puede ser peligrosa, este problema se soluciona fácilmente interponiendo cualquier tipo de filtro de u.v. como podría ser vidrio común de borosilicato.

Las lámparas de tungsteno-halógeno se dividen en dos grupos de manufactura, las tipo cuarzo sintético y las de cristal endurecido. En el caso de las primeras, las paredes son extremadamente gruesas y resistentes, permiten una gran presión interior y por tanto la introducción de mucho gas halógeno, estas lámparas tiene el doble de vida que las segundas; de cristal endurecido, éstas son más delicadas y permiten poca presión de gas, su vida es de la mitad pero en recompensa su costo es también de la mitad.

3.3 Lámparas y bases de lámparas

La fuente de luz original fue la luz incandescente, la idea original de usar filamentos de carbón a los cuales se les aplicaba una corriente eléctrica, la cual elevaba su temperatura hasta el punto de producir luz, fue de Joseph Wilson Swan, inglés que condujo el primer experimento de este tipo, pero dejando el filamento al aire libre, la experiencia duro tan solo unos segundos en los cuales el filamento emitió la luz deseada. En 1845, Mr. Starr patentó la idea de producir luz transmitiendo una corriente eléctrica a través de un filamento de carbón atrapado en un recipiente al vacío. Sin embargo, la idea tubo que esperar a que Hemann Spengel inventara una bomba de vacío eficiente, Swan finalmente logró completar su diseño de lámpara incandescente e hizo una demostración en Inglaterra en 1879.

Durante este mismo año, Thomas A. Edison produjo su versión de lámpara al vacío, durante largos años se generó una disputa legal para obtener la patente del invento, finalmente, en 1883, Edison y Swan llegaron a un acuerdo compartiendo el mérito y crearon juntos la *United Light Company*. Esta compañía fabricó lámparas de filamento de carbón hasta 1906, cuando apareció el filamento de Tungsteno, el cual permitía aumentar en gran medida la emisión de luz de las lámparas y aumentar el color de la temperatura, ya que el punto de fundición del tungsteno es mucho mayor que el del carbón, esto permitía llegar a temperaturas en el filamento de hasta 3410 °K (con lo cual la luz emitida es más blanca). A partir de la introducción del tungsteno, otros avances se produjeron en forma muy rápida, entre ellos la reducción del tamaño de la lámpara, la cual se logró retorciendo los filamentos y dándoles formas de espirales que conservaban la longitud del mismo en una forma mucho más compacta, otro de gran importancia fue el continuo aumento en la emisión de luz, creando una lámpara de mayor capacidad.

El siguiente paso de gran importancia fue la introducción de gases en el interior de los bulbos de las lampareras, estos gases retardaban la evaporación del tungsteno

y aumentaban el tiempo de vida de las mismas, los primeros gases que se usaron fueron el nitrógeno y el argón. En 1950 se introdujo por primera vez el gas halógeno en las lámparas de tungsteno, el proceso se perfeccionó hasta 1960 que se usó comercialmente halógeno en las lámparas, iniciando lo que hoy se conoce con el ciclo tungsteno - halógeno.

Otros avances significativos fue el descubrimiento de los filtros dicroicos, los cuales descomponen la luz reflejando únicamente las frecuencias que deseamos proyectar y dejan pasar los no deseadas, como son las infrarrojas que transmiten el calor reduciendo la temperatura asociada al haz luminoso. En la figura 3.3.1 se muestran algunos tipos de lámparas incandescentes.

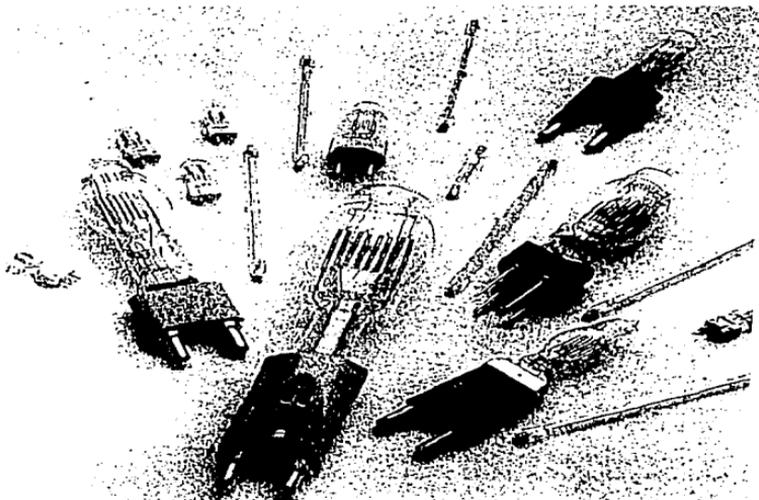


Figura 3.3.1 Tipos de lámparas incandescentes

La lámpara incandescente es un generador de calor más que un generador de luz, su eficiencia es apenas del 10%, la luz generada por la lámpara es transmitida por el

aire el cual también absorbe cierta cantidad de luz, generando más calor, es por esta razón que es muy importante considerar la ventilación del local donde se instalarán un gran número de lámparas incandescentes.

El efecto de variar el voltaje

Todas las lámparas se diseñan para un voltaje específico, los fabricantes deciden diseñar en base a los siguientes criterios: voltaje de operación, temperatura del color, vida útil, corriente y wataje. Las lámparas son medidas en condiciones que se consideran normales y son reportadas en expresiones como lumen por watt, si cualquiera de los parámetros cambia, éste afecta a todos los demás, pues todos interactúan. Uno de los ejemplos más notables y comunes de esta interacción, si el voltaje desciende, el flujo de corriente reducirá también, por ser el wataje igual a voltaje x corriente, éste descenderá llevando la temperatura del tungsteno más abajo, cambiando la temperatura del color hacia el rojo.

En la figura 3.3.2 se muestra una gráfica, donde la variación del voltaje en la línea de alimentación ocasiona grandes variaciones en la vida de la lámpara, la cual puede incluso triplicarse con una disminución de tan solo 10% en el voltaje aplicado, de la misma forma, con tan solo suministrar un voltaje de 5% mayor al especificado, la vida de la lámpara se reduce a la mitad.

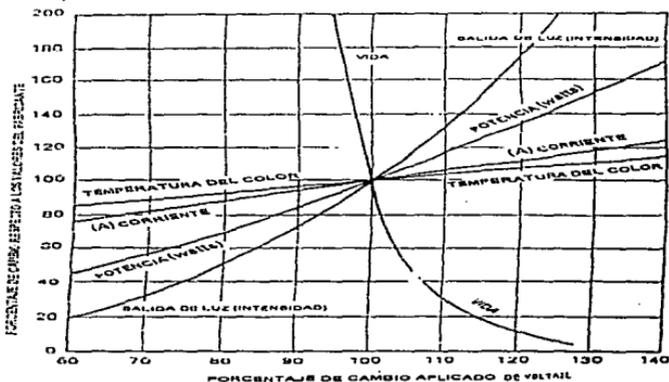


Figura 3.3.2 Gráfica que muestra la variación del voltaje en la vida de una lámpara.

La practica de reducir en un porcentaje pequeño el voltaje de la lámpara es una practica común para aumentar la vida de las mismas.

Nombres y formas de las lámparas

El *American National Standards Institute* (ANSI) utiliza un nombre de 3 letras para las lámparas incandescentes. Estas letras se escogen aleatoriamente y describen a la lámpara. Cuando un código ANSI le es asignado a una lámpara, ese código es utilizado por todos los fabricantes. Este código describe ciertos parámetros de la lámpara como son el wataje, tipo de base, tamaño del bulbo, longitud del centro de luz, etc., así mismo se asegura el intercambio físico de la lámpara. Si el funcionamiento del equipo de iluminación es particularmente sensible al tamaño del filamento, al espacio de la rosca, etc., el código ANSI no garantiza que las lámparas de diferentes fabricantes funcionen de la misma manera. Normalmente el código ANSI que se utiliza para lámparas incandescentes se utiliza para tipos fotográficos. El código del fabricante es una segunda forma de nombrar a la lámpara. Normalmente dos ó más fabricantes estarán de acuerdo en utilizar el mismo código para un tipo de lámpara, aunque otros dos fabricantes pueden usar un código distinto para el mismo tipo de lámpara. Usualmente estos códigos de fabricantes son descriptivos y a menudo incluyen el wataje de la lámpara y el tamaño y forma del bulbo. Algunos fabricantes de equipo de iluminación proveen lámparas con su propio sistema de códigos para poder identificar las lámparas correctas para sus equipos.

Las formas de los filamentos se identifican por un nombre de dos partes. La primera parte indica que el filamento ésta en espiral (C) ó que la espiral está formada adentro de una segunda espiral más grande, ó sea una espiral en espiral (CC). Si hay más de una sección básica del filamento, algunas veces el número de secciones se usa como prefijo.

La segunda parte es una letra ó un número, que designado arbitrariamente, describe la configuración y el soporte del filamento en relación al eje de la lámpara. La Figura 3.3.3 muestra algunas de las formas más comunes de filamentos; la mayoría de éstos pueden ser de construcción C ó CC. Los detalles y proporciones de la montadura pueden variar considerablemente por cada nombre.

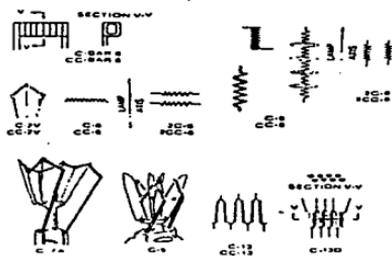


Figura 3 3 3 Formas más comunes de filamentos.

La forma de los bulbos normalmente se identifica por una letra(s), que describe la forma básica ó alguna característica que sobresalga. La Figura 3.3.4 ilustra algunos tipos comunes de bulbos con sus letras.

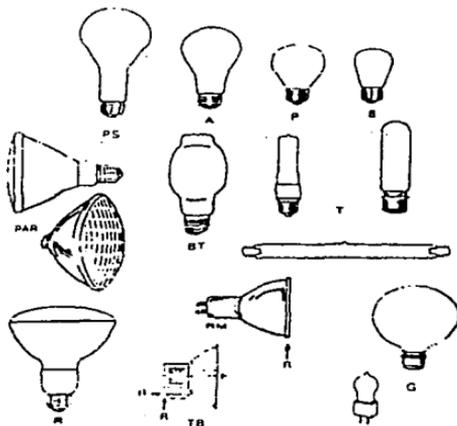


Figura 3 3 4 Tipos de bulbos más comunes con sus letras.

Como ejemplos, la "T" es para tubular, la "R" para lámpara de reflector, la "S" para lados rectos, etc. La letra descriptiva va seguida de un número que expresa el diámetro máximo aproximado en octavos de pulgada; por ejemplo, un bulbo G-48 es de forma esférica con un diámetro máximo de aproximadamente 6 pulgadas ($\frac{48}{8}$). Algunas veces se utiliza un sufijo con el nombre de la lámpara para indicar el final del bulbo; los más comunes incluyen "IF" para frío interno, "CL" para claridad, y varias letras para los bulbos de color. Los sufijos también se usan, en algunos casos, para designar características especiales como el diseño del servicio.

La figura 3.3.5 ilustra algunas de las bases de lámpara más comunes. Las lámparas de doble lado se especifican en términos de longitud total máxima (MOL). La locación del filamento en lámparas de un solo lado, se especifica por la longitud del centro de luz (LCL), que se mide, para bases de rosca, desde el centro del filamento hasta la parte baja de la base; para bases de bayoneta, desde la parte superior hasta la base de la clavija; para bases de pre-foco, desde la parte superior de las aletas; para bases grandes de dos postes, desde el soporte de los postes; y para bases medianas de dos postes desde la parte inferior del bulbo.

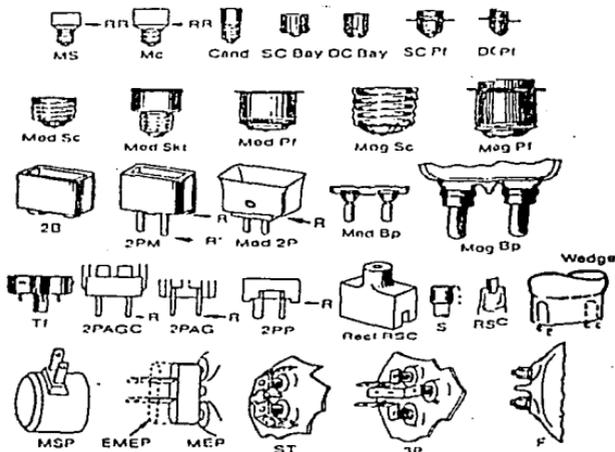


Figura 3.3.5 Algunas de las bases de lámpara más comunes.

Algunas otras bases tienen referencias especiales, como las que se muestran en la figura. La longitud total máxima (MOL) de una lámpara de un solo lado se mide desde la parte alta del bulbo hasta la parte baja de la base.

Lámpara de descarga

Si consideramos al sol como la primera y original fuente de luz, el cual consume su combustible de hidrógeno a 14,000,000 °K en el núcleo, llegando a 5800 °K en la superficie, entonces debemos considerar las lámparas de descarga como su más fiel copia.

El primer experimento de generación de luz mediante un arco eléctrico fue llevada a cabo en 1745 por Benjamin Franklin, el cual estaba convencido de que la luz podía ser producida por la generación de un arco eléctrico.

Sir Humphry Davy, el inventor de la lámpara de minero segura, demostró la generación de luz mediante un arco eléctrico entre dos carbones conectados a un banco de baterías del tipo Volta, los carbones eran continuamente ajustados para conservar el arco, el proceso era difícil y peligroso, pues los carbones se quemaban a más de 3300 °C.

En 1816 se desarrolló la creación de luz mediante la emisión de un chorro de oxígeno e hidrógeno contra un bloque de calcio, éste emitía luz al llevarlo a altas temperaturas. Esta luz fue usada comúnmente para los primeros cines y proyección de efectos de luz, la luz era difícil de usar por el cuidado que debían tener los operadores en el ajuste de la piedra de calcio y la presión de los cilindros de oxígeno e hidrógeno, esta luz llamada "*limelight*" ocasionó más de un accidente con fatales consecuencias.

En 1830 aparecieron los primeros reflectores que contaban con lámparas de arco de carbón alimentado con baterías, Sir Humphry Davy, continuó diseñando distintas lámparas de arco con electrodos de carbón desde 1900 hasta 1965. La industria del entretenimiento y filmica, empezó a utilizar estos reflectores desde 1900, requerían de corriente directa para operar por lo que se usaban grandes generadores de c.d. para alimentar las lámparas.

Las primeras lámparas de descarga prácticas aparecieron en 1922, aunque fueron desarrolladas desde 1895. Estas lámparas son las llamadas "tubos con cátodos frío", la luz es producida por electrones que viajan de un cátodo a otro a gran velocidad, los cuales chocan con moléculas de gas atrapadas en un tubo sellado. Para acelerar los electrones, las primeras lámparas de este tipo aplicaban voltajes de 2,000 a 10,000 V a una muy alta frecuencia. Los tubos de cátodo frío contienen gas a presión baja, cerca de 1/100 de atmósfera. El color de la luz depende del tipo de gas usado en el interior del tubo. Si se usa dióxido de carbono, se emite una luz muy blanca de baja intensidad; el gas neón produce una luz roja muy usada en la publicidad exterior.

Posteriormente surgió la lámpara de cátodo caliente, ésta brindaba mucho mejores propiedades comerciales, estas lámparas pueden operar a voltajes menores y usan sustancias metálicas como el "tungsteno thoriado", el cual al ser calentado produce un alto nivel de actividad electrónica en el tubo. Hacia 1932 se añadió a las lámparas de cátodo caliente, mercurio y sodio a alta presión, con lo que estas lámparas aumentaron grandemente su eficiencia, estas lámparas se siguen usando comúnmente en nuestros días.

En todos los tipos de lámparas de descarga, el factor común es el arco eléctrico entre dos electrodos dentro de una envoltura hermética la cual contiene además un gas o vapor inerte. Una balastra el cual contiene bobina, es usada para limitar la corriente del arco después de que este es iniciado, para formar el arco eléctrico, se requieren de voltajes entre 5,000 y 15,000 V. Para lograr romper la resistencia entre los electrodos, después de creado el arco eléctrico, la balastra controla la cantidad de corriente que se utiliza en el arco. El proceso de encendido de las lámparas de arco eléctrico toma de uno a dos minutos para calentar el vapor o gas contenido en la lámpara. Si las lámparas de este tipo son apagadas, es necesario esperar a que se enfrien para lograr encenderlas de nuevo, debido a que el gas caliente ofrece más resistencia para iniciar el arco eléctrico, sin embargo se puede reiniciar éste con la lámpara caliente si se alimenta la lámpara con un voltaje cerca de 40,000 V.

Las lámparas de descarga usan vapor de mercurio, gases de tierras raras, mezclas químicas, y otros 40 tipos distintos de elementos o combinaciones de elementos, según el que se use, la luz cambia de color e intensidad.

Lámparas de Mercurio

Este tipo de lámpara de descarga de alta intensidad se utiliza para varias aplicaciones industriales y comerciales. El tubo del arco de mercurio, en un bulbo externo, es de una calidad de color limitada, además de la ausencia virtual de las longitudes de onda del naranja y el rojo. Las lámparas con bulbos externos de recubrimiento de fósforo han incrementado la calidad del color ya que el fósforo provee las longitudes de onda faltantes. Se requiere de una balastra para que se opere correctamente, y la calidad de color de la lámpara disponible se limita a su uso. La atenuación de una lámpara de mercurio es una innovación reciente, la cual todavía tiene capacidades restringidas.

Lámparas con Aditivos de Metal

La lámpara Metalarc es similar, en forma, a la lámpara de mercurio, pero aditivos de metal se han incluido en el tubo del arco para incrementar la temperatura del color de la luz. Esta lámpara tiene varias aplicaciones industriales y comerciales, y requiere de una balastra para una operación correcta. La presencia de aditivos condensados en el tubo del arco hace muy dudoso que sea posible un rango de atenuación largo.

Lámparas de Sodio

La lámpara de sodio a baja presión es una fuente de luz amarilla, la cual se utiliza normalmente para alumbrado público (calles). Con la introducción de lámparas de sodio a alta presión como las Lumalux 2, se expande el uso de las fuentes de luz de sodio. Las aplicaciones industriales y comerciales para estas fuentes de iluminación generalmente son más eficientes, se limitan por la calidad del color dorado - cálido. Se requiere de una balastra para la operación correcta de la lámpara, además, la mayoría de las lámparas de sodio a alta presión necesitan un dispositivo de alto voltaje para encender. La lámpara Unalux es un tipo de lámpara que puede comenzar a trabajar en ciertas balastras de lámparas de mercurio.

Lámparas Short-Arc

La lámpara Short-Arc, ó de arco compacto, es una lámpara a alta presión que tiene el tamaño del arco más pequeño comparado con el tamaño del electrodo. Las lámparas llenas de gas, como las de mercurio ó las de xenón, tienen como ventaja principal que la luminancia del arco es mayor, haciéndolas ideales para trabajos de proyección.

A continuación se muestra la tabla 3.3.1 de las principales lámparas comerciales usadas en la industria del entretenimiento, éstas van desde las llamadas de luz de día, es decir 5600 °K hasta los 3400 °K, la cual es casi la temperatura de color de una lámpara incandescente.

Las siguientes lámparas son de alimentación alterna AC:

HYDRARGYRUM (MÉRCURIO EN LATIN), ARCO MEDIO, IODO.

Esta lámpara produce 95 lumens por watt, y un 5600 °K

ARCO MEDIO, TIERRAS RARAS

95 lumens por watt, 5600 °K

IODO DE METAL RARO 95

95 lumen por watt 5600 °K

IODO DE METAL

95 lumen por watt 5600 °K

IODO COMPACTO, LUZ DE DÍA

70 a 80 lumen por watt 5500 °K

IODO COMPACTO DE FUENTE PEQUEÑA

90 lumens por watt 4000 °K

SN	TIN HALIDE 90 lumens por watt 4000 °K
DAYMAX	MERCURY HALIDE 95 lumens por watt 5600 °K
BRITE ARC	MERCURY HALIDE 95 lumens por watt 5600 °K

La siguiente lámpara es de alimentación directa DC:

EMI	XENON 40 lumens por watt 6000 °K
------------	-------------------------------------

Tabla 3 3 1 Principales lámparas comerciales usadas en la industria del entretenimiento.

Como se puede observar en esta tabla, los fabricantes de lámparas establecen el color de sus luminarios en grado Kelvin, sin embargo ésta es una aproximación a la curva de cuerpo negro, los fabricantes mezclan los gases en distintas proporciones para lograr imitar la luz del día, es decir 5600 °K. Como es obvio, la eficiencia de estas lámparas es mucho mayor que las del tipo incandescente, las cuales tienen en promedio una eficiencia de 26 lumens por watt.

Es importante considerar que las lámparas de descarga requieren de una balastro la cual es un elemento inductivo, este elemento genera un factor de potencia que puede llegar a ser hasta del 0.6 (desfasamiento entre la corriente y el voltaje), un ejemplo típico de este efecto es el siguiente: Una lámpara de descarga de 2,500 W, comparada con una incandescente de 2,500 W, para un voltaje de 240 V, la incandescente consume 10.42 A; en el caso de la de descarga, la cual cuenta con una balastro con factor de potencia igual a 0.6, la corriente consumida será igual a 17.36 A, por lo que éste es un factor importante en el cálculo del consumo real de estas lámparas.

Las lámparas de descarga pueden ser alimentadas también por balastros electrónicos no inductivos, estas balastros llamadas de onda cuadrada por la forma de onda de la alimentación resultante, son de tamaño y peso muy inferior a las de tipo inductivo, sin embargo, tienen desventajas en lo que se refiere a sonido audible producido por la balastro y la lámpara, además generan picos de voltaje debido al brusco cambio de polaridad que se presenta en la onda cuadrada, estos picos regresan por la alimentación, ocasionando interferencias en otros equipos como sonido, cómputo etc.

Lámparas Fluorescentes

La lámpara fluorescente es una lámpara de descarga de forma tubular, la cual requiere de una balastra para operar correctamente. Una variedad de recubrimientos de fósforo permiten un rango muy extenso de características de color. Estas lámparas se utilizan normalmente para iluminar áreas de oficinas, escuelas, tiendas y lugares similares. Con frecuencia, el color de la lámpara se combina con su aplicación para obtener desde una luz de día fresca hasta efectos incandescentes cálidos.

Las lámparas fluorescentes han sido desarrolladas especialmente en estos últimos años, se ha reducido el tamaño de las mismas, aumentado el wataje y mejorado el índice de rendimiento de color. Además se han implementado nuevos tipos de balastras más ligeras, más silenciosas, con mejores propiedades de atenuación y libres de interferencias electromagnéticas.

Adicionalmente las lámparas fluorescentes son más de 5 veces más eficientes y de 10 a 50 veces más duraderas que las incandescentes. El tema de las lámparas fluorescentes será desarrollado a detalle más adelante.

Filtros de Color

En algunas aplicaciones como la iluminación de un escenario, la selección de filtros de color para las luminarias se basa normalmente en características visuales. Estas se escogen en base a las características de la fuente de luz. Sin embargo, para efectos fotográficos, el balance de color de las fuentes de luz, tales como las lámparas incandescentes y la luz de día, debe cuidar en forma especial una distribución de poder espectral razonable. Ya que las películas y cámaras de televisión son sumamente sensibles a los cambios en la distribución espectral de la luz.

Antes de hacer una toma mediante una cámara de video, se efectúa un procedimiento rutinario llamado balance de blanco, en el mismo se ajusta la cámara para que reconozca un blanco como parámetro sobre el cual los demás colores se definen.

En caso de que las distintas fuentes de luz difieran en la temperatura de color para el blanco de referencia, los efectos en la cámara de video serán notorios y expresados con desbalance en toda la gama de colores.

Las diferencias entre distintas fuentes de luz se pueden corregir mediante filtros correctores, los cuales se pueden describir en términos de temperatura de color. Los filtros producen alteraciones en la temperatura de color. Para poder describir esta constante alteración, es necesario utilizar la temperatura de color recíproca; para tener números medidos convenientes, el recíproco se multiplica por un millón. A la unidad de medida para esta escala se le llama "mired" para graduación recíproca, y en años recientes se le ha llamado megakelvin recíproca. Por lo tanto en la ecuación 3.3.1 tenemos:

$$mired = \frac{1,000,000}{Temp.Color(K)} \quad (3.3.1)$$

Los filtros diseñados para estas alteraciones de color se describen por la alteración de mireds que producen, el cambio de mired es contante para el filtro y se necesitan pocos filtros para cambiar el balance de una temperatura de color a otra.

Los filtros fotográficos, como los filtros Wratten (Eastman Kodak), están disponibles para dicho balance de color de la cámara.

Cuando las características de color de una fuente de luz no están completamente descritas por la temperatura de color, por ejemplo una lámpara BriteArc, lámparas fluorescentes y otras lámparas de descarga, es usualmente necesario utilizar dos filtros. Uno es un filtro para balance de luz que varía en la escala del ámbar al azul, y el segundo es un filtro compensador de color a lo largo de la escala del magenta al verde. La mejor selección de filtros se hace utilizando un medidor apropiado como el Minolta Color Meter II, este medidor muestra un índice de balance de luz y un índice de compensación de color, además provee de una conversión de éstos para los filtros Wratten. Para la corrección de color en la luminaria, Rosco da una equivalencia entre sus filtros Cinegel y los filtros Wratten, como lo muestra la figura 3.3.6.

INDICE DE CORRECCION DEL COLOR	WRATTEN	CINEGEL
Magenta	40M	Minusgreen (3308)
	30M	1/2 Minusgreen (3313)
	20M	1/3 Minusgreen (3314)
	10M	1/4 Plusgreen (3318)
	5M	1/2 Plusgreen (3315)
	0	Plusgreen (3304)
	5G	
	10G	
	20G	
	30G	
Verde	40G	

Figura 3.3.6 Índice de corrección del color en los filtros Wratten y Cinegel.

La información anterior nos permite reconocer y comprender los fundamentos de la iluminación para televisión, además nos da la base de terminología que se usa en este medio, mediante la cual podemos comunicarnos más fácilmente con las personas dedicadas a esta tarea, en los siguientes capítulos se utilizarán los conceptos aquí vistos en forma práctica.

CAPÍTULO 4

SISTEMAS DE CONTROL PARA EQUIPO DE ILUMINACIÓN EN T.V.

En este capítulo se abordarán los diferentes sistemas de control más comunes para un equipo de iluminación en televisión como son los atenuadores, consolas de iluminación, así como sus sistemas de suspensión y distribución de contactos.

4.1 Atenuadores

(DIMMERS) *

Los atenuadores de luz modernos o *Dimmers*, son esencialmente fuentes de poder conmutadas, la energía suministrada por la línea de AC es controlada para variar el promedio de voltaje que el *dimmer* suministra a la fuente luminosa. El *dimmer* logra esto con un par de rectificadores de silicio controlables llamados SCR y una señal de control. Como se observa en la figura 4.1.1, el SCR se enciende en algún punto del ciclo de la señal senoidal mediante el control en su compuerta (*gate*), apagándose por sí sólo en el punto de cruce con cero de la señal senoidal.

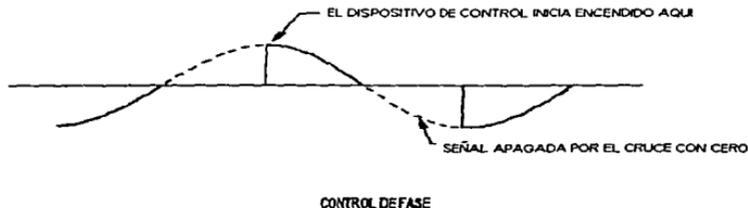


Figura. 4.1.1 Funcionamiento de un dimmer de SCR.

* *Dimmer*: En el caso de los sistemas de iluminación, atenuador de la intensidad de luz. No importa cual sea el método o la tecnología empleada para tal fin.

Variando el punto en el que el SCR es encendido, el atenuador puede regular el nivel de salida de la fuente luminosa, este control es conocido como el "forward phase control" (FPC).

El encendido del SCR en la mitad del ciclo senoidal de AC genera un gran pico que produce ruido mecánico por el zumbido del filamento en la lámpara y ruido eléctrico en forma de radiofrecuencia. Para contrarrestar este pico de energía se incluye en el circuito del atenuador un inductor toroidal o *choke*, el cual es conectado en serie con la salida del SCR de manera que suavice la transición de encendido del *dimmer*.

El tiempo que le toma a la corriente para empezar a fluir, conocido como el tiempo de elevación del *dimmer* ("*dimming rise time*"), es proporcional con el tamaño del *choke*. El tiempo de elevación de encendido se mide como el tiempo que toma el voltaje para ir desde el 10 hasta el 90 por ciento del máximo. La mayoría de los SCR para propósitos de atenuación especifican tiempos de elevación de por lo menos 500 microsegundos, aunque es común encontrar de 350 microsegundos.

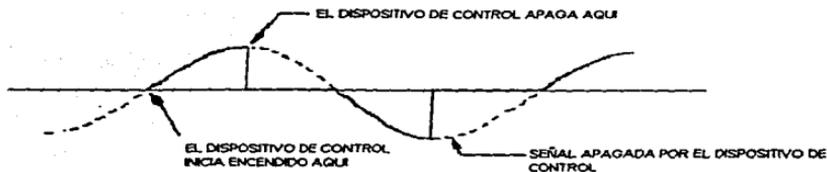
Los *dimmers* del tipo FPC son baratos y muy confiables pero tienen ciertas desventajas, el *choke* aumenta el peso y el tamaño de los módulos de *dimmers* y aún los más finos son un tanto ruidosos. Otro punto en contra es el hecho de que el tiempo de elevación es dependiente de la carga, y el tiempo de regulación de la salida del *dimmer* no puede ser menor a medio ciclo; cuando un SCR es encendido, solamente la ausencia de corriente (el cruce con cero) puede apagarlo.

Recientemente, algunos fabricantes comenzaron a implementar el control invertido de fase (*reverse phase control*) RPC. Mediante el uso de controles de potencia como transistores bipolares de puerta aislada (*isolated-gate, bipolar transistors*) IGBT o también los transistores de efecto de campo metal óxido silicio (*metal-oxid-silicon-field-effect transistors*) MOSFET, la forma de onda puede ser encendida o apagada en cualquier punto durante el medio ciclo.

Los sistemas RPC permiten a la señal senoidal crecer normalmente empezando en el cruce con cero y apagarla en el punto apropiado del medio ciclo.

Este sistema tiene varias ventajas, ya que no existen encendidos en momentos donde la corriente no está presente y se eliminan picos de voltaje y por tanto ruidos eléctricos y mecánicos, por lo que los *chokes* ya no son requeridos. Los sistemas RPC dan libertad de supervisar la salida del *dimmer* y apagarlo en cualquier punto, lo que permite diseñarlos de forma inmune a los cortos circuitos y sobrecargas. Sin embargo, su principal desventaja es comparación con los *dimmers* convencionales FPC es su elevado costo.

El desempeño de los *dimmers* RPC puede observarse en la figura 4.1.2.



CONTROL DE FASE INVERTIDO

Figura 4.1.2 Funcionamiento de un dimmer RPC.

4.2 Control

Consolas de control de iluminación

Hoy en día, las consolas de iluminación se pueden dividir en cuatro categorías básicas definidas por su utilización; consolas de dos escenas preestablecidas, consolas basadas en submaestros, consolas computarizadas y consolas de control para luces móviles.

El primer caso es el más básico; se tienen dos escenas preprogramadas manualmente mediante controles deslizables, las escenas se actualizan constantemente y se cambia de una a otra en forma suave o rápida según lo desee el operador. El siguiente tipo, es similar a la primera pero tiene muchas más escenas, su uso es requerido cuando los cambios deben ser muy rápidos y variados. Por otro lado, las consolas computarizadas permiten la completa programación de todos los eventos, pueden operarse de forma manual o en base a una referencia tal como el código SMPTE o MIDI, y son muy comunes en espectáculos que se sabe, siempre serán iguales de manera que la improvisación se presenta de forma muy esporádica.

El último tipo de consola de control surgió recientemente con los reflectores robotizados, estas consolas a diferencia de las anteriores controlan además de la asignación de circuitos, encendido e intensidad, también el color de los reflectores y su posición tanto horizontal como vertical. Cabe recalcar que la tendencia se dirige a crear consolas computarizadas que cuenten con la facilidad de controlar reflectores móviles, como ya lo hacen algunos equipos aunque aún de forma poco eficiente .

Control de los dimmers

Los sistemas de *dimmers* son controlados por una señal de voltaje de DC. El concepto es muy sencillo: cero volts representa la condición de apagado y 10 volts representa la condición de 100 por ciento.

Los sistemas de control analógico contemplan enviar el voltaje de control desde la consola hasta cada uno de los *dimmers* individualmente, lo que implica tantos cables de control como *dimmers* quieran controlarse. Sin embargo, actualmente han sido reemplazados por esquemas digitales de control multiplexado, en los cuales unos pocos cables son usados para controlar un gran número de *dimmers*. El standard mundial para este tipo de control es conocido como DMX512 (*Digital Multiplexing 512*).

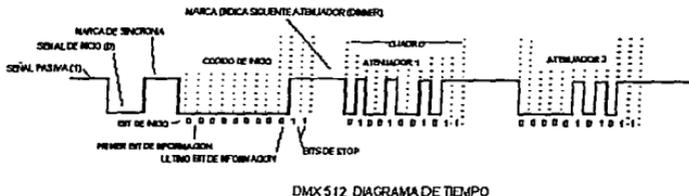
El DMX512 tiene su base eléctrica en el standard RS485, lo cual significa que cada conexión puede acomodar hasta 32 receptores (el RS485 es un standard de comunicación serial para computación). El standard especifica que el conector usado debe ser del tipo de XLR de 5 terminales, solamente se usan 3 terminales para una conexión simple de DMX, los dos restantes son usados para una comunicación de regreso del banco de *dimmers* a la consola de control.

DMX transmite el nivel de los *dimmers* de forma serial a una velocidad de 250 Kbps. La información del primer *dimmer* es enviada primero, la información de los demás es enviada en forma ascendente hasta 512.

Composición de la señal digital de control

En su estado pasivo el DMX se encuentra en un nivel alto o condición "1". En el momento de iniciar una transmisión de control la consola envía un "brake" en el cual la señal cae al nivel cero por lo menos durante 88 microsegundos, equivalente a dos ciclos de tiempo. Seguido del "brake" un pequeño pulso, conocido como MAB (*mark after brake*) es enviado como inicio de sincronía. Acto seguido se envía un byte con valor cero, conocido como código de inicio nulo (*null start code*). Este byte indica al receptor que información válida de los *dimmers* va a ser enviada. Ningún cambio en los *dimmers* puede ser efectuado si no se recibe este byte nulo. Después del mismo, se comienza con el envío de información para la actualización de los *dimmers*. Un byte de ocho bits (0-255 niveles) representa el nivel del *dimmer*. Cada byte es encerrado por un bit de valor cero y dos bits de valor 1 y estos últimos señalan el final de la información para este *dimmer* y el inicio de la transmisión para el siguiente.

En la figura 4.2.1 se muestra el diagrama de tiempo de la señal DMX512.



DMX512 DIAGRAMA DE TIEMPO
 Figura 4.2.1 Diagrama de tiempo

El código de control es el DMX512, puede manejar, como su nombre lo indica, hasta 512 atenuadores o *dimmers*, sin embargo esta capacidad se aumenta con más enlaces de DMX de la consola de control a los bancos de *dimmers*, por cada enlace se añade capacidad para controlar 512 circuitos adicionales.

Como se mencionó anteriormente, la consola recorre los circuitos de control de forma consecutiva y de uno a uno, la consola refresca el valor de atenuación de los circuitos varias veces por segundo, dependiendo el número de circuitos a controlar. No existe límite en el número de circuitos a controlar por una consola de control, sin embargo, mientras más circuitos se conecten, la frecuencia para refrescar la información disminuye, por tal razón, se fijó un límite a esta frecuencia, la cual no puede ser menor de 20 Hz, aunque se use 44 Hz para todas las aplicaciones comunes.

Las consolas de control basadas en microprocesadores permiten gran flexibilidad en la asignación de circuitos (parcheo electrónico), secuencias de seguimiento, desvanecimientos de tiempo, cambios de escenas automáticos, desplegado de información visual y memoria para guardar toda la información. La operación se reduce, en gran parte, al trabajo en papel y el tiempo para establecer la escena, permitiendo el aumento de la libertad artística y la sencillez de la operación.

Además del tamaño físico y la capacidad de poder de los *dimmers*, el método ó grado de control obtenido es importante. En muchas ocasiones, la escala asociada con la palanca de control está marcada con 10 divisiones de igual separación, de las cuales cada una se divide en cuartos. Resulta ideal pensar que el movimiento gradual de la palanca de control, provocara una variación lineal de voltaje que a su vez proporcionara un cambio lineal en la intensidad luminosa. Desafortunadamente la respuesta del ojo humano a la intensidad de la luz no es lineal. La Fig. 4.2.2 muestra la relación de la "luz aparente" (tal como la ve el ojo humano) cuando el área que está alrededor de la luz atenuada, es una brillantez constante que corresponde al 20% de la máxima brillantez producida por la luz atenuada.

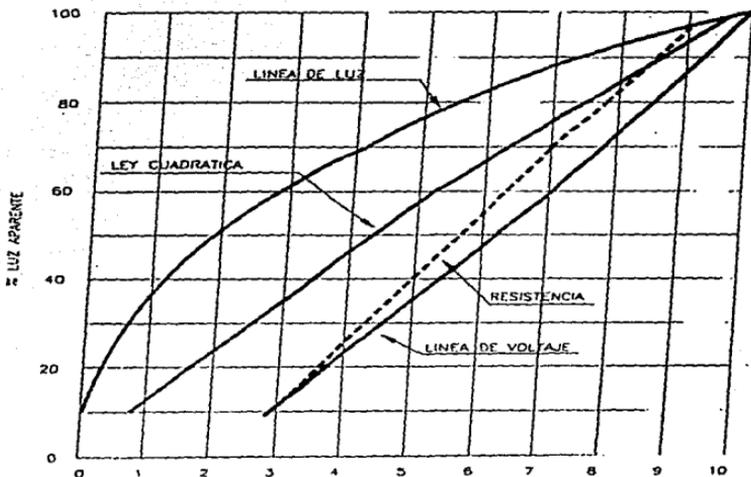


Figura 4.2.2 Relación de la luz aparente

La desventaja del control de voltaje lineal es que conforme el operador mueve la manija a través de las 10 graduaciones espaciadas en la escala, la salida de luz es no lineal. En los últimos dos pasos (8 a 10) el cambio excede el 50 por ciento.

Dado que no existe una relación simple entre los cambios del nivel real de luz y los cambios de luz aparente que se ven por el ojo humano, sólo es posible aproximarse a un cambio uniforme en el nivel de luz. Esto se hace utilizando una variedad de curvas simples, una de las cuales se denomina, frecuentemente, la curva de Munsell. Se seleccionó arbitrariamente una curva en este rango, refiriéndose a ella como la "ley cuadrada". La curva de la ley cuadrada está muy cerca de producir un cambio lineal en la luz aparente como muestra la figura 4.2.2. Al establecer la escala en 8 ó en 80%, la salida de luz equivale a $(0.8)^2$, es decir, 64%. Al establecer la escala en 5 ó en 50% la

salida de luz es de 25%. Esta curva se utiliza en la mayoría de los sistemas de iluminación teatral y también ha tenido cierta aceptación en los estudios de televisión.

La Fig. 4.2.3 muestra la relación del control del *dimmer* y el voltaje suministrado a la lámpara.

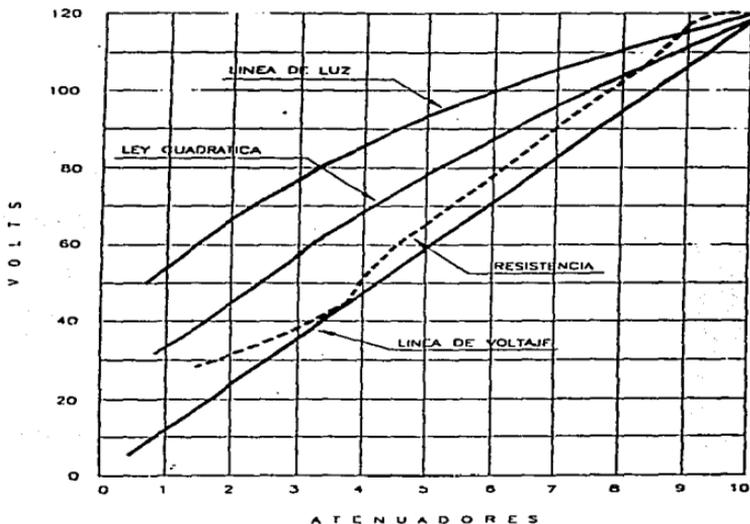


Figura 4.2.3 Relación del control del *dimmer* y el voltaje suministrado.

Las curvas de la Figura 4.2.2 dependen del voltaje (voltaje lineal y atenuado de resistencia), y las curvas de la Figura 4.2.3 dependen de los lumens de una lámpara en particular en contra a las características del voltaje, las curvas mostradas son para lámparas teatrales típicas.

4.3 Sistemas de suspensión

En los estudios de televisión las luminarias están situadas a una altura razonable sobre el área de actuación y suspendidas de una cuadrícula de tubo llamada parrilla. La razón para ello es muy simple, no es deseable tener el área de actuación llena de reflectores colocados sobre tripies y soportes de piso. Es suficiente con tener las cámaras y los micrófonos a nivel de piso como para tener que hacerle espacio a las luminarias. En esta sección hablaremos un poco sobre los distintos métodos que se utilizan en los estudios de televisión para suspender los reflectores sobre el área de actuación y como cada uno solucionan de alguna manera que este trabajo se pueda llevar a cabo rápida y eficientemente.

Una parrilla (en televisión) se define como la estructura de la cual se suspenden los reflectores en un estudio de televisión y que se encuentra por encima de la zona de actuación del mismo. La parrilla más sencilla consiste en una estructura fabricada con tubos de 1.5 pulgadas de diámetro formando una cuadrícula con huecos de $1.5 m^2$ que queda suspendida por encima del área de actuación y a la cual se integran barras con contactos para distribuir la energía eléctrica como se muestra en la figura 4.3.1. En este caso, cuando se necesita modificar la posición de un reflector no queda más remedio que traer una escalera y subir a moverlo.

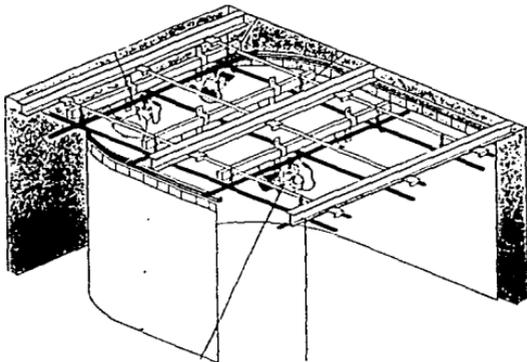


Figura 4.3.1 Parrilla fija con barras eléctricas de distribución

Si el estudio en cuestión cuenta con una altura que lo permita, a esta parrilla fija suspendida del techo se le pueden integrar pasillos de circulación fabricados en madera (triplay). Estos pasillos se llaman "pasos de gato" y son de gran utilidad a la

hora de realizar los montajes de iluminación ya que nos permiten colocar los reflectores circulando sobre la misma estructura. Esta es la solución más socorrida por las televisoras en México.

Una adecuación que resulta muy práctica en estudios con poca altura, es la de colocar pares de rieles sobre el techo a una distancia de 2m entre ellos. Los tubos se cortan en secciones de 2 m y se les integran carretillas para que puedan correr sobre los rieles. Esta solución se aplica para estudios muy pequeños y que por lo tanto cuentan con pocos reflectores y pocos atenuadores (*dimmers*). El problema del movimiento horizontal de los reflectores está resuelto, sin embargo, no tienen movimiento en el plano vertical. Las barras de distribución eléctrica son fijas y van pegadas al techo junto con los rieles. Un ejemplo de esta solución se puede ver en la figura 4.3.2.

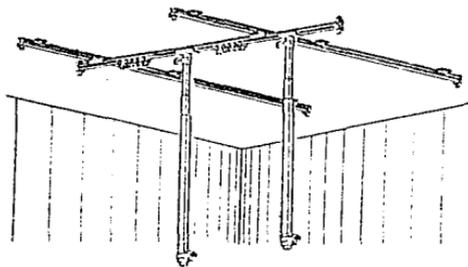


Figura 4.3.2 Parrilla con rieles paralelos.

Como podemos observar, el movimiento de los reflectores en el plano vertical resulta problemático. Uno de los elementos que se utilizan para solucionar este problema y que generalmente se aplica en parrillas fijas es el "trombón". El trombón es una pieza de metal que cuenta con una mordaza, un orificio, un tubo que corre por este orificio y un prisionero para detener el viaje de este tubo en donde se desee. La mordaza sirve para sujetar el trombón a la parrilla y el tubo que corre por el orificio determina la altura a la cual queremos colocar el reflector. Un ejemplo de la utilización del trombón se puede observar en la figura 4.3.3.

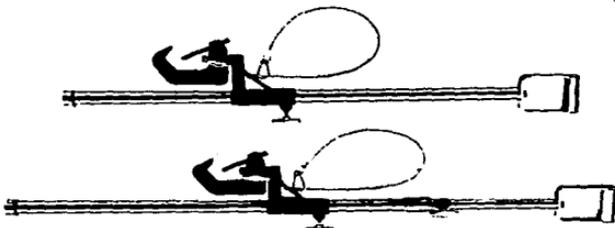


Figura 4.3.3 Trombones.

Un sistema de suspensión que ha tenido un gran éxito y aceptación es el de los pantógrafos. Este sistema puede funcionar como complemento de una parrilla fija, o bien integrar al pantógrafo una carretilla que corre por un riel. Así, obtenemos un máximo de flexibilidad ya que a un mismo reflector se le puede desplazar en el plano horizontal y el vertical sin tener que desconectarlo, desmontarlo y montarlo nuevamente. Un ejemplo de esto lo podemos ver en la figura 4.3.4. Cuando los rieles están colocados a una distancia de 60 cm entre ellos, la cobertura de la zona de actuación es prácticamente total. En este caso, la alimentación de los reflectores se hace mediante un cable flexible que cuenta con una catenaria que permite al pantógrafo subir y bajar libremente. Las barras de distribución eléctrica siguen siendo fijas y cuando movemos el reflector en el plano horizontal es probable que tengamos que cambiar de contacto.

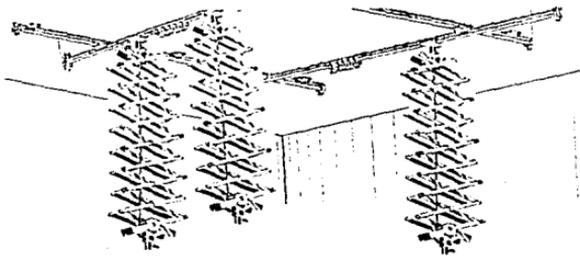


Figura 4.3.4 Pantógrafos sobre rieles.

Uno de los sistemas más modernos y sofisticados es el de los rieles por los cuales corren los pantógrafos, pero con un sistema electromecánico de por medio. Es decir, tanto el movimiento horizontal como el movimiento vertical de los reflectores será llevado a cabo por motores. Los motores estarán integrados a un sistema de control y desde un panel central se podrá dirigir el movimiento de los reflectores de todo el estudio. La inversión inicial para un sistema de este tipo es muy alta, sin embargo, la velocidad con la que se pueden montar y modificar los diseños de iluminación es bastante mayor.

Ya que se integró el pantógrafo a una carretilla y ésta corre por un riel, seguimos teniendo el problema de la alimentación de energía y el montaje de reflectores que pueden resultar muy pesados. Para resolver esta situación se puede considerar un elemento que integre la barra de distribución eléctrica (barra con contactos), el riel para el movimiento horizontal, el pantógrafo para el movimiento vertical y un sistema electromecánico para bajar o subir todo este elemento integrador que en inglés se denomina *"self-climbing barrel"* . Si hacemos una parrilla con estos elementos, la operación se volverá considerablemente más sencilla, la figura 4.3.5 nos muestra un *"self-climbing barrel"*.

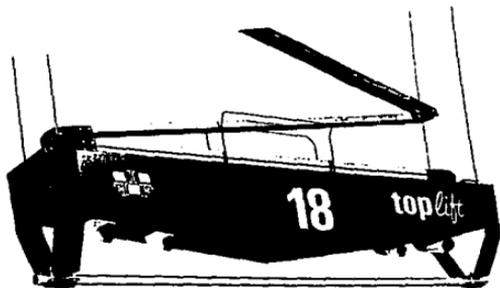


Figura 4.3.5 "Self climbing barrel".

Finalmente, el sistema más complejo y sofisticado de suspensión de reflectores para un estudio de televisión es el de la parrilla a base de *"self-climbing barrels"* y elementos telescópicos *"monopole grid"* . Estos elementos telescópicos son electromecánicos y al igual que los pantógrafos cuentan con una corredera que se desliza por un riel. Están construidos mediante tubos concéntricos que se introducen

uno en el otro (como un telescopio) de tal manera que modifican su longitud y por lo tanto la posición vertical del reflector que está sujeto a ellos. La gran ventaja que este sistema tiene sobre el de los pantógrafos es que se pueden colocar con una separación mínima. En realidad esta distancia la determinará la dimensión del reflector y no el elemento telescópico. La figura 4.3.6 nos muestra un elemento telescópico y las distintas correderas para montarlas en rieles.

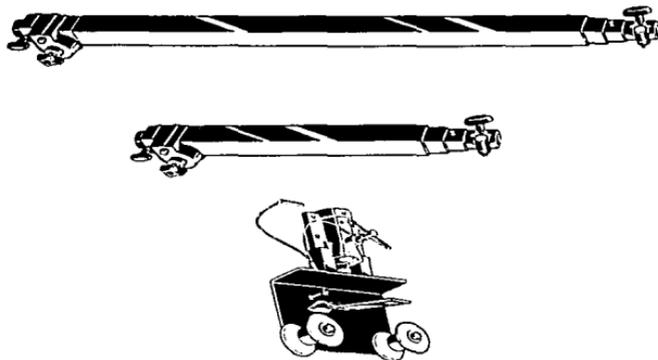


Figura 4.3.6 Elemento telescópico y correderas para riel.

Estos son algunos de los sistemas de suspensión más representativos que existen en el mercado. Sin embargo, el personal técnico de cada estudio y de cada televisora se ha encargado de contribuir al desarrollo de nuevos elementos de sujeción. Al final de cuentas, son estas personas las que trabajan diariamente montando y desmontando escenografías y reflectores para dar servicio a los distintos eventos. No es raro encontrar parrillas híbridas, es decir, que combinan varios de los sistemas de suspensión de acuerdo con las dimensiones y la altura del estudio y por supuesto optimizan el presupuesto de la televisora. Es importante decir que en México se hace televisión de muy buena calidad, pero, en cuanto a suspensiones se refiere, no contamos con los sistemas más sofisticados.

4.4 Distribución de Contactos

Contactos y conectores

En los estudios de televisión nunca se sabe a priori donde se requerirá de colocar una fuente de luz, los set y escenografías que se iluminarán cambian de posición continuamente, cada una puede ser iluminada de muchas forma a gusto del iluminador, por tal razón, es importante distribuir suficientes conexiones para dar esta flexibilidad al usuario. Cuando un iluminador decide la posición de una luminaria debe tener cerca donde conectarla, los tiempos de producción son críticos, por tal razón, el hechos de elaborar extensiones para poder conectar la luminaria deseada no es una opción viable, siempre existirán en el estudio más contactos de los que jamás se utilizarán al mismo tiempo; sin embargo, éstos estarán siempre disponibles para brindar el servicio cuando así se requiera.

Se procura que los contactos estén distribuidos de forma uniforme en el área del estudio, aunque existen excepciones, los contactos pueden concentrarse más alrededor del estudio, cerca de las paredes del mismo, para poder dar un servicio más intenso en el área destinada a recibir el ciclorama. En estas posiciones se requiere de colocar luminarias a muy poca distancia una de otra, una de ellas esta destinada a bañar de luz uniforme al ciclorama, la otra se destina a iluminar desde atrás a los objetos y personajes del set, esta luz se conoce como *Back Light*. Adicionalmente, algunos estudios requieren de iluminar el ciclorama con colores cambiantes, esta necesidad nos obliga a disponer de varias luces de ciclorama muy cercanas unas de otras, o bien que el reflector de ciclorama tenga varias celdas de luz independientes, a las cuales aplicaremos filtros de color diferentes. Se requiere de un contacto adicional para cada color de ciclorama que deseemos.

Los contactos a los que nos referimos anteriormente se ubican en el techo del estudio, lo que permite trabajar en forma libre en el piso del mismo, los reflectores se fijan a los sistemas de suspensión (parrilla tubular, elevadores eléctricos, pantógrafos etc.) y se enchufan al contacto más cercano.

El conector de este contacto puede variar según los países y los presupuestos, en América se usa de forma estándar el conector "PIN" de tres patas, este conector se muestra en la siguiente figura:



Figura. 4.4.1 Conector PIN de tres patas.

Como se observa en la figura, existen variantes de estos conectores además, dos capacidades, los reflectores montan conectores macho de cable, los contactos portan conectores hembra de pared o de cable.

Los conectores *PIN* de 20A, soportan reflectores de hasta 2kw, rango que incluye a más del 90% de los reflectores que se utilizan , los de 50A se utilizan para reflectores no mayores de 5kw, existen conectores *PIN* de 100A, sin embargo, prácticamente no se utilizan en la televisión actual.

Los conectores ubicados por encima del área del estudio cuentan con una cola de 1 metro de longitud, lo que sumado a la cola propia del reflector, la cual en la mayoría de los casos es también de un metro, permite cubrir un diámetro de 2 metros hacia cualquier dirección.

También se colocan contactos al nivel de piso en caja de pared, estos contactos no cuentan con cola para evitar que se enreden con elementos que se mueven continuamente por los pisos del estudio, la función de estas cajas de pared con contactos en dar servicio a reflectores auxiliares montados en tripies.

Es muy conveniente que cada contacto sea un circuito independiente y cada circuito esté conectado a un *dimmer* independiente, de esta forma se puede manipular cada circuito de forma particular, la numeración de circuito en el foro corresponde directamente con la numeración de los *dimmers* en el banco de *dimmers*. Estos *dimmers* a su vez se asocian libremente a los canales de control en la consola de iluminación, el operador a cargo tiene el control de cada reflector desde su consola, lo que permite la máxima flexibilidad para crear juegos de luces y ambientes luminosos. Poner contactos en paralelo no es recomendable en una instalación moderna.

El número de circuitos y su capacidad para cada estudio varía según 3 factores básicos: el tamaño del estudio, su altura y el uso que se le dará al mismo, (aunque un cuarto factor llamado presupuesto suele jugar un papel predominante la mayoría de los casos).

Estos tres factores suelen estar relacionados, los estudio grandes permiten usos distinto a los estudio pequeños, y a su vez suelen tener más altura.

Los estudios que requerirán de menor movimiento o de un menor número de producciones, como ejemplo, estudio de noticieros, estudio con comentaristas etc., requerirán de una densidad de contactos menor que un estudio con muchos cambios de escenografía, como puede ser un estudio destinado a producir telenovelas.

Los estudios grandes (más de 200 m²) y de altura considerable (entre 12 y 5 metros), deberán contar con contactos de 50A, los pequeños y de poca altura sólo contarán con conectores de 20 A y apenas unos pocos (4 o 5) de 50A.

Barras y cajas de conexión

En los estudios de parrilla tubular común, los contactos derivan de barras de distribución, estas barras no son más que canaletas eléctricas por donde corren los cables eléctricos de cada circuito, estas barras recorren el ancho del estudio distribuyendo contactos en el mismo, la figura 4.4.2 muestra una barra típica de conexión, también muestra una caja de conexión para pared.



BARRA DE DISTRIBUCION DE ILUMINACION



CAJA DE CONEXIONES

Figura: 4 4 2 Barra de distribución y caja de conexiones.

La caja en el extremo de la barra contiene kulcas para la conexión con los circuitos provenientes de banco de *dimmers*, se requiere de tantas kulcas como circuitos tenga la barra.

Quantificación de equipo

Las barras de distribución se separan a una distancia de 2 metros unas de otra, normalmente los contactos de 20A en la misma se separan a distancias no menores a 80 cm entre ellos, a excepción de los destinados a ciclorama y *Back Light*. Dependiendo de los factores antes mencionados, cada barra llevará $0,5^1$, 1, 2 ó 4 circuitos de 50A. Las cajas de pared cuentan en la mayoría de los casos con un par de contactos de 20A, las cajas de pared se separan aproximadamente cada 8 metros aproximadamente, por lo tanto el largo de las paredes del estudio determina el número de estas cajas.

La tabla 4.4.1 contiene los datos necesarios para determinar el número total de circuitos de 20A y 50A, según los criterios antes mencionados, ya que no existe una regla universal para este tema, la información proporcionada está basada en la experiencia.

¹ Se refiere a que las barras contarán alternativamente con conector de 50A, una si y una no, en caso que el número de barras sea non, se redondea al número superior de contactos de 50A

ALTURA	BAJO MOVIMIENTO	MOVIMIENTO MEDIO	ALTO MOVIMIENTO
12 a 6 METROS	2.5/1	2/2	1.5/4
6.6 A 3.6 METROS	2.5/0.5	2/1	1.5/2

Tabla 4.4.1 Datos para determinar el número total de circuitos de 20A y 50A.

Los circuitos de 20A se determinan por metro cuadrado, mientras que los de 50A por barra de distribución. Los datos presentados en la tabla se interpretan de la siguiente manera:

número de m2 por contactos / número de contactos 50A x barra de distribución

El número resultante de contactos de 50 A se resta del resultante de 20 A, con ello obtenemos el número de contactos de 20 A.

Por ejemplo, consideramos un estudio de 15 x 24 m con 7 metros de altura. El cálculo se haría de la siguiente forma:

Es probable que la parrilla de tubular se colocaría por lo menos 2 metros por debajo del techo, esto nos daría una altura de piso al techo inferior de la parrilla de 5 metros, el área total del estudio es de 360 m², si este estudio fuera del tipo "movimiento medio", se requerirían de:

- $\frac{24}{2} = 12$ Barras de distribución
- $12 \times 1 = 12$ Contactos de 50A
- $\frac{360m^2}{2} = 180 - 12 = 168$ Contactos de 20A

El número de cajas de pared depende de las dimensiones del estudio, para este ejemplo, se requerirían de 2 cajas de 2 contactos en las paredes de 15 metros y 3 para los costado de 24 metros, es decir, 10 cajas o 20 circuitos de 20 amps. en cajas de piso o pared.

Se requiere de una consideración adicional para determinar finalmente el número de circuitos con que contará el estudio, éste tiene que ver con la presentación comercial de los bancos de *dimmers*, comúnmente, estos aceptan módulos sencillos de 50A o dobles de 20A, normalmente, la capacidad de los bancos es de 6, 12, 24, 48 y 96 módulos de *dimmer*.

Dimmers

Al llegar al número aproximado de circuitos que requerimos, debemos encontrar el equipo que nos permita cumplir con nuestras necesidades, para el ejemplo anterior requeríamos de 270 módulos de *dimmers* (40 sencillos y 230 dobles), los cuales podríamos acomodar en 6 bancos de *dimmers*, en los cuales quedarían 18 espacios libres. En este caso, podríamos escoger entre llenar el sexto banco con los 18 módulos faltantes, y aumentar la densidad de contactos en el estudio, o eliminar el sexto banco de *dimmers*, disminuyendo la densidad del mismo. Esta decisión tendría que ver con factores como la necesidad de estos contactos, el presupuesto de la obra, y finalmente la experiencia. En todo caso, no es conveniente utilizar bancos de *dimmers* de distintas capacidades para tratar de estar más cerca de nuestro cálculo inicial de contactos, ya que los distintos bancos se montan en su lugar de operación de distinta forma (los pequeños se fijan a la pared mientras que los grandes suelen sostenerle en el piso por sí mismos).

Siguiendo con el ejemplo anterior, y suponiendo que decidimos reducir la densidad de *dimmers* del estudio, utilizando únicamente 5 bancos de *dimmers*, es decir que contaremos con 240 módulos de *dimmers* que se distribuirán de la siguiente forma:

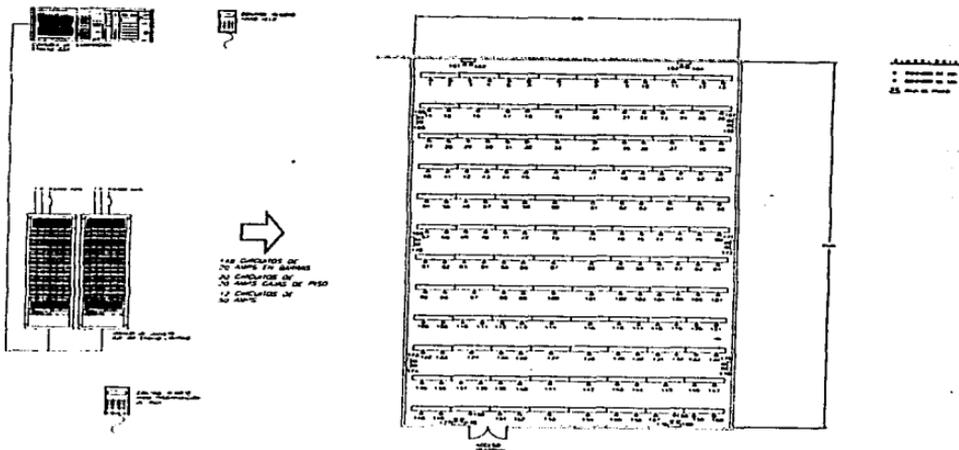
- 400 circuitos de 20A
- 40 circuitos de 50A

Los contactos asignados a estos *dimmers* se distribuirían entre las barras de distribución y las cajas de pared, los circuitos de 50A se distribuyen 4 por barra en forma equidistante, se requieren de 32 circuitos de 20A para las cajas de pared, los restantes 368 se ubican en las barras, en el caso de que este estudio no contemplara uso de ciclorama², los contactos se distribuirían equitativamente en las mismas, es decir 18 en 12 barras y 19 en 8 de ellas.

Este proceso sólo es válido para estudios con parrillas de cuadrícula tubular, el número aproximado de circuitos, como se determinó anteriormente, es válido para cualquier sistema de suspensión, aunque no así su ubicación en el estudio.

La figura 4.4.3 muestra un ejemplo donde se aplicó el proceso antes mencionado, para un estudio de 15 x 24 metros:

² En el caso de contemplar ciclorama, probablemente aumentaríamos al doble la densidad de *dimmers* en las barras primera y última, además añadiríamos 2 contactos adicionales de 20A en los extremos de cada barra



ESTUDIO DE 15 x 24 MTS

Figura 4.4.3 Módulos de dimmers.

Control

El principal parámetro para determinar los distintos tipos de consolas de control es sin duda el número de canales que éstas soportan. Como se vio anteriormente, los canales de control se asignaba a los *dimmers* mediante un "parcheo electrónico", por ejemplo, si el canal 1 de la consola de control se encuentra asignado a los *dimmers* 2,4,6,7 quiere decir que estos *dimmers* actuarán en conjunto como uno solo, a cada canal se le puede asignar cualquier número de *dimmers*, limitado únicamente por la capacidad del sistema DMX de controlar hasta 512 *dimmers* por salida de control.

Mientras más circuitos *dimmeables* tengamos, más canales de control requeriremos, de quedar con muy pocos canales en el sistema, los *dimmers* se tendrían que agrupar en forma excesiva perdiendo flexibilidad en el sistema. Comúnmente, en los estudios de televisión, una proporción razonable es:

- 3 a 1, es decir que por cada tres *dimmers* tendremos un canal de control.

Las consolas de control aumentan sus características de memoria, efectos, monitores de vídeo, conexiones en red, respaldo etc. de forma proporcional al número de canales, esto tiene lógica ya que para controlar un sistema mayor se requieren de más recursos.

La proporción antes mencionada no contempla los canales adicionales que se requerirían de tener que controlar otros equipos además de los *dimmers* mediante la consola de control, estos equipos pueden ser luces robóticas, cambiadores de color, máquinas de humo, luces motorizadas etc. La tabla 4.4.2 muestra el número de canales que requieren algunos de estos equipos comunes en estudios de televisión.

	NÚMERO DE CANALES DMX
20 CANALES	20 CANALES
21 CANALES	21 CANALES
23 CANALES	23 CANALES
24 CANALES	24 CANALES

Tabla 4.4.2 Número de canales para equipos comunes de T V

Para cada elemento adicional e independiente se deberán considerar el número de canales adicionales respectivos, al igual que los *dimmers* estos elementos se agrupan por lo que 2 equipo pueden estas asignados a los mismos canales y funcionarán en forma de espejo uno de otro.

Cableado y Alimentación del sistema

El cableado de los conectores se efectúa mediante cable THW antiflama, para los circuitos de 20A, y en distancias no mayores a 100 m, se utiliza calibre 10 AGW, aunque el calibre 12 sería suficiente para la conducción de este amperaje. La recomendación anterior está basada en el trabajo físico que sufren los cables al estar en contacto con los operadores del estudio (aun dentro de los ductos que los protegen), por las mismas circunstancias, los circuitos de 50A se cablean con calibre 6 AGW.

Cada circuito se cablea mediante un cable de fase, uno neutro y una tierra de referencia para cada barra o caja de conexión, estos cables deben llegar hasta el banco de *dimmers* sin ningún tipo de unión, es decir de un solo tiraje desde la caja desconexión hasta el banco de *dimmers*.

Como ejemplo, una barra de distribución de 20 circuitos requerirá de 20 cables para fase, 20 para neutro y 1 para la tierra física.

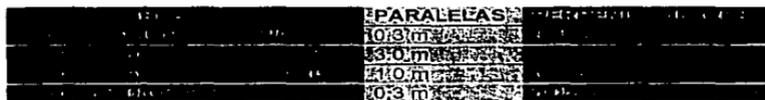
Ya que los sistemas de *dimmers* en su gran mayoría son trifásicos, se podría pensar en hacer una reducción en los hilos de neutro según el cálculo de desbalanceo máximo, sin embargo ya que estos circuitos se usan de forma caprichosa, según los deseos del iluminador, es posible encontrar casos de desbalances al 100%, es decir que sólo una de las fases se cargaría dejando las otras dos sin uso, por esta razón los hilos de neutro deben ser iguales en tipo y número a los de fase.

Un detalle de primordial importancia, al momento de realizar el cableado en los ductos que conducirán los cables del banco de *dimmers* a las barras de conexión, es la vibración que se produce en los mismos, debido a campos magnéticos entre las fases, por tal razón, el cableado debe hacerse en mazos uniformes donde se entremezclen hilos de fase, neutro y tierra.

Si al hacer el cableado las tres distintas fases y el neutro se llevan en mazos separados por el mismo ducto, se crean campos magnéticos dentro del mismo, estos campos hacen vibrar el ducto a 60Hz, esta vibración se transmite fácilmente a los sistemas de audio del estudio y se escucha a simple oído.

Otra consideración importante es la distancia entre cableados eléctricos provenientes del banco de *dimmers* y los demás cableados de video, audio y alimentación de estos sistemas. Debido a que los circuitos de *dimmers* son circuitos "conmutados" continuamente, estos producen energía que induce otros sistemas, principalmente aquellos que manejan señales sensibles (como micrófonos y video). Por esta razón, los cableados de contactos deben respetar distancias mínimas cableado en relación a los demás cableados, adicionalmente los cruces entre tuberías deberán hacerse únicamente a 90 grados, es decir, en forma perpendicular. En la tabla 4.4.3 se muestran las distancias mínimas entre trayectorias.

Distancia mínima entre trayectorias:



PARALELAS
10.3 m
3.0 m
1.0 m
0.3 m

Tabla 4.4.3 Distancia mínima entre trayectorias.

Se requiere de considerar un alimentador termomagnético trifásico individual para la alimentación de cada banco de *dimmers*, esto permite energizar de forma individual cada banco, lo que es de gran importancia para darles mantenimiento de forma separada, sin necesidad de desenergizar todo el sistema. Además brinda mayor seguridad en el momento de operar los equipos ya que si se produce un corto de gran magnitud, este solo afectará un banco de *dimmers*.

Por último, la energía eléctrica que requieren los bancos para funcionar es proporcional al número de circuitos y la capacidad de los mismos, pero con algunas consideraciones, estas consideraciones son conocidas como factor de utilización.

Factor de utilización

Los estudios de televisión cuentan con más circuitos de los que jamás se utilizarán en una sola operación, estos circuitos se encuentran distribuidos en todo el estudio de forma que siempre tengamos uno cerca, el número de contactos libres está relacionado con la densidad de los mismos en el estudio. Al menos 40% de los contactos se encontrarán libres en cualquier tipo de producción.

Otro elemento que determina el factor de utilización, es el hecho de que la mayoría de los reflectores que se conectan a los contactos en los estudios modernos, al menos 50%, consumen menos de 1000 W, es decir, menos de 10A. Los estudios basados en luz fría, consumen menos de 400 W por circuito. Ya que no podemos saber en donde se requerirá de un reflector de 20 A, en especial en los estudio de gran tamaño y de gran altura, todos los circuitos son de capacidad de al menos 20A, sin embargo, es válido considerar este consumo promedio en el alimentador del banco de *dimmers*.

Las consideraciones anteriores se pueden resumir en la ecuación 4.4.1:

$$A = \frac{0.3D(20X + 50Y)}{6} \quad (4.4.1)$$

donde:

- A= capacidad por fase del alimentador trifásico en A.
- X= número de circuitos de 20 A multiplicado por 20A.
- Y= número de circuitos de 50 A multiplicado por 50A.
- D= densidad de contactos en el foro con unidades de contactos/m².
- 0.3= factor resultado de multiplicar 60% de contactos ocupados como máximo por 50% de contactos con un máximo de carga de 10A.
- 6= factor resultado de dividir la corriente total entre las tres fases para obtener el voltaje por fase, multiplicado por 2, este 2 proviene de la densidad de *dimmers* utilizada y tiene unidades de contactos/m².

El valor que resulte para el parámetro A, por ejemplo 137 A, deberá leerse como 3 x 137. Un alimentador trifásico de esta capacidad deberá instalarse para alimentar el banco de *dimmers*. Ya que los valores comerciales de los alimentadores trifásicos son limitados, deberá colocarse el alimentador de capacidad superior más cercano al valor encontrado, en este caso 3 X150 A.

Voltaje

Debido a que los bancos de *dimmers* modernos permiten regular el voltaje de salida en forma individual a cada *dimmer*, es conveniente subir el voltaje de alimentación del banco de *dimmers* 10% por arriba del voltaje de operación normal, es decir , en lugar de 127V, contar con 140 V, esto nos brinda rango dinámico para compensar pérdidas de potencial en los cableados del banco de *dimmers* a los contactos, de esta forma, todos los contactos pueden ser ajustados al mismo voltaje. Contar con un voltaje igual en todos los contactos permite mantener una temperatura de color regular al usar lámparas incandescentes, este hecho no es importante en el caso de lámparas que operan a través de balastras, (como las de tipo fluorescente).

En este capítulo nos adentramos a los equipos de iluminación en televisión, las características que se deben tomar en consideración en un estudio de televisión como son: Los sistemas de control, los cuales regulan la intensidad de iluminación; distribución de los contactos en el estudio y los sistemas de suspensión que son los que sostienen las lámparas en un estudio de televisión.

CAPÍTULO 5

DESARROLLO DE REFLECTORES FLUORESCENTES PARA T.V.

Esté capítulo abordará el desarrollo de los reflectores fluorescentes para estudio de televisión, donde se verán las principales lámparas fluorescentes y balastras utilizadas en televisión. Se mostrará el diseño del espejo reflejante, así como del chasis y sus accesorios.

Finalmente se mostrarán los parámetros de prueba y resultados de los mismos.

5.1 Lámparas fluorescentes

Hay un gran número de minerales que si se iluminan con luz ultravioleta, absorben esta energía radiante y vuelven a irradiar una proporción considerable de ella en forma de luz visible. Este proceso se denomina fluorescencia y es el método de producción de luz visible. El manantial de radiación ultravioleta de mejor rendimiento que se conoce es una descarga eléctrica en vapor de mercurio a baja presión. En particular, si la presión es solo de 0.00001 atmósfera, el 60% de la energía eléctrica suministrado al arco se convierte en luz ultravioleta de longitud de onda 0.2537 micras, o sea, 2537 angstroms. Con el objeto de utilizar toda esta radiación ultravioleta, el manantial de radiación ultravioleta ha de estar completamente rodeado de material fluorescente. Esto se consigue encerrando el vapor de mercurio en un tubo largo de vidrio y recubriendo completamente la parte interior de las paredes de una capa delgada, formada por una mezcla de polvos fluorescentes elegidos de modo que se obtenga la combinación deseada de colores, que sea aproximadamente equivalente a la luz del sol. Sin embargo, el color de la luz del sol varía mucho con las circunstancias atmosféricas y con la hora del día.

Las dos mezclas de colores más utilizadas se refieren al blanco caliente y al blanco frío, pero ambos son realmente un poco deficientes en rojo. Las lámparas fluorescentes producen aproximadamente el doble de lúmenes por watt en relación con las lámparas incandescentes, existiendo aún grandes posibilidades de mejora a este respecto, porque las lámparas fluorescentes convierten sólo el 20%, aproximadamente, de la energía eléctrica utilizada en luz visible.

Quando las lámparas fluorescentes funcionan en circuitos de corriente alterna, la intensidad de la luz emitida, sigue pulsaciones de amplitud considerablemente mayor que

las lámparas de incandescencia de flujo nominal en lumens. Aun cuando a las frecuencias comerciales de 50 y 60 hertz, el centelleo periódico no es generalmente perceptible, éste puede dar lugar a efectos estroboscópicos desagradables cuando entra en el campo visual un objeto en movimiento. Por esta razón, para los buenos resultados, es recomendable, y así se hace en instalaciones bien proyectadas, emplear algunos medios para hacer mínimo el centelleo periódico. Un medio para conseguirlo es hacer trabajar las lámparas en parejas o ternas de circuitos de dos o tres fases respectivamente. Cuando sólo se dispone de circuitos monofásicos, se pueden usar balastras para cada dos lámparas, en lámparas de cátodo incandescente o frío, colocadas una junto a la otra. Aplicando a la primera una corriente de adelanto, y a la segunda una corriente de desfasada en retraso, debiendo ser la diferencia de fase tal que, las pulsaciones de ambas lámparas queden en gran parte compensadas.

La lámpara fluorescente es en sí misma esencialmente un circuito de alto factor de potencia, y las balastras normalmente usadas para estabilizar el arco son en sí mismos de bajo factor potencia. Siendo en los circuitos de corrientes la caída de tensión a través de la balastro aproximadamente igual a la que tiene lugar a través del arco de la lámpara, el factor de potencia resultante en un circuito de una sola lámpara con balastro es del orden de un 50%. En muchos casos, tan bajo factor de potencia tiene inconvenientes. En balastras para lámparas simples puede obtenerse una corrección del factor de potencia por medio de un condensador conectado en paralelo entre las conexiones de línea, o bien, cuando la lámpara requiere una mayor tensión, por un condensador conectado en el secundario del transformador. La balastro de dos lámparas por medio del corrimiento de fase de las dos corrientes de las lámparas ofrece ya un medio para corregir el factor de potencia; ordinariamente se proyectan para dar un circuito con un factor de potencia de más de 90%.

Las lámparas fluorescentes comerciales se proyectan de modo que conviertan la mayor cantidad posible de la energía aplicada en radiación de una longitud de onda de 0,2537 micras, y los materiales fluorescentes que recubren los tubos se eligen de manera que resulte luz del color deseado y tengan al propio tiempo la mayor sensibilidad respecto a las radiaciones de aquella frecuencia. El rendimiento de esta primera conversión de energía es muy sensible a los cambios de temperatura en las paredes del tubo, obteniendo un valor máximo entre 100 y 120 °F (37 a 49 °C), correspondiendo a una temperatura de 65 a 85 °F (18 a 30 °C) en aire ambiente tranquilo. El rendimiento de esta conversión y la intensidad de la luz producida disminuyen por debajo y por encima de aquellas temperaturas, haciéndolo rápidamente cuando la temperatura disminuye, y más moderadamente cuando aumenta. Por esta razón, las lámparas que deben trabajar a temperaturas ambientes inferiores a 60 °F (16 °C) deben estar cerradas para conservar su calor. Las corrientes de aire alrededor de la lámpara tienen por efecto hacer bajar la temperatura de las paredes del tubo y tienen igual influencia que una más baja temperatura ambiente. Un ejemplo del efecto de la temperatura del aire en el funcionamiento de una lámpara fluorescente se presenta en la figura 5.1.1. En la cual se muestra una gráfica de la temperatura del aire ambiente en °C contra el tanto por ciento

de los valores a 80 °F, en una lámpara fluorescente de 40 W. En esta aparecen el comportamiento de los watts de la lámpara, la producción de luz y la corriente de la lámpara .

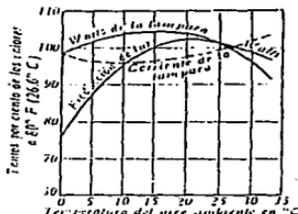


Figura 5.1.1 Efecto de la temperatura del aire ambiente en las características de una lámpara fluorescente de 40 W.

Las lámparas fluorescentes deben trabajar a tensiones comprendidas entre +10% y -10% de las tensiones nominales de funcionamiento, o sea, aquellas para las cuales las lámparas se han proyectado. Si se operan a tensiones menores, puede resultar de ello una menor duración o vida de lámpara y una inseguridad en el arranque; operadas a tensiones mayores, se calientan con exceso la balastra o el transformador y disminuye también la vida de la lámpara. Una excepción a esta recomendación se da en el caso de operación en serie de lámparas de cátodo frío, en las que la alimentación de tensión regulable, hace posible una amplia variación de intensidades que pueden hacerse tenues, produciendo efectos de crepúsculo en el alumbrado de la escena en los teatros.

Hay dos tipos principales de lámparas fluorescentes :

- 1) de cátodo incandescente
- 2) de cátodo frío

Las lámparas de cátodo incandescente se subdividen en:

- a) precalentado
- b) arranque instantáneo
- c) arranque rápido

Las lámparas de cátodo incandescente de arranque rápido se desarrolló en 1952, actualmente se emplea en las instalaciones más modernas. Todas las lámparas funcionan mejor en circuitos de corriente alterna con dispositivos de reactancia.

Lámparas fluorescente de cátodo incandescente del tipo precalentado

Cada lámpara de este tipo contiene dos cátodos recubiertos de una capa de óxido, uno en cada extremo del tubo, de cada uno de los cuales salen al exterior dos terminales. Al funcionar la lámpara, una terminal o borne de cada extremo se conecta con el circuito alimentador (ver figuras 5.1.2.a y b), mientras los bornes restantes se conectan al circuito de arranque. Entonces, los cátodos se calientan previamente por un espacio de tiempo pequeño, cerrando el circuito de arranque (cortocircuitando el arco de la lámpara), y el arco salta como resultado de un aumento de la tensión gracias al elemento inductivo, al abrirse el circuito. La duración de este precalentado tiene una muy notable influencia en la vida de estas lámparas. Si el precalentado es demasiado corto, se hace iniciar el arco con cátodos fríos, lo que hace que se agriete en algunos puntos la película de material activo que los recubre, y un precalentado demasiado largo hace que formen como unas burbujas por debajo de aquella película. Un precalentado adecuado produce en los cátodos una temperatura de unos 800 °K, con lo que fácilmente se pone en funcionamiento la lámpara.

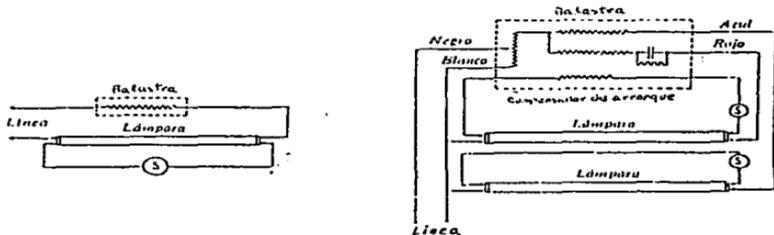


Figura 5.1.2 a) Circuito con balastro de una sola lámpara fluorescente de cátodo incandescente de 15 o 20 watts, con arranque precalentado. S= interruptor de arranque. b) Circuito con balastro de dos lámparas fluorescentes de 30 y 40 watts con arranque precalentado, indicando el compensador que va incluido en la balastro.

Lámparas fluorescentes de cátodo incandescente del tipo de arranque instantáneo

Estas lámparas se encienden por medio de la aplicación de una tensión suficientemente alta entre cátodos para atravesar el gas, iniciando el arco (figura 5.1.3). Una balastro que sirva para el arranque instantáneo de estas lámparas, además de producir esta elevada tensión en circuito abierto, debe estabilizar la lámpara una vez encendida, a una tensión de arco comparable con la que se obtiene en una lámpara

similar del tipo de precalentado. Esta condición debe conseguirse automáticamente con la disposición de la balastra sin necesidad de un interruptor de encendido inicial.

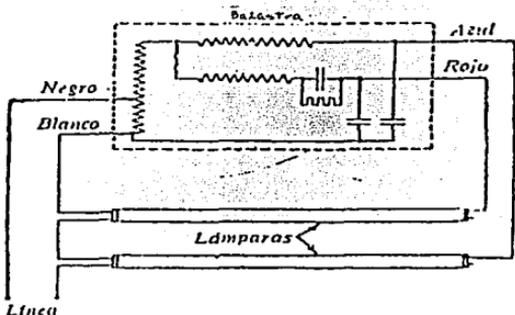


Figura 5.1.3 Circuito con balastra de dos lámparas fluorescentes de cátodo incandescente de arranque instantáneo.

Este método de encendido requiere un gradiente de tensión en los cátodos muy elevado para iniciar la perforación del gas por el arco. La experiencia demuestra que la presencia de una película de humedad condensada sobre superficie exterior del tubo de vidrio puede afectar los gradientes de la tensión, de manera que las lámparas no puedan encenderse a las tensiones de corrientes de arranque. Para obviar esta dificultad se han sugerido varios medios, entre las cuales se cuentan el uso de una capa repelente de la humedad sobre la lámpara o el uso de una tira metálica sobre la superficie de la lámpara. Las lámparas existentes de este tipo exigen tensiones entre 450 y 750 volts.

Lámparas fluorescentes de cátodo de arranque rápido

Un ejemplo de este tipo de lámparas se presenta en la figura 5.1.4. Cuando el interruptor S está cerrado, en 1 segundo, los filamentos están suficientemente calientes como para emitir electrones. Esta emisión arranca inmediatamente la descarga luminosa a lo largo del tubo. La resistencia de la trayectoria en el tubo lleno de gas, disminuye rápidamente con el aumento de corriente, y si se mantiene la tensión crecerá ilimitadamente la corriente hasta que se destruya la lámpara. Por tanto, es esencial que se coloque alguna impedancia estabilizadora en serie con el circuito para limitar la corriente. Se podría usar una resistencia, pero esto implicaría una pérdida de potencia relativamente elevada; por consiguiente, la impedancia de estabilización, que se llama bobina de carga, toma generalmente la forma de una bobina de inductancia de núcleo de

hierro. Esta bobina de carga se incorpora a veces al transformador, de esta manera que no aparece como dispositivo independiente.

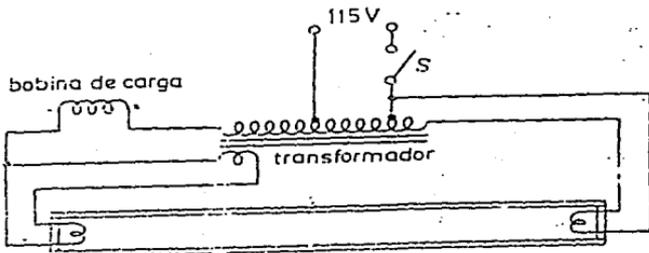


Figura 5.1.4 Circuito de una lámpara fluorescente de cátodo incandescente con arranque rápido.

Lámparas de cátodo frío

Las lámparas fluorescentes de cátodo frío se encuentran en el mercado en tubos rectos de longitudes normalizadas, y pueden fabricarse a gusto del consumidor en longitudes y formas variadas. Estas lámparas difieren de su construcción de las de cátodo incandescente en que la presión del gas suele ser algo menor y en el que los cátodos consisten en un cilindro hueco de hierro puro, recubierto en su interior de una capa de uno de los óxidos activos. La descarga entre de los cátodos fríos se caracteriza por una gran caída de tensión entre los electrodos.

Las lámparas de este tipo son de arranque instantáneo y pueden usarse igualmente en circuitos en paralelo y en serie. Las tensiones de arranque requieren el uso de un transformador elevador de tensión, y la reactancia puede obtenerse, o bien mediante la disposición del transformador (reactancia de dispersión), o por el uso de una reactancia en serie. La tensión de los arcos de las lámparas a corriente normal es del orden del 50% de la tensión de arranque. A causa de la alta tensión de arranque no se experimentan, por lo normal, dificultades al encender estas lámparas en condiciones de mucha humedad o mucho frío.

Cuando las lámparas se conectan en paralelo como muestra la figura 5.1.5, la supresión de las interferencias de radiofrecuencias pueden lograrse mediante el empleo de pequeños condensadores conectados en derivación con las lámparas.

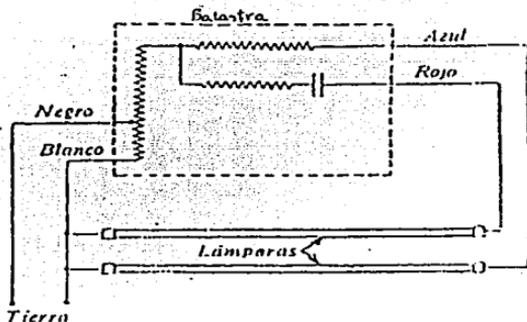


Figura 5 1.5 Circuito con balastro de dos lámparas fluorescentes de cátodo frío.

Flicker

Dentro de las aplicaciones de las lámparas BriteArc que se utilizan en el cine, es importante entender el problema del *flicker* y como prevenirlo. Esta pulsación ó tiempo de modulación de la salida de luz de la lámpara no representa problema alguno cuando se utiliza en iluminación para televisión. La persistencia del sistema de video es tal que puztea las pulsaciones, por lo que no hay posibilidad de *flicker*.

Estas pulsaciones de luz ocurren en dos momentos de la frecuencia de línea. Esto es operando un equipo a 60 hertz, hay 120 pulsaciones de luz por segundo.

Cuando las lámparas BriteArc se utilizan para la iluminación de cine, se debe poner mucha atención en esta característica. Cuando se utilizan balastros del tipo inductivo estándar, es necesario que los pulsos de luz sean sincronizados con un dispositivo denominado *shutter framing* para evitar el problema del *flicker*. Si la cámara es manejada con un motor, y si la fuente de poder de la iluminación tiene una frecuencia estable, no debe haber ningún problema. A 24 cuadros/segundo y 60 Hertz, hay una abertura de 5 pulsaciones/*shutter*. Por lo tanto, si el número de cuadros y la frecuencia de poder están en una relación correcta uno a otro, no habrá *flicker*.

Normalmente, el problema del *flicker* surge cuando se utilizan sistemas de poder portátiles para iluminación, ó cuando se usan cámaras con motores no regulados.

cualquiera de estos dos pueden causar el problema, por que no es posible asegurar la sincronía entre el número de cuadros y la frecuencia de línea.

El problema se puede minimizar un poco más, si se utilizan ciertos ángulos de *shutter* de cámara, en relación a la frecuencia de línea y al número de cuadros. Para una fuente de poder de 60 Hertz, el ángulo de *shutter* preferido, para una operación de 24 cuadros/segundo, es de 144 grados. Se toleran variaciones entre 3 y 5% en alguno de los parámetros, sin *flicker*. Para 50 Hertz, con una operación de 25 cuadros/segundo, el ángulo es de 180 grados.

Recientemente varios fabricantes presentaron sistemas de balastras que se caracterizan como *flicker-free* (libre de *flicker*). Estos operan, normalmente, en el principio de incrementar la frecuencia y producir una salida de onda cuadrada (en vez de una onda sinusoidal). El uso de estas balastras elimina la preocupación del problema del *flicker*. En el presente están disponibles sólo en unidades de bajo wataje.

5.2 Balastras para lámparas fluorescentes

Las lámparas fluorescentes deben ser operadas con el auxilio de una balastra por las siguientes razones:

- Para proporcionar la corriente de arranque adecuada.
- Para proporcionar el voltaje necesario para activar el arco.
- Para proporcionar el voltaje correcto que establezca el arco para que opere la lámpara.
- Para controlar el flujo de la corriente eléctrica a través de la descarga del arco.
- Para compensar las características del bajo factor de potencia de la descarga del arco.

Corriente de arranque

La corriente de arranque es la corriente que se aplica a la lámpara durante los primeros 30 segundos más o menos del ciclo de calentamiento. Esta corriente debe cumplir con las características especificadas por los fabricantes de las lámparas. Si es demasiado alta, la vida de la lámpara se acortará, si es demasiado baja, la lámpara no se calentará hasta su nivel óptimo. Una balastra que proporcione una corriente de arranque cercana al valor máximo calienta mucho más rápido a la lámpara, pero en cambio abrevia la vida de ésta. Una corriente de arranque cercana al mínimo produce un calentamiento más lento, pero contribuye a alargar la vida útil de la lámpara.

Voltaje de arranque

El voltaje de arranque es el voltaje de circuito abierto proveniente de la balastra, proporciona suficiente ionización en el tubo del arco para establecer un flujo continuo entre los electrodos principales. Esto excita el arco y hace que la lámpara se caliente.

El auxiliar de arranque o balastra proporciona un impulso de alto voltaje y alta frecuencia cuando la onda de 60 Hz. se encuentra a la mitad de su ciclo. Tan pronto como se activa el arco, desaparece este impulso añadido a la frecuencia normal de la línea, pero debe ser capaz de operar por periodos prolongados, como sucede cuando una lámpara comienza a fallar o parpadear al final de su vida útil.

Voltaje de operación

Cada lámpara está diseñada para operar a cierto voltaje nominal. Sin embargo, una lámpara nueva puede tener una amplia variación en su voltaje real de operación. Por lo tanto, la balastra debe acoplarse a esta variación de los watts de lámpara.

Flujo de corriente

Las balastras están diseñadas para regular el flujo de la corriente a través del arco de la lámpara. El factor cresta proporciona la imagen de la forma que tiene la onda eléctrica. El factor cresta es la razón del valor pico (máximo) al valor RMS de la corriente (corriente eficaz). El factor cresta es una función de la balastra, no de la lámpara. El factor cresta de una onda sinusoidal es 1.41, como se observa en la figura 5.2.1.

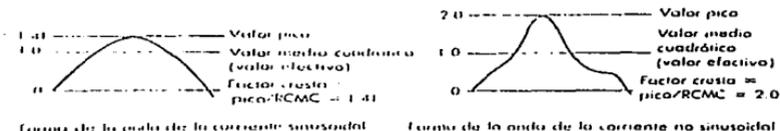


Figura 5.2.1 Las ondas sinusoidales tienen un factor cresta de 1.41. Una onda no sinusoidal tiene un valor pico diferente de 1.41.

El factor cresta es importante en el diseño de balastras debido a su efecto sobre el mantenimiento de los lúmenes; esto es, la cantidad de luz que produce una lámpara durante toda su vida útil. Las curvas de conservación de los lúmenes se calculan suponiendo que se operará con una corriente sinusoidal que tiene un factor cresta de 1.41. Un factor cresta mayor o menor que éste ocasiona que las partículas de los electrodos de la lámpara salgan disparadas a una velocidad mayor. Esto satura más rápidamente el tubo del arco e impide mantener los lúmenes al nivel indicado en las especificaciones del fabricante.

Los factores cresta de voltaje pueden ser mayores que 1.41, sin que los afecte el mantenimiento de los lúmenes. En ocasiones, incluso se requieren factores cresta de voltaje más elevados para arrancar las lámparas, así como para lograr el voltaje eficaz necesario para mantener el arco al nivel más bajo posible. La instalación de balastras con

altos picos de voltaje puede ayudar a disminuir los costos. Otra solución sería optar por un capacitor de cresta para proveer suficiente voltaje pico, manteniendo al mismo tiempo bajo el voltaje eficaz.

Características de operación de las balastras

Volts de línea

Siempre es necesario saber si existen restricciones en el voltaje de línea de la instalación en la que se va operar una balastro. Las balastras sólo deben conectarse a circuitos con el voltaje y la frecuencia para la que fueron fabricadas; de lo contrario, la lámpara operará con valores diferentes de los nominales debido al cambio en los watts de la lámpara, además, esto podría dañar la balastro.

Límites de voltaje de entrada

En la mayoría de los sistemas de distribución de electricidad se regula el voltaje de línea, de manera que no varíe +5% y -5%. Algunos sistemas, sin embargo, pueden tener variaciones hasta de +10% y -10%. La elección de las balastras se debe de hacer de acuerdo con las variaciones de voltaje de línea esperados en el sistema en donde se van a instalar. Si el voltaje cae por debajo de los límites tolerados por la balastro, las lámparas no podrán arrancar, o si lo hacen, no se estabilizan. También puede ocurrir que las lámparas lleguen a calentarse, pero a un wataje reducido.

Factor potencia

Las balastras con factor potencia elevado hacen un uso más eficiente de los sistemas de distribución de electricidad que las balastras con un factor normal o bajo. El factor potencia (FP) es la razón de watts de línea a los volts-ampers de la línea, como se indica en la siguiente ecuación 5.2.1 :

$$\%FP = \frac{\text{watts de línea}}{\text{volts de línea} * \text{corriente de línea}} * 100 \quad (5.2.1)$$

De acuerdo con las normas del ANSI, una balastro se puede clasificar como "de alto factor potencia", si tiene un factor potencia del más de 90%. La mayoría de las balastras normales y de factor potencia bajo tienen un FP de 50%, aproximadamente.

Un factor potencia menor significa más corriente de línea por balastro, esto es, alambres conductores más gruesos, interruptores más grandes y un transformador de distribución mayor que el que se requeriría para uno de consumo normal.

Una balastro con factor de potencia normal requiere casi el doble de corriente de línea que una balastro con un factor potencia elevado. El bajo costo inicial de las balastras con un factor potencia bajo puede redundar en un costo mayor de los sistemas de distribución.

Caída del voltaje de entrada (4 segundos)

La caída del voltaje de entrada es la caída del voltaje de línea que tiene que tolerar la balastro hasta que se apaga la lámpara. El punto en el cual la lámpara se apaga, se conoce como voltaje de extinción o también como "el valor más alto del voltaje de suministro, que causa el fin de la vida útil de la lámpara ya que dicho voltaje se reduce continuamente a una razón de 2 a 3% por segundo del valor nominal hasta el punto en que la lámpara se apaga".

Todos los sistemas de distribución están sujetos a caídas de voltaje debido a sobrecarga y a otros factores. Estas caídas generalmente son del 10%, aunque en algunos circuitos pueden llegar al 20 o 30%. La mayoría de las caídas duran de 16 a 30 ciclos, y pueden ser causadas por fuertes demandas de corriente de corta duración, tales como las de los equipos de soldadura eléctrica. Las caídas breves pueden deberse a parpadeos y en ocasiones llegan incluso a apagar totalmente a las lámparas.

La balastro debe ser capaz de eliminar las caídas de voltaje esperadas en la línea de suministro, y evitar el fin de la vida útil de la lámpara. Como la mayoría de las balastras operan a 60 ciclos por segundo, una caída de 4 segundos equivale a una caída de 240 ciclos.

Pérdidas de balastro

Las pérdidas o la eficiencia de una balastro se determinan por medio de la ecuación 5.2.2:

$$\text{eficiencia} = \frac{\text{watts de lámpara}}{\text{watts de lámpara} + \text{pérdidas de balastro}} = \frac{\text{watts de salida}}{\text{watts de entrada}} \quad (5.2.2)$$

Una balastro que tiene una eficiencia del 90%, proporciona el 90% de la potencia a la lámpara, y pierde solo el 10% por calentamiento. Las pérdidas de balastro se miden en un banco a fin de obtener datos verificables. Cuando las balastras se encuentran en alojamientos herméticos, las pérdidas por dispersión se incrementan en un 2 o un 3%, aproximadamente. Los watts que se pierden en la balastro incrementan el número total de watts consumidos, por ello, el diseñador debe considerar estas pérdidas cuando se eligen las balastras.

5.3 Consideraciones y necesidades iniciales

En capítulos anteriores hicimos referencia a las fuentes luminicas incandescentes que se utilizan actualmente en un estudio de televisión, y de acuerdo con el análisis que se ha hecho de las lámparas fluorescentes, balastras electrónicas, de las necesidades de las cámaras de video y las de los estudios de televisión, resulta inminente el desarrollo de un reflector que integre la tecnología de las lámparas compactas fluorescentes a esta aplicación en particular.

En términos cuantitativos, aún y cuando las luminarias de luz fluorescente son más costosas que las lámparas incandescentes convencionales, resultan más convenientes a largo plazo por diferentes motivos que mostramos en la tabla 5.3.1.

	LAMPARA INCANDESCENTE BOMBILLA CONVENCIONAL	LAMPARA FLUORESCENTE DULUX 7
NUMERO DE LAMPARAS	1	1
VIDA UTIL PROMEDIO (Hrs).	1000	10,000
CONSUMO (Watts).	25	7
LUMENS	255	400
TEMPERATURA (°C)	75	36
COSTO LAMPARA (PESOS)	\$ 4.50	\$ 20.00
COSTO BALASTRA (PESOS)		\$ 50.00
	FEL	DULUX 55
NUMERO DE LAMPARAS	1	8
VIDA UTIL PROMEDIO (Hrs).	300	10,000
CONSUMO (Watts).	1000	440
LUMENS	28,000	28,000
TEMPERATURA (°C)	800°	80°
COSTO LAMPARA (PESOS)	\$ 160.00	\$ 448.00
COSTO BALASTRA (PESOS)		\$ 224.00
	EHF	DULUX 55
NUMERO DE LAMPARAS	1	6
VIDA UTIL PROMEDIO (Hrs).	300	10,000
CONSUMO (Watts).	750	440
LUMENS	20,400	21,000
TEMPERATURA (°C)	800°	80°
COSTO LAMPARA (PESOS)	\$ 200.00	\$ 336.00
COSTO BALASTRA (PESOS)		\$ 168.00

Tabla 5.3.1 Comparativo entre lámparas incandescentes y compactas fluorescentes

En la tabla se puede observar que, para una misma luminosidad, las lámparas fluorescentes tienen una vida útil de casi diez veces más que las incandescentes, en segundo lugar la relación de potencia consumida de las lámparas incandescentes y la fluorescentes es casi de 2.5 a 1 veces en promedio y la temperatura de operación es de la tercera parte.

El factor temperatura juega un papel importante en la aplicación de los reflectores a estudios o foros con techos bajos, e implica un ahorro de energía en aire acondicionado, pero en el diseño de la luminaria deberá cuidarse la capacidad de apertura del haz luminoso en distancias cortas.

De una u otra manera todas estas características contribuyen directa o indirectamente a abatir costos de operación en foros y estudios de televisión, y éste es un punto que no debe perderse de vista al diseñar el reflector, de otro modo la sugerencia de cambio de lámparas incandescentes a fluorescentes y la inversión inicial que ello implica, no tendría ningún sentido.

No todo es ventajoso en las lámparas fluorescentes y esto debe cuidarse ya que son menos eficientes que las incandescentes en lo que respecta a la relación de tamaño a flujo luminoso y por consiguiente las luminarias de luz fluorescente serán más estorbosas pues requieren de un mayor número de lámparas para obtener la luminosidad deseada.

Además, las lámparas fluorescentes no son fuentes de luz puntuales sino lineales. Profundizaremos más adelante sobre este tema, pero como consideración inicial podemos decir que una fuente de luz lineal siempre generará un ángulo mayor que el otro. Si colocamos varias lámparas fluorescentes dentro de un mismo reflector, podemos compensar la diferencia entre las distancias vertical y horizontal. Sin embargo, es poco probable alcanzar un cuadrado perfecto. Las fuentes luminicas puntuales emiten luz en todas direcciones y por lo tanto el patrón que generan dependerá del reflector en que se acomoden. Las fuentes luminicas lineales pueden controlarse con un reflector pero se comportan como una hilera de fuentes puntuales de una longitud determinada. La figura 5.3.1 nos muestra una analogía entre ambas fuentes.

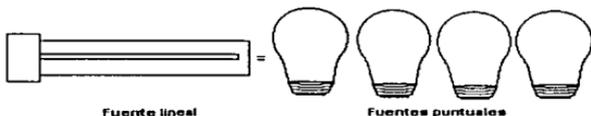


Figura 5.3.1 Analogía entre una fuente lineal y una fuente puntual.

Por su naturaleza lineal, el pretender utilizar una fuente fluorescente para dar efectos de luz concentrada es completamente impráctico por lo que las luminarias de este tipo deben diseñarse teniendo en mente su utilización como luces de fondo.

5.4 Selección de lámparas y balastras

Las lámparas fluorescentes modernas son el resultado de setenta y cinco años de desarrollo tecnológico e investigación. El proceso de fabricación de estas lámparas es bastante complicado: el vidrio se moldea en forma de tubo, las paredes interiores del tubo se recubren con un fósforo tratado que brinde la respuesta de color adecuada, se colocan las terminales eléctricas en los extremos del tubo y se vacía el contenido de aire del mismo sustituyéndolo por un gas inerte (combinación de argón y kriptón) a muy baja presión. Finalmente se colocan las bases de la lámpara que alojan las terminales eléctricas (cátodos). La figura 5.4.1 nos muestra un esquema típico de una lámpara fluorescente.

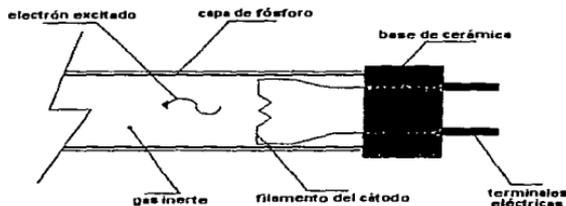


Figura 5.4.1 Esquema de una lámpara fluorescente.

Las lámparas fluorescentes requieren de potencia eléctrica para excitar los cátodos y un alto voltaje para romper el coeficiente dieléctrico del gas inerte. Estas condiciones eléctricas las proporciona una balastro que debe ser diseñada cuidadosamente de acuerdo con las especificaciones de las lámparas. Hace algunos años se utilizaban balastras electromagnéticas que aplicaban la tecnología de los transformadores para generar un alto voltaje que rompiera el dieléctrico del gas. Sin embargo, y a pesar de que estas balastras son poco costosas, las balastras electrónicas son mucho más eficientes y por supuesto ahorran una cantidad mayor de energía. Las balastras electromagnéticas tienen muchas pérdidas en las bobinas y generan una gran cantidad de calor. Las balastras electrónicas operan en frecuencias mayores a los 20,000 Hz y esta condición hace que las lámparas fluorescentes se desempeñen mejor en un porcentaje aproximado del 15%. La figura 5.4.2 nos muestra el desempeño de una lámpara fluorescente con respecto a la frecuencia de operación de la balastro.

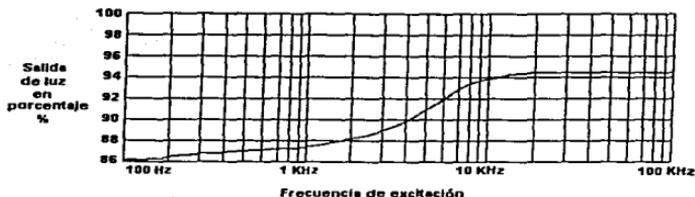


Figura 5.4.2 Respuesta de una lámpara fluorescente a la frecuencia de excitación.

En el caso de reflectores para televisión, el uso de balastros electrónicos con una alta frecuencia de operación es imprescindible ya que con esto evitamos el "hum" (ruido eléctrico) producido por los 60 Hz y el parpadeo de las lámparas también a 60 ciclos. Es importante aclarar que el ojo humano no tiene la capacidad para apreciar este parpadeo pero las cámaras de televisión (video) si lo hacen.

En el caso de las balastros electrónicos que se piensan utilizar en un reflector de luz fluorescente para televisión, las consideraciones deben ser muy específicas. Esto es debido a que en un estudio de televisión, el sistema de iluminación deberá alternar con otros sistemas que se pueden ver afectados si no se toman en cuenta algunos factores de operación. Los altos voltajes manejados por las balastros pueden afectar gravemente las señales de video y sonido que apenas alcanzan el volt pico a pico. La señal de video que genera una cámara es de este tamaño y si consideramos las señales de los micrófonos estamos hablando de milivolts.

El mercado de las lámparas fluorescentes y sus balastros ha sido el de la iluminación arquitectónica e industrial. Por esta razón, al desarrollar reflectores fluorescentes con una aplicación diferente nos encontramos con ciertas limitantes que establece el propósito para el cual se desarrollaron estas lámparas. Sin embargo, antes de establecer cuales son los requerimientos con los cuales deberá cumplir tanto la lámpara como la balastro en un estudio de T.V., deberemos partir de sus cualidades de operación más generales.

Balastros

Factores de operación:

- Factor de balastro: Describe la capacidad de la balastro para producir el flujo luminoso especificado de una lámpara fluorescente. La cantidad de luz que una lámpara genera es un dato que los fabricantes proporcionan con base en una balastro de referencia y que cumple con las especificaciones ANSI, como se muestra en la ecuación 5.4.1 :

$$\text{Factor de balastro} = \frac{\text{Cantidad de luz en lumens de una lámpara operada por la balastro a medir.}}{\text{Cantidad de luz en lumens de una lámpara operada por la balastro de referencia.}} \quad (5.4.1)$$

- Factor de eficiencia de la balastro: Para comparar la eficiencia de las balastros operando lámparas fluorescentes se utiliza el factor de eficiencia de la balastro. Este factor solo es válido cuando se comparan balastros operando la misma lámpara. El factor de eficiencia se establece en porcentaje y queda determinado como la relación entre el factor de la balastro y la potencia que consume ésta a la entrada, como se muestra en la ecuación 5.4.2 :

$$\text{Factor de eficiencia de la balastro} = \frac{\text{Factor de balastro (100)}}{\text{Potencia de entrada (Watts)}} \quad (5.4.2)$$

Una balastro con un factor de balastro de 88%, operando dos lámparas de 30 watts tiene un factor de eficiencia de 1.466. Otra balastro que utilice la misma potencia pero con un factor de balastro de 82% tendrá un factor de eficiencia de 1.366. En este caso, la primera balastro es más eficiente debido a que su factor de eficiencia es mayor.

- Factor de potencia: El factor de potencia de una balastro describe que tan eficazmente la potencia suministrada a la balastro es convertida en watts aprovechables para la lámpara. El factor de potencia es una medida relativa de la diferencia de fase entre la corriente y el voltaje. Este defasamiento es provocado por los componentes electromagnéticos y ocasiona pérdidas de energía, como se muestra en la ecuación 5.4.3 :

$$\text{Factor de potencia} = \frac{\text{Potencia de entrada (Watts)}}{\text{(Voltaje de línea) (Corriente de línea)}} \quad (5.4.3)$$

Debido a que las balastros con un alto factor de potencia son más eficientes que los de bajo factor, se pueden alimentar mediante circuitos que tengan una baja capacidad de corriente. Las balastros con un bajo factor de potencia requieren aproximadamente el doble de la corriente que necesitan las balastros con un alto factor de potencia.

- Factor de cresta: El valor pico de una onda senoidal dividido entre su valor RMS es llamado factor de cresta. El factor de cresta es uno de los criterios que se utilizan para estimar la vida de las lámparas fluorescentes. Las corrientes con factores de cresta muy altos pueden acortar la vida de éstas. La figura 5.4.3 nos muestra gráficamente la relación entre el valor pico y el valor RMS.

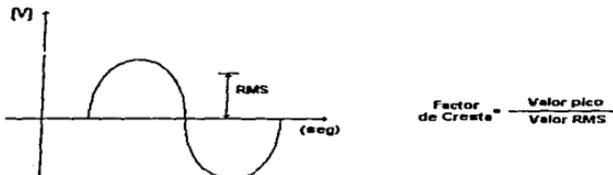


Figura 5.4.3 Relación entre el valor pico y el valor RMS de una señal sinusoidal.

- Distorsión armónica: Las señales con forma de onda no senoidal que resultan de la saturación de elementos magnéticos producen la llamada distorsión armónica. Ésta tiene efectos muy dañinos para el sistema eléctrico ya que produce sobrecargas, calentamiento de conductores, pobre regulación y cortocircuitos. Una señal de corriente distorsionada está formada por la suma de una onda oscilando a 60 Hz y por un número de componentes de menor magnitud y mayor frecuencia conocidos como armónicos. Los armónicos son señales que oscilan al doble, triple, cuádruple, etc. de la frecuencia. Los balastros electrónicos que se sugieren para obtener buenos resultados no deben exceder el 15% de distorsión armónica. Esto significa que la tercera armónica no debe sobrepasar una magnitud igual al 15% de la magnitud con la que cuenta la señal original.

- Sonido o zumbido " hum ": El sonido o zumbido que se asocia con las balastras de las lámparas fluorescentes proviene de la vibración de las laminillas de acero del transformador que se usa para una balastra electromagnética. El zumbido provoca molestias en un estudio de televisión ya que se introduce en el sistema de sonido a través de los micrófonos. En la tabla 5.4.1 nos muestra la comparación en magnitud del ruido para los dos tipos de balastras.

Balastra electromagnética	31 dB
Balastra electrónica	25 dB

Tabla 5.4.1 Magnitud de ruido producido por balastras.

- **Peso:** El peso de las balastras electrónicas representa una gran ventaja sobre las balastras electromagnéticas. Esto se debe a que los componentes electrónicos con los que se construyen las fuentes conmutadas de las balastras electrónicas son considerablemente más ligeros que el transformador de las balastras electromagnéticas, como se observó en la tabla 5.4.2. Cuando queremos aplicar un reflector con lámparas fluorescentes en un estudio de televisión, el peso del mismo se convierte en un factor muy importante ya que hay que montarlo y desmontarlo en repetidas ocasiones.

Balastro electromagnética	1.68 Kg.
Balastro electrónica	0.68 Kg.

Tabla 5.4.2 Peso de las balastras electromagnéticas y de las balastras electrónicas

- **Temperatura de operación:** La temperatura es un factor determinante tanto en un estudio de televisión como en cualquier oficina en la que se instalan lámparas para poder realizar las labores correspondientes, la tabla 5.4.3, nos muestra la temperatura aproximada en que operan las balastras. La disminución de la temperatura de operación de un reflector reduce el consumo de energía en aire acondicionado y por supuesto hace el trabajo de los locutores y conductores algo más sencillo y agradable.

Las redacciones de los noticieros y los conductores de los mismos no tienen que ser maquillados cada corte comercial porque el calor de las lámparas incandescentes los hace sudar y brillar. Por otro lado, los reflectores con lámparas fluorescentes pueden ser cambiados de lugar sin tener que esperar a que se enfríe el chasis para no quemarse. El filamento de las lámparas incandescentes se puede romper si se mueve cuando está caliente. Si consideramos que un reflector con lámpara incandescente de 1000 watts (muy común en un estudio de T.V.) puede alcanzar temperaturas de 150° C, también debemos considerar un sistema de aire acondicionado que lo compense.

Balastro electromagnética	80 °C
Balastro electrónica	50 °C

Tabla 5.4.3 Temperatura de operación de estos tipos de balastras

- **Parpadeo "flicker":** El parpadeo, como ya lo habíamos mencionado depende de la frecuencia de operación del voltaje a la salida de la balastro. Una frecuencia mayor a los 20,000 Hz es necesaria para que las cámaras de video no noten este parpadeo. El parpadeo no significa más que la circulación de la corriente en un sentido y otro. Toda señal de corriente alterna se comporta de esta manera. Cuando la señal de voltaje pasa por cero la lámpara se apaga momentáneamente y esto es captado por la cámara de video cuando la oscilación es menor a los 20,000 Hz.

- Dimmeo (atenuación de la luz): Las balastras destinadas a utilizarse en un reflector para televisión pueden tener la capacidad de atenuar su salida de voltaje de acuerdo con una entrada de control. La entrada de control generalmente es una señal de corriente directa que va de los cero hasta los diez volts. Esta señal de control provoca que la balastro nos otorgue una salida que oscila entre el 10% y hasta el 100% para que las lámparas enciendan a su máxima capacidad. En el caso particular de un estudio de televisión, la señal de control la proporciona una consola de iluminación o bien un control local analógico que nos genere una señal de cero a diez volts. Las consolas que se utilizan actualmente en los estudios de televisión generan señales de DMX512 para controlar los *dimmers*. Esto último implica la necesidad de poner una interfase que interprete al protocolo DMX512 y lo transforme en una señal analógica de cero a diez volts. La figura 5.4.4 representa un esquema de alambrado para una balastro electrónica *dimmeable*.

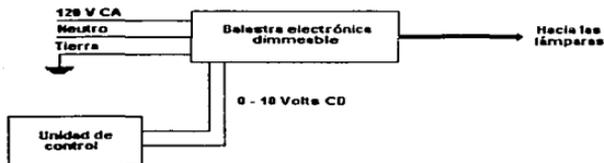


Figura 5.4.4 Esquema de alambrado para una balastro electrónica *dimmeable*

De acuerdo con las características y limitaciones generales de operación de una balastro electrónica, si queremos construir un reflector de luz fluorescente para estudio de televisión deberemos observar y poner atención en las siguientes cualidades:

Una balastro electrónica debe cumplir al menos con lo siguientes puntos:

- Deberá operar las lámparas a una frecuencia de al menos 20 KHz.
- La señal generada por la balastro deberá tener una distorsión armónica total menor al 10% para la operación a 120 volts y del 15% para la operación a 227 volts.
- La balastro deberá tener un factor de potencia de al menos 98%.
- La balastro deberá contar con un factor de cresta menor al 1.4.
- La balastro deberá soportar un corto circuito sostenido o bien un circuito abierto.

- La balastro no deberá generar un ruido mayor a los 25 dB.
- El encapsulado de la balastro no deberá exceder los 90 °C y se considerará una temperatura normal de operación de 40 °C a 65° C.
- La salida de voltaje de la balastro (de la cual depende la intensidad luminosa de las lámparas) se deberá mantener constante en un rango de operación de voltaje que va de los 100V hasta los 145V para un voltaje de entrada especificado de 120V. Para un voltaje de entrada especificado de 277V, las variaciones de la línea podrán ir desde los 200V hasta los 305V.
- La balastro deberá operar tanto a 60 Hz como a 50 Hz.
- La balastro deberá tener un proceso de encendido secuencial que primero caliente los filamentos de los cátodos y después encienda la lámpara.
- La atenuación (dimmeo) de la salida de la balastro deberá oscilar entre el 10 % y el 100% .
- La balastro deberá mantener caliente el filamento de los cátodos durante todo el rango de atenuación.
- La circuitería electrónica de la balastro deberá estar completamente aislada de la entrada de potencia.
- La balastro no necesitará una interfase entre la unidad que genera los cero a diez volts y su entrada de control analógico.
- El cableado de la entrada de control deberá tener la capacidad de conducir una corriente de 500 μ A en un rango de voltaje de 0 V a 10 V cd.

Lámparas

Las lámparas fluorescentes compactas, y para esto nos remitimos a la publicidad de los fabricantes, fueron desarrolladas como complemento de la iluminación residencial y comercial. Esto debido a que ahorran hasta un 75% en el consumo de energía y duran hasta 10 veces más que un foco estándar. Sus características generales son su pequeña dimensión, *socket* o casquillo único, luz cálida, un alto rendimiento luminoso, bajo consumo de energía eléctrica y su vida útil.

En el caso de los reflectores para televisión, las lámparas fluorescentes deben cumplir con algunos requerimientos ya que los procesos de ajuste de las cámaras no son tan sofisticados como los del ojo humano. Una cámara de televisión que es expuesta a dos lámparas con temperaturas de color distintas no puede compensar esta

diferencia y hará su ajuste con la que más se acerque a los 3200 ° K que es el blanco de referencia para la televisión. Esta circunstancia hará que aquellas lámparas con una temperatura de color mayor (5600 °K) se vean entre azules y verdes, y aquellas otras con una temperatura de color menor (2000 °K) se vean entre amarillas y naranjas. El ojo humano tiene la capacidad de compensar estas diferencias de forma prácticamente instantánea.

Como ya habíamos dicho con anterioridad, estas lámparas se desarrollaron con la intención de satisfacer otro mercado. Por lo tanto, igual que con las balastras, hay que echar mano de lo que se tiene para utilizarlo en la televisión.

Cuando comparamos el consumo de energía de una lámpara fluorescente con una lámpara incandescente de las que suelen utilizarse en los estudios de televisión, nos damos cuenta de que la diferencia es tan grande que no vale la pena ni siquiera hacer una comparación. Cuando el consumo, la eficiencia y la generación de calor están resueltos, entonces nuestra misión es encontrar lámparas fluorescentes que cumplan con la calidad que nos da una lámpara incandescente. Cuando se habla de televisión, el concepto de calidad se vuelve muy importante ya que los jueces son las cámaras de video que aunque involucran una alta tecnología no son tan sofisticadas como el ojo humano.

Para seleccionar una lámpara fluorescente e incorporarla a un reflector de televisión ponemos atención en los siguientes factores:

- Tamaño: Cuanto más pequeña sea nos permite utilizar un chasis de menores dimensiones. Hay que tomar en cuenta que la potencia de una lámpara fluorescente está determinada por la longitud del tubo.

Desde 1985 existen en el mercado lámparas fluorescentes compactas. Con estas lámparas podemos tener hasta 55 Watts en 60 cm de longitud. Una lámpara fluorescente convencional de 55 Watts mide aproximadamente un metro con ochenta centímetros. La figura 5.4.5 nos muestra la configuración de una lámpara compacta fluorescente.

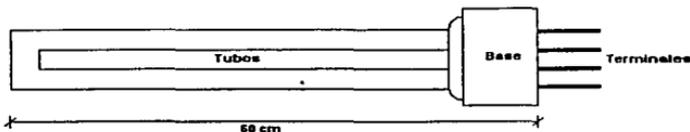


Figura 5.4.5 Configuración de una lámpara compacta fluorescente.

Como podemos observar la distancia total del tubo es de un metro con veinte centímetros pero con una disposición en forma de "u".

- **Potencia:** Al contrario de las lámparas incandescentes, el consumo en estas lámparas no es factor y por lo tanto se trata de encontrar el tubo más potente. Los 55 Watts de los que habláramos son la potencia máxima (comercialmente) para una lámpara compacta fluorescente.
- **Eficacia luminosa:** La eficacia luminosa se expresa en lumens sobre watts y representa la cantidad de flujo luminoso que una lámpara produce por cada watt que consume. Las lámparas compactas fluorescentes tienen una eficacia luminosa que va de los 65 a los 95 lumens por watt. Si las comparamos con las lámparas incandescentes que tienen una eficacia de 10 a 15 lumens la diferencia es escandalosa. Sin embargo, la comparación se debe hacer entre dos lámparas fluorescentes compactas y aunque la diferencia no sea muy grande si existe y hay que tomarla en cuenta.
- **Vida útil:** La vida útil de una lámpara fluorescente es de 10,000 horas y duran aproximadamente más de 10 veces lo que una lámpara incandescente. La comparación se debe realizar entre dos lámparas fluorescentes y establecer con que porcentaje de luminosidad siguen funcionando después de 10,000 horas de uso. No es importante que a las 10,000 horas sigan encendiendo, sino la cantidad de luz que continúan emitiendo.
- **Temperatura de color:** La temperatura de color es el color aparente de una fuente luminosa medido en grados Kelvin. Las cámaras de televisión actuales son capaces de ajustarse a diferentes temperaturas de color para establecer el color blanco que necesitan como referencia para trabajar. Sin embargo, lo que no pueden hacer es compensar la exposición a dos fuentes luminosas con temperaturas de color distintas. Si mezclamos luz fluorescente de 5,600° K con luz incandescente de 3,200°K en un estudio, la cámara se ajustará a los 3,200° K porque esta es la temperatura de color ideal. Con la cámara ajustada a esta segunda temperatura, las lámparas fluorescentes se verán azul-verdosas en el video.

Quando se selecciona una lámpara compacta fluorescente, hay que tomar en cuenta cual es su temperatura de color.

- **Índice de reproducción cromática o índice de reproducción de color (Ra) :** Así se le llama a la capacidad que tiene una fuente luminosa de reproducir los distintos colores del objeto iluminado. El índice máximo es de 100 y corresponde a la luz blanca natural (el Sol) que posee un espectro continuo. El número 100 significa que reproduce los colores tal como son, es decir, que los reproduce con un cien por ciento de eficacia.

Este factor es fundamental para escoger una lámpara fluorescente. Aún y cuando las lámparas compactas fluorescentes llevan mas de diez años en el mercado,

los índices de reproducción cromática mayores al 90% son de desarrollo reciente. De hecho, comercialmente es complicado encontrar lámparas con este índice.

A diferencia de la temperatura de color que hace que una lámpara desarrolle cierta tonalidad al encenderse, el índice de reproducción cromática determina el color de los objetos a los que ilumina. Por esta razón, es imposible mezclar lámparas fluorescentes con un índice menor al 90% con lámparas incandescentes. La tabla 5.4.1 nos muestra el rendimiento de color de algunas fuentes luminosas. Como podemos observar, el rendimiento de color no tiene que ver con la temperatura de color.

NIVEL	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	MENOS BUENO	RÉGULA R	MALO
Ra	100 - 90	89 - 80	79 - 70	69 - 60	59 - 40	39 - 20
2000° K	INCANDESCENTE	COMPACTA FLUORESCENTE				
3000° K	HALÓGENAS			LAMPARA DE DESCARGA		
4000° K						
5000° K	LUZ DE DÍA					

Tabla 5.4.1 Índice de rendimiento de color de algunas fuentes luminosas.

5.5 Diseño del espejo reflejante

El espejo reflejante es una parte muy importante en la construcción de las luminarias motivo del presente trabajo, debido a que es el elemento que permite el máximo aprovechamiento de la luz generada por la lámpara.

Para cualquier diseño es imprescindible determinar la aplicación específica que ha de darse al objeto diseñado así como analizar las propiedades de cada una de sus partes.

Como se estableció en la sección 5.3, la aplicación que se busca para las lámparas fluorescentes es la de luz de fondo o relleno, pero aunque no se pretende crear una luminaria de luz concentrada, sí se busca tener control sobre un área de un tamaño práctico, digamos un cuadrado de cuatro metros cuadrados, considerando las dimensiones convencionales de foros y estudios de televisión.

Por otro lado en el capítulo 2.3 habíamos explicado brevemente las formas básicas de control de dirección de la luz y como se implementan haciendo uso de los fenómenos de refracción y reflexión, así como los diversos tipos de reflectores comúnmente utilizados y sus características, de lo cual pueden extraerse información suficiente para tener un punto de partida. Desafortunadamente deben tomarse en cuenta algunas características especiales de la lámpara fluorescente que cambian drásticamente la forma de los diseños de reflectores anteriormente mencionados.

Sabemos que las fuentes luminosas, tanto fluorescentes como incandescentes, generan luz en forma de patrones definidos mas no con una única dirección, como son los esféricos o semiesféricos en el caso de las fuentes incandescentes y de tipo de un doble cardioide en el caso de las fluorescentes. Esto puede apreciarse en la figura 5.5.1

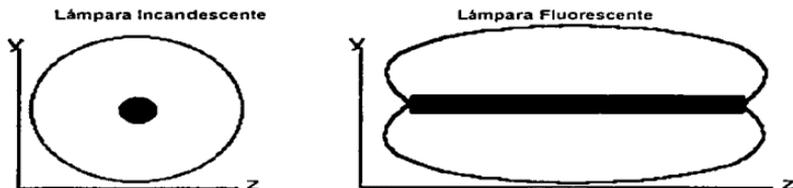


Figura 5.5.1 Patrones de radiación de lámparas Incandescente y fluorescente en el plano Y-Z.

En la figura solamente se hace referencia al plano Y-Z, sin embargo podemos observar que mientras las lámparas incandescentes pueden modelarse tridimensionalmente como fuentes de luz puntuales, las fluorescentes distan mucho de poder considerarse así. La lámpara fluorescente es por lo general un tubo largo, cuya energía luminosa emana a todo lo largo y ancho de manera más o menos uniforme. Además las lámparas de IRC corregido no son tubos simples sino que asemejan una "U" convirtiendo la fuente luminosa en un artefacto un tanto estorbo que tiene todo menos ser puntual.

De esta forma podemos pensar que si las lámparas incandescentes pueden verse en un corte de dos planos coordenados cualesquiera, como un círculo, la lámpara fluorescente sencilla (considerando que el diseño en "U" fueran dos tubos juntos) puede verse como un círculo en el plano X-Y y como un rectángulo en los planos X-Z y Y-Z como se muestra en la figura 5.5.2

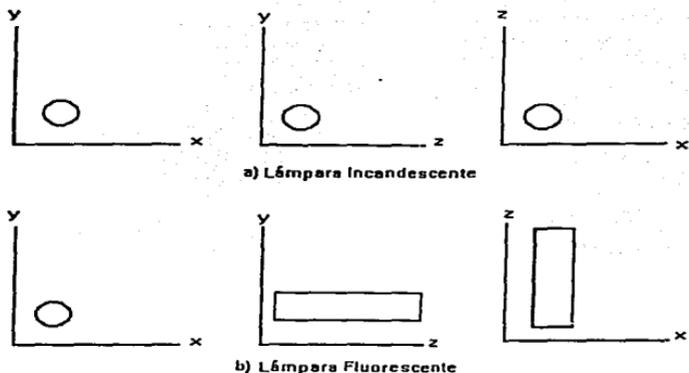


Figura 5.5.2 Cortes de lámparas incandescente y fluorescente.

Si observamos el patrón de la lámpara fluorescente en las figuras 5.5.1 y 5.5.2 podemos darnos cuenta de que la mayor parte de la radiación se emite en los planos en los que la extensión de la lámpara es mayor. En concreto, los resultados experimentales nos dicen que el 90% de la energía luminosa es emitida en estos planos.

Además, con ayuda de las figuras 5.5.1, 5.5.2, y en base a la experiencia cotidiana puede deducirse que si la cantidad de luz que emite una fuente luminosa depende en gran parte de la cantidad de energía que esta es capaz de traducir en luz visible, en las lámparas fluorescentes existe además una estrecha relación con la superficie de la lámpara; dicho de otra manera, existe una relación directamente proporcional entre el área de la lámpara y la luz emitida por ella.

Sin embargo, la mayor parte de las aplicaciones requieren de concentrar la luz en un área determinada. Esta área debe localizarse en lo que llamaremos en adelante, el frente de la luminaria, es decir la cara de la luminaria por la que se emite luz.

Bajo estas premisas, el espejo reflejante no incrementará la potencia de salida de la lámpara, sino que debe ser una forma simple de redireccionar los haces de luz que no sean emitidos naturalmente hacia el frente de la luminaria y

así aumentar favorablemente la relación entre área de la lámpara y cantidad de luz recibida por un objeto iluminado.

Otro factor que debe considerarse en el diseño, es que se pretende crear un producto competitivo en precio y funcionalidad con las luminarias convencionales, así es que el tamaño de la luminaria es una cuestión crítica. Como se dijo en la sección 5.3, las luminarias fluorescentes se conforman de varias lámparas ya que una sola lámpara resulta, en la mayoría de los casos, insuficiente, lo cual incrementa aún más la relevancia en el cuidado de las dimensiones.

El material con el que debe construirse el reflector debe ser ligero, maleable resistente y con un índice de reflexión bastante alto, por lo que se eligió el aluminio laminado al alto brillo de 1.5mm de espesor.

Si consideramos la lámpara fluorescente como un arreglo lineal de fuentes incandescentes extremadamente delgadas, podemos observar los efectos de diversos reflectores sobre el comportamiento de las lámparas en una determinada superficie a una determinada distancia. De esta forma vista sobre el plano X-Y la lámpara fluorescente aparecerá como un círculo y el reflector como una curva sobre los ejes coordenados.

Intuitivamente resulta elemental el pensar en un reflector plano como el más fácil y económico de fabricar, además de que no presenta problema alguno en cuestión de dimensiones; sin embargo, una gran cantidad de luz no sería reflejada hacia el frente de la luminaria sino que escaparía hacia arriba y abajo dejando la luz demasiado dispersa, y la poca luz reflejada hacia el frente sería inútil ya que la lámpara es un cuerpo completamente opaco. La luz que cruzaría el plano sería únicamente la luz radiada directamente sobre él. Esto puede observarse en la figura 5.5.3

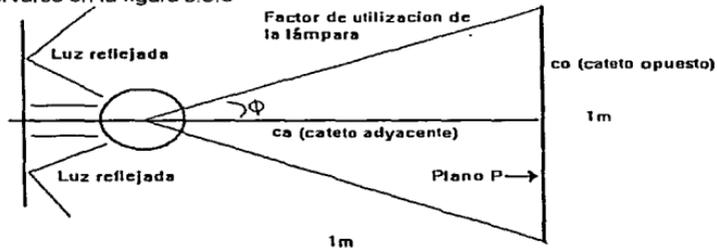


Figura 5.5.3 Funcionamiento del reflector plano con la lámpara fluorescente

Si se considera que el total de la luz (100%) que emana de la lámpara se distribuye uniformemente en los 360 grados, el factor de utilización de la lámpara (FUL) puede obtenerse por trigonometría elemental como se muestra a continuación:

$$\phi = \operatorname{atan}\left(\frac{ca}{ca}\right) = \operatorname{atan}\left(\frac{0.5}{1}\right) \quad 5.5.1$$

donde :

ϕ = La mitad del ángulo de utilización

ca = Cateto opuesto del triángulo rectángulo formado por la mitad del plano de prueba "P" y ϕ

ca = Cateto adyacente del mismo triángulo.

$$\phi = 26.57^\circ \quad 2\phi = 53.14^\circ$$

Considerando que el porcentaje de luz que emana en los 360° es 100%, entonces 53.14, será : $53.14 / 360 = 0.14761$ que es el porcentaje de luz que emana de la lámpara y cruza por el plano P, por lo tanto, el FUL será de 14.76%.

Si integramos este resultado a lo largo del eje Z encontraremos que solamente el 14.76% de la luz emitida por la lámpara se utiliza en el área especificada :

$$LT = \int 0.1476 \, dz$$

$$LT = 0.1476 \int dz = 0.1476Z$$

Donde Z = Longitud de la lámpara

Este resultado lo consideramos como inaceptable pues es prácticamente igual que no tener reflector. Se antoja entonces utilizar alguno de los reflectores mencionados en el capítulo 2.3.

El más interesante a nuestra forma de ver es el reflector parabólico, dada la propiedad focal¹ de la parábola que dice lo siguiente : *La normal a la parábola en un punto P cualquiera de la parábola forma ángulos iguales con el radio vector de P² y una recta que sea paralela al eje de la parábola y pase por P.* En resumen esto significa que todos los haces de luz emitidos desde el foco de la parábola serán reflejados hacia el frente de la misma en dirección paralela a su eje. Esta propiedad nos permite deducir que al utilizar un reflector parabólico una buena cantidad de luz puede ser aprovechada, colocando el eje de la lámpara en el plano X-Y sobre el foco de la parábola. Sin embargo es conveniente evaluar el

¹ Lehman Charles H. Analytic Geometry

² El radio vector de un punto P en una parábola es la línea recta que une a P con el foco de la parábola

beneficio obtenido ya que el reflector tiene dos limitantes importantes. La primera de ellas es su costo de fabricación, pues crear una parábola perfecta resulta difícil si no se tiene la maquinaria adecuada, la cual es muy costosa. La segunda es el tamaño pues la parábola debe tener dimensiones específicas para poder ser considerada como tal y por lo tanto para que el efecto focal realmente funcione.

Si hacemos referencia a la forma canónica de la ecuación de una parábola cuyo eje sea el eje coordenado x :

$$y^2 = 4xp \quad 5.5.2$$

Donde p = distancia focal

Podemos observar que el tamaño de la parábola depende directamente del valor de la distancia focal.

Por otro lado, puede intuirse que el FUL en un reflector parabólico depende de la longitud de los brazos de la parábola así como de la distancia de la lámpara al reflector, que es la distancia focal. Esto se muestra en la figura 5.5.4, donde las áreas en blanco corresponden a la sección utilizada de la lámpara, lo que es directamente proporcional al FUL:

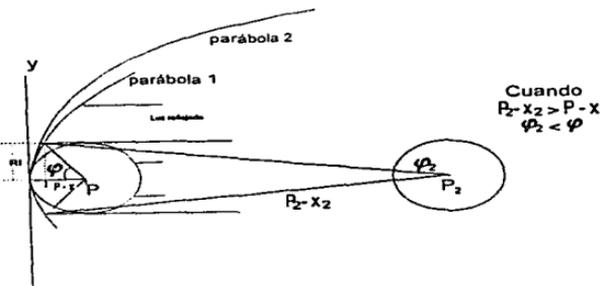
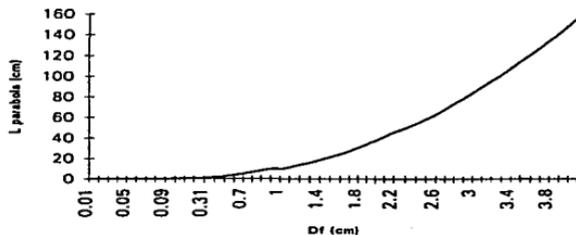


Figura 5.5.4 Dependencia del FUL a las dimensiones del reflector parabólico.

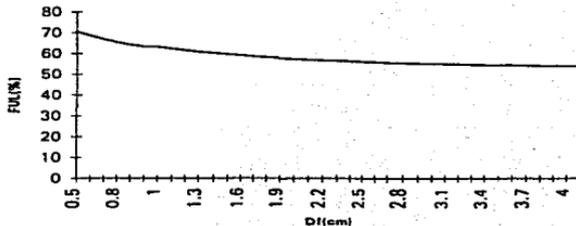
Esto nos llevaría a pensar que la mejor parábola sería una de gran tamaño; sin embargo, como se dijo anteriormente, las dimensiones deben estar limitadas a un cierto standard para poder hacer una luminaria manejable y costeable. Por si esto no fuera suficiente existe también otro factor y es la atenuación de la intensidad luminosa mencionada en el capítulo 2.2, que depende de la distancia en una relación cuadrática del tipo $I = E/d^2$.

En las figuras 5.5.5a, 5.5.5b y 5.5.5c se muestran las gráficas de variación de tamaño de la parábola en relación a la distancia focal, de distancia focal con respecto al FUL y de intensidad luminosa vs distancia focal I respectivamente:

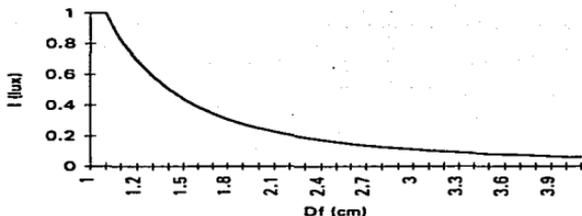
a)



b)



c)



Figuras 5.5.5a, 5.5.5b, 5.5.5c Variación de parámetros en el reflector parabólico.

Las gráficas se obtuvieron de la ecuación en forma canónica de la parábola (Ec. 5.5.1), donde la distancia es la integral de una diferencial de arco sobre la curva desde el vértice 0,0 hasta el punto donde los brazos de la parábola fuesen tan largos como la distancia focal p más el radio de la lámpara Rl , de tal forma que :

$$s = \int_0^{p+Rl} \sqrt{1 + (dy/dx)^2} dx = \int_0^{p+Rl} \sqrt{1 + (p/x)^2} dx \quad 5.5.3$$

Existen un sin fin de elementos que pueden hacer de este análisis un estudio sumamente complejo como son la forma real de las lámparas fluorescentes compactas, los patrones reales de emisión luminosa, los coeficientes de reflexión de distintos materiales, la posibilidad de sumas o cancelaciones de fase en ciertas frecuencias, la posibilidad de la existencia de una curva más adecuada que la parábola para esta aplicación específica, etc. por lo cual el diseño del reflector se finalizó en base a resultados experimentales.

Como punto de referencia para los resultados experimentales se consideró el peor caso de la parábola con respecto al FUL, que sería el caso en el que el radio de la lámpara fuera igual a la distancia focal. Aún en este caso la parábola resulta un mejor reflector que el reflector plano y la diferencia de material y espacio utilizados no es significativa. Esto se muestra en la figura 5.5.6.

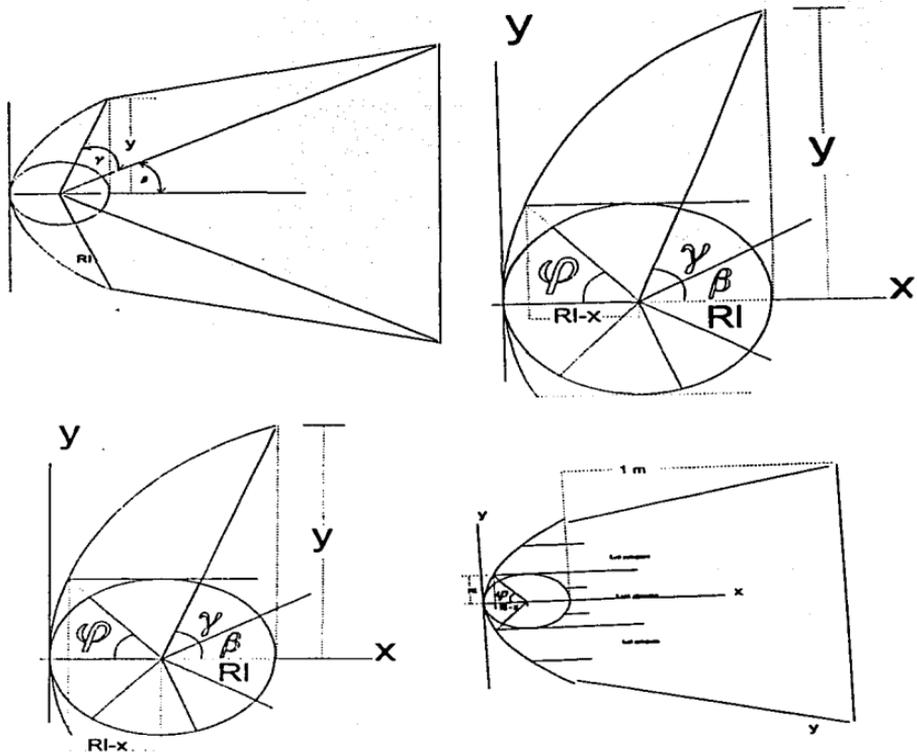


Figura 5.5.6 Cálculo de el FUL en un reflector parabólico con $p=RI$.

Si consideramos que el triángulo rectángulo formado en la parte posterior de la lámpara corresponde a los siguientes valores :

$$\begin{aligned} Ca &= p - x & 5.5.4 \\ Co &= RI \\ x &= y^2 / 4p \end{aligned}$$

Y que para este punto específico:

$$y = RI = p$$

Entonces:

$$\phi = \operatorname{atan}\left[\frac{RI}{RI - x}\right]$$

$$\phi = \operatorname{atan}\left[\frac{RI}{RI - (y^2 / 4p)}\right]$$

$$\phi = \operatorname{atan}\left[\frac{RI}{RI - (RI^2 / 4RI)}\right]$$

$$\phi = \operatorname{atan}\left[\frac{RI}{4 / 3RI}\right] = \operatorname{atan}[4 / 3] = 53.13^\circ$$

$$2\phi = 106.26^\circ$$

Este valor de 2ϕ representa el 29.51% de la circunferencia. Sin embargo los brazos de la parábola están limitados a una determinada longitud lo que permite escapar una buena cantidad de luz que puede aproximarse mediante el triángulo rectángulo formado por RI, Y, y la suma de los ángulos γ y β por lo tanto :

$$\begin{aligned} \text{si } x &= 2RI \text{ y de la ecuación 5.5.1, } \beta = 26.54^\circ \\ \gamma + \beta &= \operatorname{atan}(y/RI) = \operatorname{atan}(\sqrt{4xp}/RI) = \operatorname{atan}(\sqrt{8RI^2}/RI) & 5.5.5 \\ &= \operatorname{atan}(\sqrt{8}) = 70.5286 \end{aligned}$$

$$\text{por lo tanto } \gamma = 70.53 - 26.54 = 43.98^\circ \quad 5.5.6$$

Que multiplicado por dos (2γ) representa el 24.43 % del total de la circunferencia. Este valor se suma al valor porcentual de 2ϕ obtenido

anteriormente, pues es luz que se pierde entre el plano y el frente de la parábola, y se resta al total de la circunferencia, con lo que obtendremos un FUL total de :

$$\text{FUL (Total)} = 100 - [\varphi(\%) + \gamma(\%)] = 100 - 53.94 = 46.06 \%$$

Esto significa que el valor experimental del FUL, en el peor de los casos para el reflector parabólico debe estar al rededor de 45%, lo cual es muy superior al 14.6% obtenido para el reflector plano.

Resultados experimentales

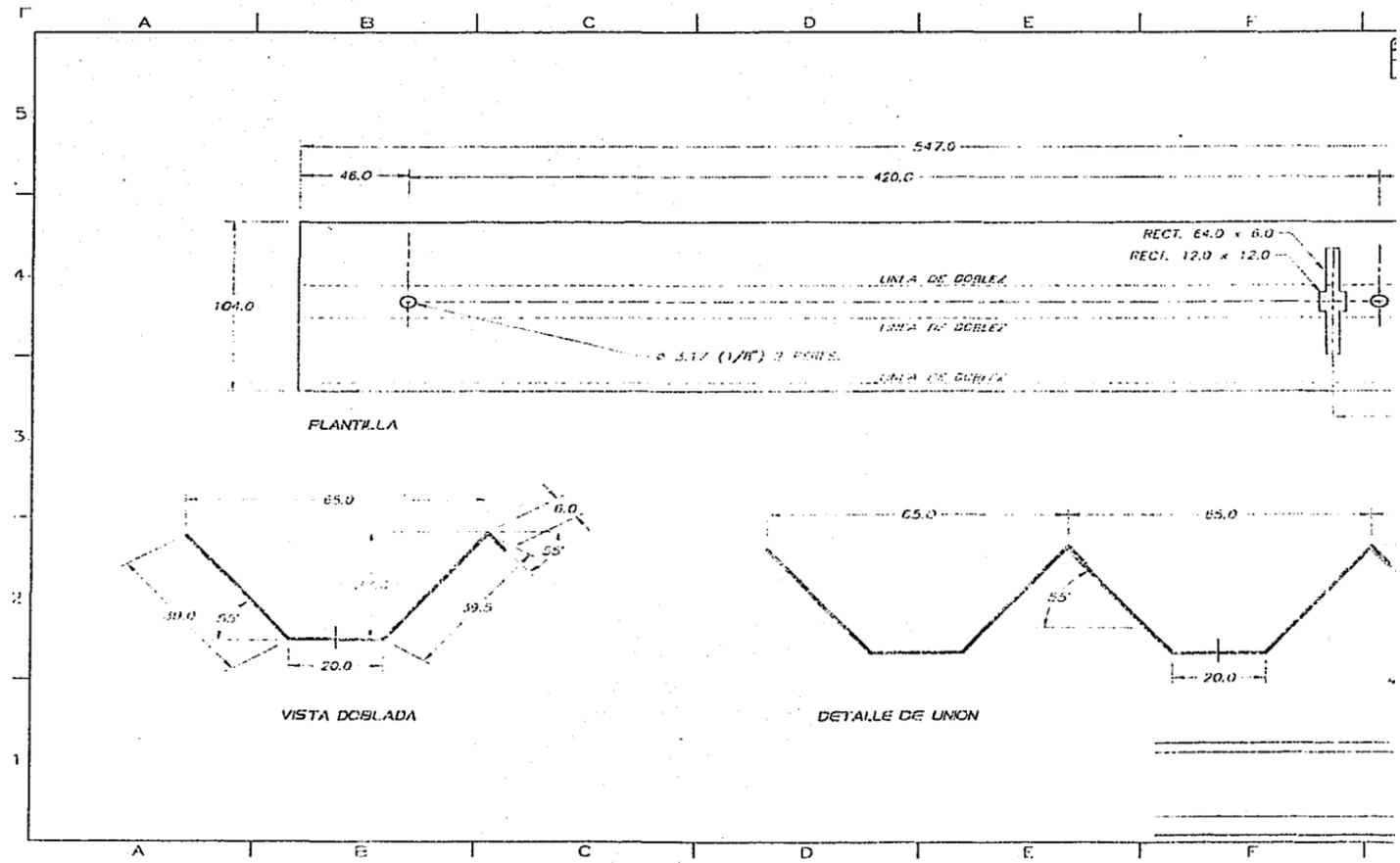
La forma en "U" de la lámpara real así como la dificultad y alto costo de fabricación de una parábola perfecta condujeron nuestro diseño a una lámina de aluminio doblada, formando un trapecoide que asemeja a una parábola. El comportamiento experimental de este diseño se muestra en la tabla 5.5.1; doblando los extremos que rodean a la lámpara en diferentes ángulos para obtener diferentes reflexiones.

Intensidad de la lámpara s/r (lux)	Intensidad con reflector a 40 (lux)	Intensidad con reflector a 55 (lux)	Intensidad con reflector a 65 (lux)	FUL (%) 40	FUL (%) 55	FUL (%) 65
300	390	415	410	30	38.33	36.6
400	525	555	550	31.25	38.75	37.5
600	780	825	820	30	37.5	36.6

Tabla 5.5.1 Eficiencia de un reflector trapezoidal con diferentes ángulos.

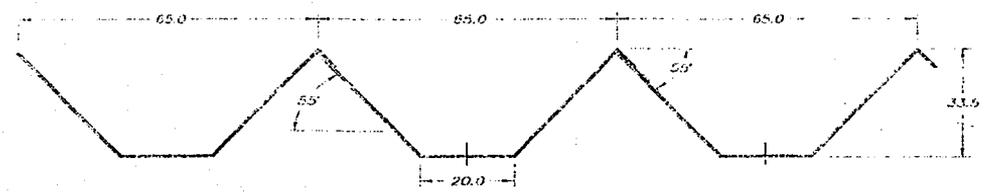
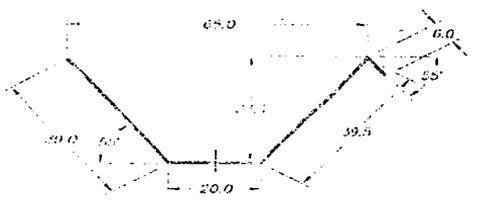
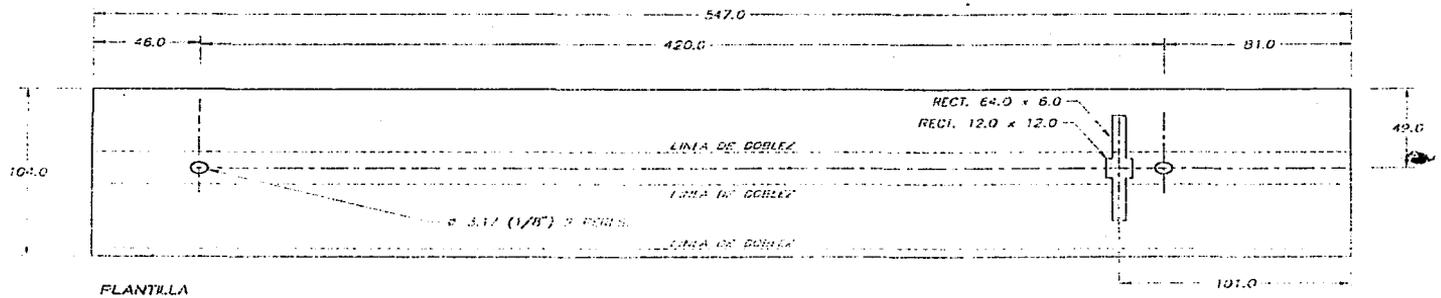
De la tabla anterior puede observarse que el reflector de 55 grados es el mejor, aun cuando la utilización de la luz de la lámpara se incrementa en un porcentaje inferior al esperado, sin embargo el costo del reflector es muy bajo y su fabricación es relativamente sencilla.

En la figura 5.5.7 presentamos un diagrama del reflector de 55 grados, mismo que fue adoptado como diseño final, donde se especifican sus dimensiones y el método de ensamblaje para una luminaria que consta de varias lámparas.



A B C D E F G H

NO. DE DISEÑO	FECHA	PROYECTO	ESCALA
1		LABORA DE ALUMNO N.º 4.º 2.º 2010	



A B C D E F G H

DISEÑADO DIBUJADO APROBADO	DISEÑO N.º 4.º 2.º 2010 FECHA: 18/11/10	PROYECTO: LABORAS DE ALUMNO N.º 4.º 2.º 2010 ESCALA:
	INSTITUCIÓN: TELETEC INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS	ESPECIALIDAD: INTERMEDIO NOMBRE DEL CURSO: TELECOMUNICACIONES

5.6 Diseño del chasis y sus accesorios

Para determinar las dimensiones y los materiales con los que se va a construir el chasis que albergará a nuestra luminaria, hay que partir de los elementos que la conformarán y establecer el espacio necesario para que todos quepan en el mismo. Cuando hablamos de lámparas incandescentes de tungsteno halógeno (comúnmente utilizadas en los estudios de televisión), para aumentar la potencia de un bulbo a otro en pocos Watts las dimensiones del mismo no varían radicalmente. Es decir, una lámpara de tungsteno halógeno de 500 Watts es muy similar en tamaño a una de 1000 Watts. Sin embargo, cuando hablamos de lámparas fluorescentes, para aumentar la potencia al doble debemos considerar una lámpara del doble de tamaño o bien dos lámparas juntas de la misma potencia.

En nuestro caso tenemos luminarias de dos lámparas, cuatro lámparas, seis lámparas y ocho lámparas, que significan potencias de 110W, 220W, 330W y 440W. Como la intención es hacer de estas cuatro luminarias una familia, entonces los gabinetes en los que quedarán albergadas las lámparas deberán ser muy similares y solamente variar en tamaño y no en la forma.

A continuación hacemos una lista de los elementos seleccionados para armar nuestra luminaria y que debemos integrar dentro del chasis:

- Balastras electrónicas dimmeables mod. QT2x55, mca. Osram.
- Lámparas compactas fluorescentes mod. Dulux L 55/32, mca. Osram
- Bases y sockets para las lámparas.
- Tarjeta electrónica de protección, encendido y control de dimmer, mod. AVD DM, mca. Fluo Tec.

Las figuras 5.6.1, 5.6.2 y 5.6.3 muestran las medidas de las lámparas con base y socket, las balastras y los espejos reflejantes seleccionados.

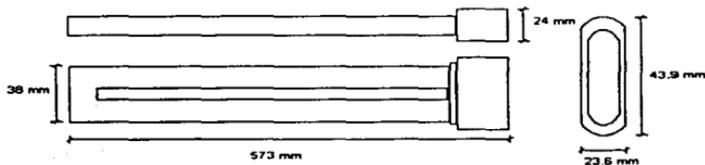


Figura 5.6.1 Dimensiones de la lámpara Osram 55/32 de 55 Watts

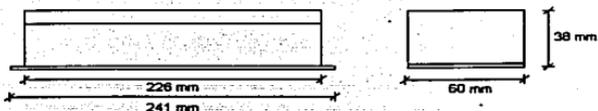


Figura 5.6.2 Dimensiones de la balastro Osram QT2x55.

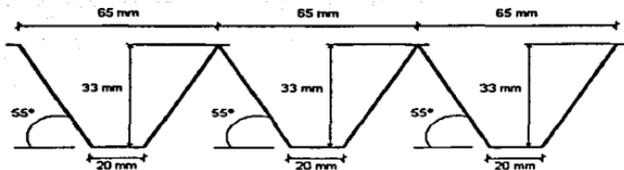


Figura 5.6.3 Dimensiones del espejo reflejante, cada sección corresponde a una lámpara.

Ya que contamos con las medidas correspondientes de estos tres elementos, podemos hacer una distribución de los mismos sobre una base portalámparas. Analizaremos la luminaria de 8 lámparas ya que ésta representa el mayor tamaño de toda la serie. La figura 5.6.4 muestra la distribución de los elementos en la base portalámparas.

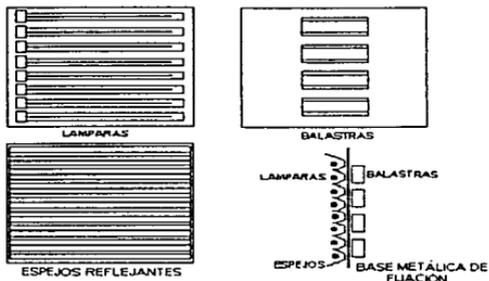


Figura 5.6.4 Representación gráfica de la colocación de lámparas, balastro y espejos reflejantes en la base metálica.

Ya que tenemos las dimensiones aproximadas de nuestra base portalámparas, entonces podemos determinar cual será la altura y el ancho de nuestro chasis. No podemos escatimar un solo centímetro de la longitud de las lámparas ni del ancho de los espejos seleccionados, así que nuestro chasis deberá tener cuando menos 58 cm de ancho por 52 cm de alto. Si consideramos que la base portalámparas es un elemento independiente y deberá ser montada dentro del chasis, entonces habrá que considerar cierta holgura para ambas dimensiones. Por otro lado, las lámparas son elementos que se cambiarán en algún momento y también necesitarán de cierta holgura para poder meterlas y sacarlas de sus sockets con facilidad.

La única dimensión que nos falta por establecer es la profundidad del chasis. Para esto debemos determinar cual es el espacio necesario para albergar la tarjeta electrónica de protección y control. Este espacio está determinado por los componentes que la conforman y éstos, a su vez, quedan determinados por las funciones que realiza la tarjeta. Como podemos observar, establecer esta dimensión no es tan simple, hay que pasar por un proceso en el que se establece cual serán las funciones, por un desarrollo electrónico y finalmente llegar al diseño de un circuito impreso.

Como parte inicial del proceso, a continuación explicaremos cuales son las funciones y etapas de la tarjeta de control y protección AVD.

Tarjeta de protección y control AVD

La tarjeta AVD es un circuito que nos permite encender las balastras, protegerlas contra bajas dramáticas de voltaje en la entrada de línea, proporcionar la señal de control analógico de 0-10 volts cd y proporcionar la fuente de alimentación para una interfase externa, que convertirá una señal digital multiplexada con protocolo DMX 512 en la señal de control de 0-10 volts cd que entiendan nuestras balastras. Esta interfase no es parte integral de nuestra luminaria y por lo tanto sólo es necesario saber que como toda tarjeta electrónica necesita de una fuente de alimentación de corriente directa.

En la figura 5.6.5 presentamos un diagrama a bloques de la tarjeta AVD.

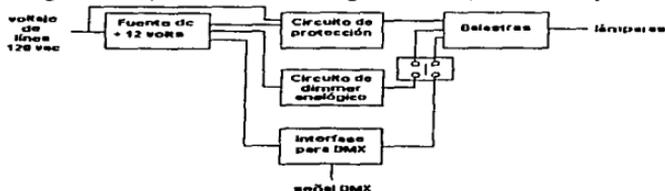


Figura 5.6.5 Esquema de funcionamiento de la tarjeta AVD.

Como podemos observar, la tarjeta de protección cuenta con cuatro partes fundamentales que son la fuente de corriente directa que alimenta todo el circuito, un circuito comparador de protección para verificar si la señal de línea no baja de los 100 volts ac, un circuito que genera una señal de control en corriente directa de 0 a 10 volts y un interruptor que permite seleccionar si la señal de control proviene de nuestra tarjeta o bien de una interfase remota que convierte la señal de DMX en una señal analógica de 0 a 10 volts dc. A continuación explicaremos paso a paso el funcionamiento de nuestra tarjeta AVD.

-La señal de corriente alterna 120 v entra por el conector CN1 al transformador reductor (relación de $4.16 a 1$) y de ahí a un rectificador que nos da una señal (Vcc) de 28 v, aproximadamente, en corriente directa.

- El voltaje Vcc es regulado y obtenemos dos voltajes en corriente directa: + 12 Vdc (Vcd) y + 10 vdc (Vca). A Vcd lo utilizaremos para alimentar a toda la electrónica del circuito y Vca nos servirá para generar una señal de control variable de 0 a 10 Vdc.

- Mediante dos divisores de voltaje introducimos Vcc y Vcd en un circuito comparador (U2,1). Vcd es constante y después del divisor de voltaje siempre nos generará 10 V. Vcc depende de la señal ac de entrada y después del divisor de voltaje nos dará una señal que puede variar desde los 0 hasta los 10 V.

- Mientras el voltaje de línea sea mayor a los 100 vac, Vcc será no bajará de los 24v y el comparador (U2,1) nos proporcionará una señal de nivel 1. Cuando Vcc sea menor de 24 v, el comparador (U2,1) nos proporcionará una señal de nivel 0.

- Por otro lado, aplicamos nuestro voltaje Vca a una resistencia variable (potenciómetro) R2 que nos generará una señal (Vcb) de 0 a 10 v. Mientras Vcb sea mayor que cero, el operacional seguidor (U2,3) se mantendrá activo y dejará pasar este voltaje hacia la terminal 7 del conector CN3. Esta terminal está unida a la entrada de control de la balastra mediante un interruptor que conecta las terminales 7 y 4 del conector CN3. Cuando Vcb sea igual a cero, el operacional seguidor no reportará señal alguna a la balastra y ésta se mantendrá apagada.

- La posición del interruptor deberá ser la de "local" ya que usaremos la señal de control que genera nuestro circuito.

- Cuando seleccionamos la opción de control "local", es decir, que nuestra balastra trabaje con la señal Vcb que genera el potenciómetro R2, dejamos pasar Vcb hacia un operacional seguidor que lo comparará con una señal constante de 1V.

- Cuando Vcb es mayor o igual a 1 V, el comparador (U2,2) nos genera una señal de nivel 1. Cuando Vcb es menor a 1V, el operacional seguidor nos genera una señal de nivel 0.

- Las señales que generan los operacionales U2,1 y U2,2 se comparan en una compuerta lógica AND (U3). Esta compuerta proporciona una señal de nivel 1 sólo cuando las salidas de los comparadores U2,1 y U2,2 son de nivel 1.
- Cuando la compuerta U3 entrega una señal de nivel 1, el transistor Q1 se activa y deja pasar la señal de +12 vcd. Esta señal polariza al relevador y lo mantiene en posición de circuito cerrado. Mientras que el relevador se encuentre cerrado, la señal de la línea 120 Vac seguirá alimentando a las balastras.
- Se deberán cumplir dos condiciones para que las balastras enciendan: que exista un voltaje de línea mayor a 100 vac y que la señal de control sea igual o mayor a 1 V.
- Como ya habíamos dicho con anterioridad, la señal de control analógico 0-10 volts dc puede venir de nuestro control local o bien de una fuente externa que podría ser la interfase para DMX. El interruptor del que hablábamos y que une las terminales 4 y 7 del conector CN3 tiene dos posiciones: la posición "local" que une estas dos terminales y proporciona una señal de control que genera nuestro propio circuito, y la posición de control "remoto", que une las terminales 4 y 5 del conector CN3 para dejar pasar una señal de control externa.

La figura 5.6.7 nos muestra la carátula de la tarjeta AVD con sus interruptores, conectores y accesorios.

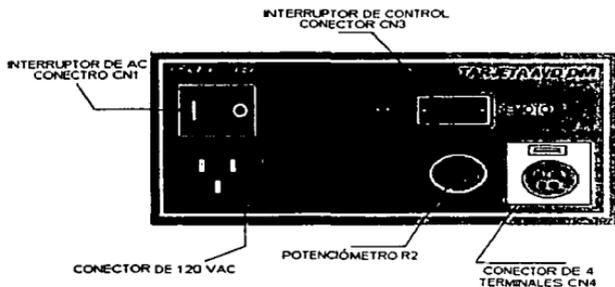


Figura 5.6.7 Carátula metálica de la tarjeta AVD que se montará en el chasis posterior de la luminaria

La figura 5.6.8 representa la tarjeta de control definitiva en forma de impreso. De esta figura se desprenden las dimensiones totales de nuestro circuito y por lo tanto el espacio que se le deberá destinar dentro del chasis.

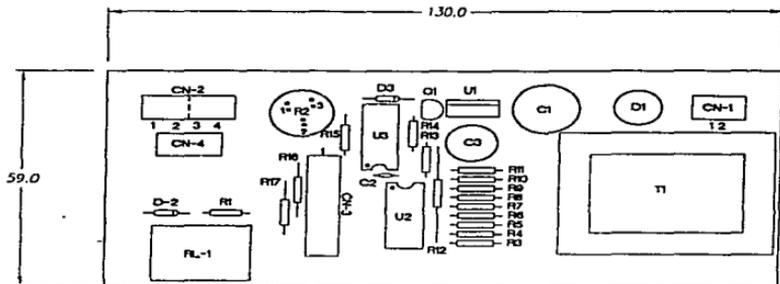


Figura 5.6.8 Circuito impreso de la tarjeta AVD

La simbología correspondiente a la figura anterior se entiende de la siguiente manera:

- T1 Transformador.
- Rn Resistencias de valores varios a $\frac{1}{4}$ de Watt.
- R2 Resistencia variable (potenciometro).
- D1 Diodo.
- D2 Diodo.
- D3 Diodo zener.
- Cn Capacitores.
- CN - n Conectores.
- Q1 Transistor .
- U1 Regulador.
- U2 Operacionales seguidores.
- U3 Compuerta comparadora.
- RL1 Relevador.

El largo total de nuestra tarjeta es de 13 cm y el ancho de 5.9 cm. Se pretende que esta tarjeta sea fácil de desmontar y por lo tanto la perforación en el chasis deberá considerar la holgura suficiente para que entre y salga sin complicaciones. Con esta distribución de componentes y tamaño de impreso se decidirán las dimensiones de la perforación en el chasis, sin embargo, falta por definir cual será la altura que

desarrollará nuestra tarjeta y que distancia mínima se deberá establecer entre el componente más alto y la base portalámparas. Cuando hayamos definido esta separación, entonces podremos establecer la profundidad total de nuestro chasis.

El componente que más sobresale de nuestro impreso es el transformador de la fuente. Ya integrado al impreso, desarrolla una altura de 2.5 cm y no representa ningún problema ya que las balastras tienen una altura de 3.8 cm. Como vimos con anterioridad, las balastras determinan el espacio que deberá haber entre la base portalámparas y la pared posterior de nuestro chasis.

A continuación hacemos un acomodo tentativo de las posiciones que ocuparían nuestros elementos. La figura 5.6.9 representa una aproximación a la distribución que tendrán los componentes en el chasis.

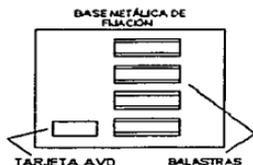


Figura 5.6.9 Distribución de los componentes en la base metálica de fijación (base portalámparas).

El total de nuestros elementos: tarjeta AVD, balastras, base portalámparas, espejos reflejantes y lámparas, desarrollan una altura total de 9.8 cm. Si consideramos un espacio total de 1 cm entre la parte superior de las balastras y el panel posterior del chasis, tenemos un desarrollo total de aproximadamente 10.8cm. A este desarrollo habría que agregar el calibre de la lámina utilizada para el panel posterior del chasis y los canales por los cuales correrán los rieles sujetadores de los accesorios.

Con todas las consideraciones anteriores tenemos una caja que mide aproximadamente 58 x 52 x 11.5 cm. Con estas dimensiones podemos desarrollar el chasis definitivo, escoger los materiales con los cuales se va a fabricar y añadirle todos los accesorios necesarios para que sea funcional.

Desarrollo del chasis y necesidades del mismo

El chasis deberá ser fabricado totalmente en aluminio ya que esto lo hará mucho más ligero. Hay que recordar que debemos compensar el peso de las balastras y de las propias lámparas que comparadas con bulbos de tungsteno halógeno son mucho más pesadas. Además, si las luminarias se utilizan en el exterior, no habrá partes del chasis que se oxiden o sean presas de la corrosión.

El gabinete deberá satisfacer las siguientes necesidades:

- Una base portalámparas para integrar las balastras, lámparas, espejos y sockets.

La primera pieza que se desarrolla es la base portalámparas ya que a partir de ésta se determinan gran parte de los otros componentes. La base portalámparas, además de cumplir con esta función, es el alma estructural del gabinete. Esto se debe a que es una lámina que tiene contacto con todas las demás piezas. En esta pieza se deberán considerar todas las perforaciones y dobleces necesarios para sujetarse al chasis, montar balastras, sockets y espejos.

Después de realizar algunas pruebas experimentales de resistencia, llegamos a la conclusión de que el calibre adecuado de lámina de aluminio para esta pieza era el 16. Con este calibre de lámina logramos hacer de la base portalámparas una pieza sólida que soporta el peso de las balastras y además funciona como la base estructural de la luminaria.

Al final de este capítulo se integra el plano ejecutivo para la base portalámparas (plano 1).

- Un par de paneles laterales que unidos a la base portalámparas conformarán el alma estructural del gabinete.

Los paneles laterales estarán fabricados en aluminio y no serán iguales entre sí ya que uno de ellos permite el paso de los distintos accesorios que se le colocarán al reflector y que servirán para controlar la dispersión del haz de luz o bien para pintarla de algún color con un filtro. Los laterales, junto con la base portalámparas, son los elementos que dan la rigidez necesaria al chasis completo. La base portalámparas se fijará en ambos laterales y a su vez éstos servirán de soporte a las omegas que sostienen el yugo.

De acuerdo con algunas pruebas experimentales de resistencia, los paneles laterales se fabricarán en lámina de aluminio calibre 16 de tal manera que soporten el esfuerzo que realiza la omega sobre ellos. Los planos ejecutivos para los laterales se encuentran al final de este capítulo (plano 2).

- Un par de omegas (una de cada lado) que unirán a los laterales con el yugo.

Las omegas son un par de piezas que unen los laterales con el yugo. Cada pieza deberá soportar la mitad del peso de la luminaria y todos los esfuerzos provocados por los movimientos vertical y horizontal de la misma. Una de ellas servirá como base soporte para el sistema de embrague y freno. De acuerdo a las pruebas experimentales, las omegas deberán fabricarse en lámina de aluminio calibre 14 y serán remachadas a los laterales mediante remache "pop" No. 56 de aluminio.

Los planos ejecutivos para la fabricación de la omega se anexan al final del capítulo (plano 3).

- Un yugo sobre el cual la luminaria pueda girar horizontal y verticalmente.

La luminaria tendrá la capacidad de posicionarse verticalmente en un rango de 180° y horizontalmente en un rango de 360° . Para realizar este movimiento es necesario una pieza que se fije a la parrilla del estudio y que al mismo tiempo le de la libertad a la luminaria de moverse. La figura 5.6.10 nos muestra la función del yugo.

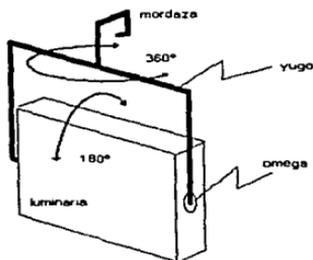


Figura 5.6.10 Función del yugo en el movimiento vertical y horizontal de la luminaria

De acuerdo a las pruebas experimentales de esfuerzos y resistencia, el yugo deberá ser fabricado en solera de aluminio de $1/4" \times 1 1/2"$ y llevará un refuerzo central en lámina de aluminio calibre 14.

Los planos ejecutivos para la fabricación del yugo se encuentran al final de este capítulo (plano 4).

- Un sistema de embrague "clutch" y freno que permitirá a la luminaria girar verticalmente pero quedar fija en el ángulo que se requiera.

El sistema de embrague y freno deberá constar de un disco, un contra herraje, un buje separador y una manija que sujete al yugo contra el clutch y no permita que se mueva cuando ésta se encuentra en esta posición. La figura 5.6.11 nos muestra la disposición de estas piezas para lograr entender mejor su funcionamiento.

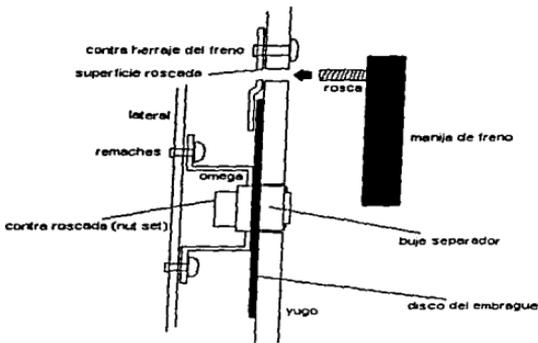


Figura 5.6.11 Disposición de las piezas del sistema de embrague y freno.

- Una carcasa que hará las veces de panel posterior, tapa superior y tapa inferior.

La carcasa deberá considerar las perforaciones necesarias para montar la tarjeta AVD y las rendijas de ventilación por donde entrará aire a las balastras y a la misma tarjeta. También deberá considerar una ceja lo suficientemente grande como para albergar a los canales superior e inferior por donde correrán los distintos accesorios que modificarán el haz de luz. La carcasa no realiza ningún esfuerzo considerable y estará sujeta a los paneles laterales que son bastante robustos. En realidad, esta pieza simplemente deberá ser lo suficientemente robusta y rígida para no pandearse y aceptar los tornillos que sujetarán a la tarjeta AVD. En la sección donde se colocarán los canales portaaccesorios, realizaremos un doblé que aumente la rigidez y resistencia de esta lámina. Después de realizar algunas pruebas experimentales de esfuerzo y resistencia, decidimos que la carcasa se fabricará en lámina de aluminio calibre 18. La figura 5.6.12 nos muestra esquemáticamente donde se colocarán los canales portaaccesorios y cual es el doblé que le brindará rigidez a nuestra carcasa.

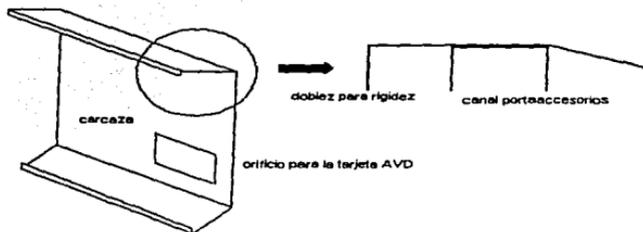


Figura 5.5.12 Disposición de la carcasa y los canales portaaccesorios

Los canales portaaccesorios se colocarán en la carcasa mediante un pegamento industrial de la compañía 3M. Estos canales no se podrán remachar ya que el espacio interior de los mismos es de apenas 12mm y se vuelve un tanto complicado el insertar un remache en esta sección. El esfuerzo mecánico que éstos realizan es prácticamente nulo ya que simplemente funcionan como una guía, además, este pegamento industrial soporta los solventes asociados con la pintura que se aplicará a la luminaria y temperaturas superiores a los 150° C por periodos de tiempo superiores a un par de horas.

La pintura que se aplicará a las luminarias es horneada y sólo se expone a este proceso durante 15 minutos. Otra ventaja del pegamento es que el proceso de secado que normalmente es de 72 horas, se reduce a unos cuantos minutos cuando éste se expone a la temperatura del horno que es aproximadamente de 150° C.

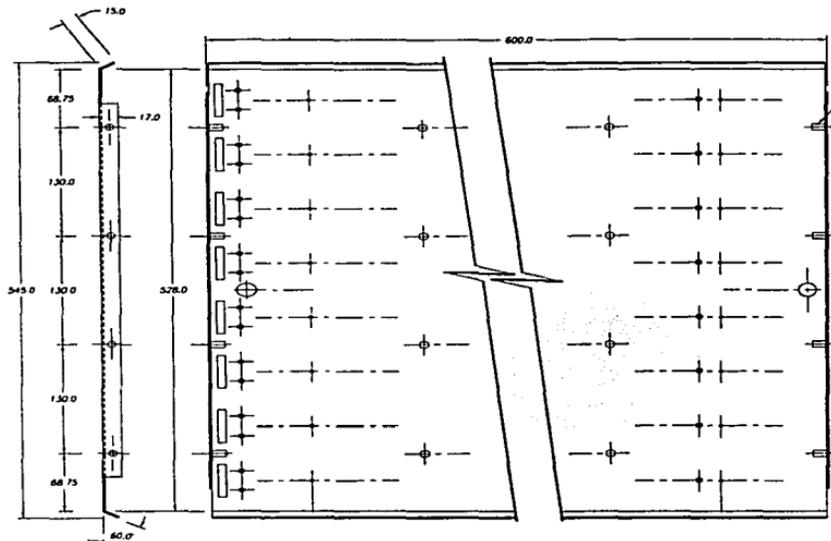
Los planos ejecutivos para la realización de la carcasa se anexan al final de este capítulo (plano 5).

En este momento nuestra luminaria está completa y sólo nos resta establecer un procedimiento de ensamble para poner juntas todas las piezas que se han seleccionado. Para esto se genera un plano de ensamble mecánico que generalmente se llama "explotado". En el explotado se realiza un dibujo isométrico de la misma, desglosando y enlistando todas las piezas asociadas. En este dibujo se incluye la descripción y localización de toda la tornillería y soportería necesaria para el ensamble. Con la descripción exacta de éstas se generarán la lista de partes y requisiciones de compra.

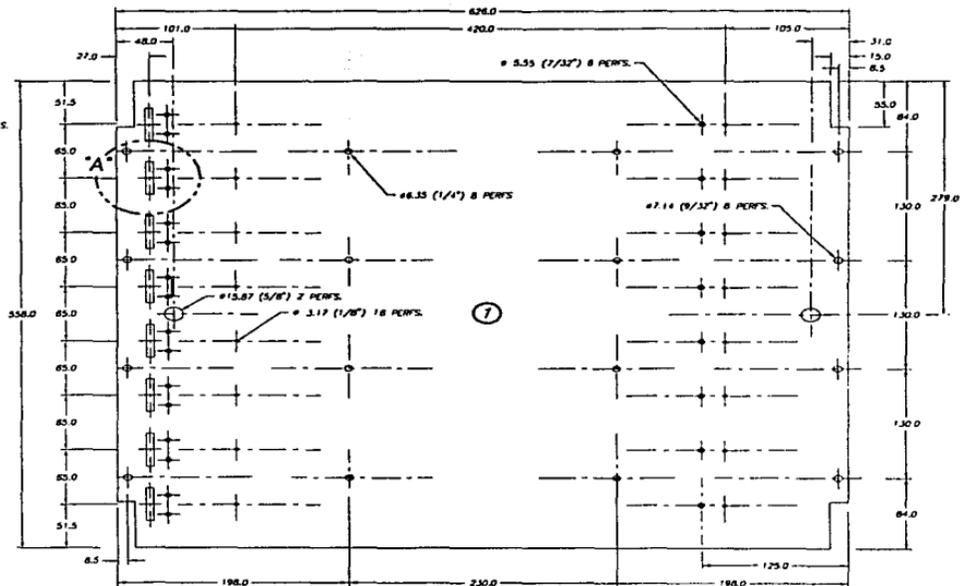
Los planos de explotado (plano 6) y vista final de la luminaria (plano 7) se anexan al final de este tema.

PLANO No. 1

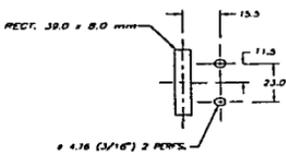
CANTIDAD	UNID.	Nº DE PARTES	DESCRIPCIÓN
1	PI	437261	LAMINA DE ALUMINIO CAL. 14 (678.0 x 528.0)
2	PI	291483	TUBOS DE ALUMINIO CAL. 14 (10-34)



VISTA DOBLADA



PLANTILLA



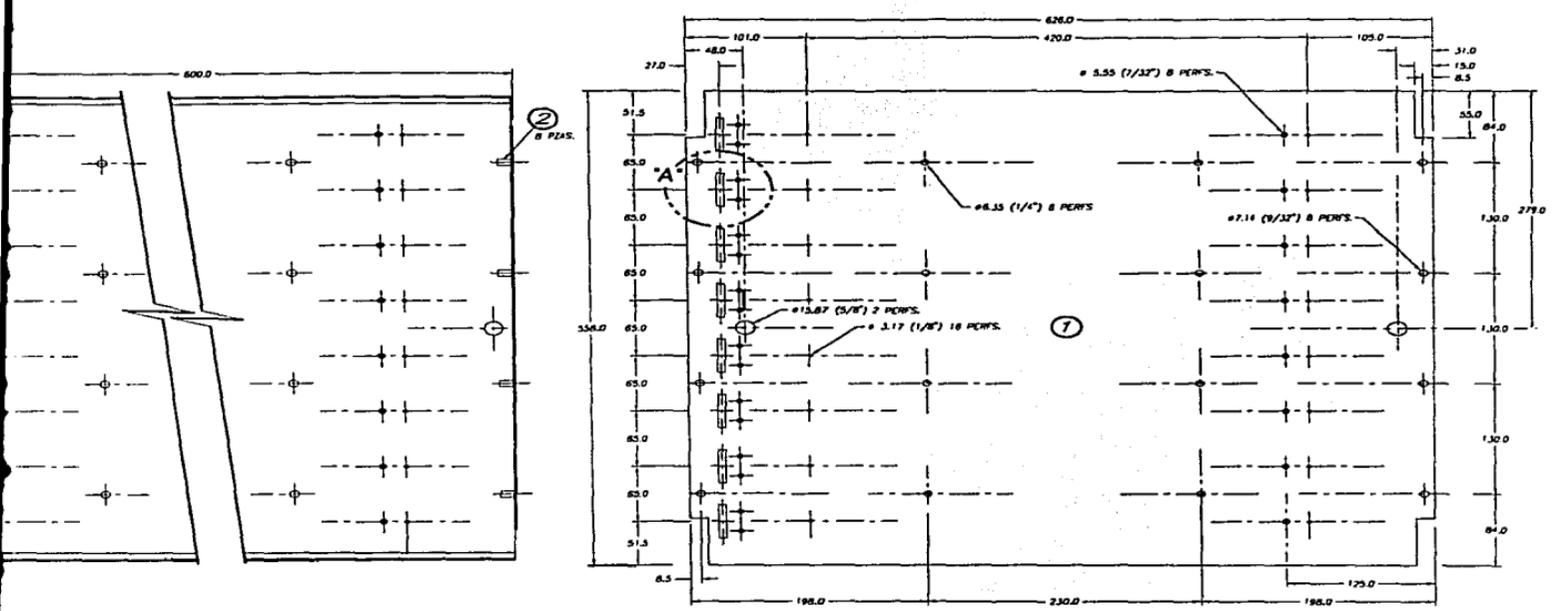
DETALLE 'A'

REVISIÓN		INDICADO		OPES TELECOM	
1	27-128-87	27-128-87	27-128-87	27-128-87	27-128-87
BASE PORTALAMPARAS		REFLECTOR 850		TELECOM	
TELETEC		TELETEC		TELETEC	

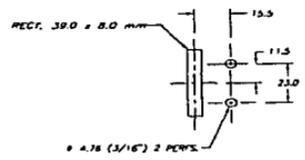
TELETEC A TMO3C258-01

PLANO No. 1

ORDEN	CONT.	NO. DE PLANOS	DESCRIPCIÓN
1	PL. 251341	1	LAMINA DE ALUMINIO CAL. 14 (25x20 + 50x80)
2	PL. 251343	1	TUERCA REMOVIBLE NUT-SET (10-24)

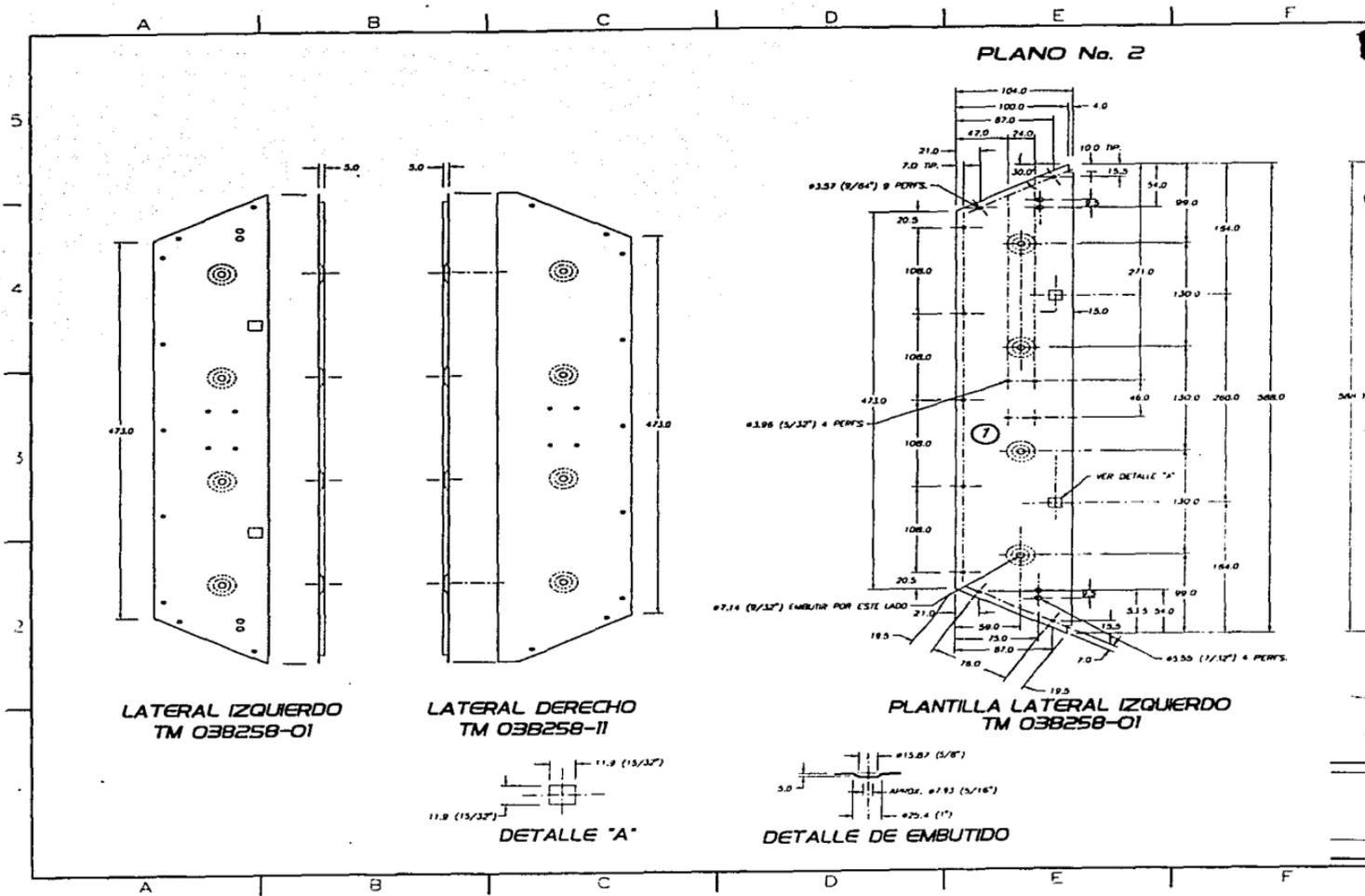


PLANTILLA



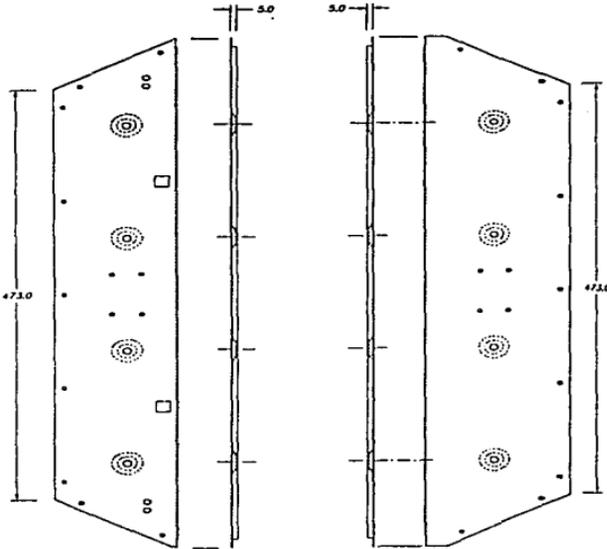
DETALLE "A"

ST. LAMINA ALU. LAMINADO FEB-21-87	ST. LAMPARAS BND PRODUCCION OCT-21-85	77-FEB-87	VICTOR MEDINA BND A. KATZ	INC. O. OLIVERA
		INDICADO	GPS TELECOM	90325560
BASE PORTALAMPARAS REFLECTOR B50 "ELIQU-TEC"		TELETEC A TMO32558-01		



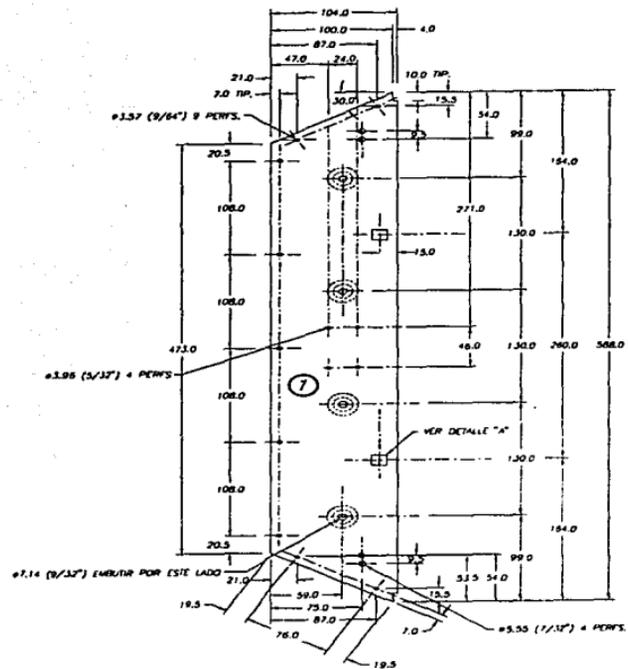
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	LAMPARA DE ALUMINADO CAL. TM 03B258-01
1	LAMPARA DE ALUMINADO CAL. TM 03B258-11

PLANO No. 2

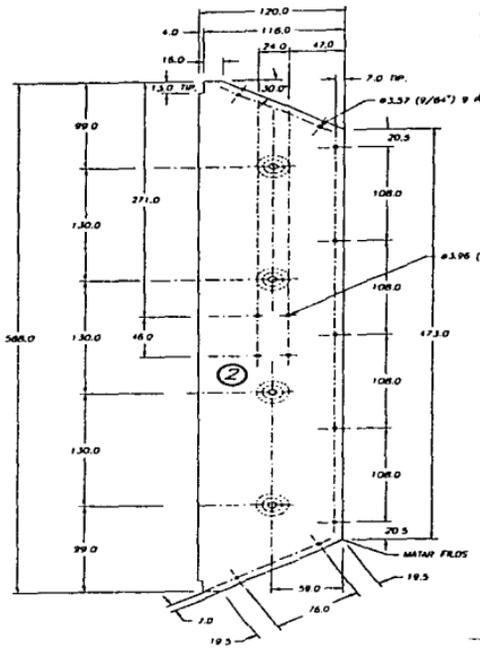


LATERAL IZQUIERDO
TM 03B258-01

LATERAL DERECHO
TM 03B258-11



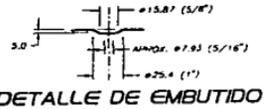
PLANTILLA LATERAL IZQUIERDO
TM 03B258-01



PLANTILLA LATERAL DERECHO
TM 03B258-11



DETALLE "A"



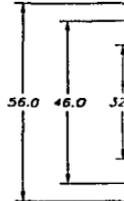
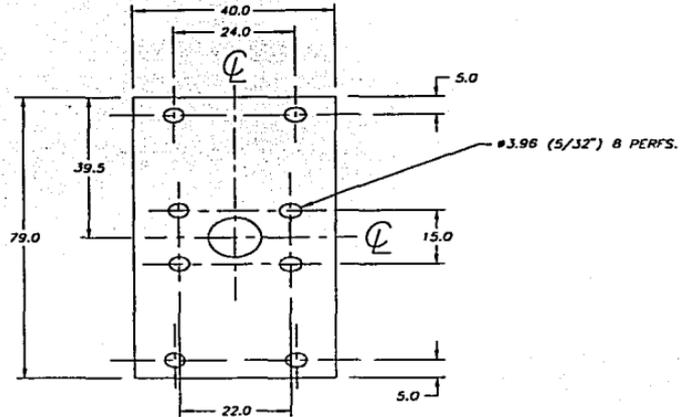
DETALLE DE EMBUTIDO

NO. DE DISEÑO	FECHA	PROYECTISTA	REVISOR	APROBADO	DESCRIPCIÓN
1	11-NOV-58	VICTOR MEDINA	ING. A. RIFE	ING. O. MEDRANO	LATERALES 170. Y DEL REFLECTOR 850
2	11-NOV-58	VICTOR MEDINA	ING. A. RIFE	ING. O. MEDRANO	PLANO 2



PLANO No. 3

PARTIDA	CANT.	No. DE
1	1	PI 43
2	1	PI 29
3	8	TN 39



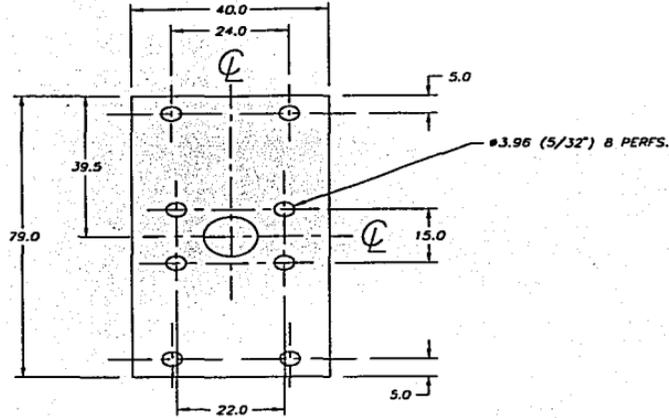
PLANTILLA

NOTA.- DOBLAR CON

NO.	FECHA	REV.	DESCRIPCION
11			
10			
9			
8			
7			
6			
5			
4			
3			
2			
1			

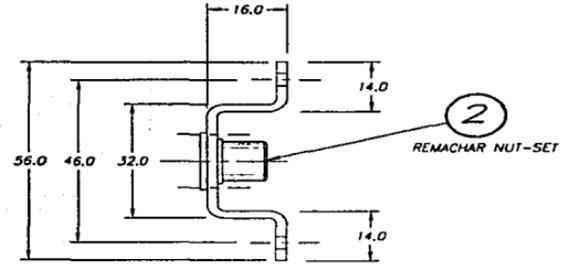
SE CAMBIO A CALIBRE 14. FEBRERO/17/97	B
SE APRUEBA PARA PRODUCCION. SEPTIEMBRE/30/95	A
REVISION	REV.

PLANO No. 3



PLANTILLA

PARTIDA	CANT.	No. DE PARTE	DESCRIPCION
1	1	PI 4312X1	LAMINA ALUMINIO CAL. 14 (79.0 x 40.0)
2	1	PI 2933L3	TUERCA REMACHABLE (NUT-SET) 5/16"-18 CR ZINC.
3	8	TN 391154	REMACHE POP No. 54 AM



VISTA DOBLADA

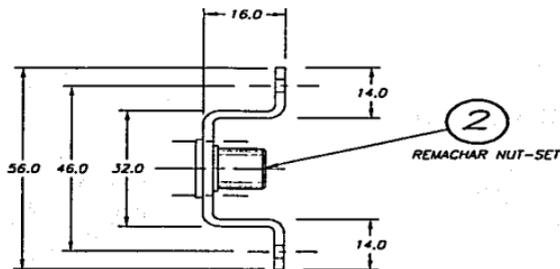
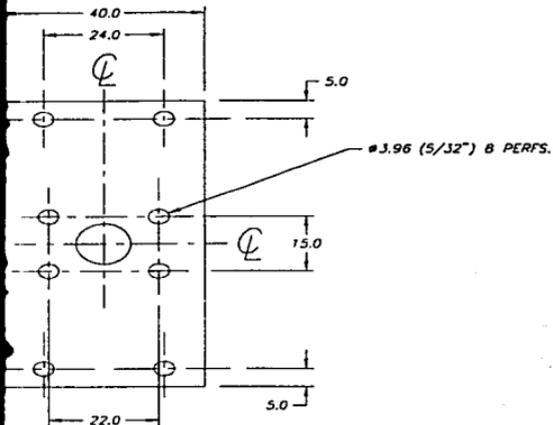
NOTA.- DOBLAR CON DADO DE 1/16" Y MATRIZ DE 9/32".

ESCALA: 1:1

SE CAMBIO A CALIBRE 14. FEBRERO/17/97	SE APRUEBA PARA PRODUCCION. SEPTIEMBRE/30/96	REVISION A	TELETEC, S.A. de C.V. PROL. FED. L. MADRID 81-A 53500 NAUCALPAN, EDO. DE MEXICO TEL: 01 552 0041 FAX: 01 552 0040			
			FECHA: FEB-17-97	DIBUJO VICTOR MEDINA	REVISO ING. ALEXANDER	APROBO ING. O. OLVERA
			ADOTAC.: Milímetros	MATERIAL INDICADO	ACABADO GRIS TELECOM	
			TOLERANCIAS: LINEAL: X.X ± 0.4 X.XX ± 0.25	ANG. 0° 30'	TITULO OMEGA P/ DISCO CLUTCH REFLECTORES "FLUO-TEC"	
APROBADO	TELETEC	REV. No DE PARTE A	TM 03G258			

PLANO No. 3

PARTIDA	CANT.	No. DE PARTE	DESCRIPCION
1	1	PI 4312X1	LAMINA ALUMINIO CAL. 14 (79.0 x 40.0)
2	1	PI 2933L3	TUERCA REMACHABLE (NUT-SET) 5/16"-18 CR ZINC.
3	8	TN 391154	REMACHE POP No. 54 AM



VISTA DOBLADA

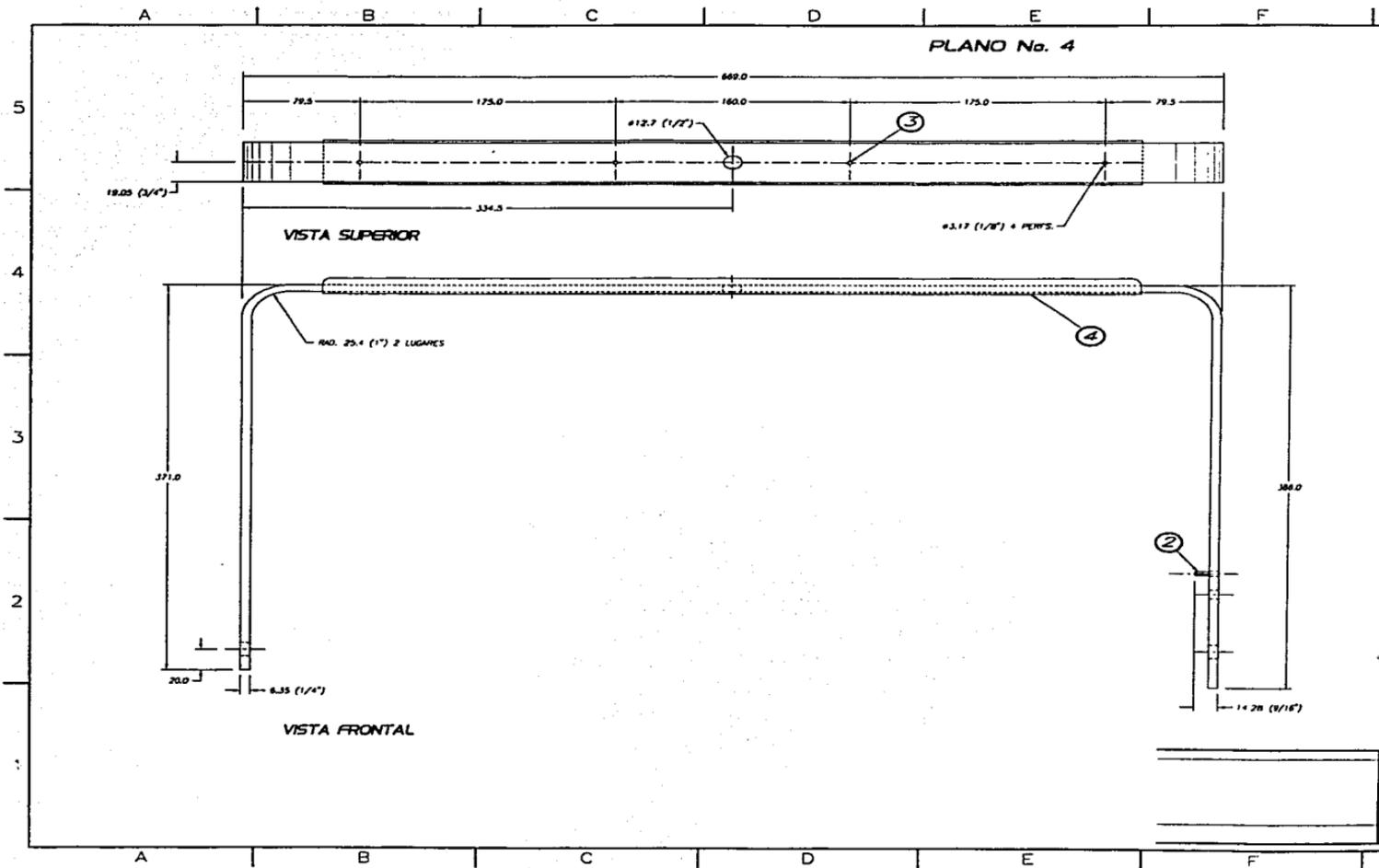
NOTA.- DOBLAR CON DADO DE 1/16" Y MATRIZ DE 9/32".

ESCALA: 1:1

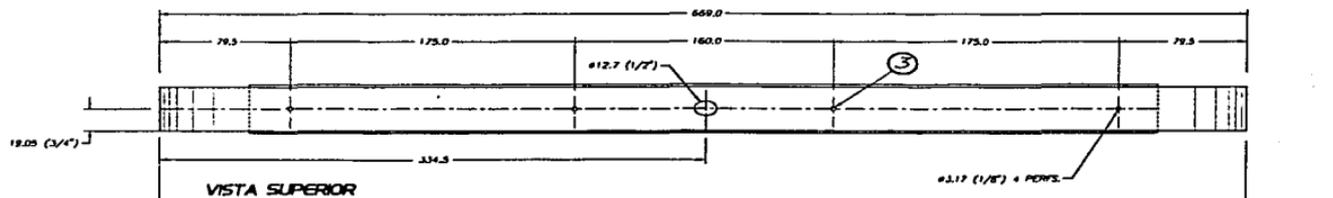
SE CAMBO A CALIBRE 14. FEBRERO/17/97	SE APRUEBA PARA PRODUCCION. SEPTIEMBRE/30/96	REV. TELETEC, S.A. de C.V. PROL. FED. L. WADERO 81-A 33500 NAUICALPAN, EDO. DE MEXICO TEL: (5) 557 0844 FAX: (5) 557 0845
		FECHA: FEB-17-97 DISEÑO: VICTOR MEDINA REVISO: ING. ALEXANDER APROBADO: ING. O. OLVERA
		ACOTAC.: Milímetros MATERIAL: INDICADO ACABADO: GRIS TELECOM
		TOLERANCIAS: LINEAL: X.X ± 0.4 ANG.: X.XX ± 0.25 TITULO: OMEGA P/ DISCO CLUTCH REFLECTORES "FLUO-TEC"
APROBADO: TELETEC REV. No DE PARTE: A TM 03G258		852705

PLANTILLA

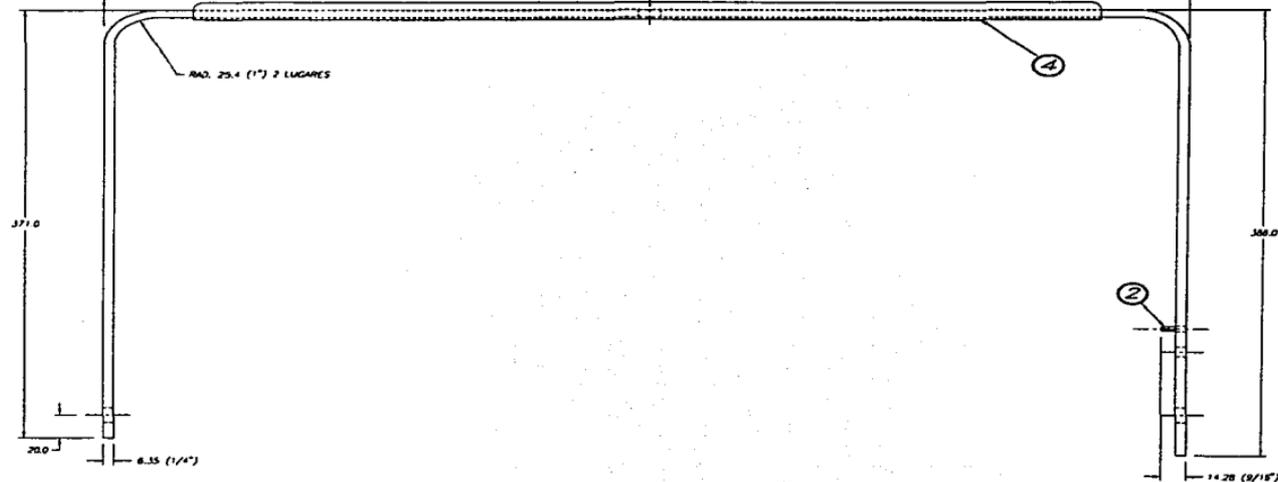
PLANO No. 4



PLANO No. 4

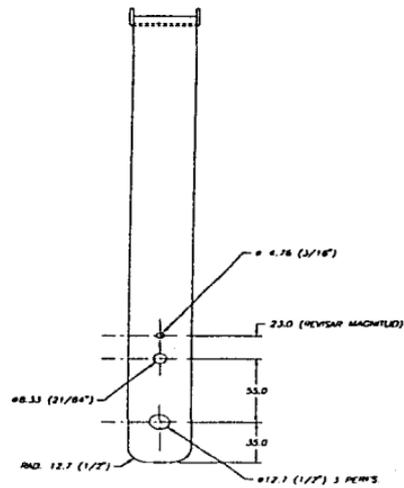


VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL

NUMERO	CANT.	NL. DE PARTE	DESCRIPCION
1	1	21	SELECCION DE ALUMBRADO 1/4" x 1/2" (TAMPA) 13610
2	1	IN 41E031	PERNO CON MUELTAO #3/16" x 3/16" C.B.
3	2	IN 10733H	PERNACHE SEBASTIANUM 1/8" x 1/16"
4	1	INL31248-01	REFLECTOR PARA YUGO SINGILO

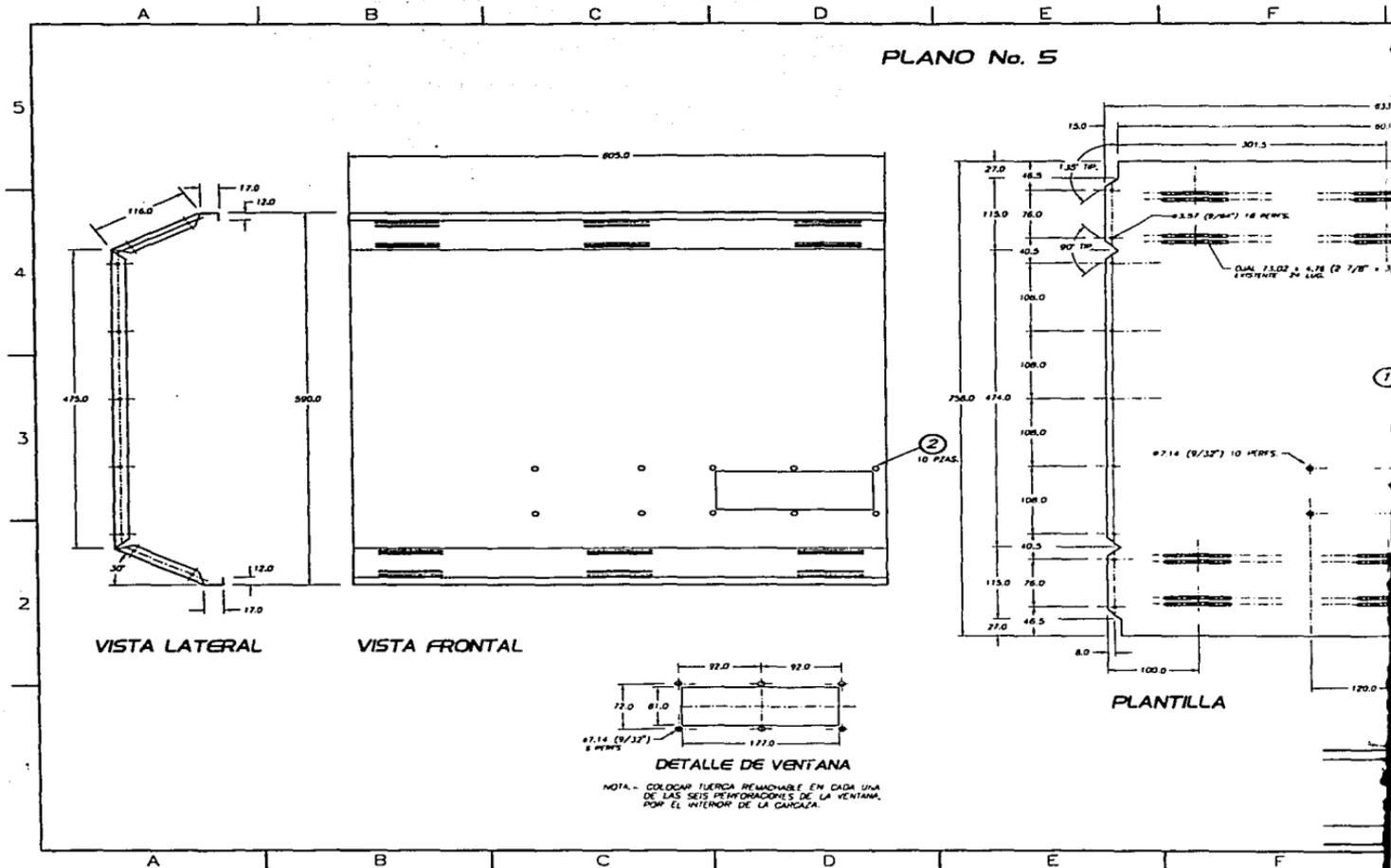


VISTA LATERAL

ESCALA 1:1

IN 10733H INL31248-01 IN 41E031 IN 10733H INL31248-01	IN 10733H INL31248-01 IN 41E031 IN 10733H INL31248-01	TELETEC S.A. de C.V. FEB-27-87 VICTOR MEDINA INGENIERO EN ELECTRONICA INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES YUGO RECOLECCION R50 TELLO-TEC TELETEC A TMO3258-01
---	---	---

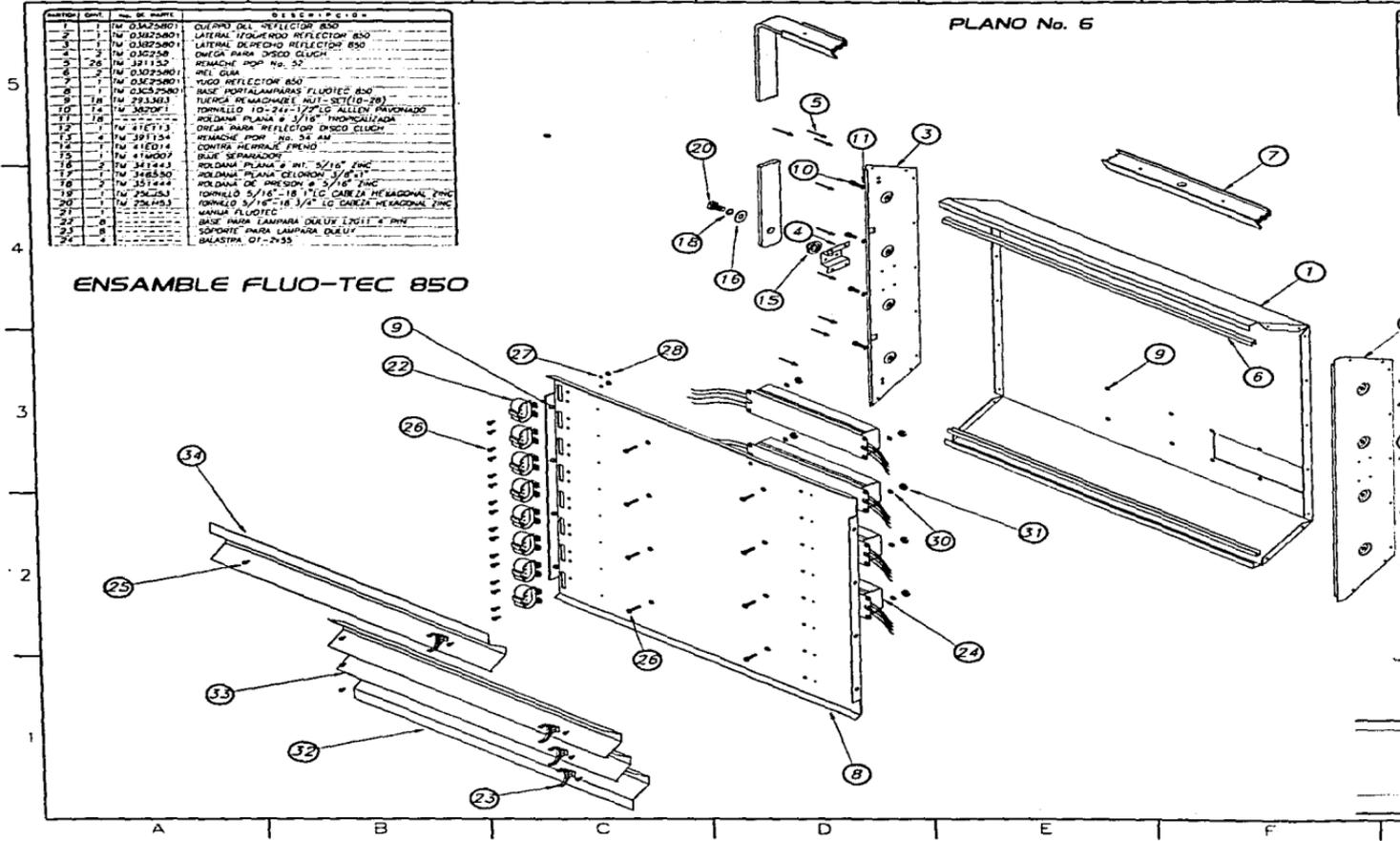
PLANO No. 5



PLANO No. 6

CANTIDAD	QNTD.	NO. DE PARTE	DESCRIPCION
1	1	TM 03625801	CUBIERTA DEL REFLECTOR 850
2	1	TM 03625801	LATERAL IZQUIERDO REFLECTOR 850
3	1	TM 03625801	LATERAL DERECHO REFLECTOR 850
4	2	TM 03625801	ONDEA PARA DISEÑO CLUCH.
5	26	TM 391152	REMACHE POP No. 52
6	2	TM 03625801	DEL. OTRA
7	2	TM 03625801	YUGO REFLECTOR 850
8	1	TM 03625801	BASE PORTALAMPARAS FLUO-TEC 850
9	18	TM 281863	TORNILLO REMACHADERO 10/16-18 (10-28)
10	14	TM 382001	TORNILLO 10-24-1/2" LG ALLEN PAVONADO
11	18	TM 346550	ROLDANA PLANA 5/16" NOMINAL LG
12	18	TM 416713	ONDEA PARA REFLECTOR DISEÑO CLUCH.
13	4	TM 391154	REMACHE POP No. 54 AN
14	1	TM 416014	CONTRA HERRAJE (PINE)
15	1	TM 416007	BLAQ SEPARADOR
16	2	TM 341443	ROLDANA PLANA 5/16" 5/16" ENG
17	2	TM 346550	ROLDANA PLANA COLORON 5/16"
18	2	TM 351444	ROLDANA DE OROSON 5/16" ENG
19	1	TM 296253	TORNILLO 5/16"-18 1/2" LG CARRA HERRAJONAL ZNC
20	7	TM 236483	TORNILLO 3/16"-18 3/4" LG CARRA HERRAJONAL ZNC
21	6	---	BASE FLUO-TEC
22	8	---	BASE PARA LAMPARA ODLUX LGIT 4 PIN
23	8	---	SOPORTE PARA LAMPARA ODLUX
24	8	---	DIAGRAM. OT-2435

ENSAMBLE FLUO-TEC 850

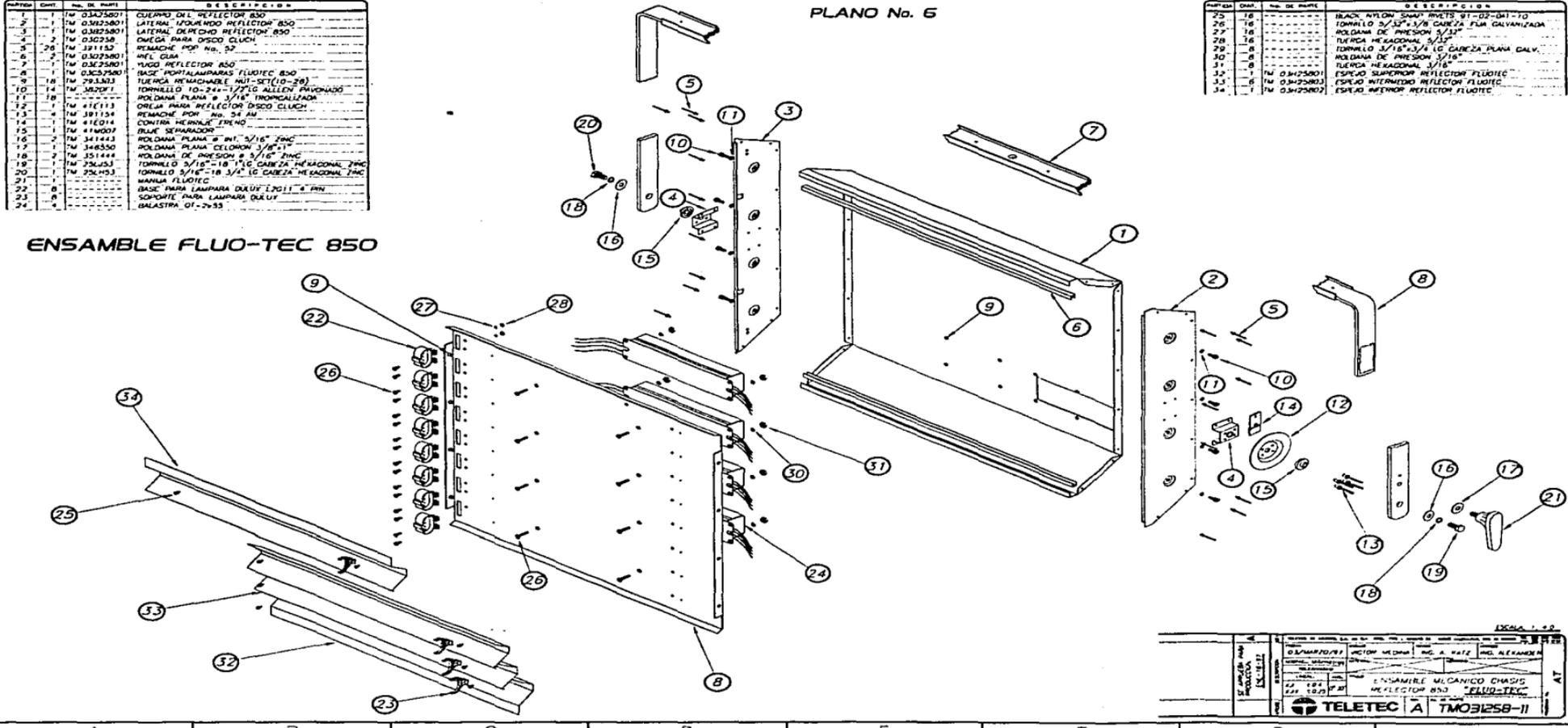


CANTIDAD	UNID.	NO. DE PARTE	DESCRIPCION
1	TM	03A75001	CUBIERTA DEL REFLECTOR 850
2	TM	03B25801	LATERAL MOUNTING REFLECTOR 850
3	TM	03B25801	LATERAL DE MONTAJE REFLECTOR 850
4	TM	03C258	ORILLA PARA DISCO CLUCH
5	TM	381130	REMACHE POP No. 32
6	TM	03D25801	ANEL CLUCH
7	TM	03E25801	YUGO REFLECTOR 850
8	TM	03C525801	BASE PARA LAMPARAS FLUOTEC 850
9	TM	293303	TUERCA REMACHABLE FLUOTEC 850
10	TM	382021	TORNILLO 10-24-1/2"IG ALLEN PAVONADO
11	TM	382021	TORNILLO 10-24-1/2"IG ALLEN PAVONADO
12	TM	31E113	MOLDANA PLANA 8 5/16" TROMCALADA
13	TM	381134	REMACHE POP No. 34 AN
14	TM	41E014	CONTRA HEAVY DUTY ZINC
15	TM	41M007	BRILE SEPARADOR
16	TM	311443	MOLDANA PLANA 8 AN 5/16" ZINC
17	TM	34E350	MOLDANA PLANA CEEORON 3/16" 1"
18	TM	351444	MOLDANA DE PRESION 8 5/16" ZINC
19	TM	35L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
20	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
21	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
22	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
23	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
24	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
25	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
26	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
27	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
28	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
29	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
30	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
31	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
32	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
33	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
34	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
35	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
36	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
37	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
38	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
39	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
40	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
41	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
42	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
43	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
44	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
45	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
46	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
47	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
48	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
49	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
50	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
51	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
52	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
53	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
54	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
55	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
56	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
57	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
58	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
59	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
60	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
61	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
62	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
63	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
64	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
65	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
66	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
67	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
68	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
69	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
70	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
71	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
72	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
73	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
74	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
75	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
76	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
77	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
78	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
79	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
80	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
81	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
82	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
83	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
84	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
85	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
86	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
87	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
88	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
89	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
90	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
91	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
92	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
93	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
94	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
95	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
96	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
97	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
98	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
99	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC
100	TM	30L453	TORNILLO 5/16"-18 3/4" LG CABEZA HEXAGONAL ZINC

PLANO No. 6

CANTIDAD	UNID.	NO. DE PARTE	DESCRIPCION
25	TM	03B25801	BLACK NYLON SWAY BRYETS 9T-02-041-10
26	TM	03B25801	TORNILLO 3/16"-18 3/4" LG CABEZA FLA GALVANIZADA
27	TM	03B25801	MOLDANA DE PRESION 5/16"
28	TM	03B25801	TUERCA HEXAGONAL 5/16"
29	TM	03B25801	TORNILLO 3/16"-18 3/4" LG CABEZA PLANA DALV.
30	TM	03B25801	MOLDANA DE PRESION 5/16"
31	TM	03B25801	TUERCA HEXAGONAL 3/16"
32	TM	03B25801	ESPEJO SUPERIOR REFLECTOR FLUOTEC
33	TM	03B25801	ESPEJO INTERMEDIO REFLECTOR FLUOTEC
34	TM	03B25801	ESPEJO INFERIOR REFLECTOR FLUOTEC

ENSAMBLE FLUO-TEC 850



EXAMINADO POR: []

ELABORADO POR: []

REVISADO POR: []

APROBADO POR: []

FECHA: []

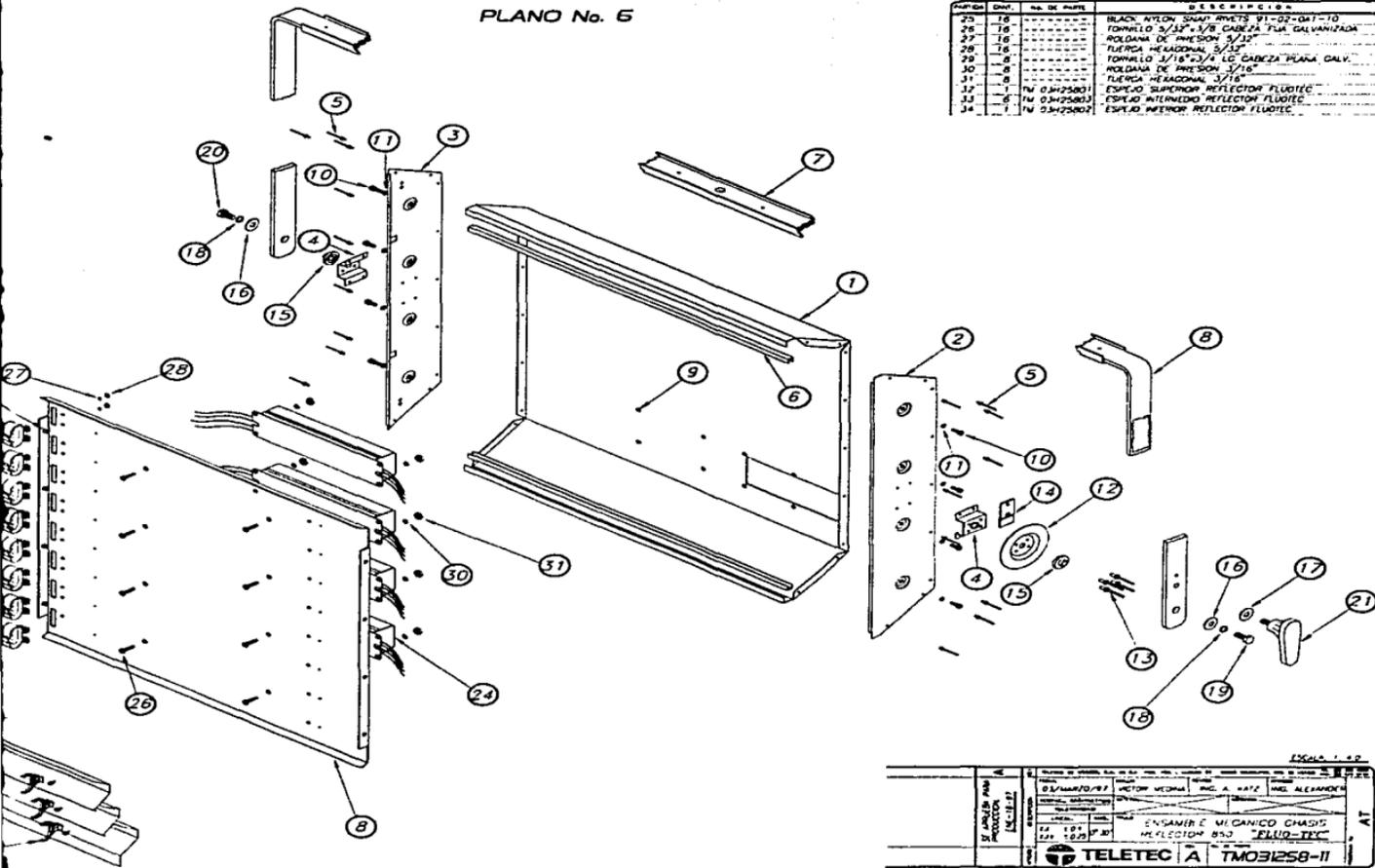
PROYECTO: []

DESCRIPCION: ENSAMBLE MECANICO CHASIS REFLECTOR 850 FLUO-TEC

TELETEC A TMO31258-11

PLANO No. 6

CANTIDAD	UNID.	NO. DE PARTE	DESCRIPCION
20	16	-----	BLACK NYLON SCREW #10-32-3/4"-10
25	16	-----	TORNILLO 3/16" x 1/8" CADEZA PLAC GALVANIZADA
27	16	-----	WELDANA DE PRESION 3/16"
28	16	-----	FLANCA HE MAGONAL 3/16"
29	8	-----	TORNILLO 3/16" x 3/4" LEX CADEZA PLACA DALY
30	8	-----	WELDANA DE PRESION 3/16"
31	8	-----	FLANCA HE MAGONAL 3/16"
32	1	FW 03425801	ESPEJO SUPERIOR REFLECTOR FLUORITE
33	6	FW 03425803	ESPEJO INTERMEDIO REFLECTOR FLUORITE
34	1	FW 03425807	ESPEJO INFERIOR REFLECTOR FLUORITE

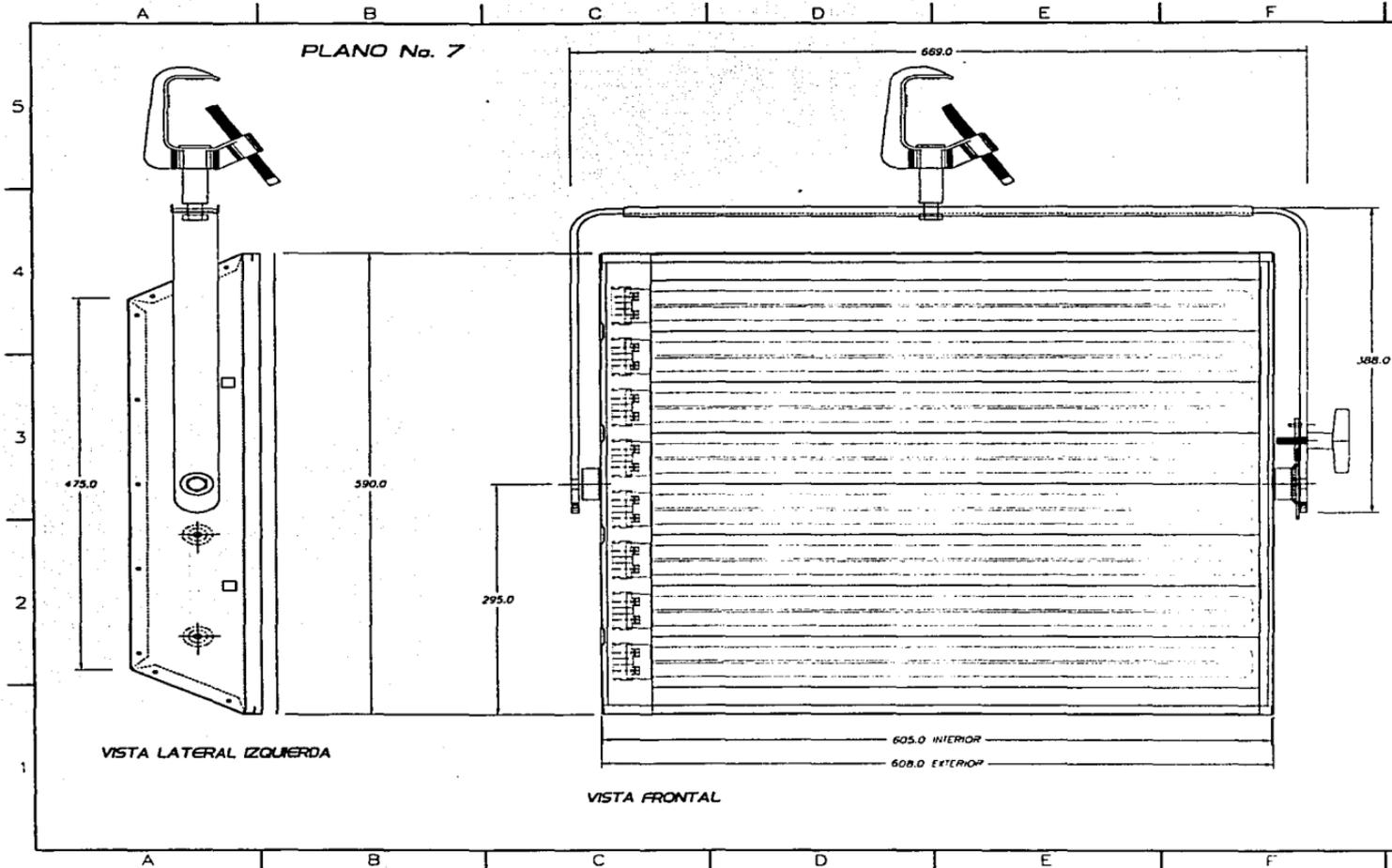


EXC-1-52

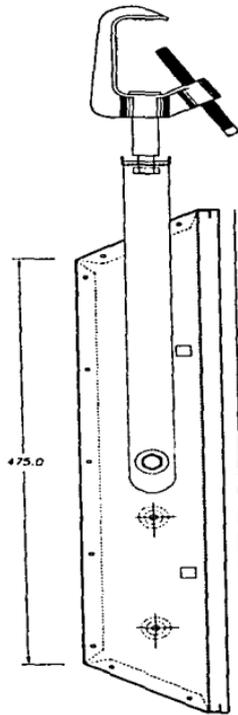
DRAWING FILE NUMBER	1034470-11	PROJECT NUMBER	INC. A-1472	FILE NUMBER
	DATE	11 1961	DRAWN BY	P.M.
ENSAMBLE MECANICO CHASIS REFLECTOR 850 "FLUORITE"				
TELETEC A				TMO3258-11

AT

PLANO No. 7



PLANO No. 7

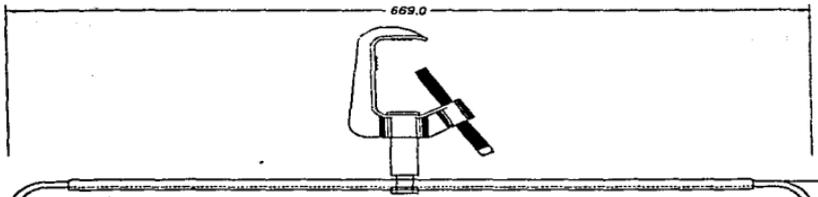


475.0

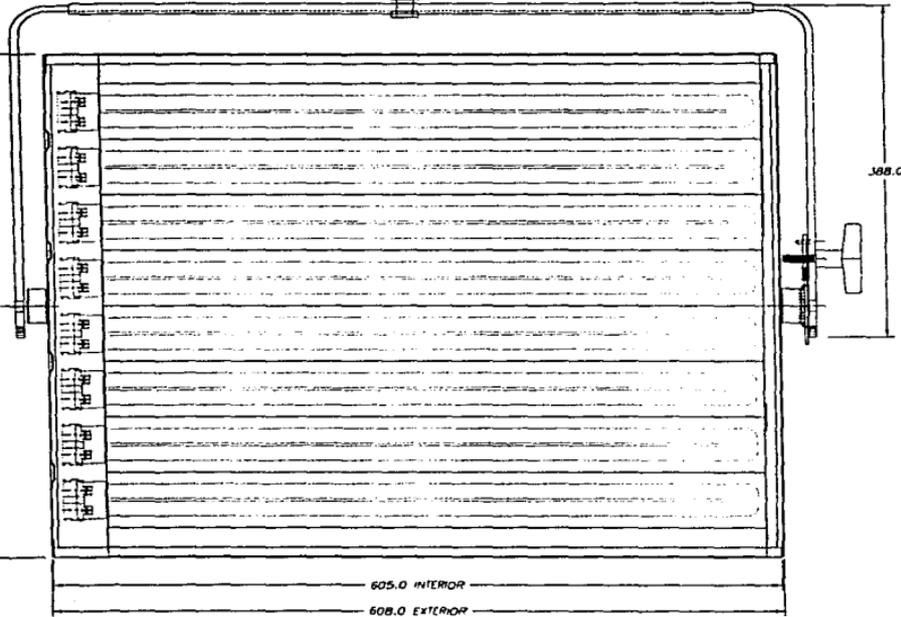
390.0

295.0

VISTA LATERAL IZQUIERDA



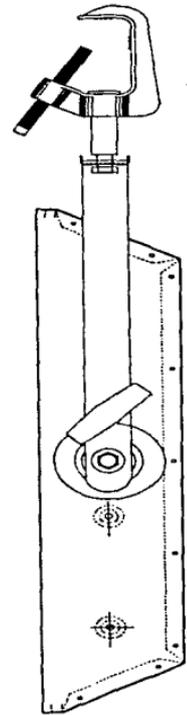
669.0



388.0

605.0 INTERIOR
608.0 EXTERIOR

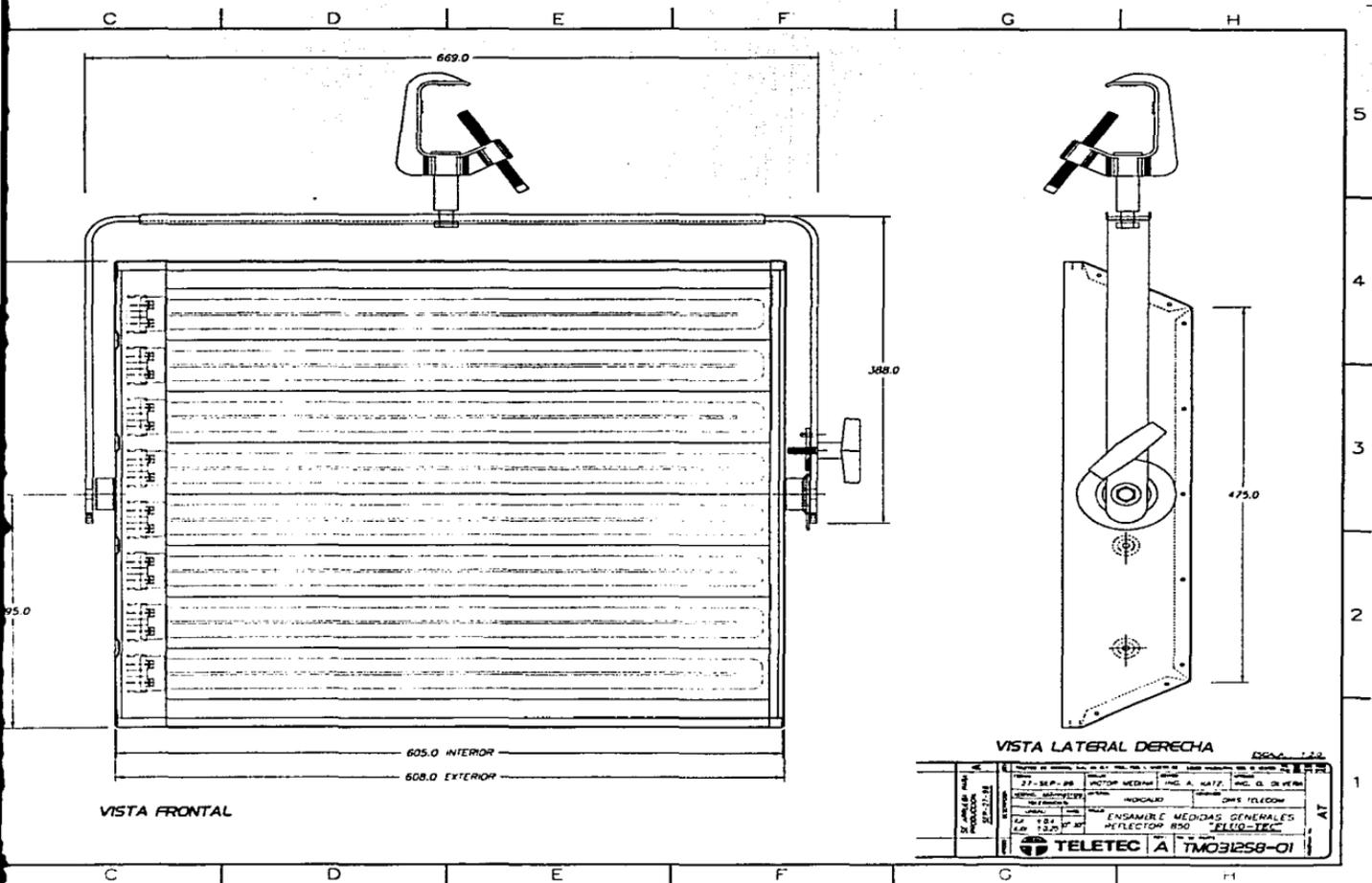
VISTA FRONTAL



475.0

VISTA LATERAL DERECHA

SE. J. 1974 PRODUCCION SEP-74-28	27-SEP-86	DICTOR MEDINA	ING. A. NAIZ	ING. O. OLIVERA
	PROYECTO	DESIGNADO	DISEÑO TELECOM	
ENCAMBLE MEDIDAS GENERALES		REFLECTOR 800		
TELETEC		TM031258-01		



DS004-1-2-2

S. J. AMARAL Av. ... 202-21218	27-SEP-88	MOTOR MEDICAL	INC. A. 1077	INC. Q. DE V. 18
	12-12-88	ENSAMBLE MEDIDAS GENERALES REFLECTOR RENO "FLUO-TEC"	CHIFE TELECOM	AT
TELETEC		A TMO31258-01		

5.7 Parámetros de prueba y resultados de las pruebas

Las pruebas a las que son sometidas las luminarias de luz fluorescente se refieren principalmente a sus características térmicas, eléctricas y fotométricas. Es decir, si al fin de cuentas las lámparas, las balastras y los reflectores seleccionados están funcionando como se requiere en un estudio de televisión. Las pruebas corroboran que todos los elementos seleccionados realmente cumplen con las especificaciones demandadas.

La precisión y la exactitud de las medidas obtenidas en el laboratorio dependen directamente del uso de medidores de alta calidad y del seguimiento de una serie de procedimientos. Estos procedimientos son preparados y publicados por organizaciones y comités para tener una base común en los procesos de medición.

La IES (*Illuminating Engineering Society*) es el organismo más prestigiado en cuanto a mediciones eléctricas y fotométricas se refiere y proporciona guías explícitas con procedimientos detallados para llevar a cabo mediciones de lámparas y reflectores.

De acuerdo con la IES, para realizar las pruebas y medidas correspondientes a las características fotométricas y eléctricas se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- La luminaria deberá estar limpia y no deberá tener defectos.
- La luminaria deberá contar con las lámparas especificadas para ella.
- La luminaria deberá colocarse en la posición en la normalmente opera.
- Las luminarias deberán probarse en un ambiente controlado con condiciones controladas.
- La temperatura del local deberá ser lo más constante posible.
- Las fuentes de poder (alimentación) deberán ser reguladas y libres de distorsión para eliminar los efectos que puedan tener las variaciones de voltaje de la línea.
- El cuarto de pruebas se deberá pintar de negro (cámara negra).
- Para obtener medidas más exactas, la distancia entre la luminaria y el medidor deberá ser de aproximadamente 3 m (10 ft).
- Para maximizar la precisión, la distancia de prueba se deberá establecer siguiendo una línea recta entre el centro de la fuente y el medidor.

- La luminaria deberá estar perfectamente sujeta de tal manera que no existan variaciones en su posición.
- Se deberán revisar y calibrar continuamente los medidores empleados.
- Los medidores eléctricos deberán ser seleccionados para que cumplan con las escalas y resolución correspondientes a los circuitos que se miden.
- Los medidores deberán ser digitales.
- La temperatura ambiente no deberá exceder los 25° C.

Partiendo de las recomendaciones de la IES, nosotros establecemos un patrón propio de prueba que cumpla con los requerimientos de la IES y nos proporcione información extra. Nuestras consideraciones son las siguientes:

- Las luminarias se medirán en una cámara negra. Es decir, una habitación en la que la única fuente de luz inmiscuida sea la luminaria.
- La superficie donde se proyecta será de un color neutro que tenga un coeficiente de reflexión muy bajo (negro o gris mate).
- El voltaje de alimentación deberá ser de 120 volts regulados ya que las variaciones del mismo afectan directamente a la salida de potencia de las balastras y por lo tanto a la cantidad de luz que emiten las lámparas.
- La base o soporte donde se colocan las luminarias deberá estar perfectamente calibrada con respecto a los ejes horizontal y vertical. Hay que tomar en cuenta que una pequeña variación en el ángulo en el que se coloca la luminaria puede resultar en cuantificaciones erróneas y engañosas.
- La cámara negra deberá ser un lugar limpio y sobre todo libre de polvo, ya que éste se almacena en los espejos reflejantes y en la superficie de las lámparas. El polvo acumulado reduce la salida de luz en proporciones muy significativas. Por supuesto, las luminarias también estarán perfectamente limpias.
- Las distancias a la que se coloca la luminaria de la superficie a iluminar serán 3,6,9 y 12, pies ya que son las distancias a las cuales usualmente operan las luminarias en un estudio de televisión.
- El voltaje de alimentación deberá ser regulado.
- La toma de corriente deberá contar con tierra física.

- La temperatura ambiente no deberá exceder los 25°C.
- Se deberá colocar un voltímetro para medir el voltaje de entrada.
- Se deberá colocar un voltímetro para medir el voltaje de entrada de control (0 a 10 Vcd).
- Se deberá colocar un amperímetro para medir la corriente de entrada.
- Se deberá colocar un termómetro bimetálico para medir la temperatura de operación del chasis.
- Se deberá colocar un termómetro bimetálico para medir la temperatura de operación de las balastras y lámparas.

El hecho de que el voltaje no sea regulado, que la alimentación no cuente con tierra física y que la temperatura ambiente sea bastante mayor a los 25°C, no implica que las luminarias no funcionen pero si que su desempeño sea muy diferente. Cuando se realizan pruebas y mediciones, un factor importante es que las condiciones sean las que nosotros queremos.

En este momento es importante hacer la aclaración de que los resultados experimentales de todas las mediciones propuestas hasta el momento, se verán reflejados en las tablas 5.7.2 y 5.7.3 que encontraremos más adelante.

Ya que establecimos el ambiente en el que se van a medir y probar las luminarias, hacemos un análisis de lo que se quiere medir y cual es el método y los instrumentos asociados.

- Intensidad en luxes o *footcandles*

La intensidad se mide en luxes o *footcandles* con un luxómetro. Con esta medida establecemos la cantidad de luz que el reflector proyecta en una superficie que llamamos objetivo y que se encuentra a la distancia de referencia

No ponemos atención en la dispersión del haz de luz sino simplemente buscamos el punto donde éste es más intenso. El objetivo es que el punto con mayor intensidad sea el que corresponde al eje central de la luminaria, y si no es así algo está funcionando mal con nuestro espejo reflejante. Esta medida es la que especificamos como fabricantes y catalogamos como intensidad máxima. Es importante aclarar cual es la distancia de referencia ya que para comparar dos luminarias éstas deben ponerse a prueba bajo las mismas circunstancias.

Las lámparas fluorescentes, como se mencionó en el punto 5.1, necesitan de un precalentamiento y tardan aproximadamente cinco minutos en alcanzar su operación

óptima y por lo tanto la máxima emisión de luz. Es importante considerar este tiempo antes de realizar cualquier medida. Es tan evidente el cambio que si uno pone el luxómetro frente a la luminaria durante este periodo, se puede observar como van variando las medidas.

En el caso de nuestras luminarias hay que tomar en cuenta que las balastras electrónicas son dimmeables y por lo tanto varían la intensidad de la luz desde un 20% hasta un 100%. Con un luxómetro se deben medir las intensidades de luz cuando la señal de control que se introduce a la balastra está en los extremos (0 y 10 V cd). En el caso de una balastra electrónica dimmeable, el 20% de intensidad de luz corresponde al mínimo posible, ya que es el momento en que la lámpara se mantiene encendida sin variaciones y puede considerarse como una fuente de luz constante.

- Ángulos de dispersión (horizontal y vertical)

Los ángulos de dispersión determinan la superficie de luz útil. Es decir, el área que cubre nuestra luminaria con una variación máxima del 50%. Cuando la intensidad es menor al 50% consideramos que el nivel ya no es suficiente para satisfacer nuestras necesidades. En este caso hay una relación muy estrecha entre los ángulos de dispersión y la cantidad de luz que obtenemos, ya que variando éstos no incrementamos la salida de luz del reflector sino que simplemente concentramos o hacemos más difuso el haz.

Hay que entender muy bien que las lámparas generan una cantidad determinada de luz y que mediante el buen uso de los espejos reflejantes podemos obtener la mejor salida posible. Ya que alcanzamos el desempeño óptimo del espejo reflejante aumentamos o disminuimos el área que nuestro haz alcanza a cubrir mediante la utilización de cortadoras, que no afectan la intensidad luminosa sino que eliminan la luz de una sección.

La figura 5.7.1 es una representación gráfica de la relación existente entre los ángulos de dispersión y la distancia de la luminaria al objetivo. A partir de las mediciones experimentales se genera la tabla 5.7.1 que contiene los datos obtenidos para una relación de ángulos de dispersión con un decremento en la intensidad del 50% tanto en la horizontal como en la vertical.

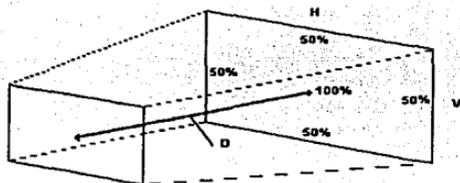


Figura 5.7.1 Representación gráfica de la relación de ángulos de dispersión y distancia al objetivo.

DISTANCIA "D"		HORIZONTAL "H"		VERTICAL "V"		INTENSIDAD "I"	
m	ft	m	ft	m	ft	LUX	FC
1,6	5	1,7	5,6	1,7	6,5	2580	240
2	6,6	2,3	7,5	2,3	7,5	1450	130
3	10	3,5	11,5	3,5	11,5	640	60
4	13	4,6	16	4,6	15	360	30

Tabla 5.7.1 Datos experimentales obtenidos para varias distancias "D" y un decremento del 50% de la intensidad en los ejes vertical y horizontal.

- Temperatura de color de la luz en grados Kelvin

Las lámparas que se utilizan en un estudio de televisión pueden tener dos temperaturas de color: 3200°K que es la temperatura natural de las lámparas incandescentes de tungsteno halógeno y 5600°K que es la temperatura de la luz del sol al mediodía (luz de día). La temperatura de color la medimos con un colorímetro y es muy importante que las lámparas que se utilizan cumplan con la temperatura que especifican. Los resultados experimentales están reflejados en las tablas 5.7.2 y 5.7.3 que encontraremos más adelante. Las temperaturas de 3200°K y 5600°K son valores ideales y por eso es importante medir cual es la temperatura real de las lámparas que estamos utilizando.

- Índice de rendimiento de color

El rendimiento de color es una expresión general para definir el efecto que produce una fuente de luz en la apariencia del color de los objetos y compararla con la que produce una fuente de luz distinta. El índice de rendimiento de color no puede ser determinado a simple vista y es necesario contar con medidas espectroradiométricas precisas y exactas. De acuerdo con la CIE (*Comission Internationale de l'Eclairage*), el índice de rendimiento de color en porcentaje es el resultado de comparar en términos

generales las lecturas de estas medidas espectroradiométricas para dos fuentes de luz distintas. Para poder establecer una comparación es necesario tener una lectura ideal o de referencia, para ello se toma como parámetro la respuesta de una lámpara de filamento incandescente con una temperatura de color de 3200°K. En términos prácticos, esta lámpara o esta familia de lámparas, porque no importa la potencia, tendrá un índice de rendimiento de color del 100%.

Cuando hablamos de que una lámpara tiene un índice de rendimiento de color entre el 80% y el 90% nos referimos a que haciendo un análisis de la totalidad del espectro de color, habrá colores en los que se obtenga una apariencia 90% similar y otros en los que solo sea del 80%.

Como podemos observar, medir el índice de rendimiento de color de una lámpara es bastante complicado e involucra instrumentos especializados. Por este motivo confiaremos en la especificación y calidad de los fabricantes.

Como las lámparas compactas fluorescentes se desarrollaron para integrarse al mercado de la iluminación arquitectónica, los índices de rendimiento de color que encontramos comercialmente son del 80%. Sin embargo, existen compañías como Osram Sylvania y Phillips que tienen líneas especiales de producción y fabrican lámparas compactas fluorescentes con un índice de rendimiento de color del 90%. Estas lámparas son más costosas y tienen tiempos de entrega muy largos.

En realidad, a la cámara de televisión no le importaría trabajar con lámparas cuyo índice de rendimiento de color sea del 80%, sin embargo, lo que esta condición nos prohíbe es alternar lámparas incandescentes de tungsteno halógeno (índice de rendimiento de color del 100%) con nuestras luminarias fluorescentes.

Si sostenemos que el nuevo concepto de iluminación para televisión es el resultado de mezclar iluminación incandescente con lámparas fluorescentes, entonces un índice de rendimiento de color del 80% es inadmisibles.

A continuación encontraremos las especificaciones que proporciona el fabricante de las lámparas y las balastras. Partiendo de los datos que proporciona el fabricante podemos corroborar experimentalmente si sus productos funcionan como ellos lo especifican.

Lámpara utilizada (tabla 5.7.2)	Especificaciones
Modelo de la lámpara	Dulux L 55/32
Marca de la lámpara	Osram
Potencia	55 Watts
Tipo de bulbo	T5
Casquillo o base	2G11
Temperatura de color	3200°K
Vida útil	12,000 horas promedio
Flujo luminoso	3500 lm
Índice de rendimiento de color (CRI)	90 %

Lámpara utilizada (tabla 5.7.3)	Especificaciones
Modelo de la lámpara	PL-L55
Marca de la lámpara	Philips
Potencia	55 Watts
Tipo de bulbo	T5
Casquillo o base	2G11
Temperatura de color	5300°K
Vida útil	10,000 horas promedio
Flujo luminoso	3900 lm
Índice de rendimiento de color (CRI)	90 %

Balastro utilizada (tablas 5.7.2 y 5.7.3)	Especificaciones
Modelo de la balastro	Quicktronic QT 2x55
Marca de la balastro	Osram
Voltaje de línea	127 vac
Frecuencia de la línea	50 / 60 Hz
Frecuencia de operación	40 KHz
Fluctuación de voltaje	90 vac a 140 vac
Factor de potencia (eficiencia)	0.97
Temperatura de operación	-20° C a +50° C
Características :	Operación libre de parpadeo (flicker - free) Supresión de radio interferencia Bajo contenido de armónicas

Resultados de las pruebas

Cuando se han tomado en cuenta todos los factores anteriores, entonces generamos las tablas y medidas correspondientes a las mediciones hechas en el laboratorio a cada reflector. A continuación presentaremos dos tablas:

Tabla 5.7.2.

-Luminarias modelos 250 DM, 450 DM, 650 DM y 850 DM de 2, 4, 6 y 8 lámparas respectivamente con lámparas modelo Dulux 55/32 marca Osram y balastras Quicktronic QT-2x55.

Tabla 5.7.3.

-Luminarias modelos 250 DM, 450 DM, 650 DM y 850 DM de 2, 4, 6 y 8 lámparas respectivamente con lámparas modelo PL-L55 marca Philips y balastras Quicktronic QT-2x55.

Modelo de la luminaria	250DM	450 DM	650 DM	850 DM
Número de lámparas	2	4	6	8
Potencia de la lámpara (Watts)	55	55	55	55
Potencia Total (Watts)	110	220	330	440
Temperatura de color (°K)	3350	3350	3350	3350
Índice de rendimiento de color (%)	90	90	90	90
Modelo de la lámpara	Dulux L 55/32	Dulux L 55/32	Dulux L 55/32	Dulux L 55/32
Marca de la lámpara	Osram	Osram	Osram	Osram
Modelo de la balastra	QT2x55	QT2x55	QT2x55	QT2x55
Marca de la balastra	Osram	Osram	Osram	Osram
Distancia a la cual se mide (m)	1.83	1.83	1.83	1.83
Medición al centro 100% (lux)	490	970	1570	1800
Medición a los lados 50% (lux)	245	485	780	900
Distancia horizontal para el 50% (m)	2.20	2.22	2.24	2.20
Distancia vertical para el 50% (m)	2.16	2.15	2.16	2.20
Voltaje regulado de operación (Volts)	120	120	120	120
Corriente consumida (A)	0.8	1.6	2.4	3.2
Peso con lámparas (Kg)	7.2	11.15	13.57	15.47
Área que cubre el haz de luz al 50% (m ²)	4.75	4.77	4.83	4.84
Ángulo horizontal (°)	64.23	62.85	62.85	61.92
Ángulo vertical (°)	60.51	63.32	64.23	62.39
Temperatura ambiente (°C)	18	18	18	18
Temperatura del chasis (°C)	34	34.5	36	37
Temperatura de las balastras (°C) / 1Hr. operando	45	46	47.7	48.5
Temperatura de las lámparas (°C) / 1Hr. operando	60	61.5	62.5	63.5
Voltaje de control con lámpara al 100% (Volts cd)	10.0	9.81	9.95	10.2
Voltaje de control con lámpara al 20% (Volts cd)	1.25	1.4	1.35	1.45

Tabla 5.7.2 Resultados de las pruebas sobre las luminarias de 2, 4, 6 y 8 con lámparas Osram. (continuación)

Modelo de la Luminaria	250DM	450 DM	650 DM	850 DM
Número de lámparas	2	4	6	8
Potencia de la lámpara (Watts)	55	55	55	55
Potencia Total (Watts)	110	220	330	440
Temperatura de color (°K)	5900	5900	5900	5900
Índice de rendimiento de color (%)	90	90	90	90
Modelo de la lámpara	PL-L55	PL-L55	PL-L55	PL-L55
Marca de la lámpara	Phillips	Phillips	Phillips	Phillips
Modelo de la balastra	QT2x55	QT2x55	QT2x55	QT2x55
Marca de la balastra	Osram	Osram	Osram	Osram
Distancia a la cual se mide (m)	1.83	1.83	1.83	1.83
Medición al centro 100% (lux)	600	1080	1500	2250
Medición a los lados 50% (lux)	300	540	750	1125
La tabla continua en la pag. siguiente				

Distancia horizontal para el 50% (m)	2.26	2.20	2.20	2.16
Distancia vertical para el 50% (m)	2.10	2.22	2.26	2.18
Voltaje regulado de operación (Volts)	120	120	120	120
Corriente consumida (A)	0.8	1.6	2.4	3.2
Peso con lámparas (Kg)	7.2	11.15	13.57	15.47
Área que cubre el haz de luz al 50% (m ²)	4.76	4.44	4.97	4.57
Ángulo horizontal (°)	64.23	62.85	62.85	61.92
Ángulo vertical (°)	60.51	63.32	64.23	62.39
Temperatura ambiente (°C)	17	17	17	17
Temperatura del chasis (°C)	32	33.5	34	36.5
Temperatura de las balastras (°C) y/ 1 Hr. operando	45	45.5	46.5	48
Temperatura de las lámparas (°C) y/ 1 Hr. operando	59	60.5	62	62.5
Voltaje de control con lámpara al 100% (Volts cd)	10.1	10.5	9.83	10.1
Voltaje de control con lámpara al 20% (Volts cd)	1.2	1.35	1.0	1.2

Tabla 5.7.3 Resultados de las pruebas sobre las luminarias de 2, 4, 6 y 8 con lámparas Philips

De las tablas anteriores podemos sacar muchas conclusiones que resultan halagadoras. Lo hacemos en forma de lista para que sea más explícito y objetivo.

- Comparando las especificaciones del fabricante con los resultados experimentales, la temperatura de color en grados Kelvin es muy cercana a la especificada.

- De la tabla 5.7.2 obtenemos los siguientes resultados:

Las lámparas modelo Dulux L 55/32 de la marca Osram especifican una salida de luz de 3100 lm. Si hiciéramos el cálculo teórico de la caída de luz para esta lámpara y tomamos como ejemplo la luminaria de dos luces (250 DM) a una distancia de 1.83 m, obtenemos el siguiente resultado:

$$E = \frac{6200}{1.83^2} = \frac{6200}{3.3489} = 1851 lux$$

Son 6200 lm iniciales porque son la suma de las dos lámparas. Si recordamos la definición de lux que vimos con anterioridad, comprenderemos que esta intensidad teórica es para un área de un metro cuadrado. El área experimental que cubre nuestro haz de luz, considerando una variación de hasta un 50%, es de 4.752 metros cuadrados. Repartiendo la intensidad teórica en nuestra área experimental obtenemos:

$$E = \frac{1851}{4.752} = 389 lux$$

Si consideramos que nuestro haz de luz experimental proyecta un punto máximo de 490 lux y extremos de 245 lux en un área de 4.752 metros cuadrados, entonces podemos sacar un promedio de ambas mediciones y nos encontramos muy cerca de los 389 lux teóricos.

$$E_{\text{promedio}} = \frac{490 + 245}{2} = 367.50 \text{ lux}$$

- De la tabla 5.7.3 obtenemos los siguientes resultados:

Las lámparas modelo PL-L55 de la marca Philips especifican una salida de luz de 3500 lm. Si hiciéramos el cálculo teórico de la caída de luz para esta lámpara y tomamos como ejemplo la luminaria de dos luces (250 DM) a una distancia de 1.83 m, obtenemos el siguiente resultado:

$$E = \frac{7000}{1.83^2} = \frac{7000}{3.3489} = 2090 \text{ lux}$$

Son 7000 lm iniciales porque son la suma de las dos lámparas. Si recordamos la definición de lux que vimos con anterioridad, comprenderemos que esta intensidad teórica es para un área de un metro cuadrado. El área experimental que cubre nuestro haz de luz, considerando una variación de hasta un 50%, es de 4.746 metros cuadrados. Repartiendo la intensidad teórica en nuestra área experimental obtenemos:

$$E = \frac{2090}{4.746} = 440 \text{ lux}$$

Si consideramos que nuestro haz de luz experimental proyecta un punto máximo de 600 lux y extremos de 300 lux en un área de 4.746 metros cuadrados, entonces podemos sacar un promedio de ambas mediciones y nos encontramos muy cerca de los 440 lux teóricos.

$$E_{\text{promedio}} = \frac{600 + 300}{2} = 450 \text{ lux}$$

- La relación entre los ángulos de dispersión horizontal y vertical da como resultado un rectángulo pero con una diferencia de base y altura muy pequeña. Se tiene una superficie de luz adecuada para utilizarse en un estudio de televisión de 3 a 4 metros de altura.

- Comparando con las especificaciones del fabricante, la corriente que consumen las balastras, que fue medida experimentalmente, corresponde a un valor muy parecido.

- La temperatura de operación del reflector, de las balastras y de las lámparas es normal. Esta circunstancia nos indica que el chasis cuenta con el espacio y las ventilaciones suficientes para que estos elementos funcionen adecuadamente.

- La respuesta de la balastra a la señal de control de corriente directa también es normal. Alcanzamos el 20% de la intensidad de las lámparas con un poco más de un volt y logramos el cien por ciento de la intensidad con valores muy cercanos a los 10 volts.

En este capítulo se ha hablado tanto de las lámparas y balastras seleccionadas como de los circuitos electrónicos y desarrollos metal mecánicos que en suma conforman las luminarias Fluo - Tec. Era importante hacer mención de la selección y búsqueda de las lámparas y balastras, ya que para cumplir con los requerimientos de la industria de la televisión es muy importante que estos dispositivos cuenten con características muy especiales. De hecho, hemos tenido que recurrir a producciones y fabricaciones especiales. Las lámparas se fabrican solamente en Italia y las balastras en Alemania.

El ramo de la iluminación para televisión dentro de la industria eléctrica es muy pequeño. Más aun, el ramo de la luz fría dentro de la iluminación para televisión es reducido. Por esta razón resulta complicado conseguir los materiales necesarios para su fabricación y también nos encontramos con que las asociaciones mundiales que rigen a la industria eléctrica poco o nada contemplan a los dispositivos que desarrollamos.

CAPITULO 6

TEORÍA DE LA ILUMINACIÓN DE BAJO CONSUMO PARA T.V.

En este capítulo se mencionarán los puntos básicos de la iluminación para televisión, así como las diferentes formas de iluminar un estudio de televisión para llegar al objetivo de la iluminación de bajo consumo.

6.1 Conceptos de iluminación para T.V.

Los principios básicos de la iluminación no han cambiado con el paso del tiempo, si bien es cierto que existen nuevos equipos, en los pasados 30 años, los elementos para iluminar, es decir los reflectores mismos, no eran muy distintos de los actuales. Es por esto que se sigue siendo válida la filosofía inicial de la iluminación, "lo importante no es lo que pongas sino como lo pones". Esto quiere decir que aunado a toda la experiencia técnica que se le pueda sumar a un proyecto de iluminación, siempre se requerirá de una buena dosis de creatividad. El mejoramiento de las herramientas de iluminación permite hacer más fácil y rápido el trabajo del iluminador.

La luz para el espectáculo no es una ciencia exacta, es una ciencia al servicio del arte, es por esto que existen pocas reglas a diferencia de la luz ambiental, que si bien no deja de ser algo artístico, tiene más reglas en las cuales apoyarse.

Puntos básicos de la iluminación para el espectáculo

Intensidad

El primer requisito en la iluminación es tener suficiente luz para brindar una visibilidad positiva. ¿pero que intensidad es esta?. La luz es fácilmente cuantificable, sin embargo esta medida tiene más que ver con los requerimientos de la cámara que con los efectos artísticos que se desean incluir en la producción. En el caso de la iluminación arquitectónica, se tienen tablas ya muy estudiadas de los distintos niveles de iluminación para diversas aplicaciones, como son, áreas de lectura, luz general para un andén de tren, etc. Esta información no puede aplicarse en la iluminación de espectáculos ya que en este medio la iluminación se basa en una regla primordial: si se ve bien entonces esta bien. Aunque esto no descarta que para poder escoger adecuadamente el equipo con el que se iluminará posteriormente, se requiere tomar

algunos parámetros de iluminación que se obtienen de las tablas comunes de la iluminación arquitectónica¹.

La cantidad de luz requerida dependerá también de la cantidad de luz a la cual estaba sometida el espectador un instante antes, el ojo humano ajusta la sensibilidad a las variables condiciones de luz. Sin embargo, esta respuesta de nuestro ojo no es instantánea por lo que esto se deberá tomar en cuenta al hacer cambios de luz de una escena a otra.

Dimensión

Al iluminar, la tendencia general es perder una de las tres dimensiones que se tiene, es decir, predominan el ancho y alto, perdiéndose la profundidad. Existen varias técnicas para tratar de recuperar esta dimensión perdida, construir la exposición con una perspectiva exagerada, utilizar texturas muy visibles y profundas, etc. Sin embargo, todos estos esfuerzos son en vano si se ilumina de forma equivocada, el hecho de iluminar en forma frontal con un ángulo horizontal, creará una visión totalmente plana de lo presentado. En cambio si se considera el ángulo correcto y otros factores como la iluminación posterior, se puede restablecer en gran medida esta tercera dimensión.

Selectividad

En la televisión o el cine, es muy sencillo que el espectador vea una parte exacta de la acción que se desea en ese momento. La iluminación también define que debe ver el espectador y en que momento, la técnica obvia es iluminar sólo el área donde deseamos que se preste atención, sin embargo, también es factible concentrar la atención de los espectadores mediante balances de luz más sutiles.

Atmósfera

Tal vez, la posibilidad más fascinante de la iluminación es la posibilidad de influir en el estado mental de la audiencia. Gracias a los distintos colores y cambios de intensidad, la iluminación indica si la acción que observamos se desarrolla en octubre o si ésta se desarrolla en diciembre. También ayuda a influir en el estado de ánimo de la gente, de manera que se sienta alegre o triste, calmada o agresiva, ansiosa o tranquila etc.

La luz, claro, sólo ayuda a crear esta atmósfera, la cual está conformada por todos los factores que se integran en el espectáculo.

¹ VER APENDICE E

Fluidez

La luz en un espectáculo no es estática, está cambia para atender a las necesidades de selectividad y atmósfera que se requieran en un momento dado, estos cambios pueden ser de dos tipos, conscientes e inconscientes.

Los cambios conscientes se desarrollan de forma rápida, dando la oportunidad al espectador de notar el cambio en el momento en que este se lleva a cabo . Los cambios inconscientes se desarrollan de forma que los espectadores no notan en que momento cambio la escena, un ejemplo de cambio de luz inconsciente se da en el cambio de una escena con iluminación fría y triste que lentamente cambia de color y de intensidad hasta encontrarnos en otra escena animada y caliente.

Al considerar todos los puntos anteriores podemos prever lo que se requiere para lograr una iluminación óptima que nos de un espectáculo de calidad. La interacción de la luz con el espectáculo la define el iluminador con su estilo propio, sin embargo, éste podrá o no estar limitado según la flexibilidad del sistema con el que cuenta para iluminar y para transmitir lo que tiene en mente al espectador.

Son grandes las diferencias acerca de lo que ven los ojos a su alrededor, y la visión interpretada por una cámara de video. Los ojos pueden observar a su alrededor libremente y de una manera rápida, poder construir una impresión más precisa de su alrededor. En cambio, la cámara de video muestra únicamente un muy limitado segmento de una escena.

La imagen plana en una pantalla pierde elementos básicos para la interpretación correcta de la imagen , para reponer esta pérdida se deben proveer guías visuales, que habilitan la interpretación de una escena. Estas guías se presentan en la escenografía mediante relieves muy marcados, cambios de perspectiva, entre otras, en la iluminación, las guías aparecen con cambios de tonalidades, colores e iluminaciones multiángulos.

La visión estereoscopia permite escoger sujetos, de una manera fácil se determina su forma y distancia, ésta es una de las principales pérdidas que se presentan en la pantalla de T.V. ,el color ayuda considerablemente, a distinguir entre varios planos.

El ojo y el cerebro continuamente hacen asignaciones y adaptaciones a condiciones locales. El ojo es apto para detectar detalles en áreas sombras, ajustar y variar las intensidades de la luz, y de reafocar instantáneamente.

La cámara de video puede únicamente manejar un rango limitado de tonos, fácilmente confunde los tonos sutilmente diferentes.

Existen tres razones para tener especial cuidado en la iluminación para aplicaciones de T.V.:

- Una imagen debe persuadir a su audiencia y mantener su atención.
- Un ángulo bien escogido para la toma y una composición de los objetos en la escena son importantes, sin embargo, una iluminación adecuada dará a la imagen profundidad, textura y forma.
- Los objetos y personajes involucrados deben aparecer separados del fondo.

Usualmente deseamos que las imágenes estén bien definidas, sean nítidas con colores vivos y libres de ruido en el video, una iluminación adecuada ayuda a lograr un estándar de calidad.

Artísticamente debemos manejar la atmósfera de la escena, que sea atractiva al espectador, la iluminación es el recurso más importante para lograr estos objetivos.

Como se vio en el capítulo 3, existen distintos tipos de reflectores que nos permiten iluminar de distintas formas, básicamente 3:

Luz concentrada o "dura" (*key light*) la cual nos da definición y vigor a los objetos, es esencial para recrear la tercera dimensión en los objetos, es fácilmente controlable. El Fresnel es el reflector más común son para este tipo de luz .

Luz difusa (*fill light*), esta luz nos da generalmente la base de la iluminación, crea un ambiente, suaviza las sombras y detalles que se presentan muy exagerados por la iluminación a base de fresneles. La luz de base tiene como desventaja que no es controlable, además, al ser su ángulo de dispersión muy abierto, cae rápidamente su intensidad con la distancia, lo que produce que objetos cercanos a la fuente se iluminen excesivamente, mientras que los lejanos no reciben suficiente luz. Los reflectores difusos más comunes son las cazuelas, *soft - light* , entre otros.

Luz semi - concentrada, son reflectores compactos y afocables pero sin ningún tipo de óptica para concentrar la luz, producen sombras difusas, su ángulo de proyección es parcialmente controlable, al no tener lentes son reflectores muy ligeros y por lo mismo no tienen pérdidas en los lentes. Pueden ser usados para sustituir tanto reflectores de luz concentrada como luz difusa, sin embargo, con carencias importantes en ambas aplicaciones. Como ejemplo de este tipo de reflector están los llamados de "cara abierta".

En la siguiente figura (6.1.1) se ven estos conceptos aplicados, en la primera imagen se utilizo únicamente una luz concentrada, los sombras son excesivas . En la segunda, la combinación de *key* y *fill light* , da como resultado una iluminación correcta del objeto. En la tercera imagen el abuso de *fill light* provoca una pérdida de la perspectiva y forma del objeto.



Figura 6 1.1 key light, fill light y soft light.

El efecto de la dirección de la luz

La apariencia de un objeto puede cambiar considerablemente al cambiar el ángulo de la luz, en esto se basa la iluminación en los estudios de T.V., cualquier efecto de dirección de luz crea una variación en sus tres extremos: frontal, lateral y luz trasera.

Iluminación frontal

En cualquier figura el ojo distingue texturas por el camino de sombras que cruzan una superficie o imagen. Una pequeña sombra producida por una pequeña superficie regular nosotros la conocemos como textura.

La luz frontal es aquella que se dirige al objeto desde enfrente mismo, y preferentemente se realiza con reflectores fresneles. Si esta fuente de luz partiera del mismo punto desde el cual la cámara hace la toma de la imagen, ésta no observaría ninguna sombra en la superficie del mismo, aplanando la imagen, (un recurso muy utilizado para eliminar las arrugas de algunas actrices). Al elevar la fuente de luz por arriba de la cámara las sombras y detalles crecen, al llegar a los 50 grados por arriba de la cámara, los detalles estarán tan exagerados que serán desnaturalmente obvios.

Aquellos planos no alineados con la dirección del reflector frontal, por ejemplo la nariz, presentarán sombras sobre el resto de la cara.

Luz lateral

La luz lateral cubre los ángulos de luz no considerados por la luz frontal, también revela detalles de los objetos que se toman con la cámara, elimina sombras de la nariz en el caso de tomas sobre la cara de un presentador, esta luz siempre parte de los lados del objeto, sin embargo, ésta puede partir de cualquier ángulo en este plano, desde abajo del objeto hasta por arriba del mismo en forma cenital.

Luz trasera

La luz trasera incide sobre el objeto a iluminar por detrás de éste, desde la perspectiva de la cámara de televisión, esta luz sólo se nota en los bordes del objeto, recortándolo del fondo sobre el cual se presenta, el efecto en la pantalla de televisión es profundidad del mismo, esta luz es la que recupera la idea de varios planos en la imagen.

En las siguientes figuras (6.1.2) se muestran los tipos de iluminación ya mencionados, que en orden son los siguientes: luz frontal, luz trasera y luz lateral.

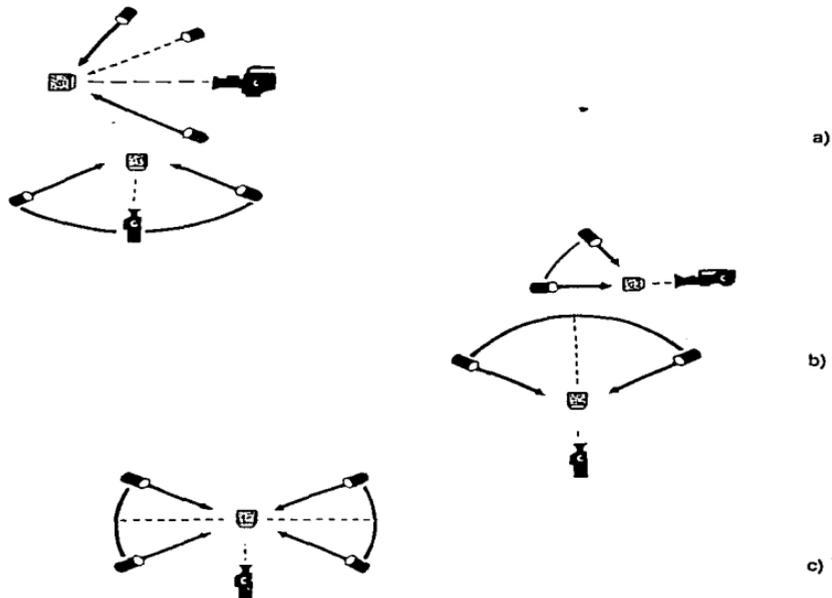


Figura 6.1.2 Luz frontal,(a), luz trasera (b) y luz lateral(c)

Teniendo en cuenta los dos tipos de luz básica que existen: *key light* y *fill light* y las tres posiciones de los reflectores: frontal, lateral y trasera, se desarrollan cualquier técnica de iluminación. Estos términos se fusionan en tres nuevos:

- *key light* : luz frontal a base de reflectores concentrados.
- *fill light*: luz general, lateral y de ambiente a base de cualquier tipo de reflector.
- *back light*: luz trasera a base de reflectores afocables y semi afocables.

Tres puntos de iluminación

Los puntos fundamentales que deben cubrirse al efectuar una iluminación son : *key light*, *fill light* y *back light*. *key light* es la posición de iluminación dominante, la más fuerte, la fuente principal de iluminación. Es usualmente la que determina los parámetros de exposición de la cámara. Artísticamente, establece la dirección de la luz, y crea un modelo principal y formación de sombras.

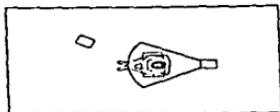
Fill light es el término que se usa para determinar las luces que crean el ambiente general de la escena, suavizan las sombras producidas por la *key light*, ilumina los entornos del escenario. Idealmente, la luz *fill light* deberá ser difusa (suave). Deberá iluminar las sombras suficientemente para relevar los detalles, sin echar a perder el modelo mostrado. El exceso de *fill light* aplana al modelo.

Back light, como se dijo anteriormente, permite devolver la profundidad a la toma, además permite iluminar objetos que desde otro ángulo no son accesibles. El uso del *back light* consiste en una luminaria, que se coloca detrás del sujeto, ésta se dirige en ángulo contrario a la *key light*. Cuidando no deslumbrar los lentes de la cámara.

Las siguientes figuras (6.1.3) muestran el efecto que produce la luz en distintos ángulos, esto nos da una clara idea de sus distintas utilidades según su posición y tipo reflector usado. El objetivo siempre será encontrar un balance de estas distintas luces, el cual cree el efecto deseado.



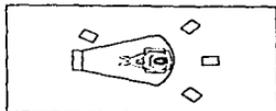
Iluminando
cuadro A:
La *key light*



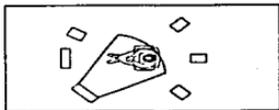
Iluminando
cuadro B:
Luz trasera Individual



Iluminando
cuadro C:
Luz trasera gemela



Iluminando
cuadro D:
Fill light
(Luz suave frontal)



Iluminando
cuadro E:
Fill light
(Luz suave a 45° del sujeto)



Iluminando
cuadro F:
Fill light
(Luz suave lateral)



Iluminando
cuadro G:
Todas las luces en acción



Figura 6.1.3 Efecto que muestra la luz a distintos ángulos

6.2 Como lograr los objetivos mediante la iluminación de bajo consumo

Como se vio en capítulos anteriores, las fuentes de luz difusa deben tener en común un área de emisión de luz grande, como ejemplo, cuando el día es despejado y el sol brilla, la luz llega a nosotros desde un solo punto muy definido: el sol, en estos días la iluminación es similar a la producida por un reflector de luz concentrada, las sombras son muy definidas y la luz es muy precisa en su origen y dirección, sin embargo, en los días nublados, las nubes sirven como difusores gigantes, la luz solar incide en éstos y se distribuye, desde nuestro punto de vista, la luz proviene de todo el cielo, y por esta razón no existe un punto preciso de origen de la fuente luminosa, las sombras prácticamente no existen y la luz es suave y regular.

Lo mismo sucede con los reflectores de luz fría, debido a la dimensión y tipo de lámpara que se ocupan para emitir luz, estos reflectores presentan una fuente luminosa de área grande, en comparación con un fresnel, por tanto la luz proyectada es difusa. Ya que a estos reflectores se le pueden anexar ciertos aditamentos la luz es hasta cierto punto controlable, estos aditamentos son los siguientes:

- Cazuelas
- Luz de base (*soft light*)
- Luz de ciclorama

Los reflectores fluorescentes se combinan con fresneles de baja potencia, 650 W y 1000 W , que tiene su principal función en la luz frontal y detalles específicos que se deseen resaltar mediante un énfasis de luz bien definido en dirección, la luz trasera puede ser del tipo fluorescente o bien combinación de ambos para reforzar en especial la silueta del personaje o presentador.

La luz de base se plantea totalmente con luz fría, posteriormente, se den los matices con reflectores de luz fría controlada y fresneles, el siguiente ejemplo es un caso donde se aplica este tipo de iluminación:

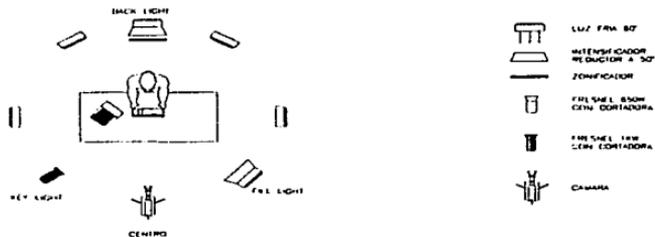


Figura 6.2.1 Escritorio de Noticias.

Como se observa en la figura 6.2.1, se utiliza un reflector fluorescente para *back light*, el cual incluye intensificador y zonificador, el intensificador tiene como objeto cerrar mas el ángulo para hacer mas definida la luz y crear un borde mas delineado en la silueta del presentador, el zonificador se aplica para evitar los destellos en la cámara a causa de la luz producida en dirección de la misma. En la posición de *fill light*, el uso de intensificador es el mismo que en el caso del *back light*, hacer mas definida la luz, la luz frontal o *key light* es producida por un fresnel de 1 Kw, que en este tipo de iluminación será la luz mas potente.

Adicionalmente, se instalan dos reflectores fluorescentes de menor potencia que los anteriores, con el fin de mantener un nivel luminico constante en el área pero menor al área de mayor interés, es decir el presentador. Esta diferencia en niveles luminosos debe

ser sutil ya que está designada a enfocar al espectador de forma subconsciente y no plenamente consciente.

Finalmente, dos reflectores fluorescentes tiene la tarea de iluminar la pared de fondo mediante un baño de luz constante y similar en nivel al resto de la luz de base.

Estas configuraciones variarán dependiendo de los ángulos de la cámara, en caso de tener más de una cámara, habrá que considerar la iluminación de estos ángulos mediante un tratamiento similar, o posicionar los reflectores para que satisfagan las necesidades de más de una cámara.

Iluminación de un grupo de personas

En el siguiente ejemplo, se requiere de iluminar a dos o más personas, como se aprecia en la figura 6.2.2, el tratamiento de este problema es muy similar al anterior:

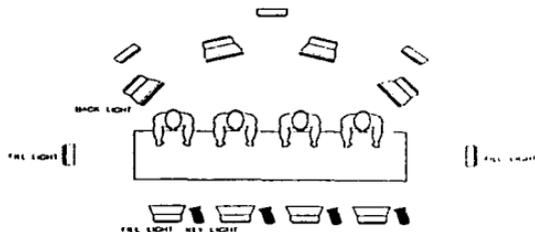


Figura 6.2.2 Grupo de comentaristas

En este caso, los *back light* son del tipo reflector fluorescente, los cuales deberán contar con intensificador y zonificador, con la intención de individualizar a cada personaje, definiéndolo de forma especial, ya que los reflectores fluorescentes no son suficientemente controlable sin el uso de estos accesorios, si los usáramos sin ellos, se iluminaría al grupo en forma conjunta y no individual. Esto es posible con grupos hasta de doce personas, para grupos mayores es conveniente olvidar la individualización de los personajes y agruparlos con luces en común, las cuales podrían ser nuevamente reflectores fluorescentes

Los elementos adicionales que se presenten en el estudio y que se desee resaltar de forma particular, deberán llevar un tratamiento similar al de un presentador, aunque dependiendo del lo que queramos resaltar en el en relación a la importancia y definición del mismo

Iluminación de dos personas

Cuando se iluminan dos personas que se entrevistan, se debe tener en cuenta el ángulo de iluminación de ambas personas al mismo tiempo, las dos personas hablan entre ellas y hacia la cámara, la figura 6.2.3 muestra una solución practica:

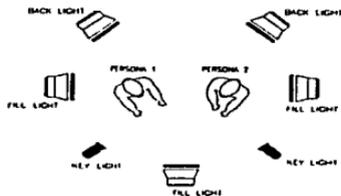


Figura 6 2 3 iluminación de dos personas en entrevista

En forma similar a los ejemplos anteriores, las luces de *back light* se resuelven mediante reflectores fluorescentes con zonificador e intensificador, los *key light* se instalan de forma convencional uno para cada persona, sin embargo, los *fill light* se encuentran compartido entre ambas personas, cuentan con zonificadores para evitar el cansancio visual. Adicionalmente, se consideraran reflectores fluorescentes para iluminar los elementos de escenografía que existan en el estudio, recordando que el nivel lumínico de éstos deberá ser ligeramente inferior para concentrar la atención de los espectadores en la entrevista que se está llevando a cabo

Problemas ocasionales

Aun en la iluminación mejor planteada pueden surgir imprevistos que harán ver mal a los personajes iluminados, aquí se muestran dos de los casos mas comunes.

Giro de la cabeza

Cuando se ilumina una persona de la forma antes descrita, esta iluminación es valida si el presentador se dirige a la cámara de forma natural, sin embargo, en algunos casos el presentador gira la cabeza de forma excesiva (mas de 30 grados), lo que causa sombras alargadas que desfiguran al personaje, un caso donde este tipo de problemas se presentan comúnmente es el hecho de contar con dos cámaras para las tomas del presentador, éste gira la cabeza de una cámara a otra y deberá estar bien iluminado en ambas posiciones.

La figura 6.2.4 ejemplifica esta situación:

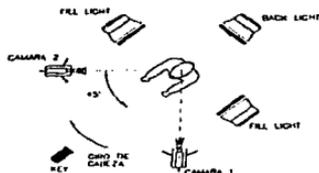


Figura 6 2 4 iluminación con dos cámaras.

La solución para este problema es desplazar la luz *back light* hacia el centro de las cámaras con lo que se logra una cobertura para ambas posiciones, lo mismo sucede con el *key light*, por ultimo se adiciona un *fill light* al que normalmente teniamos para poder cubrir los ángulos de toma de ambas cámaras.

Iluminación cerca de las paredes

Si la persona a iluminar está cerca de una pared, deberá tenerse cuidado de no "manchar" la pared con un golpe de luz, en la figura 6.2.5 se muestra una persona que es tomada a lo largo de una pared, por esta razón el *back light* es un fresnel de baja potencia y dirigido hacia fuera de la pared, el *fill light* es del tipo difuso para evitar también sombras excesivas en la pared, el *key light* de la misma forma que el *back light* está dirigido hacia fuera de la pared.

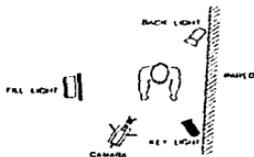


Figura 6 2 5 Iluminacion a lo largo de una pared.

Otra situación es la que se muestra en la figura 6.2.6, en ésta se iluminan dos personas una frente a otra y muy cercanas a una pared a espaldas de un de las personas. En este caso se deberá prescindir del *back light*, ya que de usar este en forma muy vertical con relación a la cabeza de las personas esto creara sombras inadecuadas, en sustitución se agrega un *key light* auxiliar.

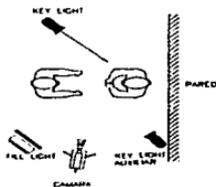


Figura 6 2 6 Iluminación frente a una pared

Iluminación de gente en movimiento

Al iluminar a una persona que se encuentre fija en un punto podemos ajustar la iluminación y compensarla de forma muy precisa, esto no ocurre así cuando iluminamos personas que se encuentran en movimiento, por esto la iluminación en estos casos es diferente en algunos puntos a la iluminación de personas fijas, hay que tener en cuenta que los espectadores verán mas difícilmente a detalle a la persona en movimiento por lo que esto nos da cierta flexibilidad en la iluminación.

Las siguientes técnicas permiten iluminar personas en movimiento:

Iluminación de áreas individuales

Esta técnica consiste en iluminar las distintas áreas donde se espera que la persona a iluminar hará sus intervenciones, es decir, se iluminan por separado y de forma individual cada una de ellas, en la figura 6.2.7 se muestra un ejemplo de esta iluminación:

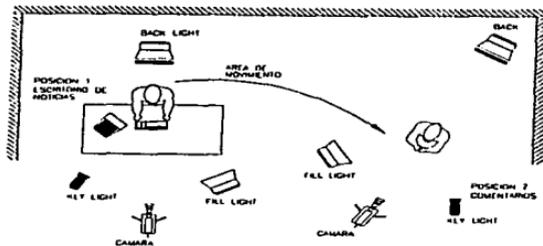


Figura 6 2.7 Iluminación de áreas individuales

En esta figura se iluminan dos áreas de forma independiente, cada una con sus luces de *back light*, *fill light*, y *key light*, vale la pena recordar que en la figura no se muestran luces destinadas para la escenografía del estudio, la cual deberá ser iluminada según las características de ésta. Adicionalmente se podría iluminar el paso de un área a la otra de forma que la cámara pudiera seguirlo en este cambio de posición.

Áreas subdivididas:

Este tratamiento tiene que ver con partes de la escenografía donde sabemos se desarrollara la acción de las personas a iluminar, por tal razón, el tratamiento de un estudio puede tener un gran numero de subáreas iluminadas, en la figura 6.2.8 se muestra un tratamiento de este tipo.

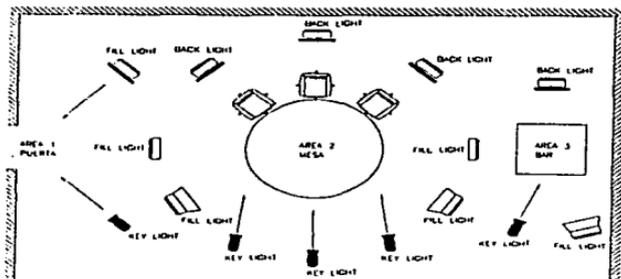
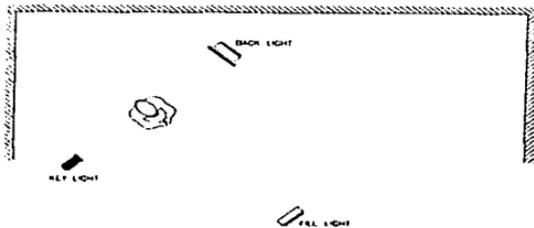


Figura 6.2.8 Iluminación por áreas subdivididas

En esta figura se ilumina el área de la puerta por donde entra algún actor, después podrá estar en la mesa donde discutirá con algunos invitados o pasar a la zona del bar, todas las áreas están iluminadas por lo que las personas pueden pasar libremente de un área a otra sin temor a quedar mal iluminados.

Iluminación general

Este tipo de iluminación es la mas simple de llevar a cabo, se basa en la técnica de iluminación de tres punto pero iluminando de forma muy abierta, este método es muy útil cuando no se sabe donde se desarrollara la acción, también es útil cuando se cuenta con pocos instrumento de iluminación como para hacer un trabajo más detallado, en la figura 6.2.9 se observan algunos ejemplos de este tipo de iluminación.



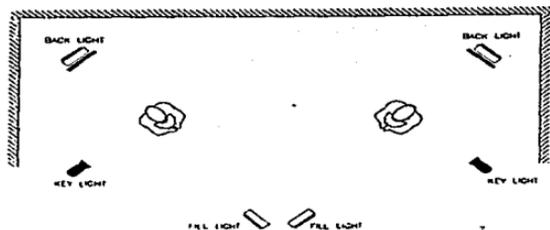


Figura 6.2.9 Ejemplos de iluminación general

Iluminación 100% fluorescente

En los ejemplos anteriores se observó una iluminación combinada entre fluorescente e incandescente, este tipo de combinación es la que mejores resultados da en relación a la textura y profundidad de la imagen, cabe resaltar que los reflectores incandescentes que se utilizan son 50% menos potentes que los que se acostumbraban a usar en iluminaciones 100% incandescentes. Sin embargo, existen situaciones donde se desea usar una iluminación 100% fill light, por ejemplo en tomas donde el presentador estará varias horas frente a los reflectores o donde los reflectores estarán encendidos por mucho tiempo. En general, se desea iluminación 100% fluorescente en cualquier situación donde se requiere de generar de forma mínima calor por las fuentes luminosas y donde el consumo de lámparas y energía eléctrica es el factor determinante para la selección de los reflectores.

En estos casos los key light serán sustituidos por reflectores fluorescente con intensificador y zonificador, en la mayoría de los casos, se requerirá de dos reflectores fluorescente para sustituir cada key light, esto es debido a que el key light es un luz que cuenta con lentes que la hacen definida y por tanto intensa, para poder emular esta intensidad, colocamos dos reflectores fluorescente cerca uno de otro (aproximadamente un metro) con la intención de que los ases luminosos se traslapen y aumenten así su intensidad. En la figura 6.2.10 se presentan algunos ejemplos de aplicaciones 100% fluorescentes:

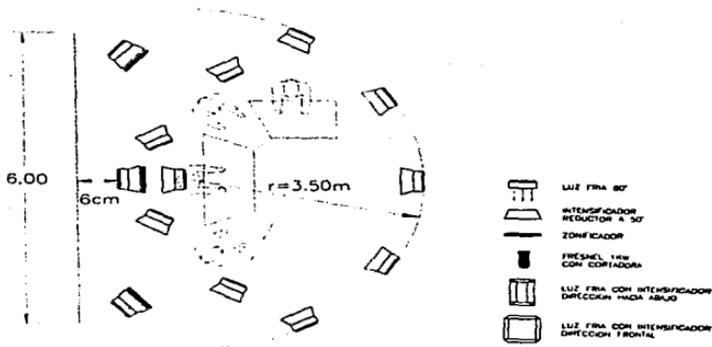


Figura 6.2.10 Escritorio de noticias, corte y planta

En la figura 6.2.11 se observa un cuarto de anillo de reflectores fluorescentes que funcionan como *key light* y *fill light* al mismo tiempo, esto es una práctica común ya que al requerir más reflectores para sustituir al *key light*, estos acaban uniéndose a los *fill light* en forma de secciones de anillos.

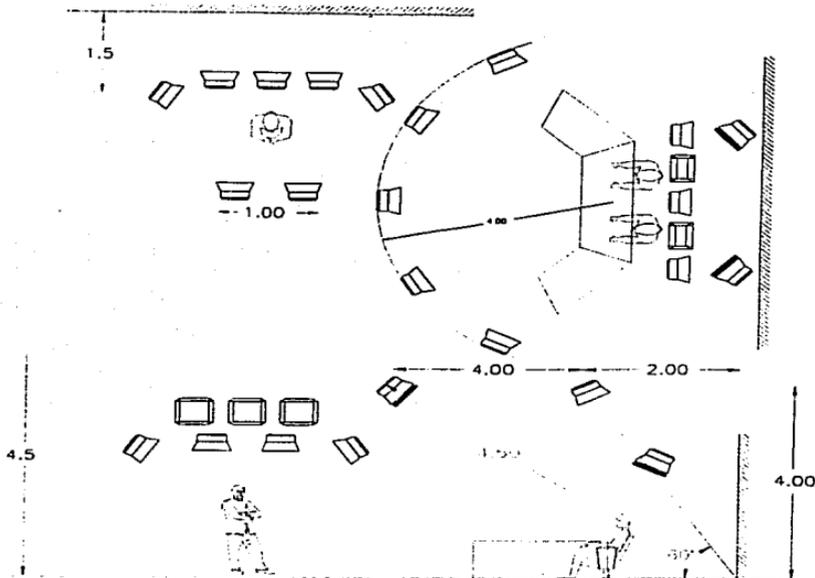


Figura 6.2.11 Estudio de noticias, corte y planta

En este ejemplo al igual que el anterior se observa una sección de anillo para la iluminación de los comentaristas, además se observa la posición típica en la cual se presenta el reporte del clima, debido a las necesidades de este tipo de aplicaciones, en las que la pantalla azul ("croma") donde se incrusta mediante métodos electrónicos los mapas que la presentadora explica, requieren de mucha luz y de forma muy homogénea, se dirigen tres reflectores para iluminar esta pequeña sección de pared.

Por último, en la figura 6.2.12 se observa un anillo completo de reflectores fluorescentes para la iluminación de este estudio de entrevistas, esta solución es muy práctica en los casos donde las personas a iluminar estarán continuamente girando sus cuerpos y cabezas de un punto a otro, esto sucede cuando cada persona se dirige a otra que este a su derecha o a su izquierda. Para evitar que existan sombras no deseadas se debe tomar en cuenta todos los puntos posibles hacia donde se dirigirán los personajes, como resultado del número de reflectores requeridos, los *key light*, *fill light* y *back light* de éstos se unen formando este anillo.

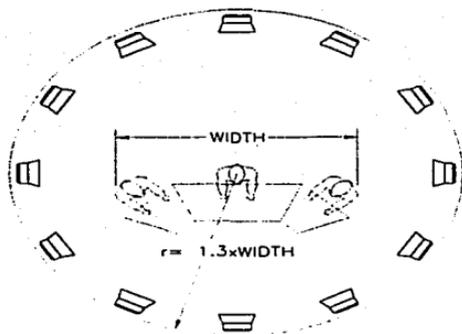


Figura 6.2.12 Entrevistas con varios personajes

Sustitución de reflectores incandescentes de luz controlable (*spot lights*) por reflectores fluorescentes

En los estudios donde ya se cuente con una iluminación incandescente y se deseen sustituir estos por reflectores fluorescentes, se deberá considerar que éstos deberán ser ubicados en el mismo eje de luz pero a una menor altura, esto es especialmente válido al sustituir fresneles que cuentan con sistema óptico, los reflectores fluorescentes al no contar con éste, pierden rápidamente su efectividad con la distancia, la figura 6.2.13 muestra este proceso de sustitución:

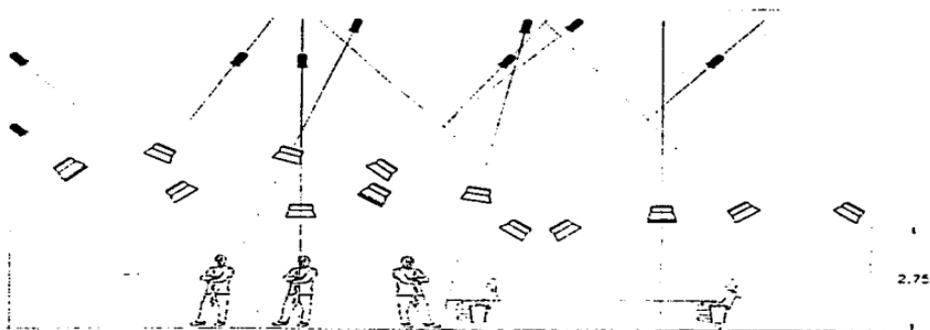


Figura 6.2.13 Sustitución de fresneles incandescentes

Como se observa en la figura 6.2.13, todos los reflectores fluorescentes que sustituyan fresneles deberán contar con intensificador, el uso de zonificador dependerá de las circunstancias, además, según la intensidad requerida deberemos utilizar más de un reflector fluorescente para sustituir cada fresnel y de esta forma aumentar la luz del conjunto mediante el traslape de los haces luminosos.

Las técnicas mencionadas anteriormente, así como los ejemplos de aplicación tanto de iluminación convencional incandescente como fluorescente, nos dan una pauta para obtener condiciones lumínicas favorables para el correcto funcionamiento de las cámaras de video. Estas técnicas deberán servir como base para el desarrollo creativo de iluminaciones más complejas con toques artísticos, dramáticos y cualquier otro ambiente que deseemos desarrollar. Al hacer cada vez más compleja la iluminación de un set de televisión nunca debemos abandonar a su suerte los requerimientos de la cámara, ya que ésta equivale a los ojos del espectador, con los cuales se evaluará nuestro trabajo.

CAPÍTULO 7

APLICACIONES DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN FLUORESCENTE

Actualmente los estudios de televisión están siendo orientados a aplicar las técnicas de iluminación fría que se describieron anteriormente, aunque existen varias tendencias para su uso: los que consideran adecuadas las técnicas de iluminación a base de reflectores fluorescentes; los moderados, quienes combinan ambas iluminaciones según lo consideran necesario, y finalmente aquellos que se oponen terminantemente al uso de estos reflectores. Generalmente quienes se oponen a su uso, la vieja guardia de los iluminadores que se opone sistemáticamente al cambio, dan argumentos válidos para su oposición: baja potencia, en comparación con incandescentes de gran wataje; poco control del haz luminoso y manejo del reflector a poca distancia del área a iluminar (no más de 6 metros). Sin embargo, no consideran las ventajas que brinda esta nueva generación de reflectores: gran comodidad para los talentos que se someten a esta iluminación, fuentes de luz muy suaves, no generan calor en el estudio, ahorro eléctrico, vida de las lámparas más de 30 veces superior a las incandescentes, el hecho de que las cámaras modernas requieren de muy poca luz para hacer tomas de calidad en comparación a las de generaciones anteriores, etc.

De la misma manera, la constante carrera por captar mayores audiencias demanda la creación de muchos tipos diferentes de programas. Este fenómeno provoca la saturación de los foros de televisión, lo que obliga a las casas productoras a ser más versátiles tanto en la parte creativa como en sus cuestiones técnicas ya que un mismo espacio debe ser ocupado para la realización de diversas producciones.

La mayor parte de las producciones realizadas en un foro pueden clasificarse dentro de alguno de los siguientes tipos:

- Noticias y entrevistas.
- "Talk Shows" (Programas de concursos y espectáculos).
- Telenovelas.

De manera que un estudio cuyas características puedan adaptarse fácilmente a las necesidades específicas de cualquiera de estas aplicaciones es el ideal.

Este es precisamente el caso de los ejemplos que mostraremos a continuación, mismos que corresponden a un proyecto real donde se usará extensivamente la iluminación fluorescente.

El diseño se realizó para la compañía MVS Multivisión y consiste en cuatro foros; dos de ellos, los más grandes, se denominan como "tipo A", y los más pequeños como "tipo B". Aun cuando los foros del mismo tipo pueden juntarse quitando el muro divisorio entre ellos y formar dos foros de mayor tamaño, su uso más común será como cuatro foros completamente independientes con cabinas de control de audio e iluminación propias, lo cual, puede apreciarse en el plano 7.1.1

La parrilla o retícula donde se colocan las luminarias es común para estudios contiguos y se coloca dejando un espacio en la parte superior de tal manera que permita caminar sobre ella para mover, conectar y dirigir las luminarias, como puede observarse, en el plano 7.1.2 y el detalle de la parrilla en el plano 7.1.3

7.1 Estudio de noticias y entrevistas

Este es el tipo de aplicación a la que se dirige preferentemente la utilización de los reflectores fluorescentes. En los estudios que se muestran en los planos 7.1.4 y 7.1.5, para los cuales se determinó ya la distribución de la corriente eléctrica, se producirán programas de noticias, una barra de deportes, pronóstico del tiempo, área de entrevistas, y una sección para programas en vivo, como pueden ser musicales, bailables, clase de aeróbicos etc.

Este primer ejemplo es una aplicación normal de distribución eléctrica según los parámetros que se indicaron en el capítulo 4.4, considerando como factores los siguientes:

- Altura del estudio 5.5 metros .
- Estudio del tipo "Movimiento Medio".

Haciendo referencia a la tabla 4.4.1 podemos observar que, con los factores mencionados se generan una cierta cantidad de barras de distribución y contactos, (1 por cada 2 metros cuadrado) con su consecuente necesidad de circuitos de dimmers, consola de control etc.

Partiendo de esta base, a continuación se procede a iluminar las distintas áreas del set, cada una tendrá un tratamiento particular según su uso.

Para un estudio de noticias y entrevistas, la luz debe estar distribuida uniformemente en las áreas de interés, es decir escritorios, sillones para entrevistas,

cocinas y cicloramas para el reporte del tiempo, con un número limitado y bien definido de *key lights* de tal forma que permita el movimiento natural de la cabeza de comentaristas e invitados. Las luminarias que proporcionan la luz difusa, es decir las cazuelas, cicloramas y luces de base del tipo *soft* son las que predominan en este tipo de estudios, y podrán ser substituidas en su totalidad por las lámparas fluorescentes. Los ejemplos citados en el capítulo anterior ; 6.2.3, 6.2.4, 6.2.5 y 6.2.6 que se refieren a iluminación de dos personas, giros de cabeza e iluminación cerca de paredes son aplicados muy comunmente en este tipo de estudios.

7.2 Estudio para "Talk Shows"

Este tipo de espectáculo suele tener público en vivo que participa activamente en el programa, por lo cual, las luminarias fluorescentes deben utilizarse como luz de base para la gente que se encuentra en el escenario y también para el público.

El foro se encontrará iluminado casi en su totalidad con luz suficiente para que las cámaras puedan "ver" en todo el lugar y en cualquier momento. La colocación de las *Key lights* es muy diferente dado que no se conoce la posición exacta que habrán de tener todos los protagonistas del espectáculo sin embargo, existen zonas de interés como mesas de concurso, escenografía, posiciones de algún juego o la ubicación de algún músico que pueden ser realizadas con luminarias incandescentes, como fresneles y reflectores elipsoidales. El resto de la luz, cuya posición es aleatoria, se puede cubrir con luces robóticas y seguidores, que utilizan lámparas ya sea incandescentes o de arco. Los filtros de colores fuertes son muy recurridos tanto en la luz de base como en la dirigida y en especial, para las luces fluorescentes, la utilización de zonificadores e intensificadores será importante para lograr efectos de realce de la escenografía.

Dadas las características de alta durabilidad de las lámparas, bajo consumo y baja temperatura, las luminarias fluorescentes resultan una magnífica solución a la luz de base de esta aplicación, pues las luces deben estar encendidas casi todo el tiempo lo cual, además de desgastar la lámpara y consumir demasiada energía, calienta mucho el foro; y más aún, si se considera la gran cantidad de gente que está en movimiento adentro del foro, el sistema de aire acondicionado debe trabajar a toda su capacidad, lo cual también representa un alto costo energético.

En el plano 7.2.1 puede observarse una vista lateral del estudio donde se muestran unas butacas plegables que permiten convertir el foro de noticias en foro de *Talk Show*. La iluminación se cambia simplemente subiendo a la parrilla por la escalera de caracol que se observa en la parte inferior izquierda de la planta de cabinas 7.2.2 y moviéndose por el paso de gato según lo demande la aplicación.

7.3 Estudio para Telenovelas

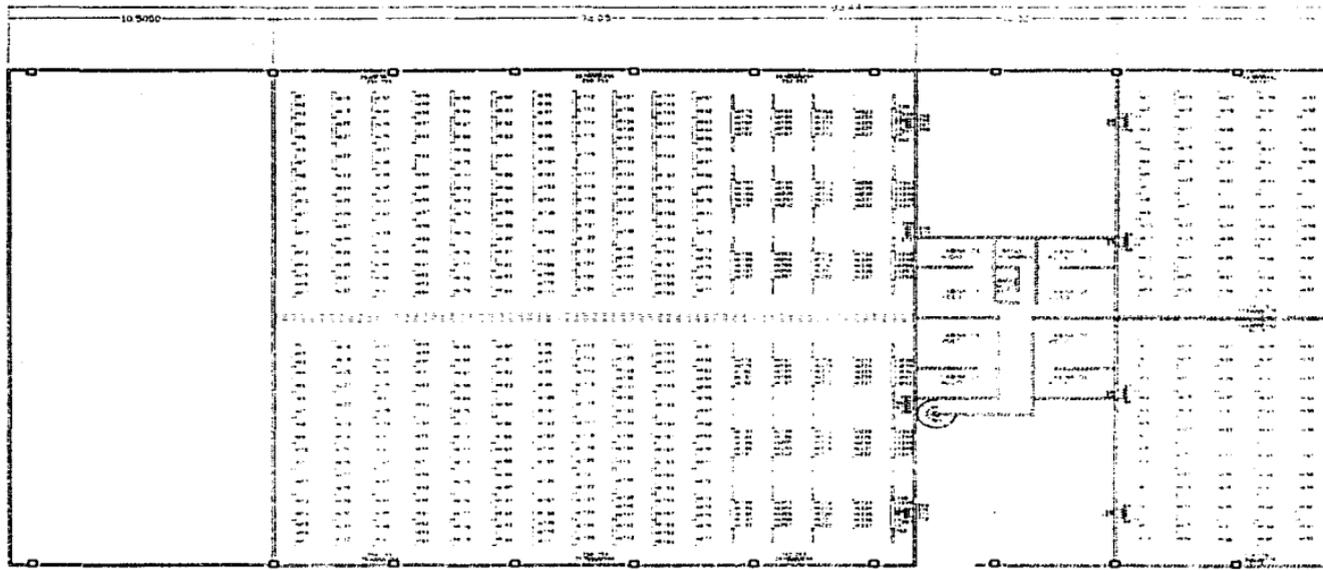
Para este uso, el foro debe convertirse en un espacio lo suficientemente amplio para albergar a todo el equipo de producción más una nutrida dotación de escenografía.

La luz para esta aplicación debe ser uniforme, inclusive la escenografía se ilumina sin demasiados realces ya que se pretende simular una situación cotidiana. La posición de los protagonistas es conocida para cada escena, sin embargo, deben grabarse muchas escenas diarias por lo que la iluminación debe ser modificada constantemente, y éste es otro punto a favor de las luminarias fluorescentes pues como su temperatura no se eleva demasiado, pueden ser manipuladas sin problema alguno cuando sea necesario. Sin embargo, un defecto de las luminarias fluorescentes es más crítico en esta aplicación que en las otras dos; la distancia para tener un efecto lumínico aceptable no debe ser mayor a 6 metros. En cualquiera de los casos anteriores el hecho de que una luminaria aparezca en cuadro es irrelevante, mientras que durante el rodaje de una novela esto es inaceptable, por tal motivo se debe tener especial cuidado en las tomas muy abiertas. El plano 7.3.1 muestra una referencia a escala del tamaño de los reflectores más comúnmente utilizados en un foro de este tipo.

Las ventajas que sobre temperatura tienen las luminarias fluorescentes, se hacen patentes en este caso, pues los actores no son sometidos a las intensas luces incandescentes y su calor, lo que permite que puedan concentrarse mejor en su trabajo.

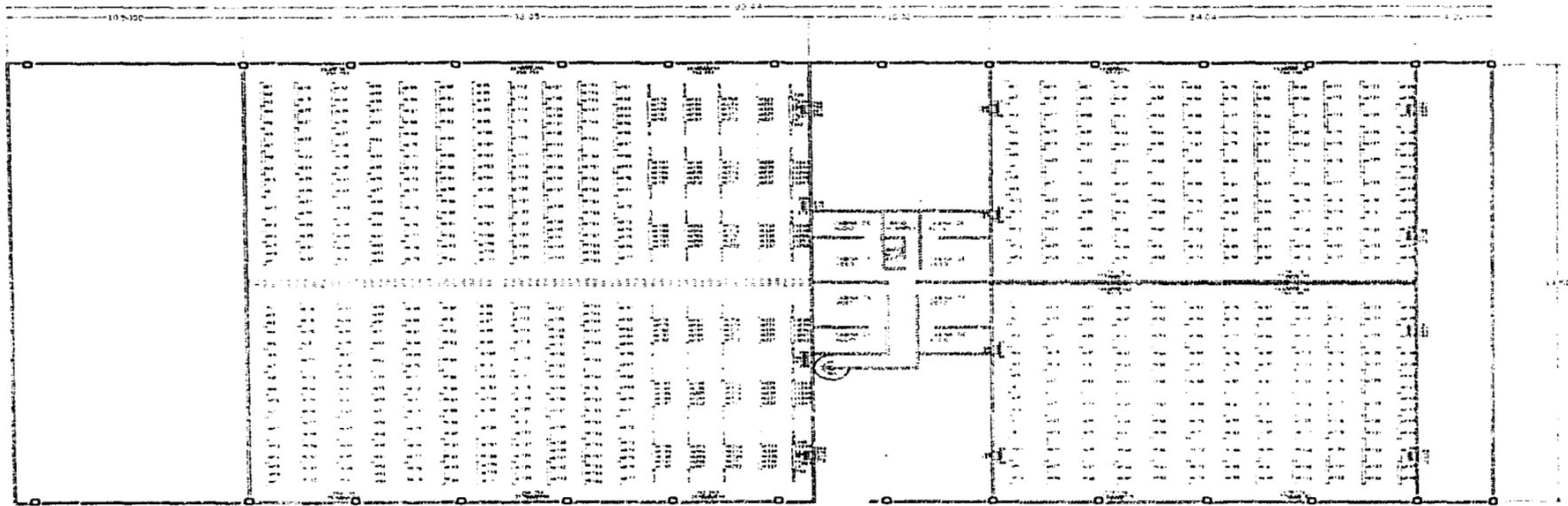
En este estudio es común la utilización de filtros tenues y correctores de color para simular ya sea luz de día o alguna luz tenue para escenas en supuesta oscuridad.

En todos los casos el evitar ruidos en el audio es muy importante, y como ya se dijo anteriormente, las balastras electrónicas de las luminarias fluorescentes trabajan a tan alta frecuencia que no producen ninguna clase de interferencia en la señal de sonido.



PLANTA CONJUNTO

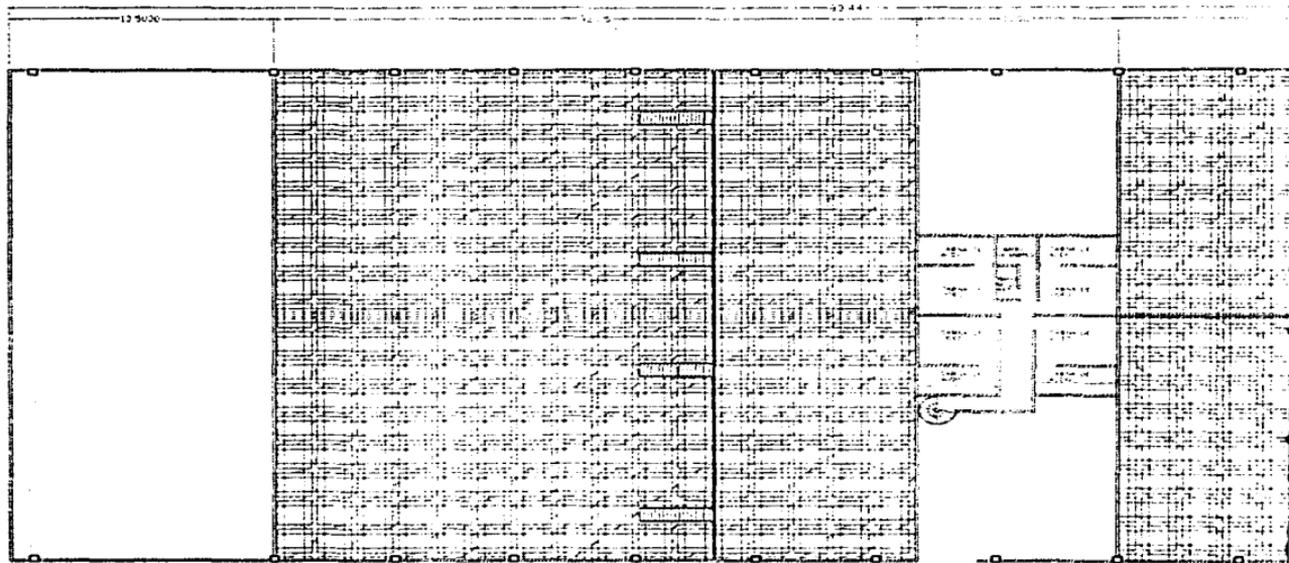
ALBERGUE
 • V. 10.10.10.10
 • 10.10.10.10
 10.10.10.10



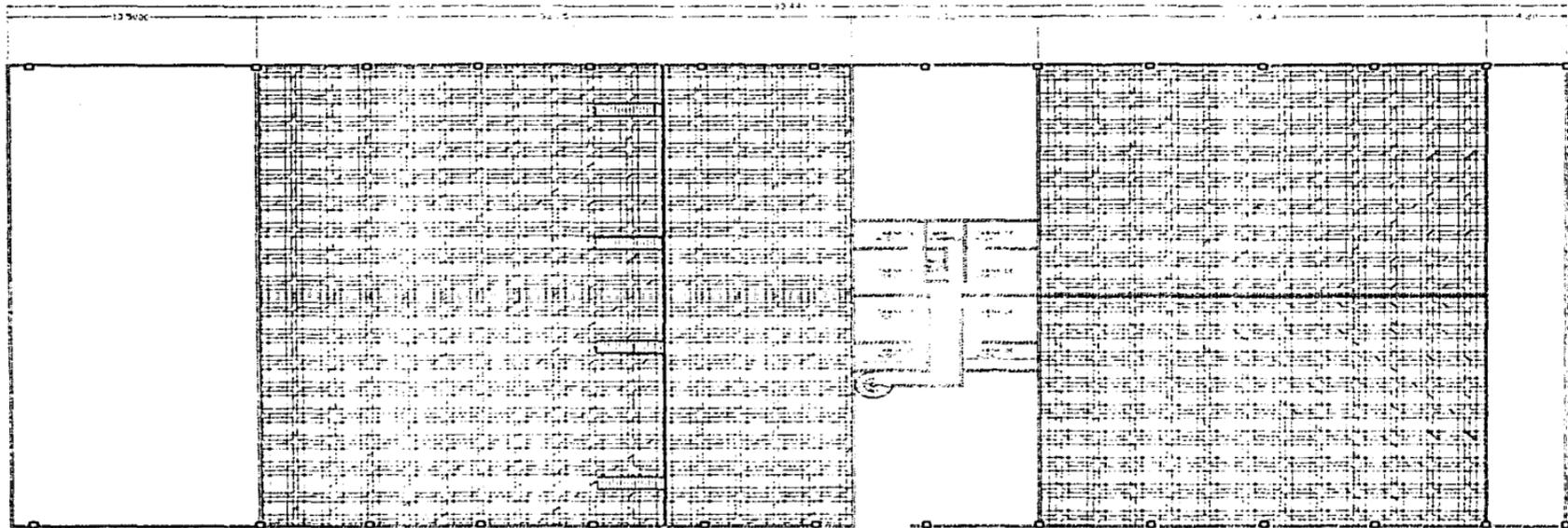
PLANTA CONJUNTO

LEYENDA
 ○ EQUIPO DE TV
 ● EQUIPO DE AUDIO
 □ EQUIPO DE VIDEO

ESTUDIOS DE TELEVISION DE MULTIVISION
 UNIDAD DE
 TELEVISION DE MULTIVISION
 7.1.1
 TELETEC DE MEXICO S.A. DE C.V.

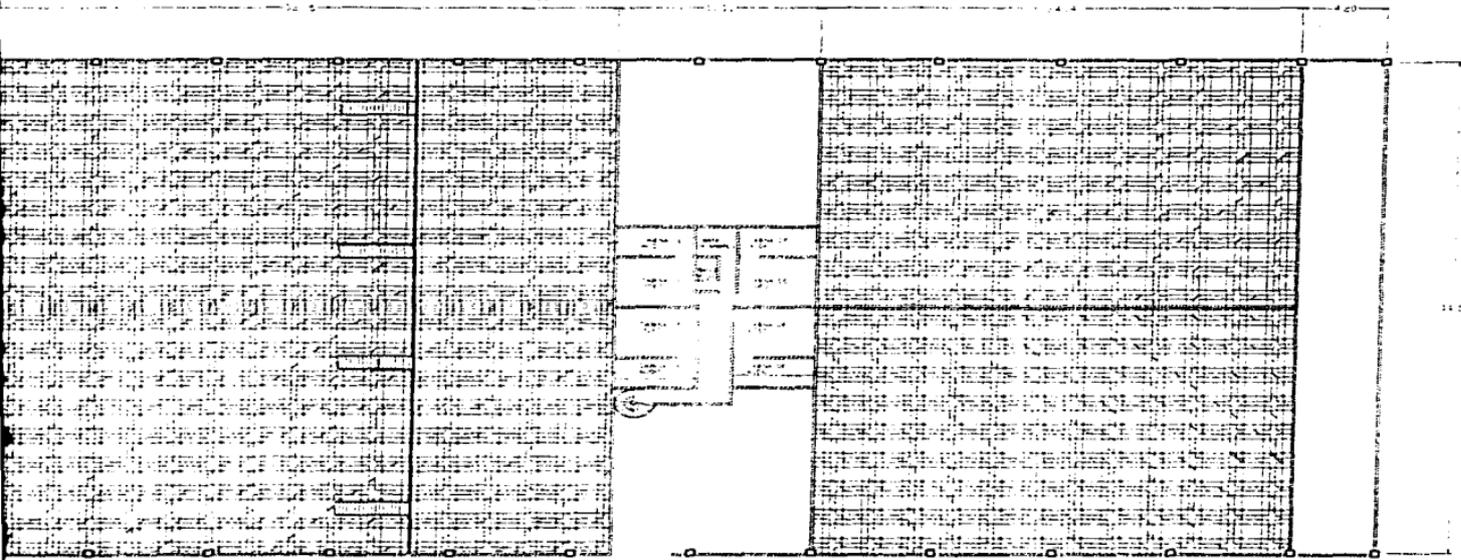


PLANTA CONJUNTO



PLANTA CONJUNTO

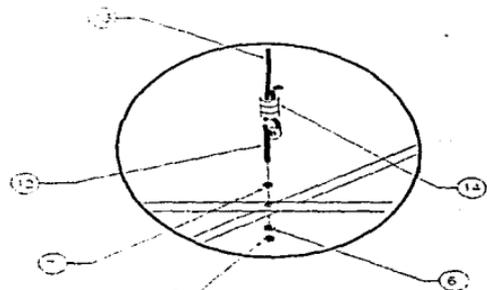
1	ESTUDIOS DE TELEVISION DE MULTIVISION
	7.1.2
	TELETEC DE MEXICO S.A. DE C.V.



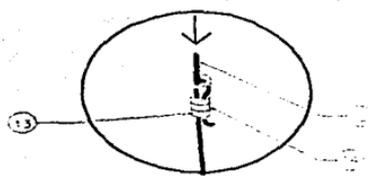
CONJUNTO

ESTUDIOS DE TELEVISION DE MULTIVISION	
UBICACION	ESTACION DE RADIO LA
PROYECTO	PLANTA DE PLANTAS
FECHA	1968
7.12	PROYECTO ALFARAZ
TELETEC DE MEXICO S.A. DE C.V.	

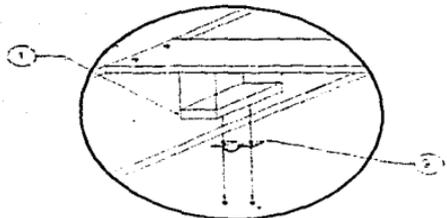
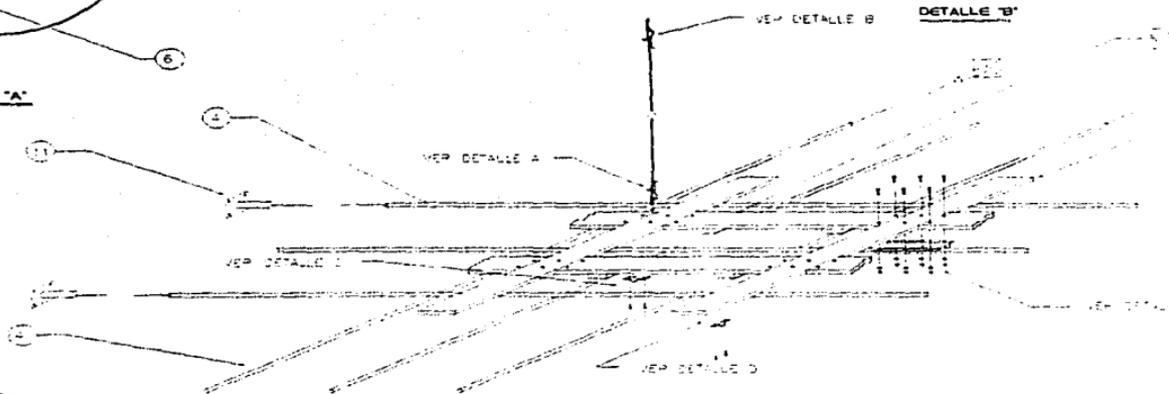
TENSION :
 PROMEDIO = 90 KILOGRAMOS
 MAXIMO = 200 KILOGRAMOS



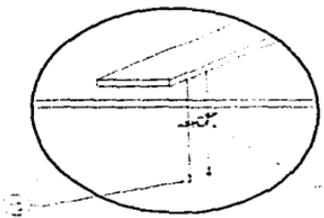
DETALLE "A"



DETALLE "B"



DETALLE "C"

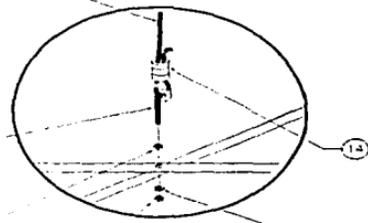


DETALLE "D"

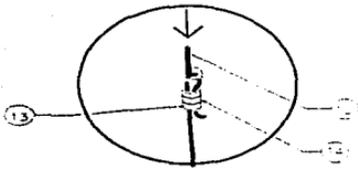
PESO DE LA PARRILLA (INCLUYE)
 PARRILLA, EQUIPO Y PERSONAL
 METRO CUADRADO:
 PROMEDIO = 20 KILOGRAMOS
 MAXIMO PUNTUAL = 200 KILOGRAMOS

TENSION :
 PROMEDIO = 90 KILOGRAMOS
 MAXIMO = 200 KILOGRAMOS

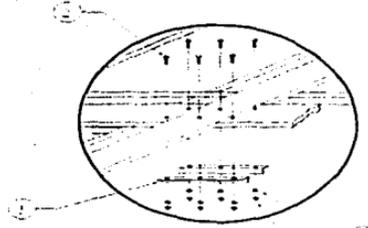
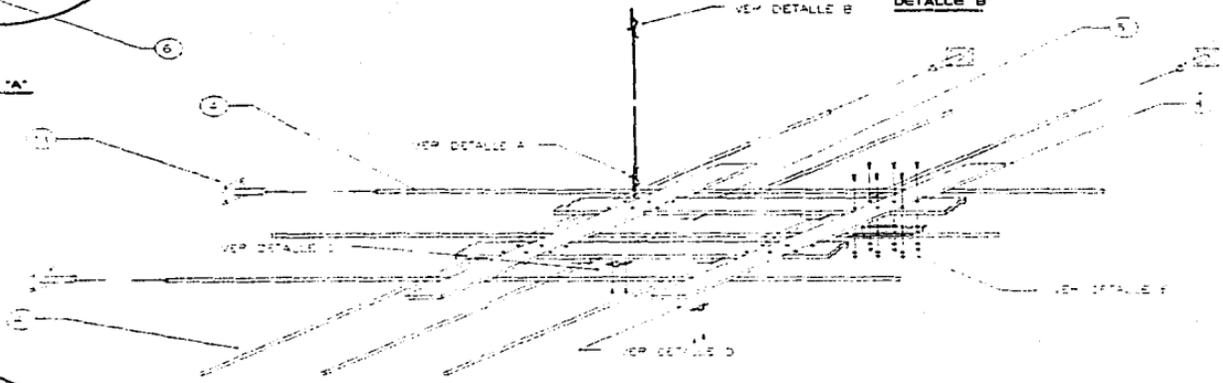
NUMERO	DESCRIPCION
1	CALZAS DE 120cm x 120cm x 2
2	CONJUNTO LINEA DE 120cm x 2
3	ARMADILLO DE 120cm x 120cm x 2
4	ALAMBRE DE 120cm x 120cm x 2
5	TABLEROS DE 120cm x 120cm x 2
6	BOQUILLA DE 120cm x 120cm x 2
7	TELEFONO DE 120cm x 120cm x 2
8	ARMADILLO DE 120cm x 120cm x 2
9	ARMADILLO DE 120cm x 120cm x 2
10	ARMADILLO DE 120cm x 120cm x 2
11	ARMADILLO DE 120cm x 120cm x 2
12	ARMADILLO DE 120cm x 120cm x 2
13	ARMADILLO DE 120cm x 120cm x 2
14	ARMADILLO DE 120cm x 120cm x 2



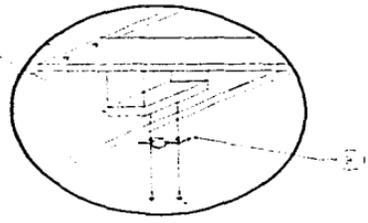
DETALLE "A"



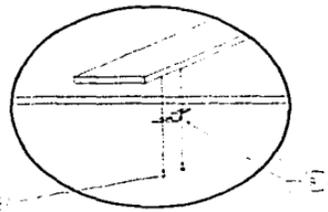
DETALLE "B"



DETALLE "E"



DETALLE "C"



DETALLE "D"

PESO DE LA PARRILLA INCLUYENDO
 PARRILLA, EQUIPO Y PERSONAL POR
 METRO CUADRADO:
 PROMEDIO = 20 KILOGRAMOS
 MAXIMO PUNTUAL = 200 KILOGRAMOS.

ESTUDIOS DE TELEVISION DE MULTIVISION

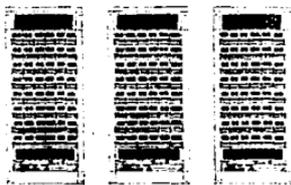
7.13

TELETEC DE MEXICO S.A. DE C.V.



CONSOLE DE CONTROL DO
SISTEMA DE ALTA TENSÃO DO
SISTEMA DE ALTA TENSÃO DO

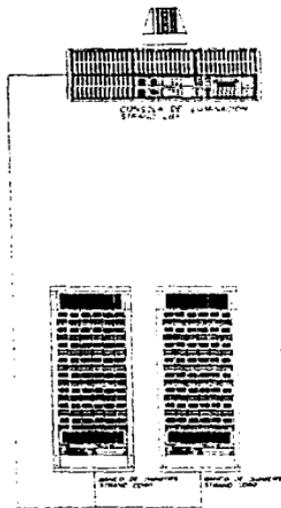
NOTA
O CONSOLE DE ALTA TENSÃO DO
SISTEMA DE ALTA TENSÃO DO



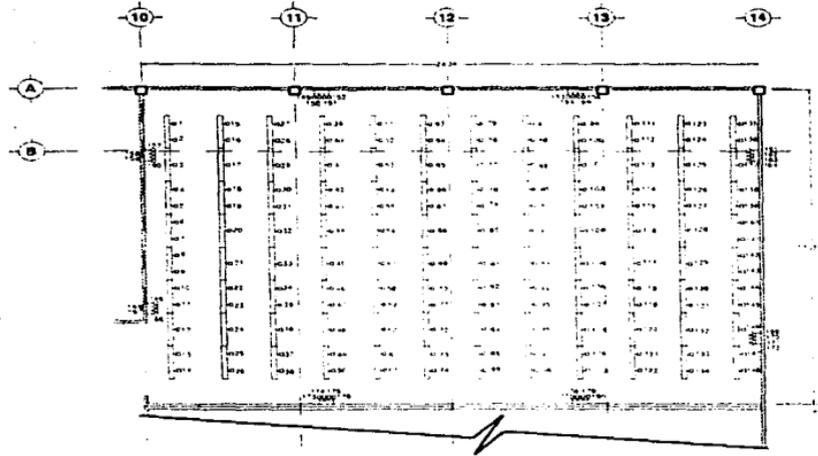
PROPOSTA DE PROJETO DE
SISTEMA DE ALTA TENSÃO DO
SISTEMA DE ALTA TENSÃO DO

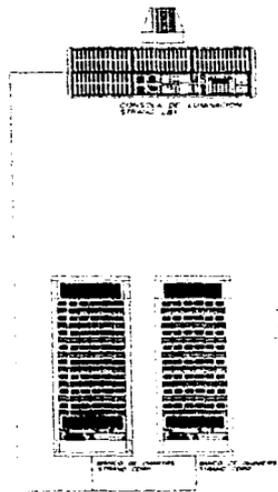
	3	4	5	6	7	8
A
B

ESTUDIO TIPO "A"

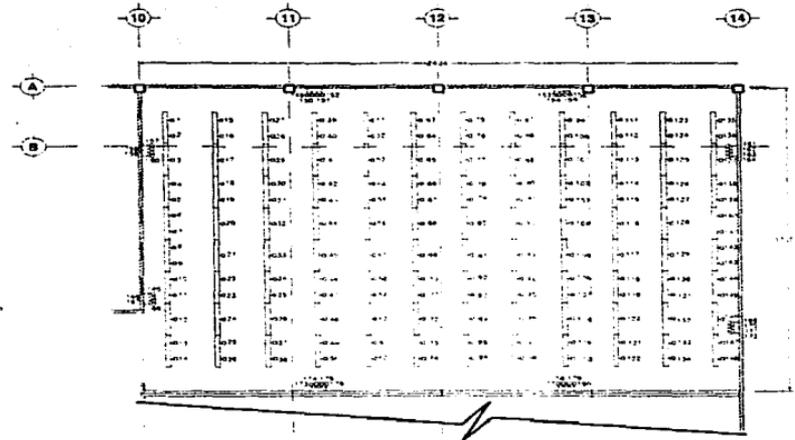


- 1. ALICATADO DE PIEDRA
 - 2. ALICATADO DE PIEDRA
 - 3. ALICATADO DE PIEDRA
 - 4. ALICATADO DE PIEDRA
- ALICATADO**
- SOLICITO DE PDM
 - CONTACTO DE SPM
- TEJO** CABA DE MURDO





- 1. CONTACTO DE 20V
- 2. CONTACTO DE 50V
- 3. CABLE DE BARRAS

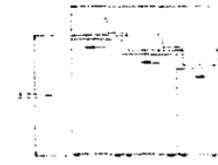
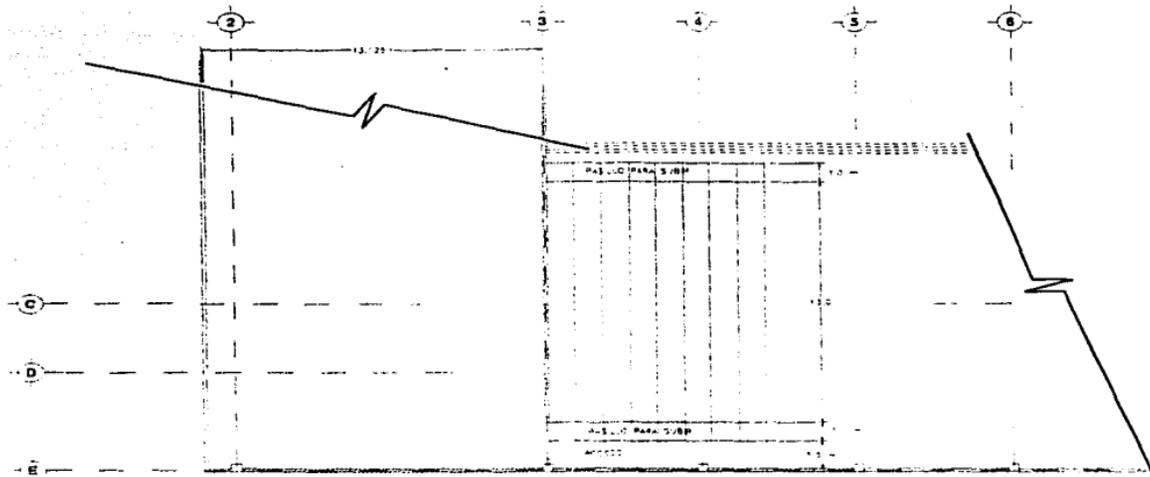


ESTUDIO TIPO "B"

LISTA DE EQUIPOS EN ESTUDIO		
TIPO	DESCRIPCION	ESTADO TIPO
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50

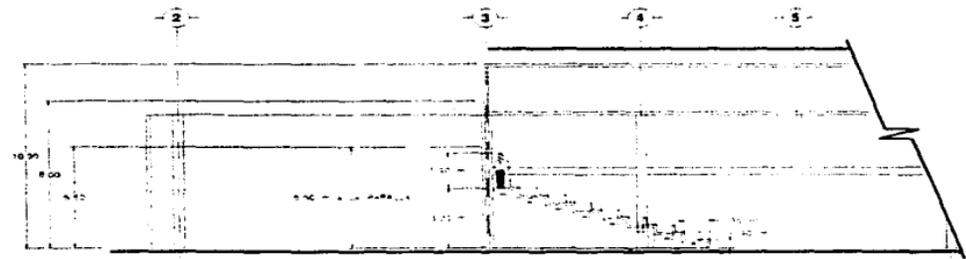
ESTUDIOS DE TELEVISION DE MULTIVISION

...
 ...
7.1.5 ...
TELETEC DE MEXICO S.A. DE C.V.
 ...



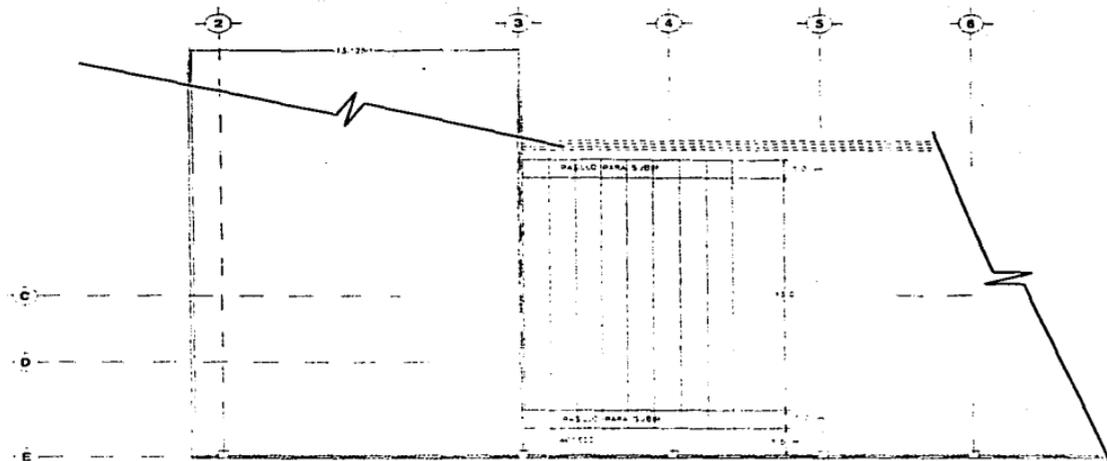
DETALLE "A"

PLANTA ESTUDIO "A"

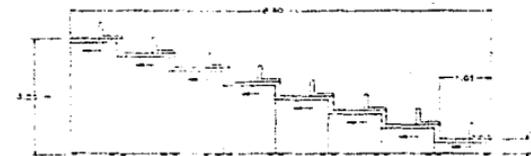


DETALLE DE

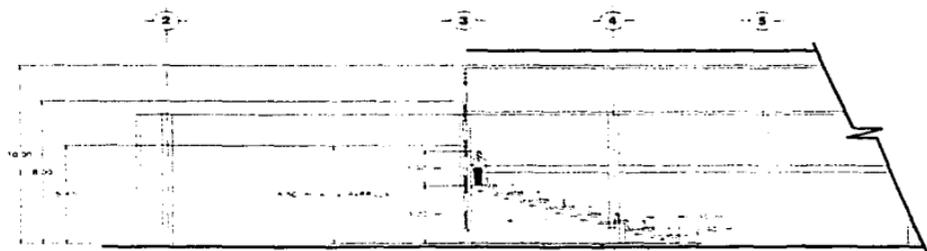
CORTE ESTUDIO "A"



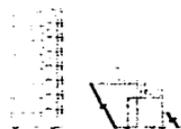
PLANTA ESTUDIO "A"



DETALLE "A"

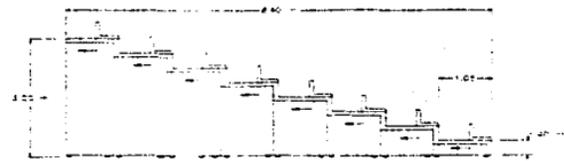
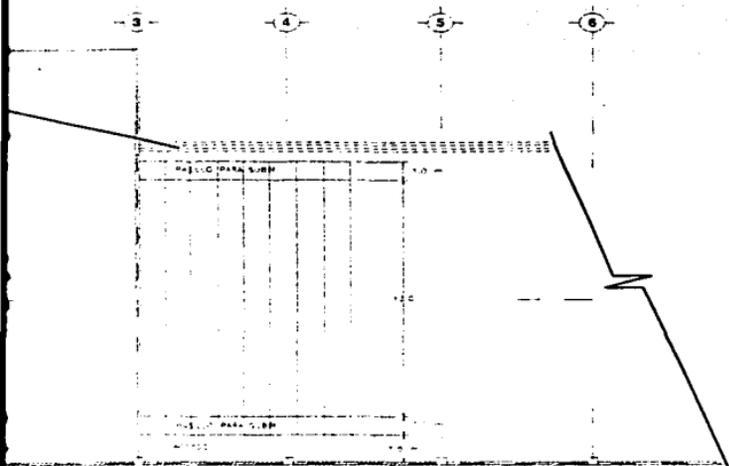


CORTE ESTUDIO "A"

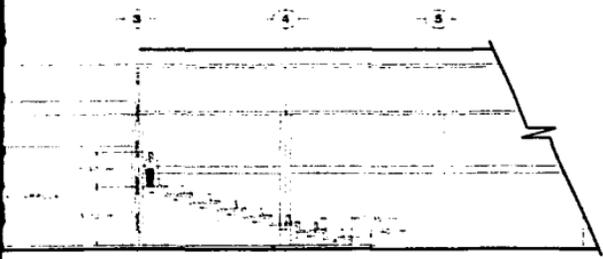


DETALLE DE BUTACAS RETRACTILES

ESTUDIOS DE TELEVISION DE MULTIVISION	
7.2.1	
TELETEC DE MEXICO S.A. DE C.V.	



DETALLE "A"

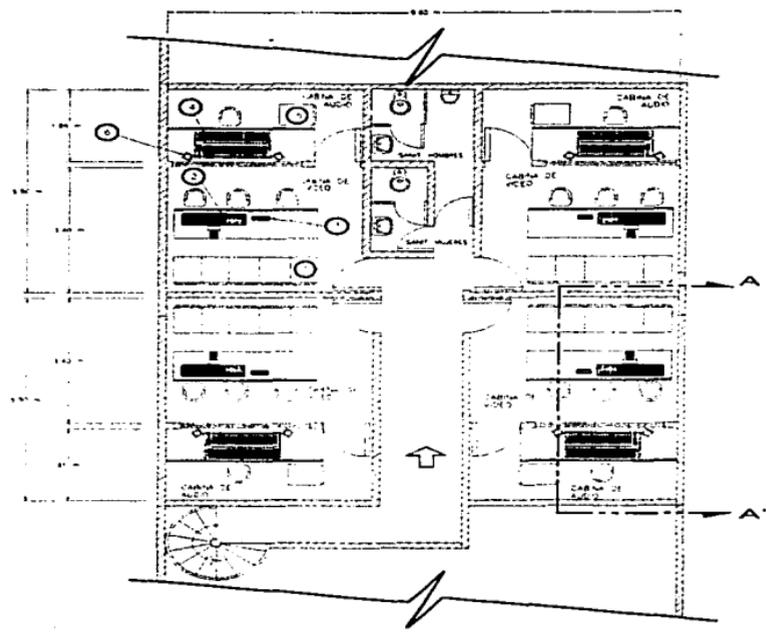


DETALLE DE BUTACAS RETRACTILES

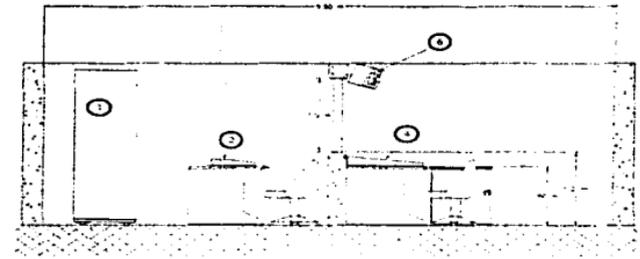


ESTUDIOS DE TELEVISION DE MULTIVISION	
<p>7.2.1</p> <p>TELETEC DE MEXICO S.A. DE C.V.</p>	

PARTIDA	DESCRIPCION
1	ALUMBRADO
2	CONTROLES
3	COMUNICACION
4	RECEPCION
5	CONTROL DE RUIDO
6	REQUISITOS DE RUIDO
7	REQUISITOS DE RUIDO
8	REQUISITOS DE RUIDO
9	REQUISITOS DE RUIDO
10	REQUISITOS DE RUIDO
11	REQUISITOS DE RUIDO
12	REQUISITOS DE RUIDO
13	REQUISITOS DE RUIDO
14	REQUISITOS DE RUIDO
15	REQUISITOS DE RUIDO
16	REQUISITOS DE RUIDO
17	REQUISITOS DE RUIDO
18	REQUISITOS DE RUIDO
19	REQUISITOS DE RUIDO
20	REQUISITOS DE RUIDO
21	REQUISITOS DE RUIDO
22	REQUISITOS DE RUIDO
23	REQUISITOS DE RUIDO
24	REQUISITOS DE RUIDO
25	REQUISITOS DE RUIDO
26	REQUISITOS DE RUIDO
27	REQUISITOS DE RUIDO
28	REQUISITOS DE RUIDO
29	REQUISITOS DE RUIDO
30	REQUISITOS DE RUIDO
31	REQUISITOS DE RUIDO
32	REQUISITOS DE RUIDO
33	REQUISITOS DE RUIDO
34	REQUISITOS DE RUIDO
35	REQUISITOS DE RUIDO
36	REQUISITOS DE RUIDO
37	REQUISITOS DE RUIDO
38	REQUISITOS DE RUIDO
39	REQUISITOS DE RUIDO
40	REQUISITOS DE RUIDO
41	REQUISITOS DE RUIDO
42	REQUISITOS DE RUIDO
43	REQUISITOS DE RUIDO
44	REQUISITOS DE RUIDO
45	REQUISITOS DE RUIDO
46	REQUISITOS DE RUIDO
47	REQUISITOS DE RUIDO
48	REQUISITOS DE RUIDO
49	REQUISITOS DE RUIDO
50	REQUISITOS DE RUIDO
51	REQUISITOS DE RUIDO
52	REQUISITOS DE RUIDO
53	REQUISITOS DE RUIDO
54	REQUISITOS DE RUIDO
55	REQUISITOS DE RUIDO
56	REQUISITOS DE RUIDO
57	REQUISITOS DE RUIDO
58	REQUISITOS DE RUIDO
59	REQUISITOS DE RUIDO
60	REQUISITOS DE RUIDO
61	REQUISITOS DE RUIDO
62	REQUISITOS DE RUIDO
63	REQUISITOS DE RUIDO
64	REQUISITOS DE RUIDO
65	REQUISITOS DE RUIDO
66	REQUISITOS DE RUIDO
67	REQUISITOS DE RUIDO
68	REQUISITOS DE RUIDO
69	REQUISITOS DE RUIDO
70	REQUISITOS DE RUIDO
71	REQUISITOS DE RUIDO
72	REQUISITOS DE RUIDO
73	REQUISITOS DE RUIDO
74	REQUISITOS DE RUIDO
75	REQUISITOS DE RUIDO
76	REQUISITOS DE RUIDO
77	REQUISITOS DE RUIDO
78	REQUISITOS DE RUIDO
79	REQUISITOS DE RUIDO
80	REQUISITOS DE RUIDO
81	REQUISITOS DE RUIDO
82	REQUISITOS DE RUIDO
83	REQUISITOS DE RUIDO
84	REQUISITOS DE RUIDO
85	REQUISITOS DE RUIDO
86	REQUISITOS DE RUIDO
87	REQUISITOS DE RUIDO
88	REQUISITOS DE RUIDO
89	REQUISITOS DE RUIDO
90	REQUISITOS DE RUIDO
91	REQUISITOS DE RUIDO
92	REQUISITOS DE RUIDO
93	REQUISITOS DE RUIDO
94	REQUISITOS DE RUIDO
95	REQUISITOS DE RUIDO
96	REQUISITOS DE RUIDO
97	REQUISITOS DE RUIDO
98	REQUISITOS DE RUIDO
99	REQUISITOS DE RUIDO
100	REQUISITOS DE RUIDO



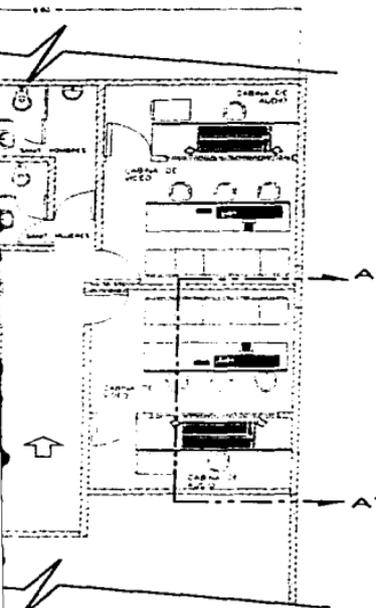
PLANTA CABINAS



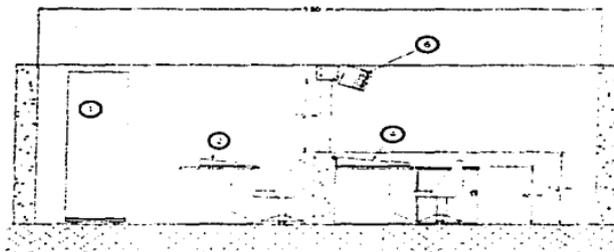
CABINA EN CORTE A-A'

ESTUDIOS DE TELEVISION DE MULTIVISION	7.2.2
	TELETEC DE MEXICO S.A. DE C.V.

PARTIDA	DESCRIPCION
1	ALICATADO
2	CONCRETO
3	VIDRIOS
4	COXIDE
5	MAQUINARIAS DE AUDIO
6	BOQUAS
7	MONITORES



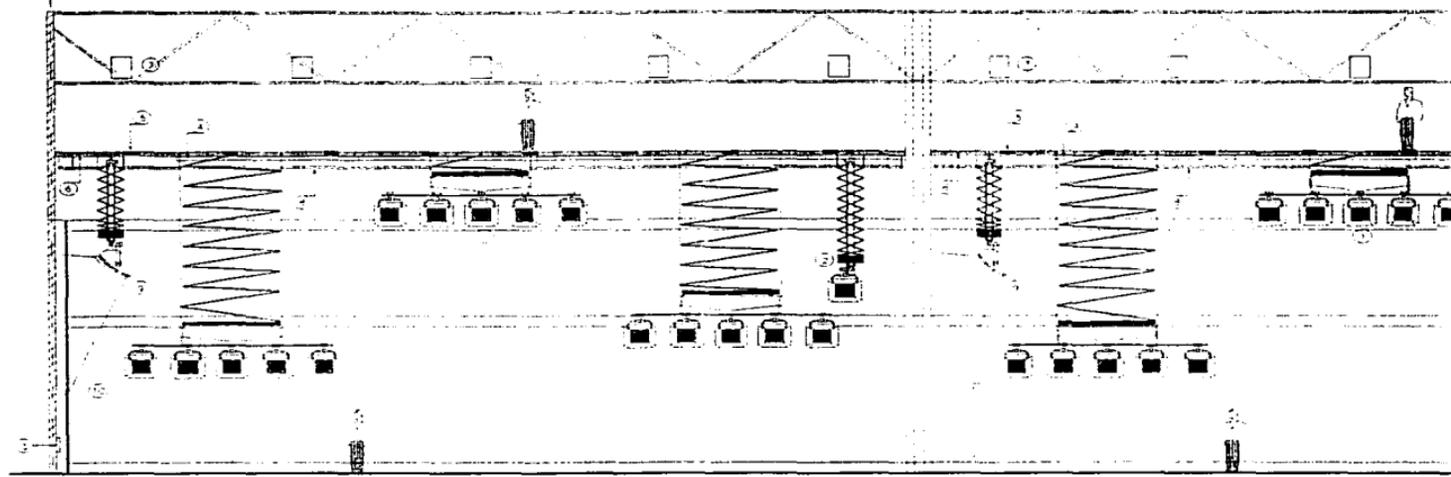
PLANTA CABINAS



CABINA EN CORTE A-A

ESTUDIOS DE TELEVISION DE MULTIVISION	
DISTRIBUCION DE EQUIPO EN	
CABINAS	
PROYECTO	7.2.2
TELETREC DE MEXICO S.A. DE C.V.	

E

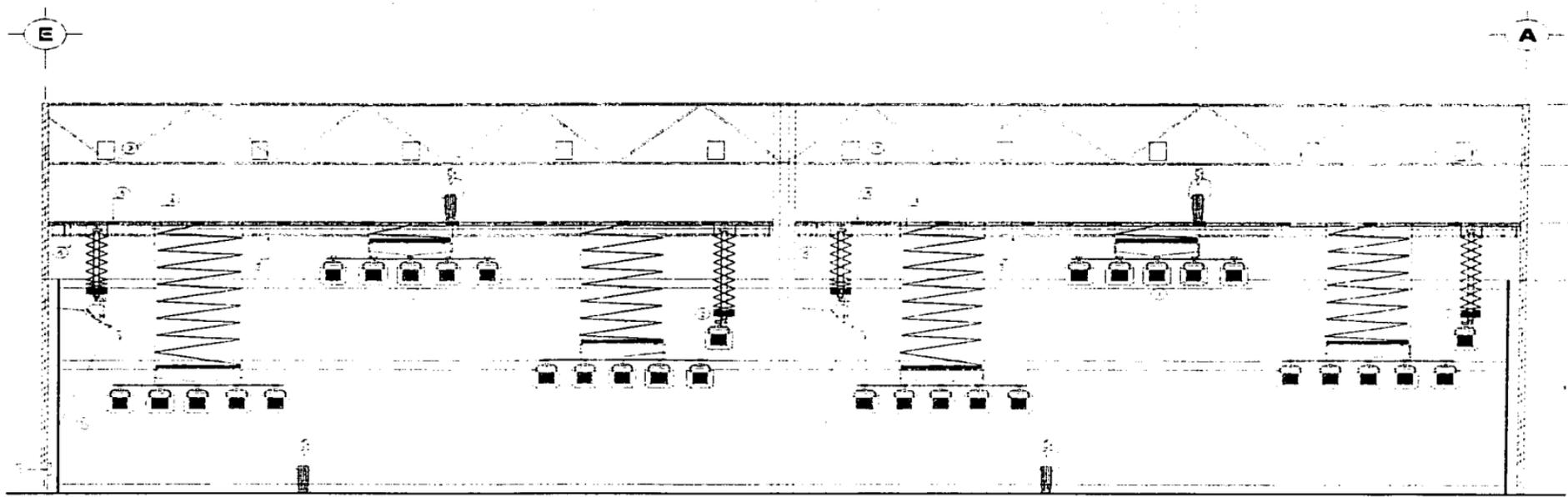


ESTUDIO A'

CORTE TRANSVERSAL

NOMENCLATURA

- | | | | |
|---|--------------------------|---|---------------------|
| ① | MOIST CON 5 REFLECTORES | ⑩ | TUBO |
| ② | PANTOGRAFO CON REFLECTOR | ⑪ | PLATO DE AIRE |
| ③ | GAJA DE PISO | ⑫ | POLO DE COLUMNAS |
| ④ | SARRA | ⑬ | PLANTON DE COLUMNAS |
| ⑤ | TAS. EN | ⑭ | COLUMNAS |



ESTUDIO A'

ESTUDIO A

CORTE TRANSVERSAL

NOMENCLATURA

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| 1. ASISTENTES Y REFLECTORES | 11. TUBO |
| 2. FANTASMAS CON REFLECTOR | 12. TUBO DE AIRE |
| 3. SALA DE PISO | 13. PULVERIZADORA |
| 4. SILLA | 14. SILLA DE TUBO DE CULMAYA |
| 5. TUBO | 15. CULMAYA |

ESTUDIOS DE TELEVISION DE MEXICO

7.31

TELETEC DE MEXICO S.A. DE C.V.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El desarrollo de esta tesis se fundamenta en aspectos económicos (ahorro de energía), de innovación tecnológica y hasta ecológicos. Esta afirmación se basa en el hecho de que el mejor aprovechamiento de los recursos, logrados por los avances actuales en cámaras y reflectores, permite realizar producciones de gran calidad, utilizando únicamente una fracción de la energía requerida anteriormente, lo cual, por supuesto, decrementa tanto el desgaste ambiental como los costos de operación.

Por sus características, las lámparas fluorescentes han substituido desde hace varios años a las incandescentes en nuestras casas y oficinas, lo que es en sí una prueba clara de la conveniencia de su uso. Los resultados presentados en este documento nos muestran, sin lugar a duda, que la luminaria compacta fluorescente es, también, el futuro de la iluminación en estudios de televisión por su alta eficiencia y durabilidad.

Tanto las cámaras como las luminarias, son transductores eléctrico - electromagnéticos que se complementan mutuamente y cuya eficiencia, al igual que cualquier otro transductor, se determina por la cantidad de energía que son capaces de transformar. Si bien, el tema del presente trabajo hace referencia a los adelantos en la eficiencia de las luminarias, y en particular a la fabricación de un tipo especial de luminaria compacta fluorescente, cabe aclarar que estos avances no serían tan significativos sin los adelantos en la captación de luz de las cámaras, lo que nos lleva a deducir que aunque la evolución de ambos transductores ha sucedido de manera independiente, las nuevas técnicas de iluminación son consecuencia del carácter complementario de ambas tecnologías.

Por supuesto, no todo es ideal, y de la misma manera se muestran los puntos en contra de estas luces, como son: la necesidad de utilizar balastras, la poca capacidad de direccionamiento del haz luminoso, capacidad de control de intensidad limitado, mayor peso, mayor tamaño y mayor costo inicial. Sin embargo, ninguno de estos defectos parece ser suficiente para menoscabar la utilidad de estas luminarias y mucho menos en su aplicación como luz de base.

Los primeros problemas surgen cuando comenzamos a caracterizar las lámparas y balastras que son más convenientes para el uso en estudios de televisión. Como se mencionó en los capítulos anteriores las lámparas deben cumplir con cierta temperatura de color y con cierto índice de rendimiento de color. Las lámparas compactas fluorescentes fueron desarrolladas para el mercado arquitectónico como una muy buena opción para el ahorro de energía y durabilidad.

Sin embargo, para el mercado de la televisión el ahorro no lo es todo ya que se debe cumplir con ciertos parámetros de calidad de luz. Esta búsqueda de calidad es la que hace que un reflector para televisión pueda alcanzar los cinco o seis mil dólares.

Cuando se comienza el desarrollo de las luminarias nos dimos cuenta de que el consumo ya no representaba ningún problema. Ocho lámparas compactas de 55 watts representaban tan solo 440 watts totales y obteníamos la misma intensidad que con una luminaria incandescente de 1000 watts. Sin embargo, no todo era felicidad ya que ocho lámparas desarrollaban un espacio considerable, es decir, si queríamos tener 880 watts en una sola luminaria tendríamos que doblar el tamaño de la misma. Al final de cuentas decidimos que para obtener 880 watts tendríamos que poner dos unidades de ocho lámparas juntas.

Buscábamos las lámparas fluorescentes más potentes pero que cumplieran con los requisitos de temperatura de color e índice de rendimiento de color. Cuando la competencia tiene una luminaria con lámparas compactas fluorescentes de 55 watts que cumplen con la calidad, ofrecer una luminaria con lámparas de 40 watts es caso perdido. El consumo de potencia no tiene importancia y el precio es muy similar entre las dos lámparas.

Las lámparas finalmente son un desarrollo especial de la compañía Osram y solo se fabrican en Italia. Somos la única compañía en México que las importa y por lo tanto tienen tiempos de entrega muy largos y gastos de transporte altos.

Otro problema medular son las balastras, ya que también deben cumplir con ciertos requisitos, como es que sean electrónicas, que sean dimmeables, silenciosas y que operen a muy altas frecuencias para evitar el parpadeo de las lámparas. Todas las balastras comerciales, nuevamente enfocadas al mercado arquitectónico, manejaban lámparas de 40 watts, así que tuvimos que recurrir a otra fabricación especial y limitada. En esta ocasión los componentes vienen desde Alemania.

La tercera y más controversial parte de la luminaria son los espejos reflejantes. Con ellos se hicieron una cantidad significativa de pruebas para lograr el mejor desarrollo fotométrico. El espejo reflejante debería contar con una superficie altamente reflejante, debía ser resistente y su forma no podría ser muy caprichosa ya que el costo del proceso de fabricación se incrementaría considerablemente. Finalmente se logró un diseño que conjuga sencillez y eficiencia.

Los demás componentes de las luminarias tuvieron complicaciones y representaron algunos problemas pero nada fuera de lo común cuando se trata del desarrollo de un nuevo producto.

Teletec es la única empresa mexicana que fabrica estas luminarias en nuestro país y además es la única luminaria mexicana que ha logrado cumplir con los niveles

de calidad para que las grandes cadenas televisoras locales los utilicen. Ninguna otra luminaria de fabricación nacional había sido instalada en sus estudios.

La utilización de este tipo de sistemas de iluminación en México es relativamente reciente por lo cual cuantificar con precisión sus beneficios no ha sido posible aún, sin embargo, en otros países ha demostrado ser realmente muy eficiente como lo expresan los comentarios de algunos usuarios en los Estados Unidos como la NBC, que se jacta por ejemplo, de no haber cambiado las lámparas de un conocido programa de concursos en un periodo de más de tres años.

En México, nuestras luminarias han tenido una muy buena aceptación y todas las personas que pertenecen al mundo de la iluminación, y han utilizado la línea de luminarias Fluo-Tec, coinciden en que la calidad de la luz es muy buena y la hechura del producto es de muy alta calidad.

No todo está dicho al respecto de la iluminación, los avances diarios pueden llevar a la corrección de los principales defectos de las lámparas fluorescentes y porque no, al desarrollo de luminarias para televisión basadas en tecnologías aún más eficientes como las luces de aditivos metálicos, vapor de mercurio, etc. Sin embargo, lo que es más importante es tratar de encontrar aquellos nichos de mercado en donde podamos sorprender a propios y extraños con productos de alta calidad, innovación tecnológica y un precio mucho más accesible. Un producto con alta calidad, desarrollo y manufactura mexicanos, puede resultar muy competitivo en los mercados nacional e internacional si se sitúa en el nicho adecuado.

Por último, cabe aclarar que la resistencia al cambio es un patrón que se repite a lo largo de la historia de generación en generación, por lo cual no sorprende a nadie el hecho de que exista gente que prefiera gastar el doble de energía eléctrica, hacer trabajar el doble a su sistema de aire acondicionado, someter a sus actores a una luz cegadora y gastar quince veces más en reposición de lámparas bajo ciertas premisas de "calidad de imagen" que tienen día a día menor validez.

BIBLIOGRAFÍA

- Fitt Brian y Thomley Joe, "Lighting by design a tecnicl guide", editorial Butterworth-Heinemann Ltd., Inglaterra, 1992.
- Frier P. John y Frier Gazley E. Mary, "Sistemas de iluminación industrial", editorial Limusa, Estados Unidos, 1986.
- Hecht Eugene y Zajac Alfred, "Óptica", editorial Addison Wesley, Estados Unidos, 1974.
- Hudson E. Heather , "New directions in satellite communications", Estados Unidos, 1980.
- Knowlton E. Archer, "Manual standard del ingeniero eléctrico", editorial Labor, Estados Unidos, 1953.
- Lehmann Charles H., "Geometría analítica", editorial Uteha, Estados Unidos, 1970.
- Mauldin H. John, "Luz, láser y óptica", editorial Mc. Graw Hill, Estados Unidos, 1992.
- Millerson Gerald, "Lighting for television and film", editorial Butterworth-Heinemann Ltd., Inglaterra, 1991.
- Millerson Gerald, " Lighting for video", editorial Butterworth-Heinemann Ltd., Inglaterra, 1975.
- Noll A. Michael, "Television Technology: Fundamentals and Future prospects", Estados Unidos, 1988.
- Reference and application, "Illuminating engineering society of north America lighting handbook ", editorial departamento de publicaciones de la IESNA, Estados Unidos, 1993.
- Rossi Bruno, "Fundamentos de óptica", editorial Reverte, Estados Unidos, 1966.
- Swokowski W. Earl, "Introducción al cálculo con geometría analítica", editorial Iberoamérica, Estados Unidos, 1989.
- Westinghouse Electric Corporation, "Manual de alumbrado", editorial Dossat S.A., España, 1980.
- Williams B. Arthur, "Microprocesadores, dispositivos periféricos, optoelectrónicos y de interfaz", editorial Mc. Graw Hill, Estados Unidos, 1970.

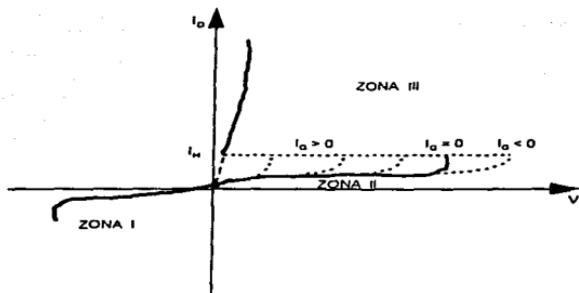


Figura A.1.2 Curva característica del tiristor

La zona I, de bloqueo inverso, corresponde a la aplicación de una tensión positiva al cátodo respecto al ánodo. En este caso, el tiristor está bloqueado y sólo circula una pequeña corriente debida a las fugas en las dos uniones PN polarizadas inversamente. En la zona II, el tiristor tiene aplicado una tensión positiva en el ánodo respecto al cátodo. El tiristor sigue estando bloqueado y sólo circula una pequeña corriente debida a las fugas en una unión PN inversamente polarizada. En la zona III o zona de conducción, como las tres zonas quedan polarizadas directamente, la corriente circula libremente entre el ánodo y cátodo, y queda limitada por la impedancia de la carga.

Hay varios métodos para que un tiristor pase de la situación de bloqueo a la de conducción. Observando la curva característica, puede verse que, en ausencia de corriente de puerta y cuando la tensión directa sobrepasa el codo correspondiente a $I_G=0$, el tiristor pasa a la zona de saturación. Aplicando una cierta corriente a la puerta del tiristor, la curva característica sufre una variación tal que, si I_G es negativa, el nivel de tensión directa para que se produzca el disparo y pase a conducir, ha de ser más alto que el correspondiente $I_G = 0$, mientras que para corrientes de puerta positivas y crecientes, el nivel de tensión para el disparo es menor. Esto ocurre debido a que se evacúan o inyectan portadores minoritarios adicionales en la región de la puerta.

Si entre ánodo y cátodo hay tensión positiva, pero inferior a la del codo, podemos provocar el disparo mediante la aplicación de un impulso de corriente de puerta de una duración mínima. Esta duración viene determinada por el tiempo de conexión o de disparo, que se define como el tiempo transcurrido desde que se inicia el disparo hasta que se establece el equilibrio del estado de conducción. Si la

corriente de ánodo desciende a cero, antes de haber transcurrido este tiempo, el tiristor quedará bloqueado. Esta es la forma más corriente de utilización del tiristor.

El tiristor puede controlar la potencia alterna que se suministra a una carga, cuando a la puerta se le suministra una señal de corriente continua, una serie de impulsos asíncronos o síncronos con la red alterna. También puede controlarse proporcionalmente mediante el control de fase.

Cuando se le aplica a la puerta una señal de corriente continua, el tiristor conducirá tan pronto como su ánodo tenga una tensión superior al cátodo. Este circuito tiene el inconveniente de que la energía de control consumida es mucho mayor que la necesaria para el disparo.

Un método para mejorar este último inconveniente es de utilizar impulsos de disparo, pues aunque la energía suministrada durante el impulso sea elevada, la energía total disminuye. Varios de los dispositivos utilizados para producir estos impulsos funcionan mediante la descarga de un condensador en la puerta del tiristor. Cuando estos impulsos se generan con una frecuencia suficientemente más alta que la de la tensión controlada, el disparo es asíncrono, mientras que si el impulso se aplica a la puerta en el instante del cruce por cero, el disparo es síncrono.

Cuando es necesario el control continuo de la potencia de la corriente alterna que se suministra a una carga, se puede realizar el control de fase. Este control proporcional consiste en conectar la carga en una fracción controlada de cada ciclo por medio del disparo del tiristor en una fase determinada de la onda alterna.

Influencia de la velocidad de crecimiento de la corriente (di/dt)

Al producirse la conmutación al estado de conducción, la zona de la pastilla de silicio en que se inicia la conducción es pequeña, y crece con el tiempo. Si en esta fase, el circuito exterior impone un crecimiento rápido de corriente, la densidad de corriente puede llegar a ser considerable. Teniendo en cuenta que la tensión entre ánodo y cátodo no disminuye instantáneamente, habrá una presencia simultánea de corriente y de tensión en una pequeña zona, lo que provoca la disipación de una potencia instantánea elevada y, por lo tanto, un calentamiento que puede superar el límite térmico en esta zona, por lo que el silicio se fundirá y el dispositivo quedará destruido por ser di/dt elevada. Para poder trabajar con altas di/dt es conveniente que el tiempo de subida de la corriente de puerta sea muy corto.

El método estandarizado de protección del tiristor frente a di/dt es el de colocar en serie con éste una inductancia, como se muestra en la figura A 1.3. Si ésta es saturable, se comporta como un retardador de corriente hasta que se satura, en cuyo instante la corriente circula libremente como consecuencia, la potencia disipada en la zona de puerta disminuye en este intervalo. La colocación de la

inductancia en serie provoca que el tiempo de bloqueo aumente, debido a que la carga almacenada en el tiristor tarda más tiempo en recombinarse. Debe utilizarse una red RC que limite los picos de tensión que pueden llegar al tiristor.

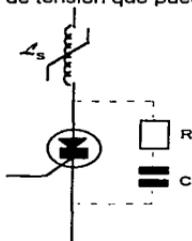


Figura A.1.3 Protección contra altas dV/dt

Si se considera la característica de magnetización de una inductancia saturable, cuando hay una corriente que fluye hacia el tiristor, el núcleo de la inductancia está a un nivel de flujo $+\Phi_{S1}$. Cuando se aplica una tensión inversa de bloqueo, la corriente baja rápidamente a cero y la inductancia saturable bloquea la tensión mientras dura el proceso de remagnetización hasta una saturación negativa $-\Phi_{S2}$ en un tiempo determinado por la forma de onda de la tensión aplicable y por la característica voltio-segundo (V-s) de la inductancia, como se muestra en la figura A.1.4:

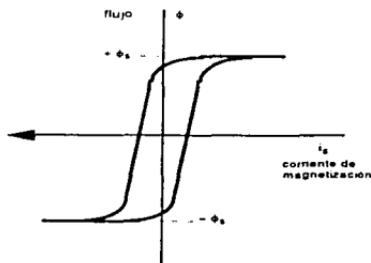


Figura A.1.4 Curva característica de una inductancia saturable

La característica V-s de la inductancia saturable se obtiene de la formula A.1.1:

$$2 \Phi_S N = \int e dt \quad (\text{A.1.1})$$

siendo e la tensión aplicada.

El tiempo de retraso que produce la inductancia viene determinado por el tiempo de saturación, como se muestra en la formula A.1.2:

$$t_s = \frac{N \cdot A \cdot \Delta B}{E} 10^{-8} \text{ (segundos)} \quad (\text{A.1.2})$$

siendo N el número de vueltas de la inductancia saturable, A la sección del núcleo de cm^2 , ΔB la variación de densidad de flujo, en gaussios y E la tensión máxima que se conmuta, en voltios.

Protección frente a disparos por altas dv/dt

Las uniones de cualquier semiconductor presentan una cierta capacidad parásita. Cuando hay una variación de tensión entre ellas, se produce una corriente, formula A.1.3

$$i = C_p dv/dt \quad (\text{A.1.3})$$

Cuando en la unión puerta-cátodo se produce una corriente de este tipo, suficientemente elevada, el tiristor se dispara al estado de conducción. Aun que es un fenómeno no destructivo, puede crear problemas de funcionamiento, ya que se puede producir elevadas dv/dt en el instante de conexión del circuito a la red, que idealmente son escalones de tensión.

La colocación de una resistencia en serie con un condensador ambos en paralelo con el tiristor, limita el pico de tensión inducida, producida por el proceso de reconversión de la carga acumulada en el instante de bloqueo, al mismo tiempo que se limita la velocidad de aumento de la tensión en el instante de conexión.

Tiempo de bloqueo t_b

Se define al tiempo de bloqueo en un tiristor como el tiempo que transcurre entre el instante en que la corriente de ánodo ha disminuido hasta cero y el instante en que el tiristor ha adquirido su capacidad de bloqueo en sentido directo. Si se aplica tensión directa antes de transcurrir el tiempo t_b , el tiristor no se bloquea sino

* Mundo Electrónico, Electrónica Automática F. Bonnín

que vuelve a entrar en el estado de conducción. Esto es debido a que en el momento en que la corriente de ánodo se reduce a cero se inicia un proceso de reconversión de las cargas que se quedan atrapadas en la unión central.

Métodos de bloqueo

Hay distintos métodos para que un tiristor pase de la zona de conducción a la zona de bloqueo. Se pueden agrupar genéricamente en tres grupos:

Conmutación natural, cuando se provoca que la corriente de paso se haga inferior a la corriente de mantenimiento, bien sea interrumpiendo su paso con un interruptor o bien aumentando la impedancia de carga o derivando la corriente en paralelo con él, mediante un interruptor, un transistor, etc.

Conmutación forzada, cuando se invierte la tensión entre ánodo y cátodo del tiristor mediante un circuito exterior, una fuente exterior.

Conmutación de línea. Si el circuito está alimentado en alterna, al llegar el semiciclo negativo, el tiristor deja de conducir.

APÉNDICE B

FUENTES CONMUTADAS

Configuración general

Las fuentes conmutadas a la frecuencia de la red, utilizan el control de fase como sistema de regulación. Este sistema de control consiste en decidir, dentro de cada semiciclo, el momento en que la red entregue energía a la carga, en sincronismo con el punto de paso por cero de la misma.

Como conmutadores se utilizan elementos estáticos semiconductores (tiristores y triacs), a los que se puede hacer conducir en un momento determinado, pero que normalmente no se les puede bloquear a voluntad. Por esto, los tiempos de conducción terminan siempre en un paso por cero de la tensión de la red (momento en que dejan de conducir), y se inician en un tiempo variable con respecto a él.

Con estos dispositivos se puede controlar la corriente alterna dando como resultado una corriente también alterna, aunque deformada (caso de triacs o tiristores en antiparalelo, observar figura A.2.1); o efectuar simultáneamente la rectificación (tiristores figura A.2.2). Si no hay otras razones en contra, este último sistema es el preferido, por que, lo que se desea es corriente continua. Este sistema es sobradamente conocido como rectificador controlado. Como la corriente continua que se obtiene está fuertemente combinada con componentes alternos, múltiplos de la frecuencia de la red, es necesario un filtrado adecuado. Normalmente, el filtro utilizado debe ser de entrada por inducción, que entrega a su salida la media de la entrada, rechazando las componentes alternas. El filtro de entrada por condensador no puede utilizarse normalmente, porque este tipo de filtro, o bien no rechaza suficientemente las componentes alternas (capacidad baja), o la circulación de corriente a través de tiristores rectificadores se efectúa durante una fracción del tiempo de conducción y la tensión de salida tiende al valor de cresta de la onda conducida (capacidad alta).

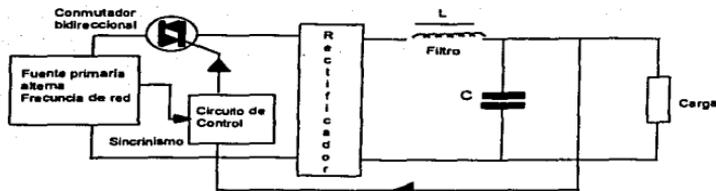


Figura A.2.1 Organización de un regulador conmutado a la frecuencia de la red, que controla corriente alterna.

Además se debe utilizar un diodo (acción de volante) que conduzca la corriente almacenada en la autoinducción durante el período de conducción de los tiristores, cuando éstos se bloquean.



Figura A.2.2 Organización de un regulador conmutado a la frecuencia de la red, que efectúa simultáneamente la rectificación.

Circuito de control

El circuito de control tiene configuraciones parecidas a las utilizadas en los reguladores lineales, en sus primeras funciones. No obstante, no puede aplicarse directamente a los elementos conmutadores, porque, éstos dan respuesta de todo o nada, y se perdería la regulación deseada. Por lo tanto, en la salida del circuito de control propiamente dicho y los elementos conmutadores, es necesario intercalar un circuito que, sincronizado con la red, entregue impulsos de encendido para activar los conmutadores, a partir de un instante tanto más cercano, en el tiempo, al anterior paso por cero de la tensión de la red, cuanto mayor sea la tensión de control. Con este circuito se hace intervenir al tiempo dentro de un margen comprendido entre el cero y la duración de un semiperíodo de la red.

A pesar de lo dicho, como una vez encendido los conmutadores estáticos su conducción no puede interrumpirse hasta un nuevo paso por cero (o sea pasado un

tiempo como máximo igual a la duración de un semiperiodo de la red), el circuito de control no puede rectificar su decisión con rapidez. Por esto el circuito de control de una fuente conmutada a la frecuencia de la red debe reaccionar con cierta lentitud. Si respondiera con rapidez a un cambio de las condiciones y entregara una orden de encendido temprana, la cantidad de energía entregada a la carga sobrepasaría con facilidad la verdadera dimensión del cambio, que intentaría rectificar con rapidez de nuevo en otro semiciclo. El resultado de estas idas y venidas sería una oscilación del sistema y por consiguiente una mala regulación. Por esto, el circuito de control debe operar de forma que responda a frecuencias inferiores a la de la red.

La respuesta de las fuentes conmutadas a la frecuencia de la red, es lenta. Se utilizan solamente en aplicaciones no críticas en rapidez, en donde es primordial que no se desperdicie energía.

En este tipo de fuentes el rendimiento es elevado y no representa ningún problema ni el margen de ajustes de los reguladores de tensión, ni el margen de resistencia de carga de los reguladores de corriente. Las únicas pérdidas energéticas posibles se producen por las limitaciones de los componentes utilizados (como la caída directa en diodos, tiristores y triacs) y las pérdidas por efecto Joule en resistencias, autoconducciones y condensadores.

Como en todas las fuentes conmutadas, la acción del conmutador produce ruido eléctrico de composición compleja, que cubre un amplio espectro de las bandas de audio y radiofrecuencia, susceptible de interferir la tensión de salida, introducirse en la red y radiarse. Aunque con la ayuda de filtros y pantallas puede ser reducido, su eliminación es muy difícil. Es pues necesario tener en cuenta que estos reguladores son ruidosos.

Fuentes conmutadas a frecuencia propia

La principal desventaja de las fuentes conmutadas a la frecuencia de la red, aparte de necesitarla como fuente primaria, es la lentitud de respuesta a consecuencia de que la frecuencia de la red es baja. Para evitar este inconveniente, se utilizan las fuentes conmutadas a frecuencia propia, tan elevada como sea posible. Rebasando el límite audible se libera a este tipo de fuentes de la producción de ruido en los componentes inductivos con núcleo, que obligatoriamente se utilizan en el filtrado de todas las fuentes conmutadas. El límite está en la actualidad alrededor de los 50 kHz, y está condicionado a la rapidez de sus componentes tanto activos como pasivos.

Las fuentes conmutadas a frecuencia propia admiten como entrada cualquier clase de fuente primaria continua, incluyendo la red rectificadas y filtrada.

El circuito de control de este tipo de fuentes debe controlar δ , fórmula A.2.1, donde:

$$\delta = \frac{t_c}{T}$$

(A.2.1)

siendo la relación entre el tiempo de conducción del conmutador y el periodo.

Para ello, además del comparador o comparadores, tiene estar provisto, al igual que en las fuentes conmutadas a la frecuencia de la red, de un circuito que haga intervenir el tiempo, mandando por la salida del comparador.

APÉNDICE C

INTERFACES

RS-232C

La RS-232 fue introducida en 1962 y se utiliza ahora ampliamente en la industria. Esta norma se destina específicamente a transmisiones de datos a un solo hilo a distancias cortas, con bajas velocidades de transmisión. Los requisitos básicos de la RS-232 para transmisiones y receptores son los siguientes:

Requisitos para el transmisor RS-232C:

1. La salida debe soportar un circuito abierto o un corto circuito a tierra, a cualquier alimentación o con cualquier otro conductor en el cable.
2. La impedancia en reposo (ausencia de alimentación) debe ser mayor que 300Ω .
3. El voltaje máximo en circuito abierto debe ser de +25 y -25 volts.
4. La corriente máxima de salida en corto circuito debe ser de 500 mA.
5. El valor absoluto del voltaje de salida, con cargas de 3000 a 7000 Ω , debe ser mayor de 5 y menor de 15 V.
6. Los tiempos de subida y bajada de la salida dentro de los límites tradicionales de más o menos de 3 volts, no debe de exceder de 1ms.
7. La pendiente máxima de salida no debe de exceder de 30 V/ μ s.
8. La velocidad máxima de transmisión de datos es de 20000 bits/s.

Requisitos del receptor RS-232:

1. La impedancia de entrada debe ser mayor que 3000 y menor de 7000 Ω .
2. La capacitancia máxima de derivación para la entrada del receptor y cable conector debe ser menor que 2500 pF y no presentar componentes inductivas.
3. El voltaje de entrada del circuito abierto debe ser menor de 2V.
4. La velocidad máxima de transmisión de datos es de 20000 bits/s.
5. Límites del voltaje de entrada de +25 y -25 volts.

RS-422

La norma RS-422 propuesta en 1965, tiene un modo de operación en su transmisor y receptor de forma diferencial, este modo de operación anula los efectos de cualquier desplazamiento de tierra o señales de ruido que aparecen como

voltajes de modo común tanto a la salida del transmisor como a la entrada del receptor. Con esta norma se cubren transmisiones de hasta 10 Mbaud para longitudes de línea de 40 pies y de 100 Kbaud para longitudes de línea de hasta 4000 pies.

Los transmisores diseñados conforme a la RS-422 son capaces de transmitir una señal diferencial de 2 volts a un par trenzado terminado en 100 Ω . Los receptores son capaces de detectar una señal diferencial de +200 y -200 mV en presencia de una señal de modo común de +7 a -7 V. La norma RS-422, contempla una conexión simultánea de diez receptores a la línea de un transmisor. Esta norma maneja un voltaje de alimentación de +5 V.

Esta norma estipula también las formas de onda, que dependerán de la longitud del cable y de la velocidad de transmisión, para controlar reflexiones y emisión radiada.

RS-485

Inicialmente, esta norma se conocía como P.N.1360, pero hace poco se cambió su designación a la de P.N.1488. Sin embargo, en *Texas Instruments* y en muchos catálogos aún se habla de P.N.1360. Finalmente recibió el nombre de RS-485. Sus principales diferencias con respecto a la RS-422 son:

- Voltaje de salida de modo común del transmisor, -0.25 a +6 volts en RS-422, ampliada al intervalo de -7 a +12 volts, con o sin alimentación.
- La entrada de voltaje al receptor en modo común, de -7 a +7 volts en RS-422, mientras en RS-485 es ampliada a -12 a +12 V.
- La impedancia de entrada al receptor aumenta de un mínimo de 4 k Ω a un máximo de 12 k Ω .
- El RS-422 permiten únicamente un transmisor y diez receptores en la misma línea. El RS-485 permite hasta 32 transmisores y 32 receptores en la misma línea.
- Los dispositivos que satisfagan los requisitos RS-485 contarán con circuitos de protección internos para evitar fallas en caso de conectarse simultáneamente dos transmisores. A esto se le llama protección de contención.

APÉNDICE D

CALIBRE DE CONDUCTORES (AWG)

Los calibres de conductores dan una idea de la sección o diámetro de los mismos. En lugar de referirse a los conductores normales por su sección, se les han asignado tamaños o números. El sistema corrientemente empleado en América es el "American Wire Gauge", abreviadamente AWG.

Por medio de un número al cual se hace referencia, se pueden obtener otras características como son diámetro, área, resistencia, etc.

El conductor del número 14, tiene un conductor de cobre de 0.064 pulgadas, es decir, de 64 milésimas de diámetro. Los conductores menores a éste son los números 16, 18, 20 y siguientes. El del número 40 tiene aproximadamente un diámetro de 3 milésimas, tan pequeño como el de un cabello; sin embargo se hacen tamaños mucho más finos. Los mayores al número 14 son el 12, 10, 8, etc

De esta forma se procede hasta llegar al número 0, los tamaños siguientes son el 00, 000 y, finalmente, el 0000, que tiene casi 0.5 pulgadas de diámetro. Los números 0, 00, 000 y 0000 se designan generalmente por 1/0, 2/0, 3/0 y 4/0 (un cero, dos ceros, etc.). Cuando se pasa de estos tamaños ya no se designan por un número, sino simplemente por su sección transversal en milésimas circulares, empezando por 250 000 (250 MCM) hasta el de mayor tamaño normalizado que es el de 2 000 000 de milésimas circulares (2000 MCM).

Si el conductor está formado por hilos trenzados, su diámetro es ligeramente superior al de otro conductor del mismo tamaño formado por un solo hilo, pero el número de milésimas circulares es el mismo tanto si el conductor está trenzado como si es de un solo hilo, y eso para cualquier tamaño.

Es conveniente notar que en el sistema de designación de los calibres de conductores usado por la AWG, a medida que el número de designación es más grande la sección es menor. Como se puede observar en la tabla A.4.1.

Calibre	Sección	Diámetro	
A.W.G.	mm ²	Pulg.	mm
20	0.5176	0.03196	0.812
18	0.8232	0.04030	1.024
16	1.3090	0.05082	1.291
14	2.0810	0.06408	1.628
12	3.3090	0.08081	2.053
10	5.2610	0.1019	2.588
08	13.3030	0.1620	4.115
04	21.1480	0.2043	5.189
03	26.6700	0.2294	5.827
02	33.6320	0.2576	6.543
01	42.4060	0.2893	7.348
M.C.M.	mm ²	Pulg.	mm
0	53.4770	0.3249	8.252
00	67.4190	0.3648	9.266
000	85.0320	0.4096	10.403
0000	107.225	0.4600	11.684
250	126.644	0.575	14.605
300	151.999	0.630	16.002
350	177.354	0.681	17.297
400	202.709	0.728	18.491
500	253.354	0.814	20.675
600	303.999	0.893	22.682
700	354.708	0.964	24.685
800	405.160	1.031	26.187
900	455.805	1.093	27.762
1000	506.450	1.152	29.260
1250	633.063	1.289	32.741
1500	759.677	1.412	35.865
1750	886.286	1.526	38.760
2000	1012.901	1.631	41.427

Tabla A 4 1 Dimensiones de los conductores eléctricos desnudos

APENDICE E

Niveles representativos de iluminación

Iluminación de:	Niveles recomendados en LUX LUX = lúmenes/ área en m ²
Luz de las estrellas	0.0002
Luz de la luna	0.02
Alumbrado de calles	06.-1.8
Luz del día	
A la sombra (en exteriores)	100-1000
Expuesto directamente a la luz del sol	5000-10000
Auditorios	
Asambleas	150
Exposiciones	300
Bancos	
Zonas de trabajo	700
Cajas, registros	1500
Escuelas	
Lectura de textos impresos	300
Salas de dibujo y bancos de trabajo	1000
Pizarras	1500
Hospitales	
Cuartos de anestesia y preparación	300
Autopsia y depósito de cadáveres	1000
E-1	Niveles recomendados

Iluminación de:

en LUX

 $LUX = \text{lúmenes} / \text{área en m}^2$ **Hospitales**

Mesa de autopsias	10000
Departamento odontológico:	
General	700
Sillón dental	10000
Sala de urgencias:	
General	1000
Local	20000
Laboratorios:	
General	500
Trabajos delicados	1000
Cirugía	
Sala de instrumental y esterilización	300
Sala de operaciones, general	1000
Mesa de operaciones	25000
Sala de recuperación	300

Hoteles

Cuartos de baño	200
Dormitorios	
General	100
Tocador	300
Recepción	500

Oficinas

Lectura de textos	300
Contabilidad	1500
Cartografía, dibujo	2000

Residencias

Cocina	700
Tocadores	500