

300617

32
24



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA
Incorporada a la U. N. A. M.

**ESTUDIO PARA LA FABRICACION
DE UN LUMINARIO DE USO EN
LAS ARTES GRAFICAS**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N :
HUGO LOPEZ ARAIZA VEGA
CARLOS GERARDO MARTINEZ GARCIA

ASESOR DE TESIS: ING. JAVIER SAUCEDO GARZA

MEXICO, D. F.

1993

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

I N D I C E

	PAGINA
INDICE DE TABLAS	VII
INDICE DE ILUSTRACIONES	VIII
INTRODUCCION	1
CAPITULO I LA INDUSTRIA DE LAS ARTES GRAFICAS	3
CAPITULO II TEORIA DE LA ILUMINACION	12
CAPITULO III FOTOQUIMICA	34
CAPITULO IV DISEÑO DE UN LUMINARIO ADECUADO PARA EL PROCESO DE TRANSPORTE EN ARTES GRAFICAS	64
CONCLUSIONES	84
SIMBOLOGIA	86
BIBLIOGRAFIA	88

INDICE DE TABLAS

PAGINA

CAPITULO III

MECANISMO DE LAS REACCIONES FOTOQUIMICAS 35

DESCRIPCION DEL MECANISMO DE UNA REACCION
FOTOQUIMICA 43

CAPITULO IV

CARACTERISTICAS DEL BLASTRO 78

INDICE DE ILUSTRACIONES

	PAGINA
CAPITULO II	
FIG. II.1.- ESQUEMA DE LA DEFINICION DE LUX	14
FIG. II.2.- LEY INVERSA DE LOS CUADRADOS.	15
FIG. II.3.- LEY DEL COSENO.	15
FIG. II.4.- FORMA DE COLOCAR EL LUXOMETRO PARA DETERMINAR EL FACTOR DE REFLEXION.	18
FIG. II.5.- FORMA DE COLOCAR EL LUXOMETRO PARA DETERMINAR EL FACTOR DE TRANSMISION.	19
FIG. II.6.- CURVAS DE DISTRIBUCION LUMINOSA DE UNA MISMA FUENTE REPRESENTADAS EN COORDENADS POLARES Y EN COORDENADAS RECTANGULARES.	21
FIG. II.7.- ESQUEMA DE UNA LAMPARA TIPICA DE MERCURIO CON DOS BULBOS	25
FIG. II.8.- CIRCUITO ELECTRICO DE UN AUTOTRANSFORMADOR AUTORREGULADO.	26
FIG. II.9.- CIRCUITO ELECTRICO AISLADO DE UN AUTOTRANSFORMADOR AUTORREGULADO.	28
CAPITULO III	
FIG. III.1.- REACCION FOTOQUIMICA SEGUN LA TEORIA ONDULATORIA DE MAXWELL.	38
FIG. III.2.- COLISION ENTRE UN FOTON Y UNA ESPECIE QUIMICA (A-B).	40
FIG. III.3.- CRISTALES DE BROMURO DE PLATA SUSPENDIDOS EN LA GELATINA PROTEINICA, AFECTADOS POR FOTONES DE RADIACION LUMINOSA DE ENERGIA ($E=hr$).	51
FIG. III.4.- CRISTALES DE BROMURO DE PLATA	52
a).- NO AFECTADO POR LA LUZ.-	
b).- AFECTADO POR LA LUZ.-	
FIG. III.5.- a).- INICIO DE UNA POLIMERIZACION.-	56
b).- PROPAGACION DE POLIMERIZACION.-	
c).- TERMINACION DE POLIMERIZACION.-	
FIG. III.6.- IMAGEN MECANICA CUANTICA DE LA MOLECULA DE CLORURO DE VINILO.	57
FIG. III.7.- MODELO MECANICO CUANTICO DE LA MOLECULA DE CLORURO DE VINILO	59
FIG. III.8.- NEGATIVO LISTO PARA COLOCARSE SOBRE UNA LAMINA LITOGRAFICA	61

CAPITULO IV

FIG. IV.1.- CURVA DE DISTRIBUCION ESPECTRAL DE LA LAMPARA SILVANIA H100 T703B	65
FIG. IV.2.- LINEAS DE ILUMINACION SOBRE UNA SUPERFICIE PLANA A 620 mm DE LA LAMPARA DESNUDA.	66
FIG. IV.3.- CURVAS DE DISTRIBUCION LUMINOSA DE LA LAMPARA DESNUDA.	67
FIG. IV.4.- ESQUEMA DE LA LAMPARA SILVANIA H100 T703B	69
FIG. IV.5.- ILUSTRACION ESQUEMATICA DE LA POSICION DE LA LAMPARA RESPECTO A LA SUPERFICIE POR ILUMINAR. ACOT mm.	70
FIG. IV.6.- ILUSTRACION DEL METODO GRAFICO DEL DISEÑO DE REFLECTORES.	73
FIG. IV.7.- DISEÑO GRAFICO DEL REFLECTOR CON TRES FACETAS. VISTA LATERAL ACOT. mm.	74
FIG. IV.8.- DISEÑO GRAFICO DE LAS INCLINACIONES DE LAS PAREDES DEL REFLECTOR. VISTA FRONTAL. ACOT. mm.	75
FIG. IV.9.- VISTA DE PLANTA DEL REFLECTOR. ACOT. mm.	76
FIG. IV.10.- ENSAMBLE DE LA LAMPARA CON EL REFLECTOR. VISTA LATERAL. ACOT. mm.	77
FIG. IV.11.- DIMENSIONES DEL BALASTRO DESNUDO	79
FIG. IV.12.- CIRCUITO ELECTRICO DEL LUMINARIO.	81
FIG. IV.13.- DIBUJO DEL GABINETE CON SUS TRES VISTAS. ACOT mm.	83

CAPITULO IV

FIG. IV.1.-	CURVA DE DISTRIBUCION ESPECTRAL DE LA LAMPARA SILVANIA H100 T703B	65
FIG. IV.2.-	LINEAS DE ILUMINACION SOBRE UNA SUPERFICIE PLANA A 620 mm DE LA LAMPARA DESNUDA.	66
FIG. IV.3.-	CURVAS DE DISTRIBUCION LUMINOSA DE LA LAMPARA DESNUDA.	67
FIG. IV.4.-	ESQUEMA DE LA LAMPARA SILVANIA H100 T703B	69
FIG. IV.5.-	ILUSTRACION ESQUEMATICA DE LA POSICION DE LA LAMPARA RESPECTO A LA SUPERFICIE POR ILUMINAR. ACOT mm.	70
FIG. IV.6.-	ILUSTRACION DEL METODO GRAFICO DEL DISEÑO DE REFLECTORES.	73
FIG. IV.7.-	DISEÑO GRAFICO DEL REFLECTOR CON TRES FACETAS. VISTA LATERAL ACOT. mm.	74
FIG. IV.8.-	DISEÑO GRAFICO DE LAS INCLINACIONES DE LAS PAREDES DEL REFLECTOR. VISTA FRONTAL. ACOT. mm.	75
FIG. IV.9.-	VISTA DE PLANTA DEL REFLECTOR. ACOT. mm.	76
FIG. IV.10.-	ENSAMBLE DE LA LAMPARA CON EL REFLECTOR. VISTA LATERAL. ACOT. mm.	77
FIG. IV.11.-	DIMENSIONES DEL BALASTRO DESNUDO	79
FIG. IV.12.-	CIRCUITO ELECTRICO DEL LUMINARIO.	81
FIG. IV.13.-	DIBUJO DEL GABINETE CON SUS TRES VISTAS. ACOT mm.	83

INTRODUCCION

En la actualidad se han logrado avances notables en los sistemas de impresión. Las máquinas modernas trabajan a grandes velocidades logrando una calidad excelente.

En el proceso de transporte de matrices, también ha habido importantes progresos. Las emulsiones cada día son de mejor calidad, reaccionan rápidamente a la luz, su aplicación es sencilla, inclusive se fabrican láminas presensibilizadas y en su revelado se ha ahorrado mucho tiempo. En cuanto a las fuentes de luz, también se ha avanzado mucho, sin embargo las lámparas que existen actualmente tienen al menos uno de los siguientes defectos limitantes.

- 1) Alto precio de venta
- 2) Alto costo de mantenimiento
- 3) Consumo de energía eléctrica elevada
- 4) La calidad del espectro luminoso que emiten, no es la requerida.

Todo esto se refleja en el tiempo de exposición. Hoy en día el departamento de transporte representa un serio problema para muchas compañías, ya que resulta caro y consume mucho tiempo la preparación de las matrices.

Se hace necesario contar con un eficiente sistema de iluminación para que el transporte resulte rentable a bajos costos.

Objetivos Generales de la Tesis

Primero.- Aportar a la Industria de las Artes Gráficas, un luminario que permita mayor agilidad en el departamento de transporte teniendo las características necesarias para hacer reaccionar la emulsiones en el tiempo mínimo.

Segundo.- Estudiar las emulsiones fotosensibles para determinar el tipo de luz adecuado que las hace reaccionar.

Tercero.- Estudiar la Teoría de la Iluminación para determinar los factores que afectan al mejor aprovechamiento de la Luz.

CAPITULO I

LA INDUSTRIA DE LAS ARTES GRAFICAS

I.1.1.- Historia

La industria de las artes gráficas, tiene su origen cuando surge en el hombre la necesidad de comunicar a sus semejantes sus ideas y pensamientos en forma tal que perduren en el tiempo.

Podemos encontrar su comienzo en la pinturas rupestres. Posteriormente en las antiguas civilizaciones, los eruditos y escribas se dedicaban a reproducir textos en rollos de papiro o pergamino, para formar con ellos auténticas bibliotecas. En nuestro continente, las culturas prehispánicas hacían códices donde contaban su historia.

Conforme fue pasando el tiempo, la lectura y escritura comenzó a ser del dominio público y cada vez mayor número de personas requerían consultar los escritos. Con esto, surgió la necesidad de crear un método de reproducción que fuera rápido y eficiente.

La primera imprenta que hubo en el mundo fue inventada por los chinos. Consiste en bloques de madera donde se tallaban a mano tanto los textos como las ilustraciones. Luego se les cubría con pintura de agua y se colocaban papel encima

del bloque, frotando fuertemente, lograban que la tinta pasara al papel o pergamino. El 11 de mayo de 868, Wang Chich imprimió el primer libro de la historia, cuyo título fue Sutra de Diamante, en recuerdo de sus padres.

Se cree que en el año 770, la emperatriz del Japón mandó que se imprimieran un millón de copias de una cita de las escrituras budistas; ésto se hizo con el mismo procedimiento. También fue en China donde se inventaron los tipos móviles entre los años 1041 y 1049, por Phi Sheng. No se sabe si los conocimientos de imprenta fueron transmitidos a los europeos o si éstos descubrieron este arte posteriormente.

Los primeros impresos que se hicieron en Europa, fueron unas barajas, en el año de 1377, mediante el procedimiento de bloque; fueron tan abundantes que cualquier persona tenía acceso a ellas.

Como es sabido, en el año 1439, Johan Gansfleisch que usó el apellido de su madre, Gutenberg, para que no se perdiera, fue el primer europeo que utilizó tipos móviles; esto hizo que la impresión con bloques resultara obsoleta. Realmente no se sabe si Gutenberg inventó los tipos móviles o si tuvo noticia de ellos, de como se utilizaban en China.

Debido a la perfección en la impresión de la Biblia de 42 líneas hecha por Gutenberg, se cree que éste no fue su primer trabajo, ya que para lograr esa calidad, quizás haya requerido diez años de experiencia.

El primer trabajo fechado, en el que se utilizaron tipos móviles, fue una indulgencia concedida por el Papa Nicolás V, a los que ayudasen a la guerra con los turcos, en el año de 1454. Todo indica que este trabajo fue hecho por Gutenberg.

El arte de imprimir se esparció por toda Europa e incluso hubo grandes talleres de imprenta.

La primera imprenta que se estableció en el continente americano, fue puesta en México, en el año de 1536 por el Obispo Juan de Zumárraga y el Virrey Antonio de Mendoza. Esta imprenta estuvo a cargo de Juan Pablos y Esteban Martín.

I.2.- Procesos de Impresión.

Actualmente existen varios procesos de impresión. Los más conocidos, por ser económicos y permitir tener una producción elevada son: la tipografía, la litografía offset y el rotograbado. Los menos conocidos, debido al alto costo de producción y su bajo rendimiento, siendo sin embargo en los que se obtiene mejor calidad, son el grabado y serigrafía.

A continuación se describen los procesos de impresión:

I.2.1.- Tipografía.

La tipografía es el más antiguo método de impresión ya que fue inventada por los chinos y llevada a cabo en forma práctica por Johann Gutenberg, alrededor del año 1450 en Alemania.

La impresión tipográfica, se hace valiéndose de que la superficie donde se encuentra la figura, está en relieve. Para imprimir, se cubre la superficie con tinta y se presiona contra el papel, quedando éste impreso. La figura que se quiera reproducir, puede ser un texto, para lo cual, existen tipos móviles, con distintas clases de letras o bien una ilustración, en cuyo caso se necesita hacer previamente un clisé en fotograbado.

La tipografía es un método de impresión sumamente económico y permite hacer los trabajos con rapidez.

I.2.2.- Litografía Offset.

La palabra litografía se deriva de las palabras griegas: lithos = piedra y graphein = escribir; entonces su significado es escritura en piedra o escritura sobre piedra.

Alois Benzeider, un dramaturgo de Munich, descubrió en 1796 el principio de la litografía, basado en que el agua y la grasa no se mezclan. En ese entonces se hacía un dibujo con tinta grasa sobre piedra calcárea. Luego se remojava la piedra con agua, quedando esta sobre las partes no cubiertas por el dibujo, por último, se entintaba la piedra, quedando la tinta adherida al dibujo. La impresión se lograba presionando la piedra contra el papel.

Alrededor de los años 1821 y 1906, se creó la prensa rotativa litográfica offset, en la cual la impresión se pasa de una lámina que está sujeta a un cilindro, a otro, cuya superficie está recubierta de goma, y de ésta al papel. Con la invención de este tipo de prensa, fue posible obtener grandes velocidades.

La litografía offset permite tener grandes tirajes en poco tiempo y costo reducido.

I.2.3.- Rotograbado.

Este procedimiento de impresión se le atribuye a Karl Kleitch de Viena, que en el año de 1894, en su taller de Lancaster, Inglaterra, creó un procedimiento rotativo de impresión, mediante el uso de cilindros de cobre grabados con lo que se quisiera reproducir. De ahí el nombre de rotograbado.

En este método, el cilindro se cubre de tinta, después se raspa su superficie con una maniqueta de hule, quedando así la tinta depositada en el grabado. Luego se presiona el papel sobre el cilindro haciendo que la tinta quede adherida a su superficie.

El rotograbado permite tirajes bastante altos, ya que el desgaste que sufre el cilindro es mínimo. En un principio, era el único método que permitía imprimir sobre una bobina de papel, por lo que era usado en los grandes periódicos. Sin embargo en la actualidad se ha perfeccionado mucho el sistema de litografía offset que permite hacer ésto ahorrando el alto costo de los cilindros.

I.2.4.- Grabado.

Fue en Florencia, Italia en el año de 1446, que Maso Finiguerra inventó el procedimiento del grabado en placa de cobre o acero. Este procedimiento consiste en grabar en hueco relieve sobre una placa de cobre o acero, lo que se desea imprimir. Luego la placa se cubre de tinta y se frota fuertemente contra un papel, para que la tinta que se encuentra en el grabado sea la única que permanezca en la placa. Después en una prensa, se oprime la placa sobre el papel, quedando así la tinta depositada sobre éste. De esta forma la tinta deja un efecto realzado que se puede percibir al tacto.

Cuando se quiere que la figura quede en relieve sobre el papel, se hace el hueco grabado más profundo en la placa y se sigue el mismo procedimiento, colocando una contramatriz en la superficie donde se coloca el papel, con la opción de entintar o no la placa, ya que de todas formas, la figura se podrá apreciar.

El grabado es un procedimiento muy caro y lento, siendo utilizado únicamente para trabajos en los que se requiera una magnífica presentación, como son las invitaciones nupciales, las tarjetas de navidad y las tarjetas de presentación.

1.2.5.- Serigrafía.

El origen de este procedimiento de impresión se le atribuye tanto a los chinos como a los egipcios, aunque el procedimiento actual es parecido al que usaban los japoneses. La patente le fue concedida en 1907 a Samuel Simon de Inglaterra. Se dice que John Pilsworth, de San Francisco, California, creó el procedimiento multicolor de los trabajos de serigrafía que se utiliza hoy en día.

El procedimiento consiste, simplemente en hacer pasar pintura a presión por un estarcido o patrón, que se ha montado sobre un trozo de seda tendido muy tirante en un marco. El estarcido puede haberse cortado manualmente en papel, puede estar pintado encima de la propia seda o estar

fotografiado en ella. Se vierte pintura sobre la seda y con una espátula de goma, se le empuja a través de la seda para que se deposite sobre el objeto que se va a imprimir.

Este proceso es utilizado para imprimir superficies que no tienen la flexibilidad del papel o cuando se necesitan hacer impresiones donde la definición del color deba ser perfecta.

I.3.- El proceso de Transporte.

I.3.1.- Matrices.

Para los sistemas de offset, rotograbado y serigrafía, así como en el proceso de fotograbado, es necesario preparar las láminas, cilindros, sedas y placas de zinc. A todos ellos se les llama matrices.

Una matriz es el instrumento del cual nos valemos para hacer una reproducción.. Las matrices se preparan en el proceso conocido como transporte. En el transporte intervienen dos agentes: emulsiones fotosensibles y fuente luminosa.

I.3.1.1.- Emulsiones Fotosensibles.

Estas emulsiones se endurecen al contacto con la luz. Se estudiarán a fondo en el Capítulo III de esta Tesis.

I.3.1.2.- Fuente Luminosa.

Esta fuente luminosa debe de tener ciertas características para que las emulsiones reaccionen rápidamente. Se estudiarán a fondo en el Capítulo II de esta Tesis.

I.3.2.- El proceso de Transporte.

El proceso de transporte se describe a continuación: Se cubre la superficie de la matriz con una emulsión fotosensible, la figura a reproducir se coloca sobre la superficie, y estando así, la matriz se expone a una fuente luminosa. La emulsión se endurece y la figura queda en la matriz.

CAPITULO II
TEORIA DE LA ILUMINACION

II.1 Introducción.

En este capítulo estudiaremos las características que tiene la luz desde el punto de vista de su aplicación a un sistema de iluminación o luminario.

Se le llamará luminario a un sistema en el cual se dirige la luz emitida por una fuente luminosa para obtener los resultados deseados.

Una vez estudiadas las características de la luz, se determinarán los métodos de medición para aprovechar las posibilidades de la fuente luminosa en forma óptima.

También se verán los distintos tipos de lámparas que existen y sus particularidades.

A continuación se darán las características de la luz, su símbolo, unidades, definición y las ecuaciones fundamentales.

II.2.- Características de la Luz.

II.2.1.- Intensidad Luminosa (I)

La intensidad luminosa, es la densidad de la luz dentro de un ángulo sólido extremadamente pequeño, en una dirección determinada. Su unidad es la Candela (Cd).

La candela es la unidad física básica internacional de todas las medidas de la luz. Su valor está determinado por un patrón llamado cuerpo negro. Una vela de cerca, común y corriente, tiene una intensidad luminosa igual a una candela.

Las ecuaciones fundamentales son:

$$I = ED^2 \quad (2.1)$$

$$MSCP = \frac{\text{Flujo en lúmenes}}{12.57} \quad (2.2)$$

donde:

E = Nivel de iluminación en lux

MSCP = Mean Spherical candel power (potencia medida en candelas de una fuente en todas direcciones).

D = Distancia en metros de la fuente a la superficie

II.2.2.- Flujo Luminoso (F).

El flujo luminoso se define como la luz emitida por unidad de tiempo, sin embargo el tiempo suele desperdiciarse y el flujo luminoso comúnmente se considera como una magnitud definida. Su unidad es el Lumen (lm) que es el flujo de la luz que incide en una superficie de 1 m^2 en el que todos sus puntos equidistan 1 m de la fuente luminosa que tiene una intensidad de 1 candela en todas direcciones.

La diferencia entre el lumen y la candela reside en que aquel es una medida del flujo luminoso independiente de la dirección.

Las ecuaciones fundamentales son:

Lúmenes incidentes sobre una superficie:

$$F = ES \quad (2.3)$$

S = Superficie en metros cuadrados.

Lúmenes emitidos o reflejados por una superficie difusora:

$$F = BS \quad (2.4)$$

II.2.3.- Iluminación (E)

La iluminación es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie. Su unidad es el Lux (lx). Un lux es la iluminación en un punto sobre una superficie que dista en dirección perpendicular 1 m de una fuente puntual uniforme de una candela. De lo anterior se deduce que un lumen uniformemente distribuido en una superficie de un metro cuadrado produce una iluminación de un lux.

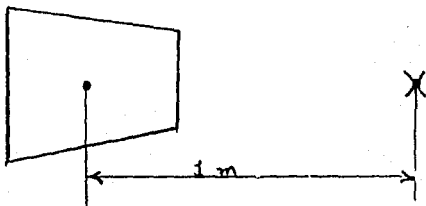


FIG. II.1.- ESQUEMA DE LA DEFINICION DE LUX

Ecuaciones Fundamentales:

II.2.3.1.- Ley inversa de los cuadrados.

La iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre la fuente de luz y la superficie iluminada.

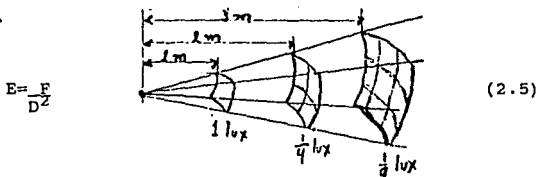


FIG. II.2.- LEY INVERSA DE LOS CUADRADOS.

II.2.3.2.- Ley del coseno.

La iluminación es proporcional al coseno del ángulo de incidencia (ángulo formado por la dirección del rayo incidente y la perpendicular a la superficie iluminada).

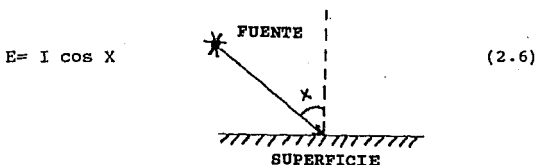


FIG. II.3.- LEY DEL COSENO.

II.2.4.- Luminancia o Brillo Fotométrico (B).

Es la intensidad luminosa de una superficie en una dirección dada por unidad de área proyectada de la misma. Sus unidades son:

Stilb.- candela por centímetro cuadrado

Lambert.- lumen por centímetro cuadrado

Ecuaciones fundamentales para una superficie reflectora difusa:

$$B = \frac{Er}{10,000} \quad (2.7)$$

$$B = \frac{Fr}{s} \quad (2.8)$$

r = Factor de reflexión

s = Superficie en centímetros cuadrados

Si la superficie considerada se aparta en forma notable de las características de un difusor perfecto, los lúmenes emitidos o reflejados no pueden calcularse con seguridad basándose en una sola lectura de brillo tomada desde un ángulo cualquiera.

II.4.- MEDIDAS

Las medidas de iluminación se hacen comúnmente con uno de los distintos tipos de luxómetros, que llevan incorporados celdas fotosensibles del tipo capa-barrera. Este tipo de celdas consiste esencialmente en una película de material sensible a la luz, dispuesta sobre una placa metálica de base y cubierta con una capa translúcida muy fina de metal pulverizado sobre la superficie exterior. Al incidir la luz sobre la superficie de la celda, origina la emisión de electrones del material semiconductor sensible de la luz, es decir, se establece una diferencia de potencial entre los

extremos de la placa. Si se conecta un micoamperímetro entre ellos, se mide la corriente generada por la celda. Puesto que la corriente es proporcional a la intensidad de la luz incidente, se puede calibrar el aparato para leer directamente en Lux. Hay luxómetros portátiles de diferentes tipos con una amplia gama de sensibilidades para las distintas aplicaciones.

II.4.1.- Medidas de Luminancia

Los valores del brillo de superficies de reflexión difusa y transmisoras se puede obtener de un modo aproximado con la mayoría de los luxómetros tipo celda. Para un material reflector, la celda se apoya en la superficie de prueba y se va separando lentamente hasta que se obtenga una lectura constante. La indicación del aparato en ese punto, multiplicado por un factor de corrección de 1,25 para tener en cuenta la incidencia de la luz sobre la celda con ángulos muy altos, es la luminancia aproximada en mililamberts. La luminancia de una superficie transmisora se mide aplicando la celda directamente contra la superficie.

II.4.2.- Medida de la Reflexión

Se puede realizar una medida aproximada del factor de reflexión de una superficie mate con un luxómetro. La celda se coloca de cara a la superficie y se retira lentamente de

5 a 15 cms hasta que la lectura (A) del aparato permanezca constante. Con la celda orientada en sentido contrario, se efectúa una segunda lectura (B) con el fin de medir la luz incidente.

La razón $\frac{\text{lectura A}}{\text{lectura B}}$ da un valor aproximado del factor de

reflexión de la superficie.

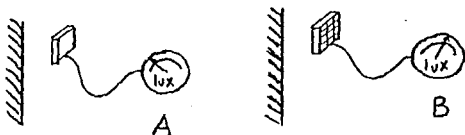


FIG. II.4 FORMA DE COLOCAR EL LUXOMETRO PARA DETERMINAR EL FACTOR DE REFLEXION.

II.4.3.- Medida de transmisión

Se pueden realizar medidas aproximadas del factor de transmisión de muestras planas, colocando el material sobre la celda de un luxómetro. La relación entre las lecturas con y sin muestra, mide aproximadamente el factor de transmisión.

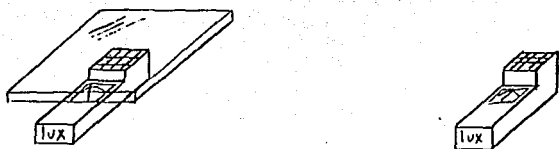


FIG. II.5 FORMA DE COLOCAR EL LUXOMETRO PARA DETERMINAR EL FACTOR DE TRASMISION.

II.5.- CURVAS DE DISTRIBUCION LUMINOSA

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

Una curva de distribución luminosa es el resultado de tomar medidas a distintos ángulos alrededor de un fuente de luz o luminaria y de representarlas gráficamente en forma de coordenadas polares. La distancia de cualquier punto de la curva al centro, indica la intensidad luminosa de la fuente en esa dirección en Cd.

Las mediciones se realizan colocando el luxómetro en posición perpendicular a la fuente luminosa y a un metro de ella, de esta forma, la lectura será directamente en candelas. Después se hace girar el luxómetro 10° alrededor de la fuente luminosa y se toma otra lectura. Se continúa de

la misma manera hasta completar una revolución alrededor de la fuente luminosa o luminaria.

La iluminación recibida desde una sola fuente de la luz sobre cualquier superficie dada puede calcularse a partir de los datos de la curva de distribución luminosa de dicha fuente. El cálculo se reduce a tomar en la curva de distribución la lectura de la intensidad luminosa para el ángulo requerido, dividiendo por el cuadrado de la distancia en metros y aplicando la Ley del Coseno si la superficie no es perpendicular a la luz que sale de la fuente.

El área comprendida dentro de una curva de distribución no es en absoluto una medida de la cantidad de la luz emitida por una fuente.

Dos unidades que producen exactamente el mismo número de lúmenes pueden distribuir la luz en forma muy diferente y tener curvas de intensidad luminosa en perfiles y áreas totalmente distintas.

Esto se puede ver fácilmente si representamos las curvas en coordenadas rectangulares en lugar de polares, indicándose sobre la base del diagrama la distancia angular desde el centro de haz y en ordenadas la intensidad luminosa.

En los diagramas que se presentan a continuación, se pueden ver dos curvas de distribución de la misma emisión luminosa representadas en coordenadas polares y rectangulares.

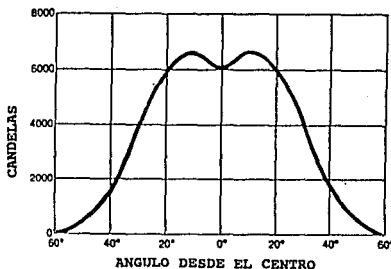
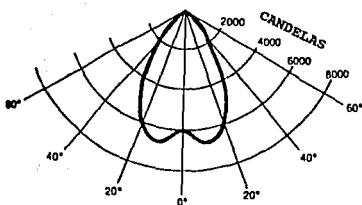


FIG. II.6 CURVAS DE DISTRIBUCION LUMINOSA DE UNA MISMA FUENTE REPRESENTADAS EN COORDENADS POLARES Y EN COORDENADAS RECTANGULARES.

II.6.- TIPOS DE LAMPARAS

La primera finalidad de una lámpara es producir la luz y su eficiencia será mayor entre más lúmenes produzca por watts consumidos, a esto se le llama eficiencia luminosa.

La máxima eficiencia teórica es de 680 lúmenes por watt consumido de la luz monocromática amarilla verdosa en la región máxima de sensibilidad del ojo 5,500 Angstroms. La máxima eficiencia teórica de una fuente de luz blanca que emita solo luz visible sin ningún rayo ultravioleta o infrarrojo es de 200 lúmenes por Watt.

En la actualidad existen tres tipos básicos de lámparas:

- a) Lámpara de filamento o incandescente
- b) Lámpara de descarga eléctrica
- c) Electro luminicencia

Ninguna lámpara se aproxima a la máxima eficiencia teórica, debido a que producen cantidades considerables de rayos infrarrojos y tienen pérdidas debidas a la conducción y convección. Sin embargo se han obtenido buenos resultados cambiando las materias primas en la fabricación de las lámparas.

Por ejemplo, la lámpara de filamento de 60 watts ha tenido un incremento de 3 veces y media de su eficiencia en los últimos 45 años, cambiando como material del filamento el carbón por el tungsteno, el tipo de construcción al vacío por el de relleno de gas, y los filamentos rectos por los arrollados y luego por los filamentos en doble espiral. A pesar de esto, las lámparas de filamento tienen ciertas características que impiden mejorar los resultados obtenidos hasta la fecha, aunque puede ser que llegasen a mejorar usando distintos métodos de fabricación. Se puede decir que casi se han alcanzado los máximos valores posibles.

Las lámparas de descarga eléctrica producen luz por un proceso completamente distinto y son capaces de lograr eficiencias mucho mayores. Las lámparas claras de mercurio tienen una eficiencia hasta de 57 lúmenes por watt, las de mercurio fluorescentes hasta 62, ciertos tipos actuales de lámparas fluorescentes sobrepasan los 70 lúmenes por watt y algunas llegan por encima de los 80. Los continuos trabajos de desarrollo conducirán indudablemente, a ulteriores mejoras y más altas emisiones.

Otro método para producir luz, es la electroluminiscencia, y consiste en generar luz en material sólido por aplicación directa de un campo eléctrico alterno. La luz se produce en una película de un espesor de unas pocas milésimas de pulgada sin utilizar filamento, vapor gaseoso o bombilla alguna. Una fuente electroluminiscente típica consiste en una fina capa de fósforo situada entre dos placas conductoras, una de las cuales es transparente. La luminancia depende de la tensión y la frecuencia de servicio, así como también de la composición química del fósforo. Este sistema de iluminación no es muy comercial y solo se usa con fines de señalización.

Debido a que uno de los objetivos principales de ésta tesis es encontrar un sistema de iluminación eficiente y económico, estudiaremos únicamente los tipos más sobresalientes de lámparas de descarga eléctrica.

II.6.1.- Lámparas de Descarga Eléctrica.

Existen tres tipos distintos: las de vapor de mercurio, las de vapor de sodio y las fluorescentes.

II.6.1.1.- Lámparas de Mercurio

En estas lámparas la luz se produce por el paso de una corriente eléctrica a través de una atmósfera de vapor o de un gas, en vez de por un hilo de tungsteno. La aplicación de

un potencial eléctrico ioniza el gas y permite que la corriente pase por dos electrodos colocados en los extremos opuestos de la lámpara. Los electrones que forman el chorro de corriente o "arco de descarga", se aceleran a grandes velocidades. Al entrar en colisión con los átomos del gas o vapor, alteran momentáneamente la estructura atómica de éstos, produciéndose la luz debido a la energía desprendida cuando los átomos alterados vuelven a su estado normal. Las fuentes de descarga eléctrica tienen una resistencia de característica negativa y requieren un transformador de alta reactancia o un elemento similar para limitar la corriente. En las lámparas de Mercurio se utiliza vapor de mercurio, que a la temperatura ambiente el líquido y se ve formando gotitas en el interior de la pared de una lámpara apagada. Para facilitar el encendido, se introduce una pequeña cantidad de argón, que se ioniza más rápidamente. El arco voltáico inicial salta a través del argón ionizado. Una vez que salta, su calor comienza a vaporizar al mercurio, que se convierte gradualmente en conductor.

Los electrodos de la lámpara de mercurio son espirales de tungsteno impregnados de material emisor. En la mayoría de las lámparas, este material es una mezcla de óxidos trimetálicos embebida en las vueltas de la espiral de tungsteno. El material emisor suministra electrones para iniciar y ayudar a mantener el arco. Los electrodos también actúan como terminales del arco.

Casi todas las lámparas de mercurio se construyen con dos bulbos, un interior de cuarzo en el que se produce el arco y otro exterior de cristal que protege el tubo del arco de los cambios de temperatura y actúa como filtro para eliminar algunas longitudes de onda de la radiación del arco.

El espacio que está entre ambos bulbos, por lo general se rellena de un gas inerte.

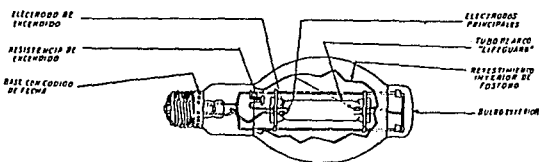


FIG. II.7 ESQUEMA DE UNA LAMPARA TIPICA DE MERCURIO CON DOS BULBOS

II.6.1.1.1.- Características de la Radiación

Las lámparas de vapor de mercurio producen un espectro lineal predominante en la zona ultravioleta y visible con algunas líneas en infrarrojo. Según la presión de vapor a la que opera el arco, es la distribución espectral que genera.

Los eritemas (oscurecimiento de la piel expuesta al sol) y la producción de vitamina D, se deben a radiaciones ultravioleta en la zona de los 2,967 Angstroms. Las radiaciones ultravioleta, queman la membrana conjuntiva del ojo causando una conjuntivitis aguda. Por estas razones

debe de evitarse la exposición de las personas a este tipo de radiación.

II.6.1.1.2.- Equipos Auxiliares

Las reactancias limitadoras de corriente se calculan para cada tipo de lámpara de mercurio para que suministren la corriente y tensión adecuadas debido a la inducción en sus devanados. Las características eléctricas de las reactancias utilizadas para las lámparas de descarga, ocasionan un bajo factor de potencia. Para corregirlos es necesario añadir un capacitor a la reactancia. Las reactancias sin corregir tienen un factor de potencia de 0.50 a 0.60 y las corregidas de 0.90 o más.

Actualmente se utilizan los autotransformadores de potencia constante. A estos balastos se les conoce en el mercado nacional como "autotransformador autorregulado". En U.S.A. son los más usados y se les conoce como CWA que significa Constant Wattege Autotransformers.

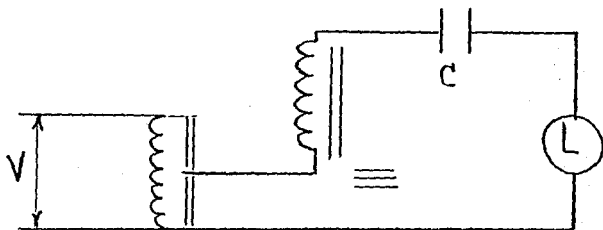


FIG. II.8 CIRCUITO ELECTRICO DE UN AUTOTRANSFORMADOR AUTORREGULADO.

Este circuito consta del autotransformador de alta reactancia, pero con la característica de que el efecto estabilizador de la corriente se logra por la combinación capacitor e inductor. La reactancia inductiva es menor que la capacitiva y la función estabilizadora es principalmente lograda por el capacitor.

Este circuito tiene las siguientes ventajas:

- 1) Su factor de potencia es alto
- 2) Tiene una buena regulación, a un cambio de 10% en la tensión de la línea se ocasiona un cambio de 5% en la potencia de la lámpara.
- 3) La corriente de la línea durante el encendido, nunca excede el valor de la corriente de línea normal de operación. Todos los circuitos anteriores a éste tenían la desventaja de que cuando la lámpara se estaba calentando, la corriente requerida era muy alta. Conforme la lámpara se estaba calentando, la corriente requerida era muy alta. Conforme la lámpara se calentaba, la corriente disminuía hasta su valor normal de operación. La excesiva corriente durante el encendido ocasionaba que los elementos de protección fueran de más capacidad y los conductores eléctricos de mayor calibre. Lo primero dificultaba la protección del circuito y lo segundo aumentaba el costo de instalación.
- 4) Como este circuito tiene buena regulación, la tensión de extinción de la lámpara es menor. La tensión de

extinción es el valor de la tensión de la línea a la que la lámpara se apaga. A menor valor de esta tensión, más resistencia muestra el sistema balastro-lámpara para extinguirse, debido a disminuciones accidentales de la tensión de la línea.

Como se habrá notado, el circuito CWA tiene una de las terminales del socket de la lámpara conectada siempre a la línea. Es decir, no existe aislamiento entre la carga y la alimentación. Esto constituye una desventaja, ya que si el operador toca accidentalmente el socket, recibe una descarga eléctrica que podría ocasionarle un accidente serio, ya que está conectada a una parte viva de la línea.

Para evitar esto, se han creado circuitos aislados como el que se presenta a continuación:

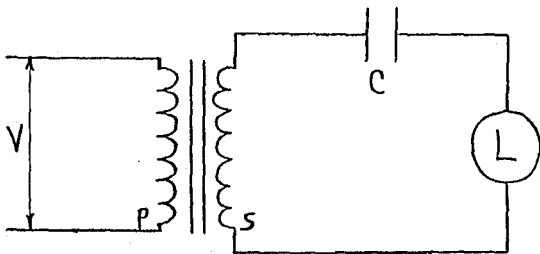


FIG. II.9 CIRCUITO ELECTRICO AISLADO DE UN AUTOTRANSFORMADOR AUTORREGULADO.

En este circuito están aislados la carga (lámpara) y la línea de alimentación. Como se puede ver hay un devanado primario y otro secundario, pero no existe conexión eléctrica entre ellos. A excepción de ello, este circuito tiene las mismas características y ventajas de un circuito CWA, pero es un poco más grande y costoso.

II.6.1.1.3.- Características de Funcionamiento de las Lámparas de Mercurio.

II.6.1.1.3.1.- Encendido y reencendido.-

Casi todas las lámparas de mercurio tienen un electrodo de encendido además de los electrodos principales. Este electrodo sirve para establecer un arco eléctrico entre él y el principal adyacente, con el objeto de que ese flujo de electrones ionice el gas de encendido en esa área. A continuación, el arco salta entre los dos electrodos principales provocando la total ionización del gas de encendido y la vaporización gradual del mercurio y con ello se conduce cada vez más corriente. Durante este proceso, el arco pasa del resplandor azulado difuso característico del argón al azul verdoso del mercurio, aumentando en forma considerable en brillo y concentrándose en el centro del tubo. En el instante en que salta el arco, la corriente de la lámpara es alta y la tensión baja. Durante la fase de calentamiento, la corriente cae y la tensión sube hasta que

el arco alcanza un punto de estabilización en relación con la presión de vapor. Una interrupción en el suministro de energía o un descenso brusco en la tensión puede extinguir el arco.

Antes de que la lámpara pueda reencenderse es necesario esperar el tiempo suficiente para que la presión del vapor disminuya hasta un valor en que el arco pueda saltar a una tensión adecuada. Este tiempo es generalmente similar al de calentamiento, aunque en instalaciones perfectamente herméticas es un poco mayor.

II.6.1.1.4.- VIDA DE LA LAMPARA

Una lámpara de mercurio puede durar hasta 24,00 horas de uso quedando inservible. Este dato es válido cuando permanece funcionando 5 horas o más por cada encendido, entre menor sea este período de tiempo, menor es la vida de la lámpara. La vida económica o útil de una lámpara, es el tiempo en el que conserva su flujo luminoso. Generalmente después de éste período de tiempo es necesario sustituirla por una nueva. La vida útil promedio de las lámparas de mercurio oscila entre las 14,000 y 18,000 horas funcionando 5 horas o más por cada encendido.

II.6.1.1.4.1.- Temperatura de la lámpara

Debido a que las lámparas de mercurio tienen una vida larga, las temperaturas de trabajo resultan de particular

importancia. El efecto del calor es en parte una función del tiempo y cuanto más larga es la vida de la lámpara, mayor es la posibilidad de ser dañada por las altas temperaturas. La excesiva temperatura en el bulbo y en el castillo puede ocasionar: la inutilización de la lámpara, un funcionamiento insatisfactorio a causa del reblandecimiento de la soldadura, la corrosión de la base o de los hilos de toma. Por ello deberá evitarse el uso de cualquier equipo reflector que pueda concentrar el calor y los rayos luminosos sobre la lámpara.

El ennegrecimiento del bulbo, el funcionamiento a tensión superior a la nominal y las elevadas temperaturas ambiente aumentan la temperatura del bulbo y los casquillos por encima de las pruebas de laboratorio, que se hacen con lámparas nuevas y condiciones ambiente controladas. Esta consideración se debe de tomar en cuenta cuando se evaluén los efectos de la temperatura sobre el equipo.

II.6.1.2.- Lámpara de Mercurio con Haluros Metálicos

Este tipo de lámparas de mercurio, proporcionan de 75 a 90 lumenes por watt de luz blanca, los aditivos que se añaden al mercurio y al argón son generalmente compuestos de yodo con algunos metales, por ejemplo el indio o talio.

La vida y conservación del flujo luminoso es menor que el de las lámparas de mercurio, además de requerir una reactancia

especial. Sin embargo poseen las siguientes ventajas sobre ellas: buen color, sin el uso del fósforo (aunque también puede añadirse para tener mejor color) y una emisión luminosa inicial alta.

II.6.1.3.- Lámparas de Sodio

Las lámparas de sodio, se construyen con un tubo de arco de material cerámico tal como la alúmica policristálica. Requieren de una reactancia especial y producen más de 100 lúmenes por watt de luz blanca con tono amarillo anaranjado. Sus características son similares a las lámparas de mercurio.

II.6.1.4.-Lámpara Fluorescente

En este tipo de lámpara de descarga, la luz se produce por la fluorescencia del fósforo activado por la energía ultravioleta del arco de mercurio. La fluorescencia es una forma de luminiscencia. La lámpara consiste en un tubo que contiene mercurio a baja presión y una atmósfera de gases inertes para el encendido. En sus extremos lleva sellados los electrodos que producen el arco eléctrico. Las paredes interiores del tubo se recubren con polvo fluorescente. Cuando se aplica una tensión apropiada entre los electrodos de los extremos, se inicia un flujo de electrones que va de un lado a otro a gran velocidad. Cuando los electrones

chocan contra los átomos de mercurio que se encuentren a su paso, producen un estado de excitación que da como resultado una emisión de radiaciones en la región del ultravioleta a 2,530 Angstroms. Cuando la energía ultravioleta pasa através del polvo fluorescente, se transforma en luz visible. El color producido depende de la composición química de los fósforos.

Las lámparas fluorescentes difieren básicamente de las de mercurio en dos aspectos, trabajan a una presión de vapor mucho más baja, y tiene fósforo que es activado solamente por la onda corta de ultravioleta radiada por un arco a baja tensión. En una lámpara fluorescente, más del 90% de la luz se produce por fluorescencia y el tanto por ciento restante, por el espectro visible de la emisión del arco de mercurio. En una lámpara típica de vapor de mercurio-fluorescente, las situación es prácticamente opuesta: el espectro visible del mercurio aporta el 90% de la luz y la fluorescencia del fósforo el 10% restante.

II.7.- CONCLUSIONES

Si se desea una alta emisión de luz ultravioleta, se debe optar por la lámpara de mercurio.

Si se requiere una alta eficiencia luminosa sin importar el color de la luz la opción es la lámpara de mercurio.

CAPITULO III

FOTOQUIMICA

Presentaremos la forma como puede producirse una reacción química debido a la acción de una iluminación con las características adecuadas. Esto implica que estudiaremos los mecanismos propios de las reacciones de una película o lámina fotográfica, con el objeto de llegar a conclusiones aplicables en el diseño del luminario que se vaya a utilizar. Aunque expondremos ideas sobre la naturaleza química de las especies fotográficas, el objeto fundamental del presente capítulo es dar al lector una idea del cómo y porqué de la fotografía, sin pretender atacar directamente la química del problema.

III.1.- MECANISMO DE LAS REACCIONES FOTOQUIMICAS.

Entendemos por "MECANISMO DE UNA REACCION", la forma como las especies químicas rompen sus enlaces primarios, quedando libres durante un cierto periodo de tiempo (formando precisamente lo que se llama RADICALES LIBRES) y finalmente se reagrupan para formar el PRODUCTO. Una breve descripción esquemática es la siguiente: Si consideramos dos compuestos químicos (A-B) y (C-D) que se combinan de acuerdo a la reacción:



REACTIVOS

PRODUCTOS

el mecanismo de esta reacción podría ser la siguiente:

MECANISMO DE LA REACCION	DIAGRAMA	
1er. PASO: REACTIVOS ESTABLES	A - B	C - D
2o. PASO: RUPTURA; FORMACION DE RADICALES LIBRES.	A- -B	C- -D
3er. PASO: FORMACION DE LOS PRODUCTOS.	A - C	B - D

Por supuesto que podemos hacer varias observaciones en el proceso anterior:

- a).- Para poder disociar a los reactivos (A-B) y (C-D) en las especies libres (A-), (B-), (C-) y (D-), es necesario aplicar una cierta cantidad de ENERGIA. (La mínima cantidad de energía que puede producir disociación, es una medida de la energía con la que se unen dos especies químicas y es llamada ENERGIA DE ENLACE).
- b).- En la etapa intermedia, los radicales libres son muy reactivos debido a la inestabilidad química producida

por su enlace libre. Esto produce que el tiempo de vida de esta etapa sea muy corta y pueda ser considerada instantánea la transición del paso (1) al (3) en el mecanismo de la reacción.

c).- Cualquier forma energética lo suficientemente abundante, puede producir la reacción descrita.

La última de las anteriores observaciones es la que permite el análisis directo del fenómeno que buscamos estudiar. Efectivamente, si consideramos una reacción química producida por la energía que transporta la luz, estamos estudiando el campo de la fotoquímica que es el objetivo de nuestro trabajo. Podemos dedicarnos, para lograr esta meta, a contestar las siguientes preguntas:

1.- ¿Cómo es posible que la luz pueda producir una reacción química?

3.- ¿Cuál es directamente el mecanismo de la reacción fotoquímica?

Veamos separadamente las respuestas a cada pregunta.

III.1.1.- LA LUZ COMO PRODUCTORA DE REACCIONES QUIMICAS.

El fenómeno de la producción de reacciones por la acción de la luz tiene dos explicaciones que son posibles, sin embargo, una de éstas es más convincente de la otra.

Específicamente, la Teoría Ondulatoria de Maxwell presenta una explicación y la Teoría Corpuscular de Einstein presenta la otra, siendo más satisfactoria esta segunda opción. Lo que dice cada teoría es, en términos generales, lo siguiente:

III.1.1.1.- TEORIA ONDULATORIA DE MAXWELL.

Sea una onda luminosa de ecuaciones:

$$E = E_m \text{ sen } 2\pi\nu(t-x/v) \quad (3.2)$$

$$\text{y } B = B_m \text{ sen } 2\pi\nu(t-x/v) \quad (3.3)$$

para los valores instantáneos de los campos eléctrico y magnético respectivamente. En estas condiciones, estamos definiendo una onda electromagnética (luminosa) senoidal de frecuencia (ν), velocidad (v) y propagándose en el sentido positivo de (x).

La potencia por unidad de área (que tomaremos con medida de la energía) que transporta esta onda, viene dada por el VECTOR DE POYNTING en la forma:

$$S = (c/n) \mu_0 H_m^2 \quad (3.4)$$

en donde la energía de la onda es directamente proporcional a su amplitud (H_m).

Cuando una onda de este tipo incide sobre un compuesto químico cualquiera - digamos (A-B) -, la transmisión de

energía hará que cada especie vibre con una frecuencia (ν) igual a la de la onda (ver fig. III.1). Cuanto mayor sea la energía, mayor será la violencia de las vibraciones producidas y ésto ocasionará que, para un valor energético de excitación mayor que la energía de enlace, se ocasione la separación de (A-B) en las especies (A-) y (-B) produciendo el inicio de la reacción.

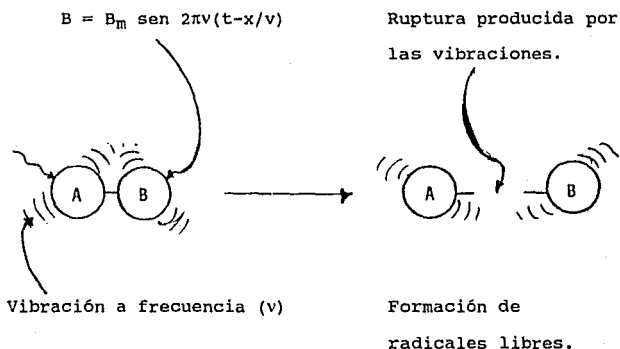


FIG. III.1 REACCION FOTOQUIMICA SEGUN LA
TEORIA ONDULATORIA DE MAXWELL.

Debe hacerse hincapié en el hecho de que la separación se produce no tanto por el alto o bajo valor (ν), sino por la amplitud de la onda incidente (H_m en la ecuación (3.3)) que es la directamente responsable de comunicar la suficiente energía para romper el enlace.

III.1.1.2.- TEORIA CORPUSCULAR DE EINSTEIN.

Si la luz es considerada como una partícula en su interacción con la materia (que en este caso son los compuestos químicos del material fotosensible), entonces debemos tomar en cuenta que su energía y momentum vienen dadas por las relaciones:

$$E=h\nu \quad (3.5)$$

y
$$p=h/\lambda \quad (3.6)$$

y podemos entonces suponer que la interacción luz-materia es una colisión entre un fotón y un compuesto químico (ver fig.III.2). Si (ν) es lo suficiente grande, el fotón tendrá la energía necesaria para separar al compuesto (A-B) en las especies (A-) y (-B) provocando así el inicio de la reacción.

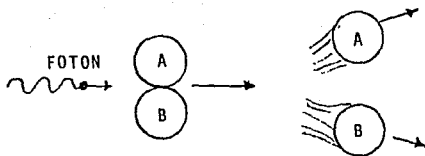


FIG.III.2 COLISION ENTRE UN FOTON Y UNA ESPECIE QUIMICA (A-B). PARA MAYOR CLARIDAD, SE SUPRIMIO LA LINEA DEL ENLACE, PERO QUEDA ESTABLECIDA SU EXISTENCIA. PUESTO QUE EL FOTON ES ABSORBIDO POR (A) Y (B), NO APARECE EN EL SEGUNDO MIEMBRO DE LA REACCION.

Dos aclaraciones son válidas en esta discusión:

1.- Puesto que una emisión luminosa es un gas de fotones, puede suponerse que no únicamente un fotón golpea al compuesto (A-B) sino que lo pueden hacer varios simultáneamente.

En estas condiciones, puede pensarse que la energía total de la emisión es ($E=nh\nu$), en donde (n) es el número de fotones, de manera que si se establece que una mayor intensidad luminosa es equivalente a un mayor número de fotones (que es uno de los postulados de la teoría corpuscular de Einstein), es válido concluir que la energía es también función de la intensidad. Es evidente que no es posible comprobar específicamente que un fotón y solo uno golpee al compuesto (A-B) excluyendo definitivamente la posibilidad de otras colisiones, sin embargo, es posible comprobar que

disminuyendo considerablemente la intensidad luminosa las reacciones químicas ocurren con igual facilidad lo que demuestra nuevamente que la energía es función de la frecuencia (ν) y no de la intensidad luminosa (ya hemos dado por hecho que se verificó empíricamente que una luz roja no puede producir reacción pero sí una luz violeta, o algo similar que establezca la relación entre (E) y (ν)).

2.- Cuando un fotón interactúa con la materia en la forma descrita en la fig. (III.2), es absorbido por las especies químicas de manera que su energía se reparte entre (A) y (B) y no aparece en forma de fotón en la segunda parte de la reacción. Las ecuaciones de energía y momentum deben ser tales que cumplan con las clásicas leyes de conservación, es decir:

- CONSERVACION ENERGETICA

$$E \text{ fotón} + E_{A-B} = EA + EB \quad (3.7)$$

(antes del choque) (después del choque)

- CONSERVACION DEL MOMENTUM

$$\vec{p} \text{ fotón} = \vec{p}_A + \vec{p}_B \quad (3.8)$$

(antes del choque) (después del choque)

Hemos dicho que esta segunda teoría es mas convincente y lo sostenemos por lo siguiente:

a).- Establece la relación fundamental entre energía y frecuencia (ec. 3.5), que es un hecho innegable en los fenómenos fotoquímicos.

b).- Concuerda con el hecho de que cuando la luz interactúa con la materia lo hace en forma de partícula. Nuevamente conviene recordar que sólo en el desplazamiento de una onda electromagnética en el espacio es posible considerarla como onda y que cuando tiene contacto con la materia es posible considerarla como partícula. El "Principio de Complementariedad" de Bohr es muy claro al respecto.

c).- La intensidad luminosa es, en este contexto, directamente proporcional al número de reacciones producidas, pero no es un factor determinante en la posibilidad de que una reacción se realice. Recordemos que para que tenga lugar la reacción, es necesario que la luz tenga al menos la energía de enlace del compuesto que va a disociar y, puesto que hablamos de energía, la frecuencia es el factor determinante. La intensidad luminosa garantiza que en verdad tengamos una iluminación uniforme en toda la superficie fotosensible produciendo reacciones fotoquímicas en todos lados, pero no tiene que ver con la energía para cada ruptura. Este punto es interesante porque, como veremos posteriormente, lo difícil no es generar luz de alta riqueza energética - por ejemplo luz ultravioleta - que produzca reacciones fotoquímicas, sino repartir la emisión luminosa uniformemente sobre el área fotosensible.

Podríamos indicar cuantitativamente otras razones para inclinarnos por este modelo, pero éstas aparecerán más adelante; por el momento, baste con decir que usaremos la Teoría Corpuscular para explicar el mecanismo de las reacciones fotoquímicas.

III.1.2.- DESCRIPCION DEL MECANISMO DE UNA REACCION FOTOQUIMICA.

En realidad, el mecanismo general presentado al inicio del inciso (III.1) es el mismo para cualquier reacción, sin embargo, podemos especificar exactamente el tipo de energía que produce la ruptura del enlace en los compuestos (A-B) y (C-D) de manera que tendríamos lo siguiente:

MECANISMO DE LA REACCION	DIAGRAMA	
1er.paso.- REACTIVOS ESTABLES	A - B	C - D
2o.paso.- RUPTURA DE LOS ENLACES POR COLISION DE FOTONES FORMACION RADICALES LIBRES	A- -B fotón (E=hv)	C- -D fotón (E=hv)
3er.paso.- FORMACION DE LOS PRODUCTOS	A - C	B - D

La reaccion fotoquímica vamos a esquematizarla en la forma:

$$A-B + C-D \text{ --- } E=h\nu \text{ ---> } A-C + B-D$$

(3.9)

en donde naturalmente, la energía del fotón deberá ser cuando menos igual a la mayor energía de enlace, ya sea de (A-B) o de (C-D).

Vemos que, en realidad, no es difícil comprender la razón de una reacción fotoquímica en términos de una teoría corpuscular de la luz. Por supuesto, existen compuestos especialmente sensibles a la energía luminosa, óptimos para ser empleados en fotografía y mismos que aparecerán durante el transcurso de esta discusión.

III.2- EMULSIONES FOTOSENSIBLES.

El término "EMULSION FOTOSENSIBLE" es aplicado generalmente a las películas fotográficas, sin embargo, dado su significado es posible aplicarlo también a las láminas litográficas que es el caso que nos ocupa. "EMULSION FOTOSENSIBLE" es, en cualquier material fotográfico, el componente sensible a la luz. Nos ocuparemos momentáneamente de las películas normales para presentar el más común significado del término en cuestión y posteriormente, en un apartado especial, aplicaremos estos conceptos a la láminas.

a).- EMULSIONES FOTOSENSIBLES EN PELICULAS FOTOGRAFICAS

El significado exacto de la palabra "EMULSION" es: "Dispersión de un líquido en otro líquido". Químicamente resulta erróneo dar al material fotosensible el nombre de emulsión, debido a que una emulsión fotográfica es un compuesto de cristales sensibles a la luz suspendidos en una capa de gelatina. De lo anterior puede deducirse que los componentes de una emulsión fotográfica son:

a) **GELATINA.**- Que es el vehículo en el que se suspenden los cristales fotosensibles.

b) **CRISTALES FOTOSENSIBLES.**- Que son propiamente los componentes que van a ser afectados por la radiación luminosa y que son sales de plata en forma de haluros.

Analizaremos separadamente a cada componente:

i).- GELATINA

Al parecer, la sustancia proteínica de origen animal que llamamos GELATINA es el compuesto que mejor se presta para la suspensión de las diminutas sales de plata, sin embargo, es uno de los materiales más difíciles de ser producidos desde el punto de vista del control de calidad debido a su origen biológico. En términos generales, la gelatina se obtiene de las pieles del ganado vacuno, porcino y de ciertos tipos de huesos; toda esta materia prima se cuece

para obtener las proteínas que contiene. Son precisamente estas proteínas las que forman el fluido gelatinoso.

La dificultad que se presenta en el control de la calidad de la gelatina producida, es comprensible porque los requisitos que debe cumplir son sumamente estrictos y muy abundantes. Dichos requisitos son:

1.-DEBE SER TRANSPARENTE.- En esta forma se garantiza que la luz pueda llegar a las sales de plata al hacer la exposición.

2.-DEBE SER UN MATERIAL QUE MANTENGA A LOS CRISTALES DE HALURO DE PLATA BIEN DISPERSOS.- La dispersión o separación de los cristales de haluro de plata entre sí, es importante para evitar el aglutinamiento que provocaría granulación en la imagen.

3.-DEBE SER UN MATERIAL PERMEABLE.- Así las soluciones pueden penetrar en la gelatina y llegar hasta las sales de plata produciendo el revelado. Análogamente, se asegura que las mismas soluciones salgan de la película una vez cumplida su función. Esta es una característica que suele presentar dificultades cuando se trata de sustitutos o materiales sintéticos; éstos tienden a endurecerse con el tiempo, pierden permeabilidad y no permiten el revelado de las sales de plata.

4.- DEBE SER UN MATERIAL ESTABLE POR LARGOS PERIODOS DE TIEMPO. Esta característica es importante para poder

conservar las películas en archivo durante varios años, evitando decoloraciones o la destrucción de las mismas.

5.- DEBE SER DE CALIDAD UNIFORME.- Se asegura así que distintos lotes de película resulten iguales. Tal uniformidad es difícil de lograr debido a la procedencia animal de la gelatina.

6.- DEBE SER UN MATERIAL FOTOGRAFICAMENTE INACTIVO.- Esto es para evitar efectos nocivos en la película, sin embargo, es precisamente la película una de los materiales más sensibles que existen en cuanto a contaminación.

La gelatina no fue siempre el vehículo fotográfico usado para suspender a los cristales fotosensibles. Históricamente se han usado otros productos antes que la gelatina y podemos hacer un breve repaso de éstos. Entre 1850 y 1870 se utilizó albúmina de huevo en la capa sensible del material fotográfico; durante ese tiempo, hubo un momento en que se llegaron a romper 50,000 huevos en un día con tales fines. Posteriormente, Mathew Brady usó el colodión en sus pruebas; el colodión es un material plástico y tiene que estar húmedo cuando se extiende sobre el papel, cuando se expone y cuando se procesa, ya que cuando está seco pierde su permeabilidad. El método de Brady es muy fastidioso y difícil de usar, por lo que posteriormente fue usado el alcohol de polivinilo, sin embargo, este no es lo suficiente rápido y también fue deshechado. El método de la gelatina proteínica fué inicialmente usado por George Eastman, quien no satisfecho

con el proceso se dedicó a la experimentación en busca de algo mejor.

Actualmente se conocen muchos sustitutos. La célebre compañía de químicos explosivos Dupont ha sofisticado con el tiempo un material sintético que hace las funciones de la gelatina con una eficiencia asombrosa. Si este método no ha sido llevado a una mayor popularidad, es porque Dupont no está dedicada ni única ni preferentemente al negocio de la fotografía y no le ha dado el impulso debido, pero podemos estar seguros que el uso de la gelatina animal tiene un futuro muy limitado. Sin embargo, por el momento, la gelatina es el medio de suspensión más ampliamente usada; su permeabilidad, su capacidad para dejar que entre en ella la solución reveladora y llegue a las sales de plata y su aceptación en el mercado fotográfico en general, la hacen un elemento imprescindible en la producción de las películas fotográficas.

ii).- CRISTALES FOTOSENSIBLES

La emulsión fotográfica contiene también cristales fotosensibles que hemos dicho que son sales de plata en forma de haluros, es decir, haluros de plata. Los HALUROS son los compuestos que forman los elementos del grupo VII-A de la tabla periódica llamados HALOGENOS; dichos elementos son FLUOR (F), CLORO (Cl), BROMO (Br), YODO (I) y ASTATO (At). Los cuatro primeros son comunes en la naturaleza y

pueden encontrarse fácilmente, sin embargo, el astato es un material raro, radiactivo y, en consecuencia, poco práctico para cualquier aplicación.

De los halógenos comunes, el flúor no lo podemos usar porque el Fluoruro de Plata (AgF) es soluble en agua, lo que quiere decir que las sales de plata se disolverían durante el proceso de precipitación (en la fabricación de la emulsión se usan tanques llenos de agua destilada muy pura con una cantidad de gelatina no mayor del 5% del total que se va a usar. Después se añaden las sales de plata y es aquí donde los cristales del fluoruro de plata se disolverían). En cuanto al Bromo, Cloro, y Yodo, los tres son precipitables en agua y no son solubles en ésta, es decir, los tres pueden ser usados en las películas fotográficas. Su uso permite controlar la sensibilidad de las películas y se sigue el siguiente criterio de su aplicación:

- a).- CLORURO DE PLATA (AgCl).- Películas y papeles de baja sensibilidad.
- b).- BROMURO DE PLATA. (AgBr).- Películas de sensibilidad media y papeles de alta sensibilidad.
- c).- BROMURO DE PLATA MAS CANTIDADES PEQUEÑAS DE YODURO DE PLATA (AgI).- Para las emulsiones más sensibles.

Como puede verse, uno de los haluros más usados es el BROMURO DE PLATA, por lo que nos referiremos a éste en forma más específica.

El Bromuro de Plata se forma con la reacción química del Nitrato de Plata (AgNO_3) y el Brumo de Potasio (KBr). Se forma por la reacción química de la plata metálica y el ácido nítrico ($\text{Ag}_2\text{NO}_3 + 2\text{HNO}_3 \text{ ---> } 2\text{AgNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$). Una vez que obtiene el Nitrato de Plata, se combina con el brumo de potasio para producir cristales pequeñísimos sensibles a la luz que forman el llamado Brumo de Plata. La reacción es:



Una vez que mezclamos los cristales de Bromuro de Plata con gelatina, disponemos de una emulsión sensible a la luz y cuyo funcionamiento general explicaremos a continuación.

iii).- FUNCIONAMIENTO DE UNA EMULSION FOTSENSIBLE.

Los cristales de bromuro de plata son en realidad los agentes de la emulsión capaces de ser impresionados por la radiación luminosa y funciona como fragmentos que memorizan los lugares de la película donde hubo incidencia de luz. Consideremos la figura III.3 que muestra en forma de pequeños triángulos a los cristales de bromuro de plata suspendidos en la gelatina proteínica.

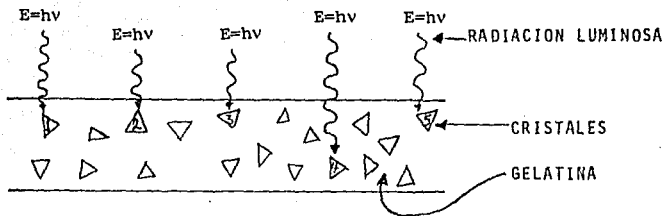


FIG. III.3 CRISTALES DE BROMURO DE PLATA SUSPENDIDOS EN LA GELATINA PROTEINICA, AFECTADOS POR FOTONES DE RADIACION LUMINOSA DE ENERGIA ($E=h\nu$). LAS COLISIONES ENTRE LOS CRISTALES Y LOS FOTONES PRODUCEN RUPTURAS EN LOS PRIMEROS OCASIONANDO QUE ADQUIERAN UNA PARTICULA DE PLATA METALICA.

Cuando incide sobre la emulsi3n una emisi3n luminosa, los fotones de la reacci3n electromagn3tica chocan contra algunos cristales de bromuro de plata produciendo en 3stos rupturas que permiten que cada cristal afectado forme una part3cula de plata met3lica. En la fig. (III.4) se muestra esquem3ticamente este proceso.

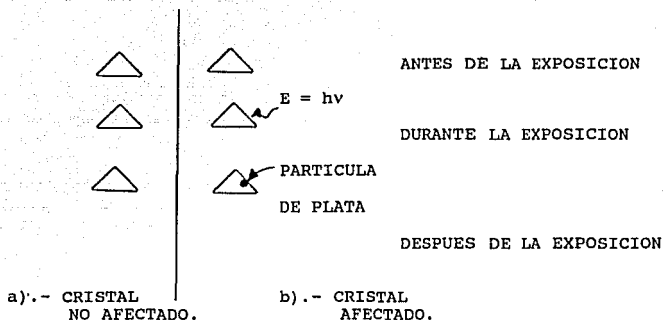


FIG. III.4 CRISTALES DE BROMURO DE PLATA

- a).- NO AFECTADO POR LA LUZ.- ESTE CRISTAL NO FORMA UNA PARTICULA DE PLATA.
- b).- AFECTADO POR LA LUZ.- ESTE CRISTAL FORMA UNA PARTICULA DE PLATA DEBIDO AL CHOQUE CON EL FOTON.

Como es evidente, sólo aquellos cristales afectados por fotones luminosos serán capaces de formar una partícula de plata metálica. Refiriéndonos a la fig.(III.3), sólo los cristales numerados (1,2,..5) tendrán plata metálica después de la exposición y todos los demás no la tendrán, de aquí que hayamos dicho en un principio que estos cristales de bromuro de plata "memorizan" los lugares de la película en donde hubo incidencia de luz.

La lógica de los agentes reveladores se hace ahora más comprensible. Después de la exposición, la emulsión fotosensible tiene dos tipos de cristales: aquellos que fueron afectados por la radiación luminosa y que contienen plata metálica y aquellos no afectados por la luz y que no

contienen plata metálica. Por esta característica particular, fué que se escogieron los haluros de plata para los procesos fotosensibles. En estas condiciones, se elige un compuesto químico (generalmente un compuesto orgánico) que ataque exclusivamente a los cristales que contienen a la plata metálica, convirtiéndolos en plata metálica, haciendo la imagen visible.

La química involucrada en este proceso es sumamente complicada puesto que se usan otros compuestos que tienen diversas finalidades (lavado, fijación, endurecimiento, etc.), que son útiles para lograr una imagen lo más pura y permanente posible.

Esto es, en su aspecto más esencial, la mecánica de una película fotográfica normal. No detallamos más de lo estrictamente necesario, porque en realidad esto fue un antecedente a lo que verdaderamente nos interesa que son las láminas litográficas. Pasaremos a continuación a analizar la química de éstas, con más detalle.

b).- EMULSIONES FOTOSENSIBLES EN LAMINAS LITOGRAFICAS.

El proceso descrito en el inciso anterior es de muy común aplicación y su diseño no es muy selectivo en cuanto al tipo de luz que pueda afectar a la película fotográfica. De hecho, en fotografía para aficionados la luz debe ser la de un día normal, que es el caso más común considerado por la industria (los flashes son dispositivos que permiten

alcanzar la riqueza luminosa necesaria para tomar fotografías en lugares oscuros, pero con lograr un nivel de iluminación comparable con el de un día normal es suficiente).

En el proceso de transporte de láminas las condiciones pueden ser controladas más fácilmente para lograr impresiones lo más fieles posibles, de manera que la luz es generada expresamente para estos fines (el proceso de fabricación de estas láminas es muy costoso y sería sumamente arriesgado que un foco luminoso normal las pudiera afectar). Basados en factores de seguridad y en factores económicos, se han diseñado las láminas litográficas para ser impresionadas por luz ultravioleta y no por la luz ambiental. Pero, por supuesto, para lograr ésto se requiere un cambio en la química de las láminas con respecto a la de las películas fotográficas. Es a este cambio químico al que vamos a referirnos ahora mismo.

Vamos a plantear el problema de la siguiente forma: Requerimos de un material que pueda ser impresionado por luz ultravioleta (alta energía luminosa) y que no sea afectado por radiaciones electromagnéticas de mayor longitud de onda, que son las formas más abundantes en las emisiones normales de la luz (podemos recordar que las ondas electromagnéticas de aproximadamente desde 10^{15} hasta 10^{17} Hz de frecuencia, son consideradas emisiones ultra-violeta). Mediante una gran variedad de experimentos, se pudo observar que la luz ultravioleta produce polimerización en ciertos compuestos

químicos y se pensó en usar esta propiedad en las láminas litográficas.

Primeramente, diremos que "polimerización" significa unir a varias moléculas (o monómeros) a fin de lograr una molécula de mayor tamaño. Los pasos que sigue un proceso de polimerización, son:

a).- INICIACION.- El monómero absorbe la energía irradiada de la luz ultravioleta. En realidad, se produce un choque entre el fotón y la molécula que pone a vibrar a ésta última rompiéndola en su parte más inestable. La ruptura es homolítica, es decir, cada especie se queda con igual número de electrones después de la ruptura y se forman radicales libres. Un esquema ilustrativo puede verse en la fig. (III.5.a).

b).- PROPAGACION.- Las moléculas con radicales libres se unen a otras en iguales condiciones para formar cadenas mayores. (ver fig. III.5.b).

c).- TERMINACION.- Todas las moléculas con radicales libres se unen para formar una molécula de gran tamaño. (ver fig. III.5.c).

Como puede verse, la secuencia es comparable con el "Mecanismo de una Reacción" analizado en el inciso III.1

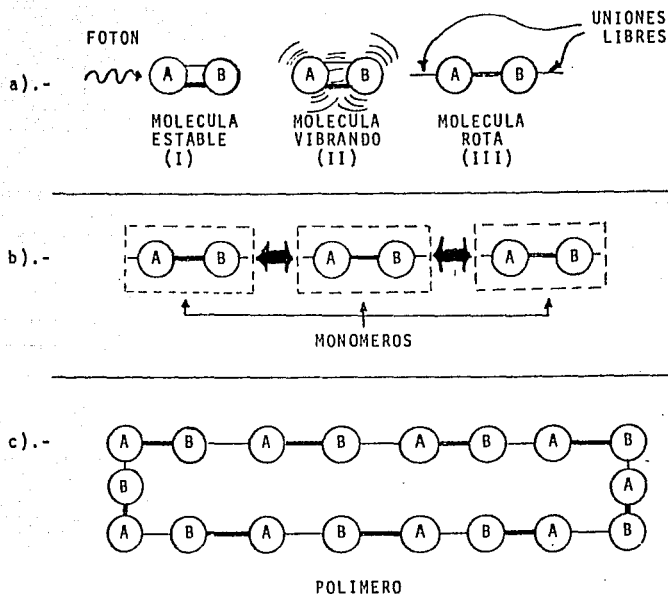
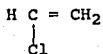


FIG. III.5 a).- INICIO DE UNA POLIMERIZACION.- CADA MONOMERO ES GOLPEADO POR UN FOTON QUE LO PONE A VIBRAR OCASIONANDO UNA RUPTURA EN SU PARTE MAS DEBIL. (LA LINEA SUAVE INDICA UNA MENOR ENERGIA DE ENLACE).
 b).- PROPAGACION DE LA POLIMERIZACION.- VARIOS MONOMEROS INESTABLES SE UNEN PARA FORMAR UNA MOLECULA DE MAYOR TAMAÑO.
 c).- TERMINACION DE LA POLIMERIZACION.- TODOS LOS MONOMEROS INESTABLES SE HAN UNIDO PARA FORMAR UNA MOLECULA GRANDE ESTABLE.

Una vez con la idea de lo que sucede en una "polimerización", estamos en condiciones de comprender la situación real que se presenta en las láminas litográficas. En éstas, el compuesto que sufre polimerización es el CLORURO DE VINILO cuya formula es:



(3.11)

Es conveniente dar una descripción de la estructura de la molécula según la mecánica cuántica. Es sabido que los dos átomos de carbono se encuentran en el estado de hibridación trigonal que es el que explica los enlaces dobles, entonces, tomando la configuración electrónica del cloro ($\text{Ne}, 3s^2, 3p^5$) y del hidrógeno ($1s^1$) podemos dibujar la molécula de la manera siguiente: (fig. III.6)

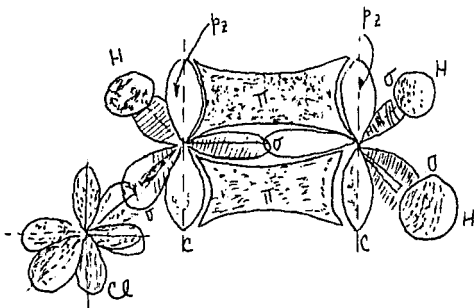


FIG. III.6).- IMAGEN MECANICO CUANTICA DE LA MOLECULA DE CLORURO DE VINILO.

En estos modelos existen dos tipos de uniones que vale la pena mencionar:

a).- UNIONES SIGMA (σ).- Son aquellas en las que el eje de simetría de lo átomos que se enlazan pasan por la unión

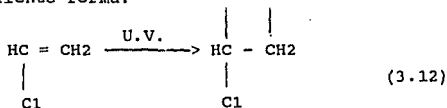
(entiéndase por eje de simetría la línea imaginaria que une los centros de los átomos que forman el enlace).

b).- UNIONES PI (π).- Son aquellas que no son cruzadas por el eje de simetría de los átomos enlazantes.

En la fig. III.6, se han colocado las letras correspondientes al tipo de enlace orbital que aparece en la zona de unión. Como puede verse, existen 5 enlaces (σ) y un único enlace (π) (aunque parecen ser dos enlaces (π), uno superior y el otro inferior es en realidad un enlace único siendo los extremos de éste las dos mitades que se han dibujado. La razón es que el orbital vertical (p^z) en cada átomo de carbono, es único pero dividido en dos mitades). Esto es importante porque los enlaces (σ) son más estables que los enlaces (π), es decir, cuando un fotón golpee la molécula de cloruro de vinilo, la ruptura se provocará en el enlace (π) por ser éste el punto más débil de la molécula.

El fenómeno que ocurre al romperse en el enlace (π) del doble enlace Carbono-Carbono, es energéticamente muy complejo. No simplemente ocurre una ruptura de enlace, sino que toda la molécula va a cambiar su forma debido a un cambio violento en los dos átomos de carbono; éstos van a pasar de una hibridación trigonal a una hibridación tetragonal ya que en adelante formarán simplemente uniones sencillas. El modelo mecánico-cuántico de la nueva forma de la molécula puede verse en la fig. III.7; obsérvese que los átomos de hidrógeno y el de cloro presentan la misma forma

geométrica ya que la ruptura tuvo lugar en los dos carbonos que han pasado, en consecuencia, a un nuevo estado híbrido. En forma de ecuación, la ruptura del doble enlace se presenta de la siguiente forma:



que dá como resultado la formación de radicales libres en el segundo miembro de la ecuación. Puesto que estos radicales libres son moléculas químicamente no saturadas debido a los enlaces libres, son muy reactivas y comenzarán a unirse entre sí de manera inmediata para formar cadenas grandes. La polimerización se encontrará en su etapa de PROPAGACION, siendo los monómeros los radicales libres del segundo miembro de (3.12).

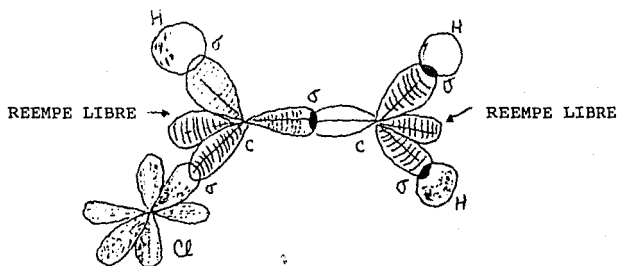
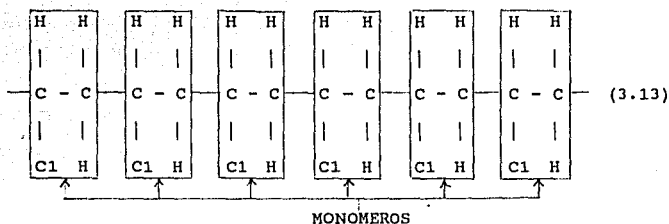


FIG. III.7 MODELO MECANICO CUANTICO DE LA MOLECULA DE CLORURO DE VINILO DESPUES DE LA RUPTURA DEL ENLACE (π). DEBIDO A LA ABSORCION DE LA ENERGIA DEL FOTON, LOS ATOMOS DE CARBONO PRESENTAN UN NUEVO ESTADO HIBRIDO.

En la etapa final, la cadena resultante tomará la forma siguiente:



que en función del enorme número de moléculas de cloruro de vinilo que contiene, se llama CLORURO DE POLIVINILO. (PVC). La fórmula general de este compuesto se enuncia, por comodidad, de la siguiente manera:



en donde (n) es el número de monómeros del polímero.

Ahora regresemos a una lámina litográfica. Cuando ésta va a ser impresionada, se coloca un negativo sobre su superficie fotosensible y se ponen negativo y lámina, uno sobre otro, en una cámara de vacío producida por una prensa especialmente diseñada para esto. El objetivo del vacío es que haya un contacto íntimo y uniforme entre lámina y negativo para lograr imágenes sin distorsión (como se verá

en un momento más, este contacto evita polimerizaciones en zonas indeseables de la lámina).

Consideremos la figura III.8. Como es sabido por todos, un negativo tiene zonas oscuras y transparentes y en la figura la zona transparente es el cuerpo de la cruz. Cuando el negativo está en contacto íntimo con la lámina (mediante la aplicación del vacío) y se aplica una emisión de luz de alta energía proveniente de un luminario, los fotones pasarán solamente a través de las zonas transparentes y no a través de las zonas oscuras. Al finalizar la exposición, la lámina tendrá zonas polimerizadas que serán aquellas coincidentes con las zonas transparentes del negativo, y zonas no polimerizadas que serán las coincidentes con las zonas oscuras. Obviamente si el contacto no es íntimo, la reflexión en la lámina, negativo y en todo el sistema en general, provocará polimerización debajo de las zonas negras del negativo produciendo distorsión en la imagen.

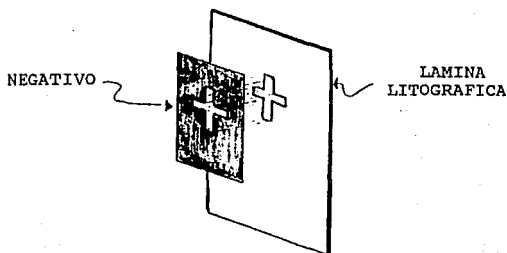


FIG. III.8 NEGATIVO LISTO PARA COLOCARSE SOBRE UNA LAMINA LITOGRAFICA

Durante la polimerización de la lámina, se libera nitrógeno en forma de gas de manera que el polímero se hace inmune a un determinado revelador que disolverá posteriormente las áreas no expuestas. Es así como se obtiene el traslado de la imagen de un negativo a una lámina, proceso que en Artes Gráficas se llama "TRANSPORTE DE LAMINA".

Varias consideraciones pueden hacerse al respecto:

a).- La estructura mecánico-cuántica de cloruro de vinilo (fig. III.6), indica que debe existir un mínimo de energía en el fotón para producir la ruptura del enlace. Dicha energía ($E=h\nu$) no la poseen fotones de menor frecuencia que la luz ultravioleta y es por esto que la lámina es selectiva a la luz que incide sobre ella.

b).- Una idea geométrica de la forma del cloruro de polivinilo puede obtenerse de unir un número (n) de moléculas con la misma forma que la que aparece en fig. IV.7. La imagen que se obtendrá no es real; es una visión matemática que proporciona la mecánica-cuántica de tal asociación de átomos y está construida en términos probabilísticos. La imagen absolutamente real no es conocida.

c).- Es fácil ver que en el diseño del luminario es muy importante que la luz ultravioleta se reparta uniforme sobre la superficie de la lámina y que la riqueza energética de la luz sea la adecuada. Esto acarrea dos problemas prácticos que serán vistos posteriormente: 1).- Diseñar un reflector

que distribuya convenientemente la luz y 2).- Elegir una lámpara con el suficiente poder de energía luminosa y un circuito eléctrico eficiente para alimentarla. Estos dos puntos forman el aspecto práctico del presente trabajo y se analizarán en el capítulo de diseño.

Con esto terminamos la presentación de la teoría física y química que se emplea en fotoquímica. En el capítulo (III) vimos los detalles suficientes para conceptuar a la luz como un fenómeno físico y en este capítulo presentamos la lógica involucrada en la química fotográfica. Ahora ya sabemos qué tenemos, con qué trabajamos y lo que debemos buscar para que el luminario sea eficiente. Este es el objetivo de la teoría del presente trabajo.

CAPITULO IV

DISEÑO DE UN LUMINARIO ADECUADO PARA EL PROCESO DE TRASPORTE EN ARTES GRAFICAS

IV.1.- INTRODUCCION

Como vimos en los capítulos anteriores se requiere construir un luminario que tenga las siguientes características:

- a) Alta eficiencia en luz ultravioleta.
- b) Encendido instantáneo para ahorrar energía.
- c) Que la superficie quede iluminada en forma uniforme.
- d) Compacto.
- e) Con la posibilidad de variar la altura del centro de emisión luminosa.

IV.2.- LUMINARIO

En base a lo anterior, dividiremos este inciso, para su mejor asimilación en lo siguiente:

IV.2.1.- Lámpara.

IV.2.2.- Reflector.

IV.2.3.- Balastro.

IV.2.4.- Gabinete.

IV.2.1.- LAMPARA.

La lámpara que requerimos es de luz ultravioleta.

Este tipo de luz, solo la emite la lámpara de descarga de alta intensidad (HID) de vapor de mercurio.

Después de hacer varias investigaciones, se encontró que la lámpara Sylvania H1000 T703B es la que presenta las mejores características.

Su curva de distribución espectral de la energía es la siguiente:

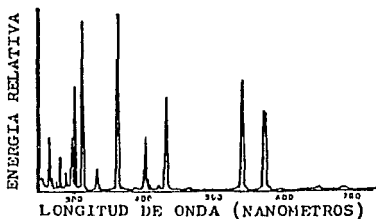


FIG. IV.1.- CURVA DE DISTRIBUCION ESPECTRAL DE LA LAMPARA SILVANIA H100 T703B

Como podemos notar, tiene mucha riqueza de energía en la región ultravioleta, aunque también tiene incidencia en azules y más marcada en verdes.

A continuación se presentan las curvas de distribución luminosa de la lámpara desnuda y las líneas de iluminación en una superficie.

Se debe notar, que como lo que nos interesa es la cantidad de energía ultravioleta, estas curvas están dadas en $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, que es una medida de potencia.

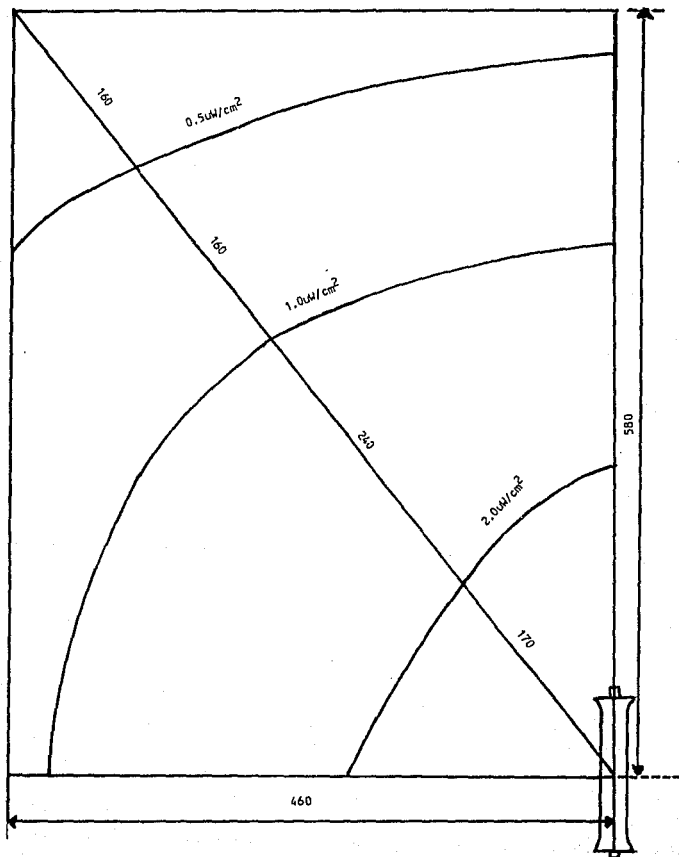


FIG. IV.2.- LINEAS DE ILUMINACION SOBRE UNA SUPERFICIE PLANA A 620 mm DE LA LAMPARA DESNUDA.

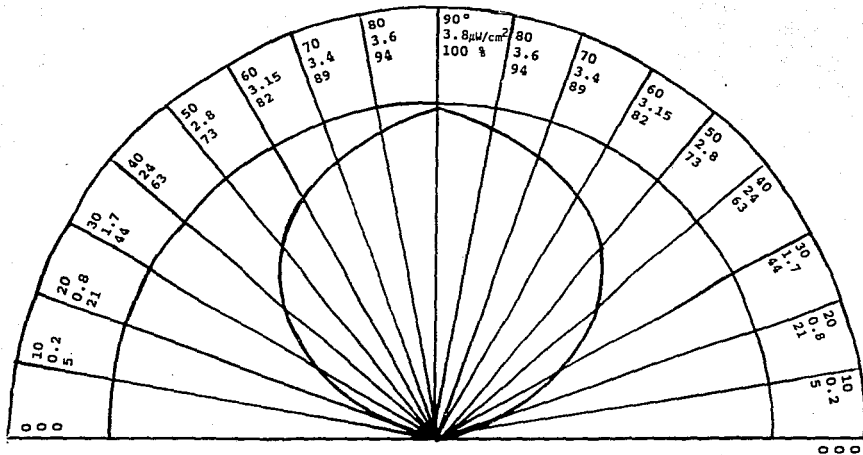


FIG. IV.3.- CURVAS DE DISTRIBUCION LUMINOSA DE LA LAMPARA DESNUDA.

IV.2.1.1.- TEMPERATURA.

Hay que tomar en cuenta algunas consideraciones acerca de la temperatura.

Las lámparas tubulares de descarga, en este caso, de vapor de mercurio, están hechas con un tubo de cuarzo. Se requiere de un vidrio que resista altas temperaturas y baja expansión, como el cuarzo, debido a las relativamente altas temperaturas de operación de las lámparas. Por ejemplo, la temperatura de operación recomendada en la pared, para todas las lámparas de descarga, oscila entre 600° y 800°C éste es en el centro del tubo, normalmente el punto más caliente. Menos de 500°C no es deseable porque se podría condensar el mercurio. A temperaturas mayores de 800°C, el tubo podría colapsarse o flexionarse, especialmente si las temperaturas se mantienen por periodos prolongados.

Sobre 800°C la relación de colapso o flexión por unidad de tiempo es directamente proporcional al incremento de temperaturas. Esta relación también aumenta si hay fuerzas axiales presentes, como es nuestro caso.

Las bases de lámpara, tiene una limitación de temperatura de 300°C, que es el límite de el aislamiento de molibdeno-cuarzo, material utilizado en las terminales. Temperaturas en exceso de 350°C ocasionada oxidación en el molibdeno con la subsecuente fractura del aislamiento.

Por estas razones será necesario considerar un sistema de ventilación.

El tubo de cuarzo usado por estas lámparas es de un tipo especial. La característica importante del tubo es que debe transmitir poca o ninguna energía menor a los 200 nanómetros. Esta es la región de generación de ozono, que como radiación de onda corta es característica en las lámparas de descarga. El riesgo potencial asociado con el ozono estará presente a menos que el cuarzo usado, disminuya la transmisión en esa región. Como la región de radiación eritemática (200 a 300 nanómetros) todavía es transmitida por el tubo de cuarzo de "ozono-libre". Se deberá usar protección adecuada para ojos y piel, en caso de que estén expuestos a radiación directa o reflejada por la lámpara, para evitar quemaduras.

La vida promedio de la lámpara es de 1000 horas con un 80% de la potencia inicial.

Los sockets requeridos son similares a los del cuarzo, solo que mejor aislados para evitar saltos del arco eléctrico en el pico de energía.

A continuación se presenta el esquema de la lámpara.

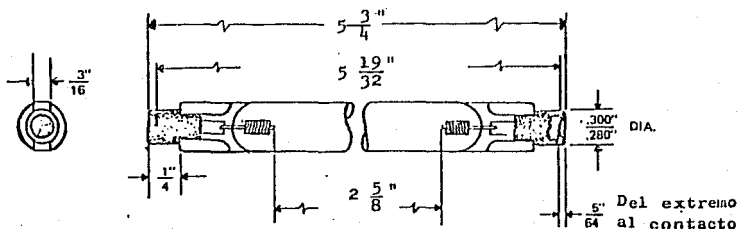


FIG. IV.4.- ESQUEMA DE LA LAMPARA SILVANIA H100 T703B

IV.2.2.- REFLECTOR

Una parte muy importante del luminario, es el reflector, ya que éste será el que permita aprovechar al máximo, las características fotométricas de la lámpara.

Para ello, se necesita conocer la curva de iluminación que sobre un plano de 920 x 1150 mm emite la lámpara elegida.

Con estos datos se podrán calcular gráficamente los ángulos de inclinación que deberán tener las paredes del reflector.

También es de suma importancia conocer la posición que tendrá la lámpara respecto a la superficie por iluminar.

Para ello se ilustra esquemáticamente.

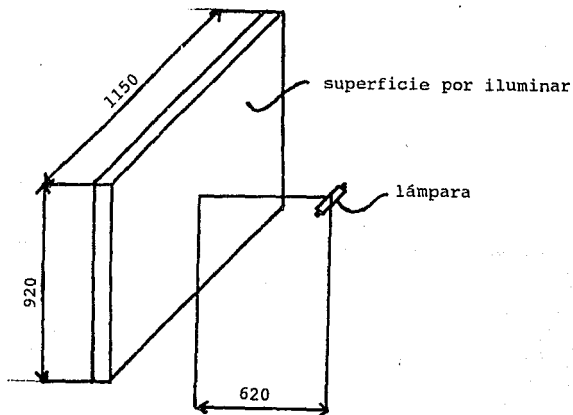


FIG. IV.5.- ILUSTRACION ESQUEMATICA DE LA POSICION DE LA LAMPARA RESPECTO A LA SUPERFICIE POR ILUMINAR. ACOT mm.

El método que se utilizará, es el siguiente:

1) Después de observar las curvas de iluminación de la lámpara desnuda (FIG. IV.3) en una superficie, nos podemos dar cuenta que para lograr una área iluminada de manera uniforme, sería necesario iluminar mediante un reflector a partir de la línea de $2\mu\text{W}/\text{cm}^2$ hacia afuera toda la superficie, luego a partir de la de $1\mu\text{W}/\text{cm}^2$ en adelante y por último a partir de la línea de $0.5\mu\text{W}/\text{cm}^2$.

De esta forma lograríamos que las partes menos iluminadas por la lámpara desnuda, obtuvieran mayor iluminación mediante el reflector.

2) El cálculo de las inclinaciones de las paredes se hará con el método gráfico, por ser éste el método en el cual se perciben con mayor claridad las funciones del reflector, además de ser muy rápido. El procedimiento es como sigue:

a) Dibujar a escala la situación de la lámpara con respecto al plano por iluminar marcando en éste las posiciones de las líneas $\text{iso}\mu\text{W}/\text{cm}^2$.

b) A partir del centro de la lámpara (punto A) trazar un segmento de recta hacia el lugar de donde comienza el reflector (punto B)

c) Desde la posición de la primera línea $\text{iso}\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (de $2.0\mu\text{W}/\text{cm}^2$) trazar otro segmento de recta hacia el punto B.

d) Conociendo el ángulo ABC trazar su bisectriz DB.

- e) Trazar una perpendicular a la bisectriz DB que pase por el punto B (BE)
- f) Partiendo de A (lámpara) trazar un segmento de recta hacia un punto F (AF) que se encuentre sobre el segmento BE.
- g) Trazar una perpendicular a BE que pase por F (FG).
- h) Medir el ángulo AFG y trazar uno igual GFH.
- i) Nombrando como I al punto donde se encuentra la siguiente línea $\text{iso}\mu\text{W}/\text{cm}^2$ y O el origen del plano por iluminar, en caso de que $\text{OH} > \text{OI}$ se considera que esa faceta del reflector cumple las características deseadas y a partir del punto F se trazará la siguiente faceta siguiendo los pasos desde el inicio a).
- j) En caso de que $\text{OH} < \text{OI}$, se repetirán los pasos a partir del inciso f).

A continuación se ilustra el procedimiento y los resultados obtenidos para el perfil del reflector a usar.

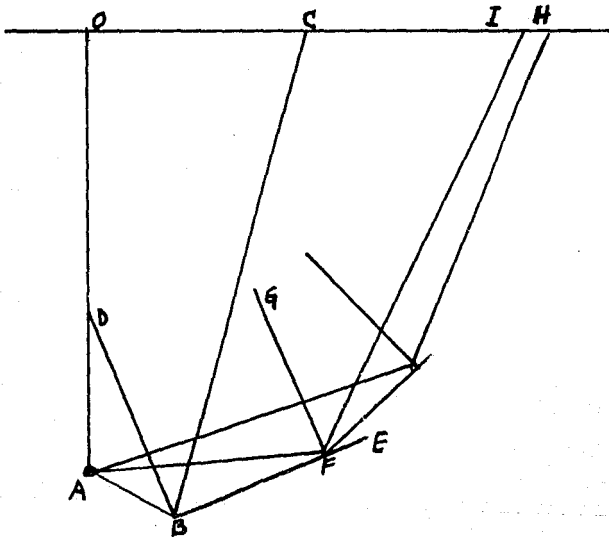


FIG. IV.6.- ILUSTRACION DEL METODO GRAFICO DEL DISEÑO DE REFLECTORES.

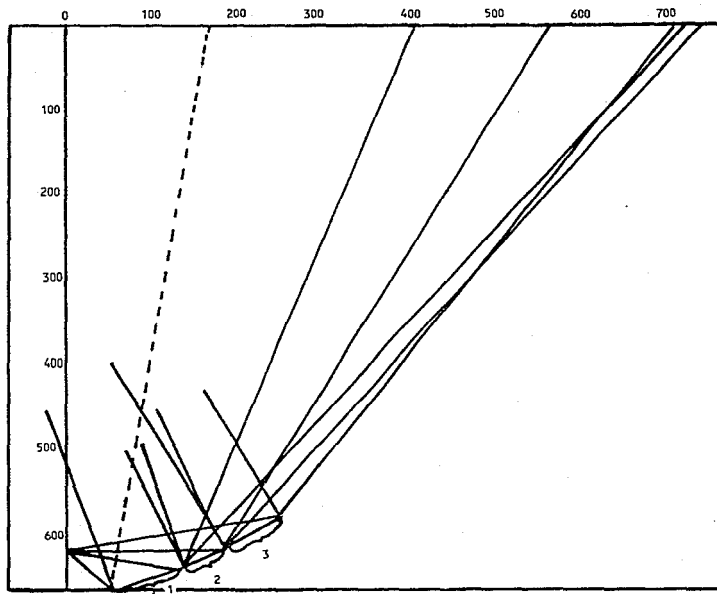


FIG. IV.7.-- DISEÑO GRAFICO DEL REFLECTOR CON TRES FACETAS.
VISTA LATERAL ACOT. mm.

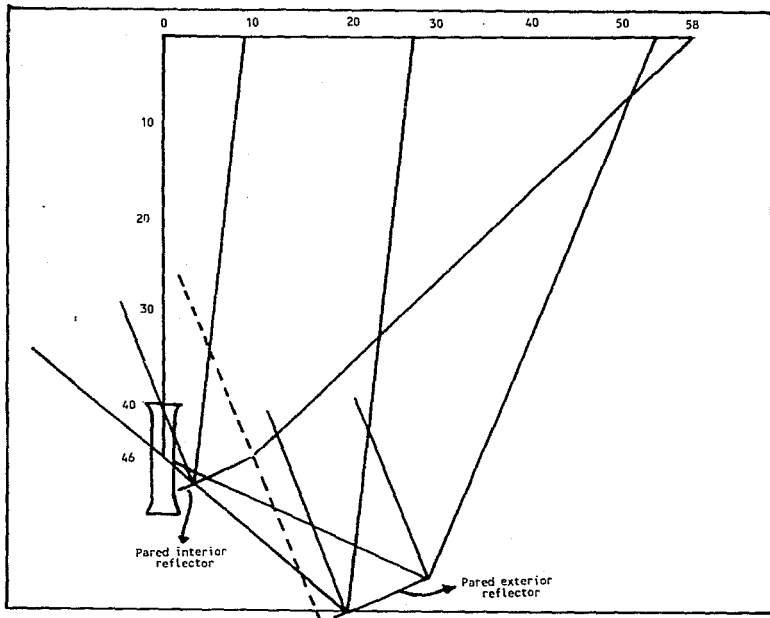


FIG. IV.8.- DISEÑO GRÁFICO DE LAS INCLINACIONES DE LAS PAREDES DEL REFLECTOR. VISTA FRONTAL. ACOT. mm.

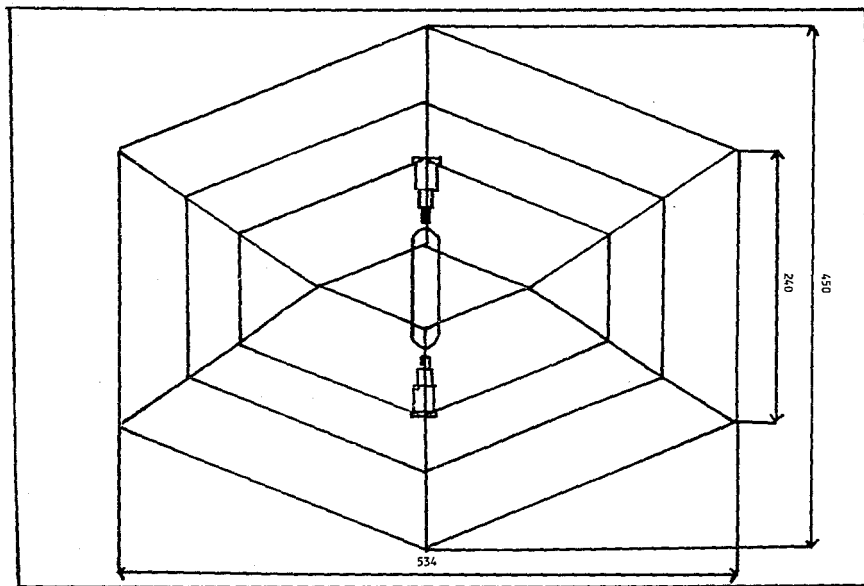


FIG. IV.9.- VISTA DE PLANTA DEL REFLECTOR. ACOT. mm.

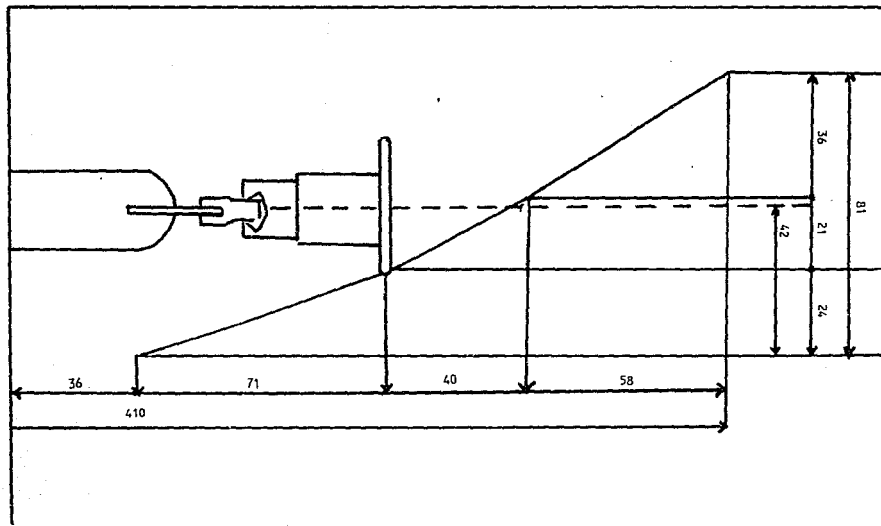


FIG. IV.10.- ENSAMBLE DE LA LAMPARA CON EL REFLECTOR.
VISTA LATERAL. ACOT. mm.

IV.2.4.- BALASTRO.-

Las lámparas HID requieren de un sistema que limite la corriente y provea un voltaje adecuado de encendido y operación.

Las lámparas de vapor de mercurio, comenzarán a emitir luz en el momento el mercurio se vaporice (ya que a temperatura ambiente se encuentra en estado líquido) y todas sus partículas se ionicen.

La rapidez de esta operación depende del voltaje y amperaje iniciales. Esto quiere decir que a mayor voltaje y amperaje inicial, menor tiempo para llegar a la máxima intensidad luminosa.

La única balastro que suministra un alto voltaje y gran amperaje al encender la lámpara y nos permite un encendido instantáneo, es la Sylvania 1000 MTH 22561-ISY Auto-Regulada.

La autorregulación consiste en soportar una variación en el voltaje de entrada de más o menos 10%.

Las características de balastro son las siguientes:

Voltaje de entrada	220 V
Voltaje en el arranque	25 KV
Secundario de operación	175 V
Amperaje de arranque	22 Amp.
Amperaje de operación	8 Amp.
Tiempo para llegar a la máxima intensidad estando la lámpara fría	15seg

La característica importante que hay que tomar en cuenta, son los 25 KV de salida en el secundario. Esto significa que vamos a requerir un cable especialmente aislado para la transmisión de esa cantidad de energía.

Es importante hacer notar que al forzar a la lámpara para encender en forma instantánea, sin precalentamiento previo, ocasiona una disminución considerable en la vida útil de la misma. La vida útil será de tan solo 1,000 hrs. mientras que en condiciones normales oscila entre las 14,000 y 18,000 horas funcionando 5 horas o más por cada encendido. Considerando que cada exposición de lámina litográfica es de 90 seg., la lámpara funcionará en forma apropiada durante 40,000 exposiciones.

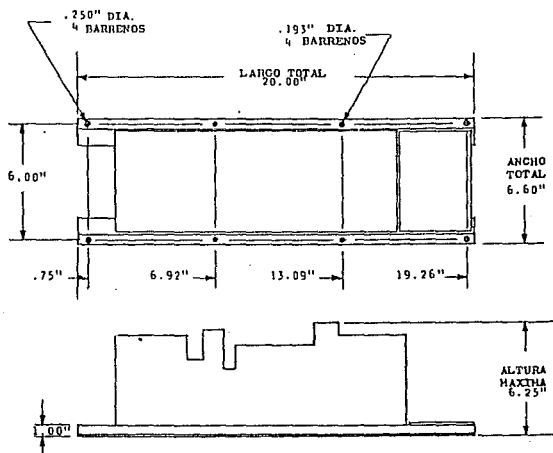


FIG. IV.11.- DIMENSIONES DEL BALASTRO DESNUDO

IV.2.3.- EQUIPO AUXILIAR

De equipo auxiliar, solo se necesita lo siguiente:

- 1) Extractor de Aire
- 2) Cables
- 3) Contactores

IV.2.3.1.- EXTRACTOR DE AIRE.

Como vimos en lo referente a la lámpara, es necesario mantener su temperatura de operación por debajo de los 350°C.

Por esta causa, se pondrá un pequeño extractor de aire de 1/8 H.P. y 127 V directamente atrás de la lámpara para poder mantener la superficie del bulbo con aire frío.

Este ventilador irá conectado mediante una manguera al reflector.

IV.2.3.2.- CABLES.

En lo referente al balastro, se indicó que la corriente de entrada necesaria será en el pico de 22 Amp y durante su operación de 8 Amp. Por esta razón será necesario incluir un cable de 3 polos uso rudo del No. 14 (con capacidad de 15 Amp) para suministrar corriente al balastro.

Asímismo, el voltaje en el secundario alcanza más de 22 KV en el pico con una corriente de 22 Amp. Así que el cable que se conecte a la lámpara con el balastro debe tener estas características. Como es de imaginarse, semejantes corrientes y voltajes son similares a las líneas de alta tensión. Sin embargo existe en el mercado un cable del número 20 con un doble aislamiento que es capaz de trabajar bajo esas condiciones.

IV.2.3.3.- CONTACTORES.

Se requerirá de un contactor de 2P, 16Amp, 220 V, para accionar el balastro.

IV.2.4.- CIRCUITO ELECTRICO

El circuito eléctrico es el siguiente:

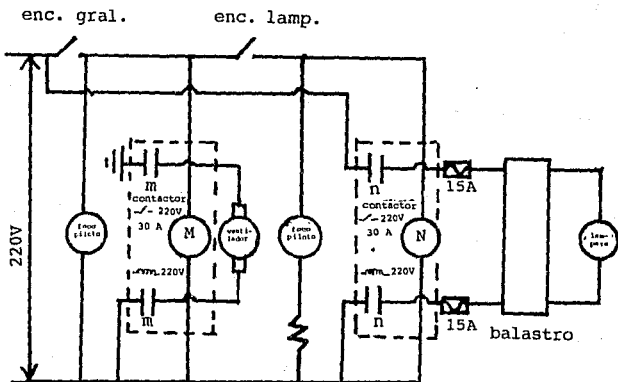


FIG. IV.12.- CIRCUITO ELECTRICO DEL LUMINARIO.

IV.3.4.- GABINETE

Es necesario tener un gabinete con las dimensiones requeridas por las diversas piezas. Además deberá de aumentar o disminuir la altura de la lámpara para poder ajustar el luminario a las dimensiones de los marcos de vacío.

El gabinete será de perfiles de fierro del #18 con forma especial, como se podrá notar en el dibujo. Esto se diseñó con el objeto de poder albergar fácilmente al novopan y la formaica con las cuales se cierran los espacios huecos, logrando así una muy bonita presentación.

Los perfiles serán recubiertos con un esmalte que tiene acabado corrugado-esmaltado, además de mucha resistencia a la corrosión y buena adhesión para evitar raspaduras.

Por razones de comodidad y en caso de ser necesario estar moviendo el luminario, se incluyen rodajas en la base.

Las barras elevadoras serán cromadas como protección al trabajo que desempeñan.

Se requiere que los controles de operación se encuentren alejados del gabinete, para evitar el riesgo de que el operador tenga contacto directo con la Radiación Ultravioleta y corra el peligro de sufrir quemaduras en la piel que pueden degenerar en cáncer o quemaduras en la conjuntiva de los ojos.

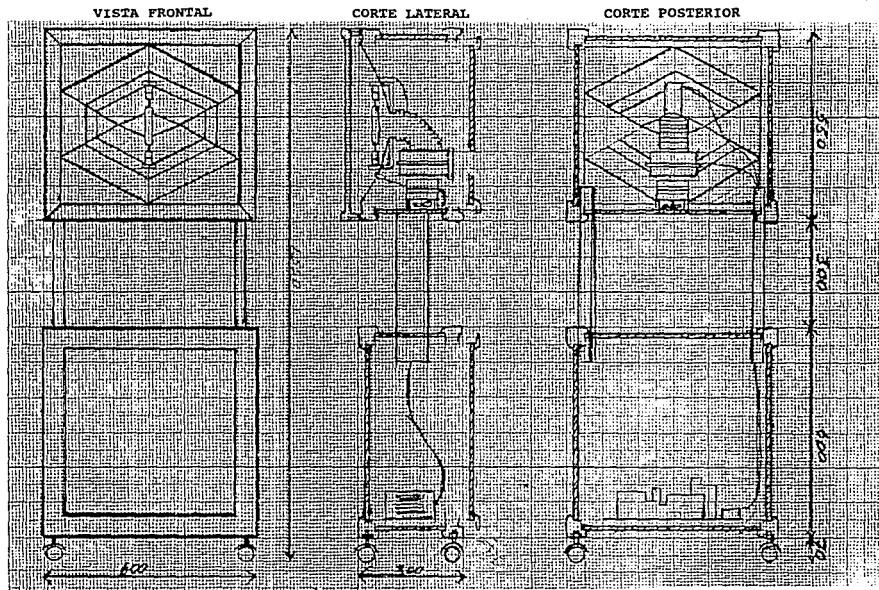


FIG. IV.13.- DIBUJO DEL GABINETE CON SUS TRES VISTAS. ACOT. mm.

CONCLUSIONES

El tipo de energía requerido para hacer reaccionar rápida y eficientemente las emulsiones fotosensibles usadas en el departamento de transporte de matrices de la Industria de las Artes Gráficas, es el ultravioleta. Las lámparas con mayor emisión de este tipo de energía, son las de vapor de mercurio. Sin embargo el tiempo de encendido y reencendido es normalmente muy lento; así que fue necesario encontrar un balastro que mediante una alta tensión y gran corriente inicial, lograra ionizar rápidamente el argón y vaporizar el mercurio.

Teniendo estos elementos se procedió a diseñar un reflector capaz de iluminar de manera uniforme la superficie, un sistema de enfriamiento, un sistema electrónico de control y un gabinete que albergara todo ello.

El presente estudio se llevó a cabo en el año de 1984. En 1985 la compañía GRAFILUX se interesó en el proyecto y lo llevó a la práctica, teniendo los siguientes resultados:

- 1.- El reflector tal como se propuso en la tesis fue imposible de fabricar en forma costeable, por lo que se optó en respetar los mismos ángulos de reflexión pero en lugar de tener forma hexagonal se hizo mediante el proceso de rechazado de aluminio, obteniéndose un reflector redondo. Las pruebas hechas a dicho reflector muestran que la hipótesis de iluminación era correcta. El modelo redondo

presenta la inconveniencia de ciertas zonas oscuras, sin embargo, en el trabajo diario las matrices logradas no han tenido ningún problemas de calidad que amerite la adopción del reflector hexagonal.

2.- El precio de venta al público de este equipo es 50% menor, respecto al luminario de importación.

3.- Gracias al diseño del reflector, el luminario GRAFILUX utiliza lámparas de vapor de mercurio de 1000W mientras que otros sistemas similares, para lograr el mismo tiempo de exposición, necesitan lámparas de 3000W.

4.- El balastro para encendido instantáneo propuesto en la Tesis, permite ahorrar energía ya que los otros luminarios en el mercado necesitan precalentar la lámpara.

5.- Para minimizar los riesgos de operación, GRAFILUX decidió incorporar un tablero de control remoto.

Como se puede apreciar, sí es factible fabricar en México un luminario que permita aumentar la eficiencia del departamento de transporte de matrices en la Industria de las Artes Gráficas.

SIMBOLOGIA

TEORIA ELECTROMAGNETICA DE MAXWELL

E	Valor instantáneo del campo eléctrico
E_m	Amplitud de oscilación del campo eléctrico
ν	Frecuencia de una oscilación electromagnética
t	Tiempo
x	Distancia medida a lo largo del eje (x)
v	Velocidad
B	Valor instantáneo del campo magnético
B_m	Amplitud de oscilación del campo magnético
S	Potencia por unidad de área de una oscilación electromagnética
H_m	Intensidad del campo magnético
c	Velocidad de la luz
n	Índice de refracción del material
μ_0	Permeabilidad del vacío

TEORIA CORPUSCULAR DE EINSTEIN:

E	Energía de la partícula
h	Constante de Planck
p	Momentum de la partícula
λ	Longitud de onda del movimiento ondulatorio de la partícula

TEORIA DE LA ILUMINACION

- B Brillo fotométrico en lamberts
- D Distancia en metros de la fuente a la superficie iluminada
- E Nivel de iluminación en lux
- F Flujo de lúmenes
- I Intensidad luminosa en candelas
- MSCP Mean Spherical candle power (potencia medida en candelas de una fuente en todas direcciones).
- r Factor de reflexión
- S Superficie en metros cuadrados
- s Superficie en centímetros cuadrados
- x Angulo de incidencia

BIBLIOGRAFIA

Philps.

Manual de Alumbrado

Praninfo S.A., Madrid España, 1988, 327 pp. ills.

Rámirez Vázquez, José.

Sistemas de Iluminación Proyectos de Alumbrado.

Biblioteca CEAC de Electricidad.

Ed. CEAC S.A., Barcelona España, 1987, 226 pp. ills.

Westinghouse.

Manual de Alumbrado.

Editoril. Dossat S.A. Madrid, España, 1980, 255 pp. ills.

Carranza Castellanos, Emilio.

Luminotecnia y sus aplicaciones.

Editorial Diana, Mexico D.F., 1981, 190 pp. ills.

Dawes, Chester L..

Tratado de Electricidad, Tomo segundo. Corriente Alterna.

Ediciones G. Gili, S.A., Mexico D.F., 1979, 735 pp. ills.

Karch, Randolph

Manual de Artes Gráficas.

Editorial Trillas, Mexico D.F., 1981, 165pp. ills.

Parramón, J. Ma. Cantó J. Ma.

Artes Gráficas para Dibujantes y Técnicos Publicitarios.

Colección "Aprnder Haciendo-Grafismo"

Instituto Parramón Ediciones S.A., Barcelona, España, 1980, 127pp. ills.

Classtone, Samuel

Principles of Photochemistry

Partington Inc., N.Y., E.U.A., 1966, 179 pp, ills.

Fruton, Joseph

General Photochemistry.

Penguin Books, Londres, Inglaterra, 1967, 1130 pp. ills.

Honic,, Jurgen et. al.

Photochemistry

Holmyard Corp., Londres, Inglaterra, 1969, 322 pp.