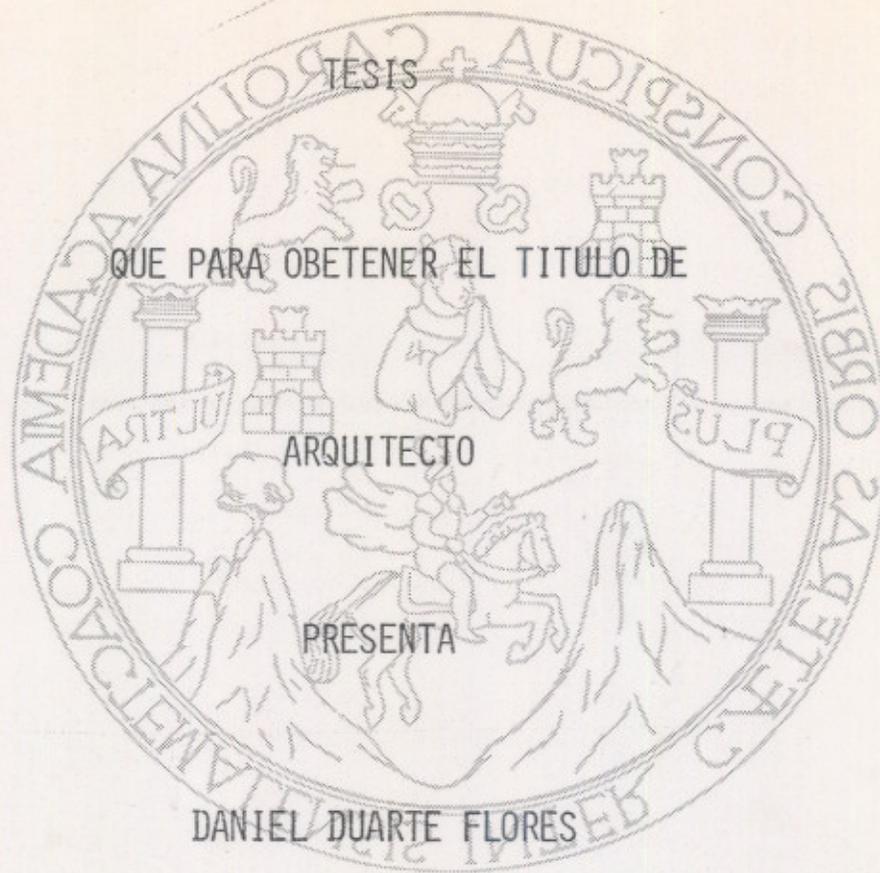


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA

"INSTALACIONES ELECTRICAS EN ARQUITECTURA"



ABRIL DE 1994

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

DL  
02  
T(597)

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA

DECANO	Arq. Julio René Corea y Reyna
SECRETARIO	Arq. Byron Rabé
VOCAL 2°	Arq. Jorge Uclés
VOCAL 3°	Arq. Miguel Angel Zea
VOCAL 5°	Arq. Silvia Morales

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Arq. Eduardo Aguirre
SECRETARIO	Arq. Herber Paredes
EXAMINADOR	Arq. Jorge Escobar
EXAMINADOR	Arq. Luis Fernando Salazar
EXAMINADOR	Ing. Marco Tulio Ventura

DEDICO ESTE ACTO A:

DIOS                            Todo Poderoso, el Arquitecto de mi vida

MIS PADRES                    Daniel Duarte Orizabal ( Q.E.P.D. )  
                                  Maria Concepcion Flores Vda. de Duarte  
                                  Profundo reconocimiento por sus esfuerzos

A MI ESPOSA                    Jeanneth Lopez de Duarte  
                                  Con Todo mi Amor

A MIS HERMANDOS                Dr. Mario Duarte Flores  
                                  Aracely Duarte Flores  
                                  Dr. Julio Rene Duarte Flores  
                                  Manuela Garcia de Duarte  
                                  Teresa Romero de Duarte

A MIS SOBRINOS                 Paloma Manuela  
                                  Cristian Omar  
                                  Mario Andres  
                                  Carmen Maria  
                                  Melody  
                                  Daniela  
                                  Leda Mariel  
                                  Claudia  
                                  German Enrique  
                                  Julio Rene

DEDICADO ESTA TESIS:

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA FACULTAD DE ARQUITECTURA

AL COLEGIO SALESIANO DON BOSCO

A LA CIUDAD DE GUATEMALA

A LA CIUDAD DE HOUSTON

A ROY HARPER A.I.A. & ASSOCIATES

Al Arq. Luis Eduardo Eskenasy: Por la asesoria prestada.

A la Arq. Magaly Soto: Por su asesoria, colaboracion y amistad.

Al Arq. Fernando Salazar: Por su asesoria, colaboracion y amistad.

Al Arq. Carlos Rigalt: Por sus conocimientos.

A Roy Harper AIA, Arch. Por su amistad y la oportunidad de desarrollarme profesionalmente.

C O N T E N I D O

# C O N T E N I D O :

## 1. INTRODUCCION

## 2. CONCEPTOS BASICOS DE ELECTRICIDAD:

### 2.1. ELECTRICIDAD

### 2.2. CONDUCTORES Y AISLADORES

### 2.3. UNIDADES DE MEDIDA

2.3.1. Unidad de intensidad de corriente: (Amperio)

2.3.2. Unidad de Potencial Eléctrico: (Voltio)

2.3.3. Unidad de Resistencia (Ohmio)

### 2.4. LEY DE OHM

### 2.5. UNIDAD DE POTENCIA: (Vatio)

### 2.6. ENERGIA O TRABAJO CONSUMIDO: (Vatio-Hora)

## 3. MATERIALES Y ACCESORIOS ELECTRICOS:

### 3.1. CONDUCTORES ELECTRICOS:

3.1.1. Hilos o Alambres

3.1.2. Cables

### 3.2. TUBOS Y CONDUCTOS:

3.2.1. Instalaciones visibles (no ocultas)

3.2.2. Instalaciones ocultas

3.2.2.1. Tubería Metálica

3.2.2.2. Tubería Plástica

### 3.3. ACCESORIOS DE INSTALACION

3.3.1. Cajas

3.3.2. Conectores

### 3.4. UNIDADES ELECTRICAS Y PLACAS:

3.4.1. Lámparas

3.4.2. Portalámparas: plafoneras, sockets, etc.

3.4.3. Placas

### 3.5. TABLEROS DE DISTRIBUCION:

### 3.6. FUSIBLES O FLIP-ONES:

3.7. CAJAS PARA CONTADORES:

#### 4. TEORIA Y FUNDAMENTOS DE ILUMINACION:

4.1. ORIGEN DE LA LUZ:

4.2. TEORIA DE LA LUZ:

4.3. FUENTES LUMINOSAS DE LUZ ARTIFICIAL:

4.4. PROPIEDADES FISICAS DE LA LUZ:

- 4.4.1. Difusión de la luz
- 4.4.2. Polarización de la luz
- 4.4.3. Absorción de la luz
- 4.4.4. Transmision de la luz
- 4.4.5. Refracción de la luz
- 4.4.6. Reflexión de la luz

4.5. EFECTOS DE LAS FUENTES LUMINOSAS:

4.6. UNIDADES DE MEDIDA EN ILUMINACION:

- 4.6.1. Unidad de intensidad lumínica: Candela o Bujía (cd)
- 4.6.2. Unidad de flujo luminoso: Lumen (lm) ó ( $\emptyset$ )
- 4.6.3. Unidad de iluminación o iluminancia: Lux (E) ó (lx)

4.7. LA LUZ COMO ENERGIA RADIANTE:

4.8. ILUMINACION EN ARQUITECTURA:

4.9. DISTRIBUCION DE LA LUZ:

4.10. EL COLOR EN LA ILUMINACION:

- 4.10.1. Uso de los colores

4.11. FUENTES DE LUZ O LAMPARAS:

- 4.11.1. Lámparas de Incadescencia
- 4.11.2. Lámparas Flouorescentes
- 4.11.3. Elección: entre los alumbrados incandesc. y fluoresc.
- 4.11.4. Lámparas de vapor de mercurio de alta intensidad
- 4.11.5. Lámparas de haluros metálicos
- 4.11.6. Lámparas de vapor de sodio a alta presión
- 4.11.7. Lámparas halógenas

4.12. LUMINARIAS Y OTROS EQUIPOS:

- 4.12.1. Proyectoros
- 4.12.2. Sistemas de alumbrado con riel electrificado
- 4.12.3. Sets de carriles electrificados
- 4.12.4. Lámparas para sistemas de techos modulares
- 4.12.5. Lámparas y apliques de pared
- 4.12.6. Bañador de pared sencillo



- 4.12.7. Bañador de pared doble
- 4.12.8. Lámparas de colgar
- 4.12.9. Lámparas de pie
- 4.12.10. Lámparas de sobremesa
- 4.12.11. Atenuadores o reguladores de luz (dimers)

## 5. DISEÑO Y CALCULO DE ILUMINACION:

### INTRODUCCION:

#### 5.2. DEFINICION DEL PROBLEMA DE ILUMINACION:

- 5.2.1. Dimensiones físicas y forma del area
- 5.2.2. Diseño arquitectónico y detalles estructurales
- 5.2.3. Uso del espacio para el que va a ser destinado
- 5.2.4. Tipo y grado de severidad de visión

#### 5.3. METODOS DE ILUMINACION:

- 5.3.1. Iluminación localizada
- 5.3.2. Iluminación General
- 5.3.3. Iluminación combinada
- 5.3.4. Modelos o formas de distribución de iluminación:
  - 5.3.4.1. Directo
  - 5.3.4.2. Semi-directo
  - 5.3.4.3. General difuso (mixto)
  - 5.3.4.4. Semi-indirecto
  - 5.3.4.5. Indirecto
- 5.3.5. Efecto visual
- 5.3.6. Intensidad de la iluminación
- 5.3.7. Niveles de iluminación
- 5.3.8. Aparatos de alumbrado o luminarias
- 5.3.9. Normas en los sistemas o modelos de alumbrado
- 5.3.10. Normas para proyectos de iluminación
- 5.3.11. Datos necesarios para diseño y cálculo de iluminación
- 5.3.12. Diseño y calculo de iluminación:
  - 5.3.12.1. Selección del nivel lumínico (lux)
  - 5.3.12.2. Selección del sistema de alumbrado y del tipo de luminaria
  - 5.3.12.3. Situación de las luminarias
  - 5.3.12.4. Índice de local
  - 5.3.12.5. Determinación del coeficiente de utilización (Cu)
  - 5.3.12.6. Estimación del factor de conservación (fc)
- 5.3.13. Un proyecto corriente de alumbrado

## 6. METODOLOGIA DE DISEÑO Y CALCULO DE INSTALACIONES ELECTRICAS:

### 6.1. INTRODUCCION:

- 6.1.1. Analisis de la función
- 6.1.2. Selección del sistema de distribución
- 6.1.3. Determinación de areas
- 6.1.4. Cálculo lumínico
- 6.1.5. Localización y cuantificación de unidades eléctricas
- 6.1.6. Elección de la tubería
- 6.1.7. Diseño y distribución de la tubería
- 6.1.8. Diseño y distribución de los alambres
- 6.1.9. Determinación de el diámetro de la tubería
- 6.1.10. Estimación de la carga de cada unidad
- 6.1.11. Determinación de grupos de unidades o circuitos
- 6.1.12. Determinación de la carga para unidades de 240 V.
- 6.1.13. Cálculo del calibre o sección del conductor o alambre a usarse
- 6.1.14. Diseño del tablero de distribución
- 6.1.15. Cálculo del calibre del alambre y tubería de la acometida

## 7. SIMBOLOGIA, REPRESENTACION GRAFICA Y ESQUEMAS DE INSTALACION:

### 7.1. INTRODUCCION:

### 7.2. SIMBOLOGIA:

### 7.3. CIRCUITOS BASICOS:

- 7.3.1. Representación gráfica, circuito de acometida contador, tablero de distribución
- 7.3.2. Representación gráfica de un foco en el cielo con su interruptor
- 7.3.3. Esquema del alambrado y conexión del circuito anterior: foco en el cielo con su interruptor
- 7.3.4. Representación gráfica de foco en el cielo con su interruptor y un tomacorriente
- 7.3.5. Esquema del alambrado y conexión del circuito anterior: foco, interruptor y tomacorriente
- 7.3.6. Representación gráfica de un foco en el cielo con dos interruptores 3 way
- 7.3.7. Esquema de alambrado y conexión del circuito anterior: Foco en el cielo con dos interruptores 3 way

8. ASPECTOS ARQUITECTONICOS PRIMARIOS  
EN EL DISEÑO ELECTRICO:

- 8.1. INTRODUCCION
- 8.2. EJEMPLO N° 1
- 8.3. EJEMPLO N° 2
- 8.4. EJEMPLO N° 3
- 8.5. EJEMPLO N° 4
- 8.6. EJEMPLO N° 5
- 8.7. EJEMPLO N° 6
- 8.8. EJEMPLO N° 7
- 8.9. EJEMPLO N° 8
- 8.10. EJEMPLO N° 9
- 8.11. EJEMPLO N° 10
- 8.12. EJEMPLO N° 11
- 8.13. EJEMPLO N° 12
- 8.14. EJEMPLO N° 13
- 8.15. EJEMPLO N° 14
- 8.16. EJEMPLO N° 15
- 8.17. EJEMPLO N° 16
- 8.18. EJEMPLO N° 17
- 8.19. EJEMPLO N° 18
- 8.20. EJEMPLO N° 19
- 8.21. EJEMPLO N° 20
- 8.22. EJEMPLO N° 21
- 8.23. EJEMPLO N° 22
- 8.24. EJEMPLO N° 23
- 8.25. EJEMPLO N° 24

8.26. EJEMPLO N°25

8.27. EJEMPLO N°26

8.28. EJEMPLO N°27

## 9. EJEMPLO TIPICO DE DISEÑO Y CALCULO DE INSTALACIONES ELECTRICAS:

9.1. INTRODUCCION:

9.2. FUNCION DEL PROYECTO:

9.3. ELECCION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION:

9.4. DETERMINACION DE AREAS: (Para cálculo lumínico)

9.5. CALCULO LUMINICO:

9.5.1. Selección de nivel lumínico

9.5.1. Selección de lámparas y sistema de alumbrado

9.6. LOCALIZACION DE UNIDADES ELECTRICAS:

9.7. DISEÑO Y DISTRIBUCION DE TUBERIA: (Circuito de iluminación)

9.7.-A DISEÑO Y DISTRIBUCION DE TUBERIA: (Circuito de Fuerza)

9.8. DISEÑO Y DISTRIBUCION DE ALAMBRADO: (Circuito de iluminación)

9.8.-A DISEÑO Y DISTRIBUCION DE ALAMBRADO: (Circuito de Fuerza)

9.9. ESTIMACION DE LA CARGA Y SELECCION DE CIRCUITOS: (Para 120 V.)

9.9.1. Circuito de iluminación: (lámparas y otros)

9.9.2. Circuito de fuerza: (Tomacorrientes)

9.9.3. Circuito de calentador para ducha

9.10. ESTIMACION DE LA CARGA Y SELECCION DE CIRCUITO: (Para 240 V)

9.10.1. Circuito para estufa eléctrica

9.11. CALCULO DEL CALIBRE O SECCION DEL CONDUCTOR O ALAMBRE A USARSE:

9.11.1. Circuito de iluminación

9.11.2. Tubería a usarse en circuito de iluminación: (Tipo y Ø)

- 9.11.3. Circuito de fuerza
- 9.11.4. Tubería a usarse en circuito de fuerza: (Tipo y  $\emptyset$ )
- 9.11.5. Circuito de calentador
- 9.11.6. Tubería a usarse en circuito de calentador: (Tipo y  $\emptyset$ )
- 9.11.7. Circuito para estufa eléctrica: (240 V.)
- 9.11.8. Tubería a usarse en circuito de estufa eléctrica: (Tipo y  $\emptyset$ )

9.12. DISEÑO DE TABLERO DE DISTRIBUCION:

9.13. CALCULO DEL CALIBRE O ALAMBRE DE ACOMETIDA:

9.14. CUANTIFICACION DE MATERIALES:

## 10. BIBLIOGRAFIA:

1. INTRODUCCION

## 1. I N T R O D U C C I O N:

La gran utilidad y el enorme consumo de la electricidad han hecho que esta forma de energía nos sea totalmente familiar. Hay que señalar, sin embargo, que en Arquitectura a menudo no se le da la importancia que merece, por lo que en muchos casos se ve sacrificada la función de los sistemas de servicio por la no existencia de un análisis previo en el diseño formal de un edificio o vivienda.

Los objetivos del presente estudio es que el estudiante de arquitectura o Arquitecto aclare una serie de términos teóricos y prácticos de electricidad en el campo de la Arquitectura.

Actualmente existe una gran cantidad de bibliografía acerca de este tema, pero también existe la necesidad de documentación que reuna por si sola, todo lo que al tema de electricidad se refiere, principalmente en el campo de la Arquitectura.

El presente trabajo pretende reunir todo conocimiento de electricidad que el Arquitecto de nuestro medio necesita saber, incluyendo normas y requisitos que le lleven a definir espacios, ductos, localización de accesorios, etc. que van a ser parte formal en la vivienda o edificio que este diseñando. Estableciendo de esta forma, lineamientos generales de diseño, cálculo y dibujo de instalaciones eléctricas.

Esto no quiere decir que el campo de la electricidad e instalaciones eléctricas, se limite a los presentes conocimientos. Ya que no se abordará en gran detalle algunos conceptos, por ejemplo, instalaciones industriales o instalaciones de tipo especial o complejo. Siendo este campo de un profesional mas especializado.

## 2. CONCEPTOS BASICOS DE ELECTRICIDAD

## 2. CONCEPTOS BASICOS DE ELECTRICIDAD:

### 2.1. ELECTRICIDAD:

Cuando decimos "electricidad", estamos hablando en términos muy amplios de una forma de energía que puede realizar muchas clases diferentes de trabajo, cuyo resultado final es tan variado como lo son los de cualquier tipo de energía.

La energía eléctrica es en la actualidad usada corrientemente para el suministro de luz, calor, accionamiento de aparatos, transmisión de mensajes, transporte, sonido, etc. Para llegar a conseguir estos resultados es indispensable que circule la corriente eléctrica por un circuito o conductor, el cual lleva esta energía desde el punto en que se produce, por medio de redes de distribución, hasta el punto en que es aprovechada.

### 2.2. CONDUCTORES Y AISLADORES:

Para la transmisión de la electricidad es necesario servirse de conductores y aisladores.

Los materiales que no ofrecen resistencia al flujo de la corriente se llaman "conductores".

Son buenos conductores eléctricos: el cobre, aluminio y plata.

Los materiales que ofrecen poca o ninguna resistencia al flujo de la corriente eléctrica se llaman "aisladores".

Son buenos aisladores eléctricos: la mica, porcelana, hule, madera y caucho.

El mejor ejemplo de conductores sería: los cables y alambres y el de aisladores: el forro de los mismos.

### 2.3. UNIDADES DE MEDIDA:

#### 2.3.1. UNIDAD DE INTENSIDAD DE CORRIENTE: EL AMPERIO (AMPER) "A"

El amperio se define como el paso de un número determinado de electrones por una sección de un conductor en un segundo. Su símbolo es la letra "A".

#### 2.3.2. UNIDAD DE POTENCIAL ELECTRICO: EL VOLTIO (VOLT) "V"

El volt es la fuerza electromotriz (f.e.m.), necesaria para hacer circular una corriente de determinado amperaje a través de un conductor. Su símbolo es la letra "V".

### 2.3.3. UNIDAD DE RESISTENCIA: EL OHMIO (OHM) " $\Omega$ "

El ohmio se define como la resistencia de un conductor que permite que una fuerza electromotriz de un voltio produzca una corriente de un voltio. Su simbolo es la letra " $\Omega$ ".

### 2.4. LEY DE OHM :

La ley de ohm dice que: La intensidad "I" que circula a través de un conductor de resistencia "R" es directamente proporcional al voltaje "V" que la hace circular. Se expresa mediante la ecuación:

$$I = \frac{V}{R} \text{ y sus variantes: } R = \frac{V}{I} \text{ , } V = I \times R$$

Donde: I = Intensidad de corriente, en amperios.

V = Fuerza electromotriz, en voltios.

R = Resistencia, en ohmios.

### 2.5. UNIDAD DE POTENCIA Y ENERGIA: EL VATIO (watt) "W".

La unidad de potencia eléctrica es el vatio ("W"). Otra unidad mayor es el kilovatio, equivalente a 1000 vatios (KW). La potencia W en cualquier aparato eléctrico, en el cual el elemento activo tiene una resistencia "R", y por el cual circula una corriente "I", viene dada por la fórmula.:

$$W = R \times I^2 \text{ y su variante } W = V \times I$$

Donde : W viene dada en vatios.

R en Ohmios.

V en voltios.

I en amperios.

### 2.6. ENERGIA O TRABAJO CONSUMIDO: VATIO-HORA (WATT-HORA).

La energía o trabajo consumido es igual a la potencia multiplicada por el tiempo de aplicación de la misma. Se expresa generalmente en vatios-Hora o kilovatios-Hora.

Un vatio-Hora es la energía producida por una potencia de un vatio disipada en un segundo, suministrada en una hora.

Un kilovatio-hora es igual a la de 1000 vatios durante una hora.

3. MATERIALES Y ACCESORIOS ELECTRICOS

### 3. MATERIALES Y ACCESORIOS ELECTRICOS:

#### 3.1. CONDUCTORES ELECTRICOS:

Los conductores eléctricos constan, generalmente, de una parte metálica interior, conductora, y de una o varias capas de aislantes diversos. La parte interior puede ser hilo o cable; conviene dejar bien aclarada la diferencia entre uno y otro.

Los hilos y los cables se expresan por su sección en milímetros cuadrados según se muestra en la tabla 6.1. del inciso 6.1.9., refiriéndose estos mismos a un número determinado de la galga, según se muestra también en la misma tabla.

##### 3.1.1. ALAMBRES O HILOS:

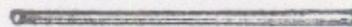
Llamaremos hilo o también alambre a toda varilla delgada y estirada de metal, entendiéndose por "delgada", que su longitud es muy grande en comparación con su diámetro.

Por su forma estos pueden clasificarse en la forma siguiente:

- a. Simple: o unipolar, o sea que es un solo hilo, que puede ir forrado o desnudo (ver figura).

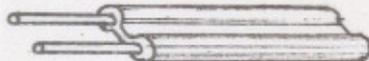


FORRADO

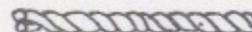


DESNUDO

- b. Duplex: Bipolar o paralelo, en este van dos hilos en forma paralela o trenzado (ver figura)



PARALELO



TRENZADO

- c. Triplex: Este tipo lleva tres hilos en forma paralela (ver figura).



TRIPLEX

##### 3.1.2. CABLES:

Llamaremos cable a un conductor compuesto de un grupo de hilos o de una combinación de grupos de hilos, trenzados o retorcidos juntos y recubiertos de una misma capa exterior aislante.

Por su forma los cables pueden clasificarse, así como los alambres, de la manera siguiente:

- a. Simples: O unipolares, o sea que es un solo grupo de hilos, que puede ir forrado o desnudo. La figura es como la de los alambres simples, con la diferencia de que en lugar de un solo hilo, como el alambre es un grupo de hilos de diámetro pequeño, en relación al diámetro total del cable.
- b. Duplex: Bipolar o paralelo, en este van dos grupos de hilos en forma paralela o trenzada (*Ver figura en alambres duplex*).
- c. Triplex: Este tipo lleva tres grupos de hilos en forma paralela (*Ver figura similar en alambres duplex*).

La ventaja fundamental del cable sobre el alambre es su flexibilidad; por ejemplo, un alambre # 10 es mucho más rígido que el cable de la misma sección y, por lo tanto, más difícil de instalar.

### 3.1.3. MATERIALES AISLANTES:

Excepto en las conducciones eléctricas al aire libre, los conductores van aislados, empleándose como aislantes la seda, el algodón, el yute, el cáñamo, el papel, la goma natural o vulcanizadas, las resinas sintéticas, etc. y, generalmente, se emplean varias sustancias aislantes a la vez para un mismo conductor.

Además de estas sustancias aislantes, se añaden a veces sustancias metálicas debidamente aisladas del material conductor; cuando esto sucede, se dice que el conductor es armado. El armado puede consistir en otro cable compuesto de hilos de acero, en cuyo caso, se aumenta la resistencia mecánica del conductor o bien en una camisa exterior de plomo, cuya misión es preservar de la humedad al conjunto del cable.

### 3.1.4. MATERIALES CONDUCTORES:

Excepto en algunas aplicaciones particulares, los únicos materiales conductores empleados en instalaciones eléctricas son el cobre y el aluminio. El cobre tiene mejores propiedades eléctricas que el aluminio y por ello se empleaba hasta ahora casi exclusivamente en las instalaciones eléctricas; modernamente sin embargo, empieza a utilizarse el aluminio que resulta más económico.

El *Cobre* es un metal muy maleable, ductul de color rojizo. Puede ser fundido, forjado, laminado y estirado. Y su resistencia específica, comparada con otros metales es bastante pequeña, siendo esta de 0.016 ohmios por milímetro cuadrado.

El cobre se presenta en el comercio en dos formas diferentes: Cobre duro y cobre recocido. El *Cobre Duro* es el que se obtiene por trefilado; es duro y resistente pero se trabaja con dificultad, por lo que solamente se emplea en tendido de líneas aéreas y en conexiones rígidas tales como tornillos, mordazas, etc. El *Cobre recocido* se obtiene a partir del cobre duro, calentándolo en condiciones adecuadas para evitar indeseables oxidaciones, hasta temperaturas de 600°C. Es blando y más dúctil que el cobre duro y se trabaja con más facilidad pero tiene menor resistencia mecánica; se le emplea sobre todo en conductores para instalaciones interiores.

El *Aluminio* es un metal maleable, dúctil, de color blanco plateado. Puede trabajarse fácilmente por laminación, estirado, fundición, forjado y mecanizado en máquinas. Su resistencia específica es de 0.028 ohmios por metro y por milímetro cuadrado.

Para comparar el cobre y el aluminio se tendrá en cuenta lo siguiente:

1° El peso de un conductor de cobre es 3.3 veces mayor que el de un conductor de aluminio.

2° El Aluminio tiene una resistividad (o resistencia específica) de 1.64 veces mayor que la del cobre.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, obtendremos los siguientes resultados:

a. *Para conductores de igual sección:*

Peso del cobre: 3.3 veces peso del aluminio

Peso del aluminio: 0.303 veces peso del cobre

Resistencia eléctrica Cobre: 0.61 veces resistencia del aluminio

Resistencia eléctrica aluminio: 1.64 veces resistencia del cobre

b. *Para conductores de igual resistencia eléctrica:*

Peso del cobre: 2 veces peso del aluminio

Peso del aluminio: 0.5 veces peso del cobre

Sección del cobre: 0.61 veces sección aluminio

Sección del aluminio: 1.64 veces sección cobre

c. *Para conductores de igual peso:*

Sección Cobre: 0.303 veces sección aluminio

Sección aluminio: 3.3 veces sección cobre

Resistencia eléctrica Cobre: 2 veces resistencia del aluminio

Resistencia eléctrica aluminio: 0.5 veces resistencia cobre

Con estas relaciones podemos encontrar, en cada caso el equivalente de conductores de uno y otro metal que hayan de cumplir condiciones dadas. Por ejemplo para encontrar un cable de aluminio, cuyo peso sea igual que el del cable de cobre de 16 mm<sup>2</sup>,

tendremos:  $16 \times 3.3 = 53 \text{ mm}^2$

### 3.1.5. CLASIFICACION DE ALAMBRES Y CABLES (según PHELPS DODGE DE C.A.)

#### 3.1.5.1. Alambres y cables desnudos:

*Aplicación:* Se utilizan para conducción de energía eléctrica en instalaciones aéreas, sistemas de tierra y como componentes de productos más elaborados.

*Características:* Son fabricados con cobre electrolítico de 99.9% de pureza y se clasifican según los tres tipos denominados: duro, semiduro, y suave; estando sujetos a las normas nacionales e internacionales de calidad.



ALAMBRES Y CABLES DESNUDOS

#### 3.1.5.2. Alambres y cables para intemperie:

*Aplicación:* Se utilizan en líneas aéreas para transmisión de energía eléctrica en sistema de alumbrado, redes de distribución secundaria y acometidas.

*Características:* Estos conductores están forrados con una cubierta exterior de polietileno negro que protege contra contacto directo por accidente e impide la formación de arcos eléctricos cuando dos conductores están sobre una misma rama mojada o casos semejantes. Esta cubierta exterior da al cable inmejorables condiciones de resistencia a la intemperie, como exposición a la luz solar, humedad, calor, etc. Su resistencia a la abrasión es característica por lo que sustituye con ventaja a los conductores forrados que llegan a deshilacharse dejando el cable desnudo.

*Construcción:* Conductor de cobre semiduro o suave, sólido o cableado. Recubrimiento de polietileno de alta o baja intensidad.



ALAMBRES Y CABLES PARA INTEMPERIE

### 3.1.5.3. Alambres y cables para edificaciones TIPO TW:

*Aplicación:* Aplicación general. Sistemas de alambrado eléctrico en edificaciones, conexiones de tableros, controles, etc. En lugares húmedos o secos siempre que la temperatura del cobre no exceda de 60°C y el voltaje de 600 voltios.

*Características:* Alta resistencia dieléctrica, resistente a la humedad, productos químicos, calor, grasas y ácidos. Terminación compacta, lubricados para facilitar su instalación dentro de las tuberías eléctricas.

*Colores:* Blanco, negro, rojo, azul, amarillo, verde, café y gris.

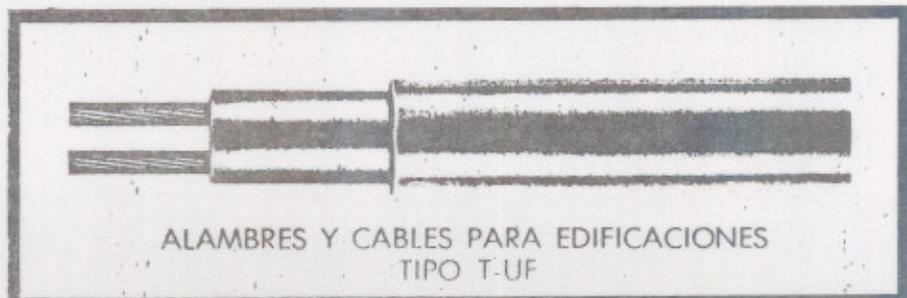
*Construcción:* Conductor de cobre, sólido o cableado, con aislamiento de cloruro de polivinilo (PVC).



### 3.1.5.4. Alambres y cables para edificaciones TIPO T-UF:

*Aplicación:* Uso rudo para edificaciones rurales, líneas aéreas y directamente enterrado en los casos en que lo permita el reglamento de instalaciones eléctricas. Uso general a la intemperie. Lugares húmedos o secos. Limitado a 600 voltios. y 60°C. de temperatura en el conductor.

*Características:* Resistencia al calor, ácidos, aceites y grasas, abrasión, humedad e impacto. No propaga la flama. Magníficas propiedades eléctricas y retención de las mismas aún después de prolongado uso.



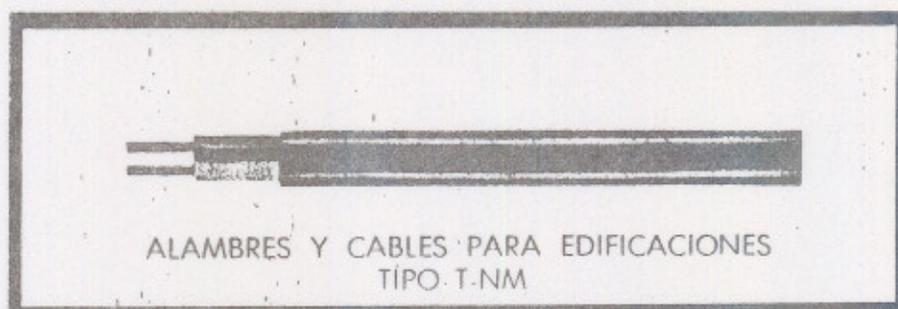
*Construcción:* Conductores de cobre en alambre o en forma de cable con aislamiento de cloruro de polivinilo (PVC). Uno, dos o tres conductores colocados en paralelo. Chaqueta exterior de cloruro de polivinilo (PVC), cubriendo los intersticios entre los conductores para tener una superficie plana. (ver figura).

### 3.1.5.5. Alambres y cables para edificaciones TIPO T-NM:

*Aplicación:* Sistemas de alambrado en general, para casas edificaciones rurales, tiendas, almacenes y talleres. Líneas auxiliares de alimentación y circuitos derivados. Lugares secos, húmedos o corrosivos. Limitado a 60°C y 600 Voltios.

*Características:* Resistente al calor, ácidos, aceites y grasas, abrasión y humedad. No propaga la flama. Magníficas propiedades eléctricas y retención de las mismas aún después de un prolongado uso.

*Construcción:* Uno, dos o tres conductores de cobre, sólido o cableado con aislamiento de cloruro de polivinilo (PVC). Dos o tres conductores con o sin conductor neutro, colocados en paralelo. Chaqueta exterior de cloruro de polivinilo (PVC).



### 3.1.5.6. Cables concentricos de cobre para acometida aérea

TIPOS TT y TE:

*Aplicación:* Cable concéntrico espiral o trenzado para servicio de acometida aérea a medidores y salidas de estos a interruptores de servicio. Este cable puede operarse hasta 600 voltios y una temperatura no mayor de 60°C en el conductor.

*Características:* El cloruro de polivinilo utilizado en la fabricación de este cable tiene magníficas propiedades eléctricas y mecánicas. Retiene las mismas después de prolongado uso. Prácticamente indestructible expuesto a la intemperie.

*Construcción:* El conductor central de cobre se fabrica en alambre suave o recocido con aislamiento de cloruro de polivinilo, sobre el que es aplicado el conductor neutro que está formado por una malla de varios hilos concéntricos en espiral o trenzados (a solicitud del usuario), de tal manera que la resistencia eléctrica de esta malla sea igual o menor que la del conductor central y que además cubra por lo menos un 90% de la superficie total del aislamiento del conductor central. Finalmente el conjunto es forrado con una chaqueta de cloruro de polivinilo o polietileno a solicitud del usuario.



### 3.1.5.7. Cables de alta tensión 1,000 VOLTIOS:

*Aplicación:* Líneas aéreas, enterrado a través de trincheras, charolas, conductores o tuberías eléctricas. Sistemas de distribución e iluminación. Pueden ser usados en lugares secos o húmedos, donde la temperatura del conductor no excede de 75°C y el voltaje nominal no sea mayor de 1,000 voltios.

*Características:* Este cable reúne magníficas propiedades eléctricas y le añade mayor resistencia mecánica y a la abrasión. No es inflamable.

*Construcción:* Conductor de cobre suave, sólido o torcido en forma de cable. Aislamiento de polietileno y cubierta de cloruro de polivinilo (PVC).



### 3.1.5.8. Cables de alta tensión para 5,000 VOLTIOS:

*Aplicación:* Líneas aéreas o a través de ductos o tuberías eléctricas. Sistemas de distribución o iluminación. Pueden ser usados en lugares secos o húmedos donde la temperatura del conductor no exceda de 75°C. y el voltaje nominal no sea mayor de 5,000 voltios.

*Características:* Este cable reúne magníficas propiedades eléctricas y mecánicas. Las propiedades del aislamiento de polietileno se aproximan a las del aislamiento ideal; alta resistencia dieléctrica y de aislamiento así como resistencia a ácidos, grasas y humedad. La cubierta exterior de cloruro de polivinilo (PVC), reúne excelentes propiedades eléctricas y le añade mayor resistencia mecánica y a la abrasión. No es inflamable.

*Construcción:* Conductor de cobre suave, sólido o cableado, pantalla de cinta semiconductor para lograr una adecuada distribución del campo eléctrico; aislamiento de polietileno y cubierta de cloruro de polivinilo.



### 3.1.5.9. Cable alta tensión para 5,000 VOTIOS (sin pantalla):

*Aplicación:* Cable de potencia para acometida a subestaciones. Para instalarse en ductos, tuberías eléctricas, directamente enterrado o en líneas aéreas. Lugares secos o húmedos, donde la temperatura del conductor no exceda de 75°C y el voltaje nominal no sea mayor de 5,000 voltios.

*Características:* Este cable reúne magníficas propiedades eléctricas y mecánicas. El aislamiento de polietileno ofrece inmejorables características dieléctricas así como resistencia a ácidos, grasas y humedad. La cubierta exterior de cloruro de polivinilo (PVC) reúne excelentes propiedades eléctricas y le añade mayor resistencia mecánica y a la abrasión. No es inflamable.

*Construcción:* Conductor de cobre suave, sólido o cableado, aislamiento de polietileno y cubierta de cloruro de polivinilo (PVC).

### 3.1.5.10. Cable de Energía:

*Aplicación:* Esta especificación cubre cables de uno o varios conductores aislados en polietileno, con pantalla o sin ella, con chaqueta de cloruro de polivinilo. Para usarse en instalaciones aéreas, directamente enterrado o en ductos; para sistemas de 5 KV a 15 KV con neutro a tierra o sin él; y para ser operado a una temperatura en el conductor no mayor de 75°C.

*Construcción:* El conductor es cable de cobre suave o recocido. Los hilos son torcidos en forma concéntrica, e-xcepto el calibre # 8 AWG que puede ser sólido. La cinta semiconductora que cubre a los conductores antes de ser aislados es de algodón o nylon. El aislamiento es de polietileno. Los cables para 5 Kv. son construidos con pantalla o sin ella y todos los cables arriba de 5 KV. son construidos con pantalla; la pantalla consiste de una capa de cinta de algodón semiconductivo aplicada directamente sobre el aislamiento, sobre la cual se aplica una cinta pantalla de cobre.

Los cables multiconductores se forman de varios conductores sencillos con o sin blindaje, con rellenos de yute a prueba de agua y encintado final. Cuando se requie-re identificar los conductores se usan filetes sobre el aislamiento de los conductores de cables no blindados o cintas marcadas en los cables blindados.

La chaqueta exterior es de polietileno o cloruro de polivinilo.



### 3.1.5.11. Conductores Desnudos de Aluminio reforzados con acero

ACSR:

*Aplicación:* Principalmente en tendidos de líneas aéreas para transmisión y distribución de energía eléctrica.

*Construcción:* Los conductores ACSR se cablean concéntri-camente y están compuestos por una o más capas de alambres de aluminio duro grado EC, con un núcleo de acero

galvanizado de alta resistencia mecánica. El núcleo puede estar formado por uno o varios hilos, dependiendo de su tamaño.



CONDUCTORES DESNUDOS DE ALUMINIO REFORZADOS CON ACERO, ACSR

### 3.2. SISTEMAS DE CONDUCCION:

#### 3.2.1. INSTALACIONES VISIBLES:

Estas consisten en instalar los conductores sobre aisladores, estando expuestos a la vista en su totalidad. Este tipo de instalación no es permitido en locales públicos, comerciales, o similar y en realidad actualmente solamente se usa para instalaciones temporales.

En las mismas se utilizan aisladores tipo "botón" fijados a la superficie soportante mediante tornillos. Se recomienda una separación de 5 cm. entre los dos conductores, y espaciamiento de los aisladores, aproximadamente 1 mt. en sentido longitudinal. Todos los conductores deben estar aislados, y no se recomienda el uso de cable paralelo o trenzado, excepto para las extensiones flexibles.

También se pueden utilizar aisladores del tipo prensa en forma similar al anterior. (ver figuras).



AISLADORES TIPO BOTON

AISLADORES TIPO PRENSA

#### 3.2.2. INSTALACIONES SEMIOCULTAS:

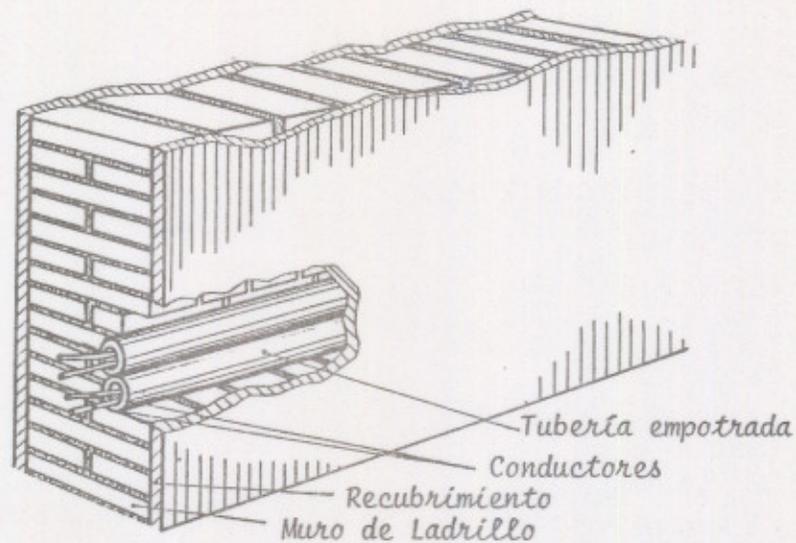
Estas son similares a las anteriores, con la única diferencia de que parte de la instalación está fuera del alcance de la vista (cielos falsos o tapancos). Se exige siempre que sea accesible, y se recomienda que se inspecciones con cierta regularidad.

### 3.2.3. INSTALACIONES OCULTAS EN TUBERIAS:

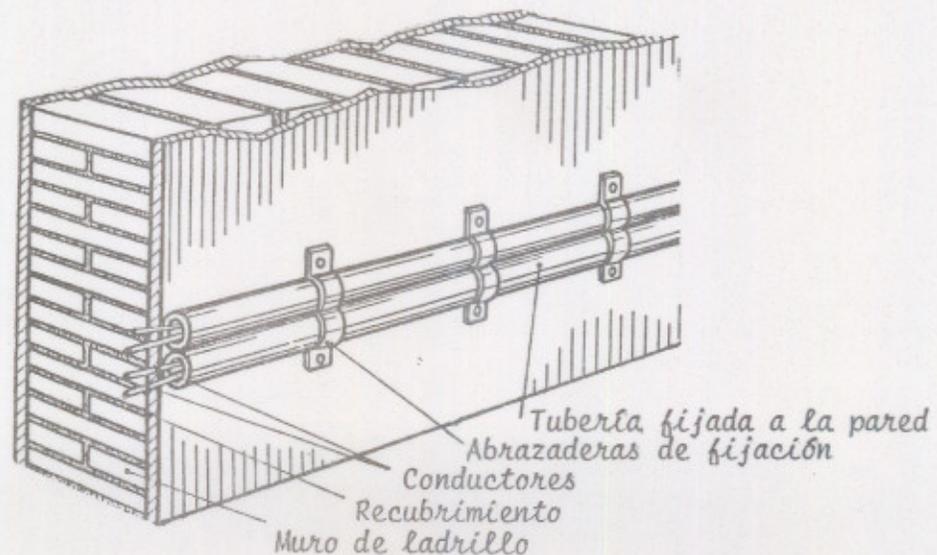
Actualmente es el sistema que más se utiliza por ofrecer mayor seguridad, y con la introducción de tuberías de tipo económico, se ha puesto al alcance de todos.

En este sistema suelen establecerse dos tipos de instalación que son:

- a. *Tubería empotrada internamente en las paredes y cielo:* En este caso la tubería a lo mismo que los accesorios de salida a las unidades eléctricas, van internamente empotrados en las paredes o cielo del inmueble, como puede apreciarse en la figura.

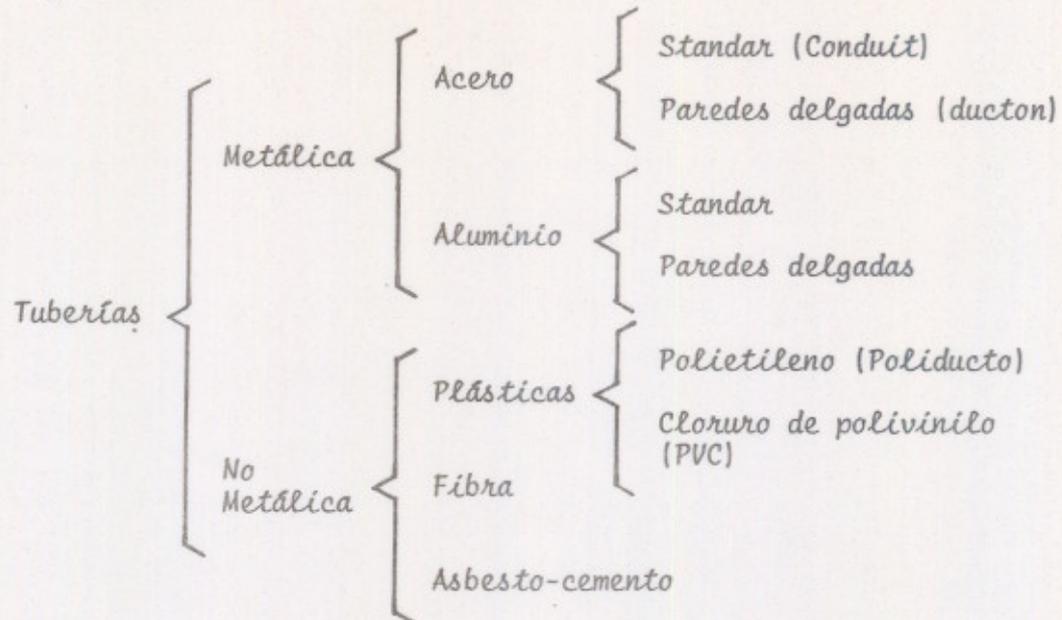


- b. *Tubería fijada sobre la superficie de las paredes y cielo:* En este caso la tubería se fija a la superficie de las paredes o cielo por medio de abrazaderas, como se aprecia en la figura.



En cualquiera de los dos casos mencionados anteriormente, las tuberías deben instalarse con los accesorios adecuados, que permitan remover y cambiar los conductores en caso necesario.

Los tipos de tubería que se pueden obtener en el mercado son los siguientes:



Tuberías de Acero: Todas las tuberías de acero van recubiertas interior y exteriormente con un esmalte antioxidante. La tubería standar, llamada vulgarmente "conduit", es la de mejor calidad, de mayor resistencia mecánica, de uniones roscadas, pero tiene un costo más alto y ofrece mayor dificultad de instalación.

La tubería de paredes delgadas, llamada vulgarmente "ducton" es de menor resistencia mecánica, sus uniones se hacen con conectores permeables, se dobla fácilmente, y es de costo más bajo. Por ser más débil, puede ser aplastada con facilidad, por lo que se recomienda no ser usada en tamaños mayores de 1 1/4" de diámetro.

Tuberías de Aluminio: Estas tienen la ventaja de ser inoxidables. La de tipo standard roscada se usa muy poco por su alto costo.

La de paredes delgadas se utiliza también con conectores con tornillo castigador, y es de resistencia mecánica inferior.

Tuberías Plásticas: De estas la tubería de polietileno, llamada vulgarmente "Poliducto" (de color negro), tiene una gran demanda en nuestro medio, no solo por su bajo costo en comparación con todas las demás tuberías, sino también por la facilidad que ofrece su instalación, principalmente por ser muy flexible, además de poderse cortar fácilmente. Sin embargo tiene el inconveniente de no resistir al calor y ser atacada por algunos insectos y roedores.

La tubería de cloruro de polivinilo (PVC) de color gris, es rígida y sus uniones se hacen por soldadura con solventes. Es un poco más resistente que la anterior, y es permitido su colocación bajo tierra, siempre que tenga una protección mecánica adecuada. Una capa de por lo menos 0.60 mt. de tierra se considera protección suficiente, de preferencia recubierta con algún mortero. Bien instalada la tubería de PVC es completamente impermeable, pero su costo es por supuesto mas alto.

Tuberías de fibra y asbesto cemento: Las tuberías de fibra y asbesto cemento son poco usadas, Este último material es usado más bien como ducto para instalaciones subterráneas. Los ductos o canalizaciones difieren de las tuberías en que siempre puede existir entrada de agua, mientras que las tuberías trabajan siempre completamente en seco.

Vale mencionar que existe también otro sistema de conducción que es el de *ductos metálicos* de sección rectangular y que además de poderse empalmar entre ellos, se pueden empalmar a cajas de derivación, este sistema de conducción ofrece la ventaja de ser accesible en cualquier punto y por otra parte su sección permite trabajar con mucha facilidad. Este sistema es muy poco usado pero generalmente se usa en cielos falsos en edificios, en pocos casos en paredes (siempre sobre la superficie de las mismas); y en instalaciones industriales. Su costo si es elevado respecto a los sistemas anteriormente mencionados.

### 3.3. ACCESORIOS DE CONDUCCION O DERIVACION:

#### 3.3.1. CAJAS DE REGISTRO Y SALIDA:

Las cajas de registro sirven para efectuar empalmes y derivaciones, también para sostener artefactos livianos (con sus limitaciones). Su construcción es de lámina de hierro chapeada en cadmio, pero también se fabrican de plástico.

Se fabrican cajas de registro en forma *octogonal y cuadrada* de dimensiones muy variadas.

Las cajas *rectangulares*, de dimensiones normalizadas, se utilizan exclusivamente para la instalación de interruptores o armaduras de tomacorrientes, timbres, botones de timbre, salidas de teléfono, antenas y otros; y no deben emplearse para empalmes o de paso para otros conductores no necesarios para la conexión de los dispositivos mencionados.

Las cajas octogonales permiten la interconexión normal, de 4 tubos máximo. Para unir un número mayor de tubos hace falta una caja cuadrada de dimensiones adecuadas.

Las cajas se denominan de acuerdo al tamaño de los tubos que se pueden conectar en ellas; por ejemplo, una caja de 1/2" y 3/4", tiene agujeros adecuados para insertar tubos de esa medida.

Nota: Todos los empalmes deben efectuarse y quedar dentro de la caja correspondiente y nunca hacer una conexión dentro de la tubería.



CAJA OCTOGONAL

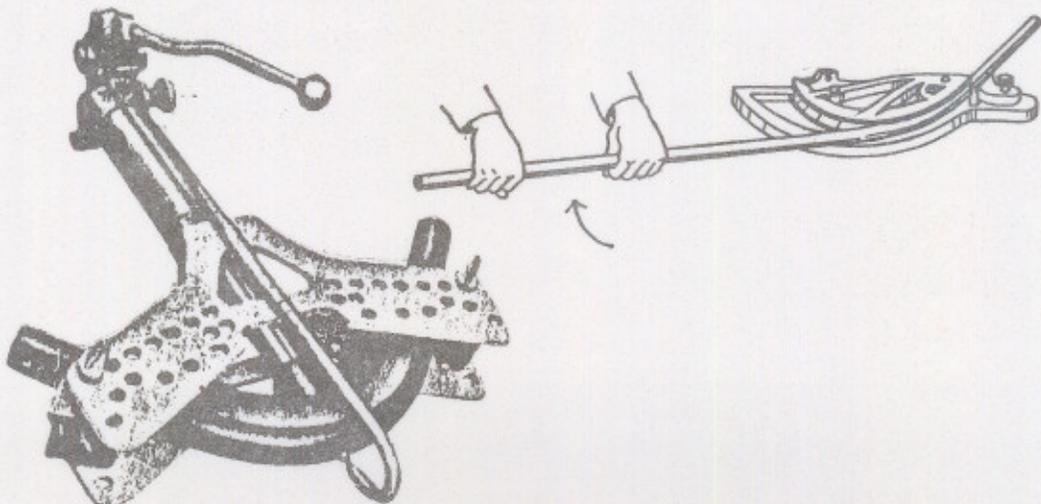
CAJA CUADRADA

CAJA RECTANGULAR

### 3.3.2. VUELTAS:

Las tuberías metálicas se pueden doblar utilizando herramientas adecuadas, cuidando de no aplastarlas. Sin embargo se facilita el trabajo de instalación con vueltas prefabricadas (de 90° y 45°), ya sea en tuberías metálicas o PVC. Las vueltas siempre deben ser hechas con radios grandes, para que los conductores se deslicen fácilmente al pasar por ellas.

Para curvar los tubos en obra pueden usarse máquinas portátiles de curvar tubos o plantillas para curvar como lo muestran las figuras siguientes. En ambos casos, hay que atornillar, fuertemente el aparato a un banco para que quede bien sujeto y se facilite así el doblar.



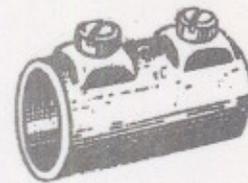
### 3.3.3. COPLAS Y CONECTORES:

Las tuberías pueden unirse por medio de coplas, y fijarse a las cajas de registro por medio de conectores, adecuados al tipo de tubería.

Para la tubería metálica standar "conduit", todos los accesorios son roscados; para la metálica de paredes delgadas "ducton" y la de polietileno se utilizan tornillos castigadores, y para la de PVC u pegamento solvente especial.



CONECTOR PARA TUBERIA  
TIPO DUCTON O PLASTICA



COPLA PARA TUBERIA  
CONDUIT, PLASTICA O  
DUCTON

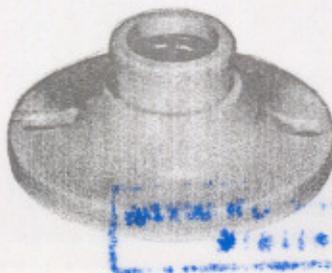
### 3.3.4. JUNTAS DE EXPANSION:

En los edificios grandes generalmente se proveen juntas de expansión estructurales cada 30 metros. Las tuberías que atraviesan estas juntas de expansión deben ser capaces de absorber la misma magnitud de expansión térmica (usualmente del orden de milímetros).

Esto se puede lograr básicamente de dos formas: una puede ser por medio de una copla fijada a un extremo de la tubería, y flexible en el otro extremo. o también con una especie de caja de registro, siempre fijada a un extremo y flexible en el otro extremo.

## 3.4. UNIDADES ELECTRICAS Y PLACAS:

### 3.4.1. PORTALAMPARAS:



Estos pueden ser tipo plafoneras para bombillas, o del tipo socket como el tipo para incorporar reflectores. La figura muestra el tipo plafonera.

### 3.4.2. PLACAS:

Las placas son las unidades que van instaladas sobre las cajas de tipo rectangular. y pueden ser de varios tipos de las cuales mencionamos los siguientes:

#### 3.4.2.1. Interruptor sencillo:



Como lo muestra la figura este unicamente lleva un interruptor y va fijada a la caja de registro por medio de tornillos.

#### 3.4.2.2. Interruptor mas tomacorriente tipo americana:



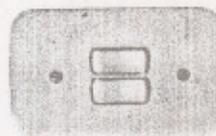
En este el interruptor es sencillo y la toma de corriente es de tipo americana. Va fijada a la caja por tornillos.

#### 3.4.2.3. Interruptor mas tomacorriente tipo Euroamericana:



El interruptor es sencillo y la toma de corriente tipo euroamericana, o sea para espiga plana o redonda. Fijada con tornillos.

#### 3.4.2.4. Interruptor Doble:



Este es usado cuando desde un mismo punto se quiere apagar dos lámparas distintas.

#### 3.4.2.5. Tomacorriente sencillo tipo americana:



En este tomacorriente solo se puede introducir espiga de tipo plana.

#### 3.4.2.6. Tomacorriente sencillo tipo euroamericana:



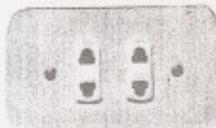
En este tomacorriente se puede indistintamente introducir espigas de tipo plana o redonda.

3.4.2.7. Interruptor triple;

Este es usado cuando se quiere apagar desde un mismo punto tres lámparas distintas.

3.4.2.8. Tomacorriente doble Americana;

Según la demanda de aparatos se puede utilizar como esta una doble toma de corriente.

3.4.2.9. Tomacorriente doble Euroamericana;

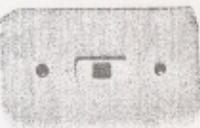
Según la demanda de aparatos y la versatilidad de espigas que tengan los mismos darían la necesidad de este tipo de tomacorriente.

3.4.2.10. Botón de Timbre;

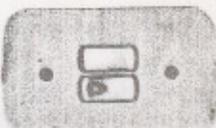
Esta modalidad ofrece unicamente el botón sencillo de timbre.

3.4.2.11. Campana de timbre;

Esta campana de timbre va colocada también como todas las anteriores placas en una caja rectangular. Y es de tipo universal 110 - 220 V.

3.4.2.12. Salida para cordón;

Este tipo de placa puede ser usada para una salida de cable de antena de radio televisión u otro.

3.4.2.13. Interruptor sencillo más botón de timbre;

Esta modalidad de placa ofrece la versatilidad de un interruptor simple mas un botón de timbre, operando desde un mismo punto.

Estas vienen a ser una cantidad pequeña de las modalidades de placas que existen en el mercado. Pero la verdad es que su cantidad es mucho mayor y su variedad también dependiendo de la marca que se escoja, la cual será determinada en la mayoría de casos por el factor económico.

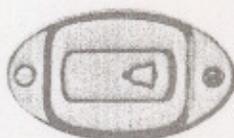
Además de este tipo de unidades existen también del tipo sobrepuestos sobre la superficie, y como ejemplo ofrecemos a continuación dos modalidades:

#### 3.4.2.14. Interruptor sencillo:



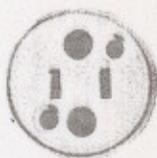
Este va fijado a la superficie por medio de tarugos y tornillos.

#### 3.4.2.15. Botón de timbre:



A lo mismo que el anterior se fija a la superficie con tarugos y tornillos.

#### 3.4.2.16. Toma de corriente Universal:



Esta tiene la posibilidad de recibir espiga tipo americana o europea. Fijada con tarugos y tornillos.

Nota: Esto viene a ser un ejemplo de una mínima parte de unidades como se dijo anteriormente, que se encuentran en el mercado.

### 3.5. TABLEROS DE DISTRIBUCION:

Par mas información sobre los mismos ver *artículo 3, inciso: 3.4.3.* Pero básicamente diremos que el tablero de distribución es una caja metálica que esencialmente consta de dos barras que reciben los cables de acometida (positivo y negativo), y luego por medio de flip-ones o interruptores que van conectados a estas barras, distribuyen la energía al inmueble.

Los Tableros de distribución pueden obtenerse en el mercado de los si-

guientes tipos: 2, 4, 6, 8, 12, 16, 18, 24, 36, espacios o circuitos y que son los que reciben los flip-ones simples o dobles (según como sea el circuito).

### 3.6. FUSIBLES O FLIP - ONES:

Los fusibles son dispositivos de protección que tienen por objeto resguardar la seguridad de la instalación y de edificio en el caso de sobrecargas y cortocircuitos, que pudieran causar incendios y otras daños.

En realidad la palabra fusible es un término mas general y los hay de varios tipos como son: los simples fusibles, cortacircuitos de caja moldeada, cortacircuitos de aire grandes, y cortacircuitos de potencia, así como los pararrayos. A continuación haremos mención de los que mas estamos familiarizados y que son los mas usados; y que son los cortacircuitos de caja moldeada vulgarmente llamados flip-ones.

Los cortacircuitos de caja moldeada o flip-ones, se distinguen por ser de dimensiones más pequeñas y construcción menos robusta que otros como los cortacircuitos grandes de aire. La caja es de un material de moldarta o polyester de vidrio, resistente mecánica y deléctricamente.

El mecanismo de disparo puede ser solamente térmico, termo-magnético, por lo que también se les denomina, interruptores magnetotérmicos, y últimamente también se fabrica con mecanismo de disparo electrónico. Los interruptores pequeños usualmente son solamente térmicos, mientras que los grandes incluyen también un disparo magnético ajustable.

Trataremos de explicar el funcionamiento del cortacircuito térmico con un esquema simplificado, ya que el mecanismo real es bastante complejo:

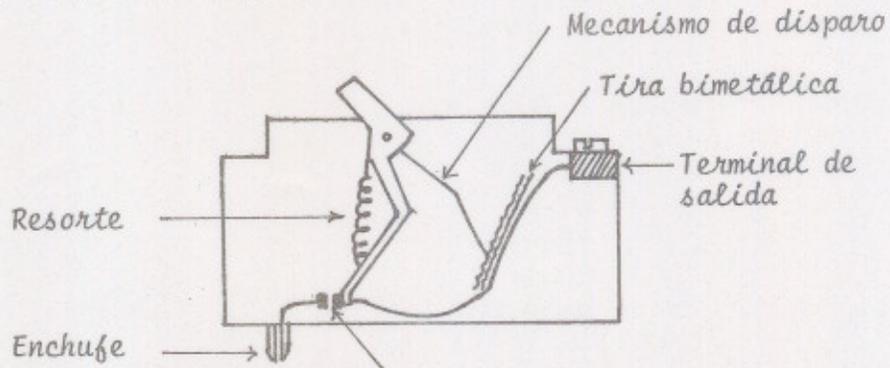
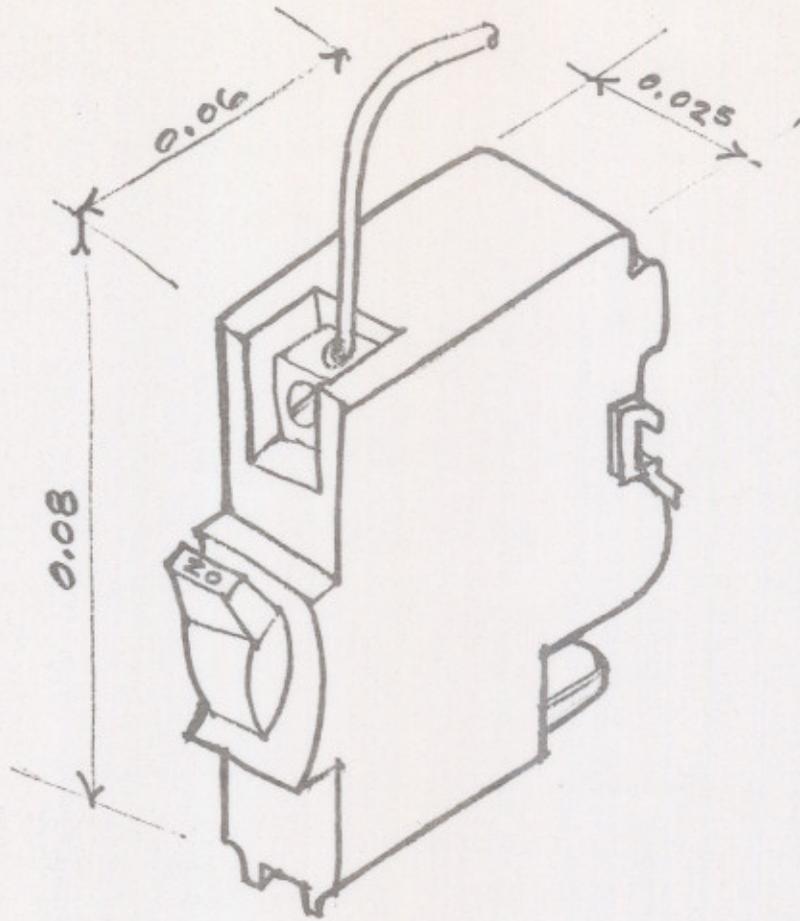


FIGURA: 3.6.1

La corriente pasa por un conductor paralelo a una tira bimetálica, calentándola en función de la Intensidad elevada al cuadrado y el tiempo, así como a la disipación del calor del mecanismo. Al calentarse, la tira bimetálica se encorva empujando una palanquita del mecanismo de disparo, con lo que los contactos se abren rápidamente por la acción de un resorte tensado. Al dispararse, la palanca externa queda en una posición intermedia, indicando así el disparo. Para reponer el cortacir-



F I G U R A: FLIP-ON TIPICO PARA TABLERO DE DIS-  
3.6.2, TRIBUCION

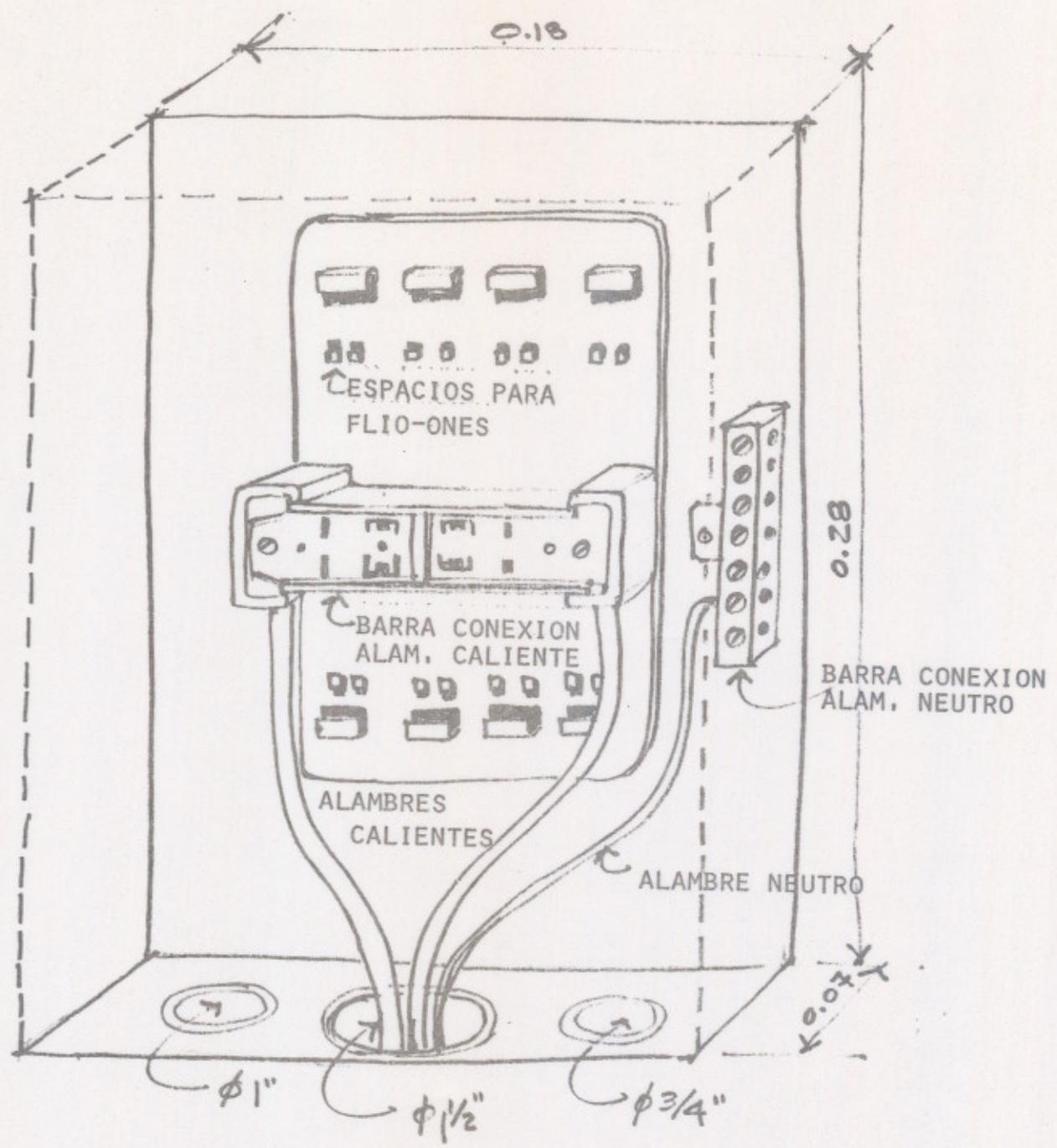


FIGURA :3.6.3, TABLERO DE DISTRIBUCION (8 ESPACIOS)

cuito, una vez pasada la sobrecorriente, primero se tiene que bajar la palanca para reponer el mecanismo de disparo, y luego subirla, para cerrar nuevamente el circuito.

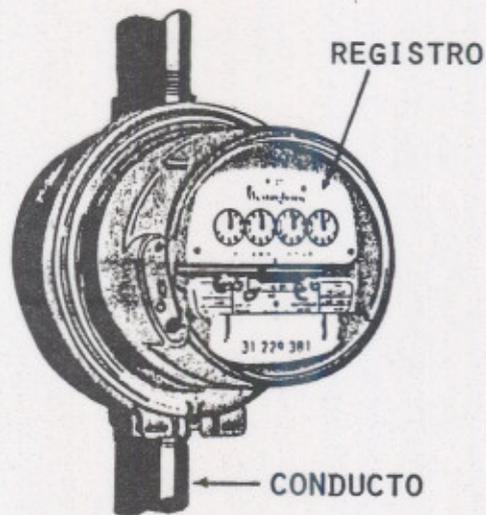
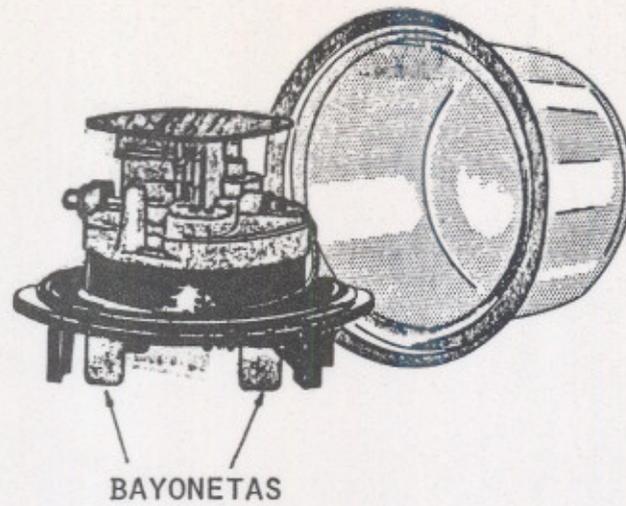
El disparo magnético se utiliza para la protección más rápida en caso de un cortocircuito. Consiste en una bobina conectada en serie con la corriente, que al sobrepasar ésta un cierto valor, atrae su armadura, que está interconectada mecánicamente en el mecanismo de disparo. El elemento magnético generalmente es ajustable en cuanto a la corriente de disparo; el tiempo es fijo, casi instantáneo (del orden de centésima de segundo).

Los flip-ones suelen tener ciertas variantes de uno respecto a otro dependiendo de la marca, pero se fabrican con intensidades nominales de: 15, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 200, 400, 500, 600 Amperios (de un polo); y de dos polos de 20 Amperios en adelante.

### 3.7. CAJAS PARA CONTADORES:

De los Contadores y sus cajas ya hemos hablado en los artículos 3 y 4; Pero mencionaremos que el contador que es usado en nuestro medio es generalmente de tipo enchufable, teniendo los terminales conectados a unas bayonetas o contactos machos, ubicados en la parte trasera, los cuales calzan en tomas hembras, que a su vez hacen de terminales de los conductores de acometida. De aquí que las cajas que reciben el contador se les denomina en estos casos caja socket.

Las cajas para contadores son de varios tipos, pero la mas usada principalmente en el caso residencial, para cargas no mayores de 100 amperios y voltajes de 120 voltios o 120/240 voltios, es la *Caja tipo socket monofásica de 100 Amp.* Existen además de esta: la caja tipo socket polifásica de 100 amp. a 200 amp., la caja para medición secundaria Tipo III trifásica, la caja para medición secundaria Tipo IV monofásica, la caja tipo socket para medición secundaria: para usarse con contadores polifásicos y conjuntamente con la caja Tipo III y Tipo IV, la caja tipo socket polifásica para conexión estrella de 120/208 volts., y los tableros múltiples de contadores.



TERMINALES CONECTADOS A CONTACTOS MACHOS O  
BAYONETAS EN LA PARTE TRASERA DE CONTADOR

FIGURA : 3.7.3. CONTADOR DE VATIOS-HORA ENCHUFABLE

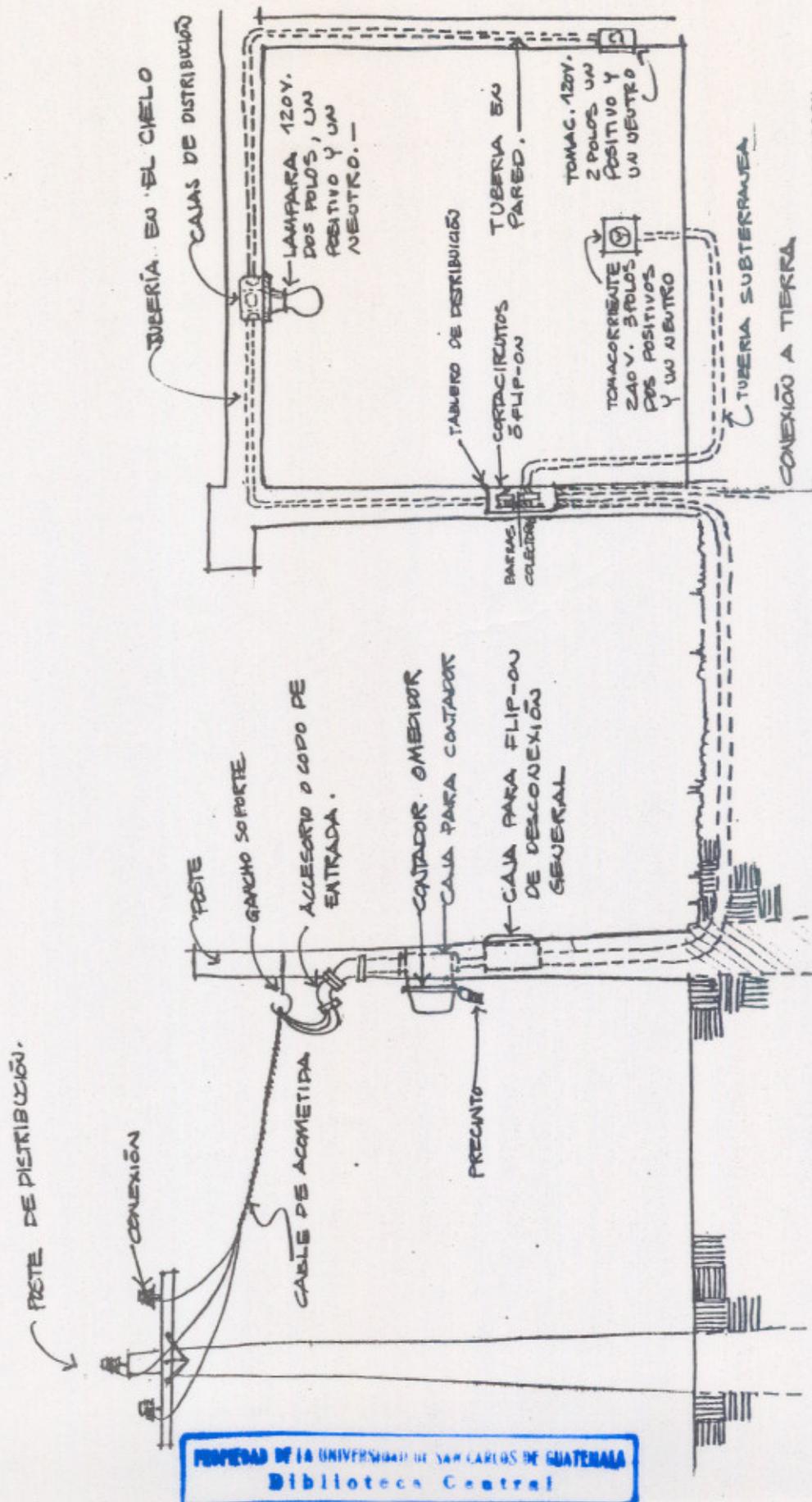


FIG: 3.7.1 ESQUEMA EN ELEVACION DE LOS COMPONENTES MAS IMPORTANTES MAS IMPORTANTES DESDE LAS LINEAS DE DISTRIBUCION HASTA LOS APARATOS CONSUMIDORES.

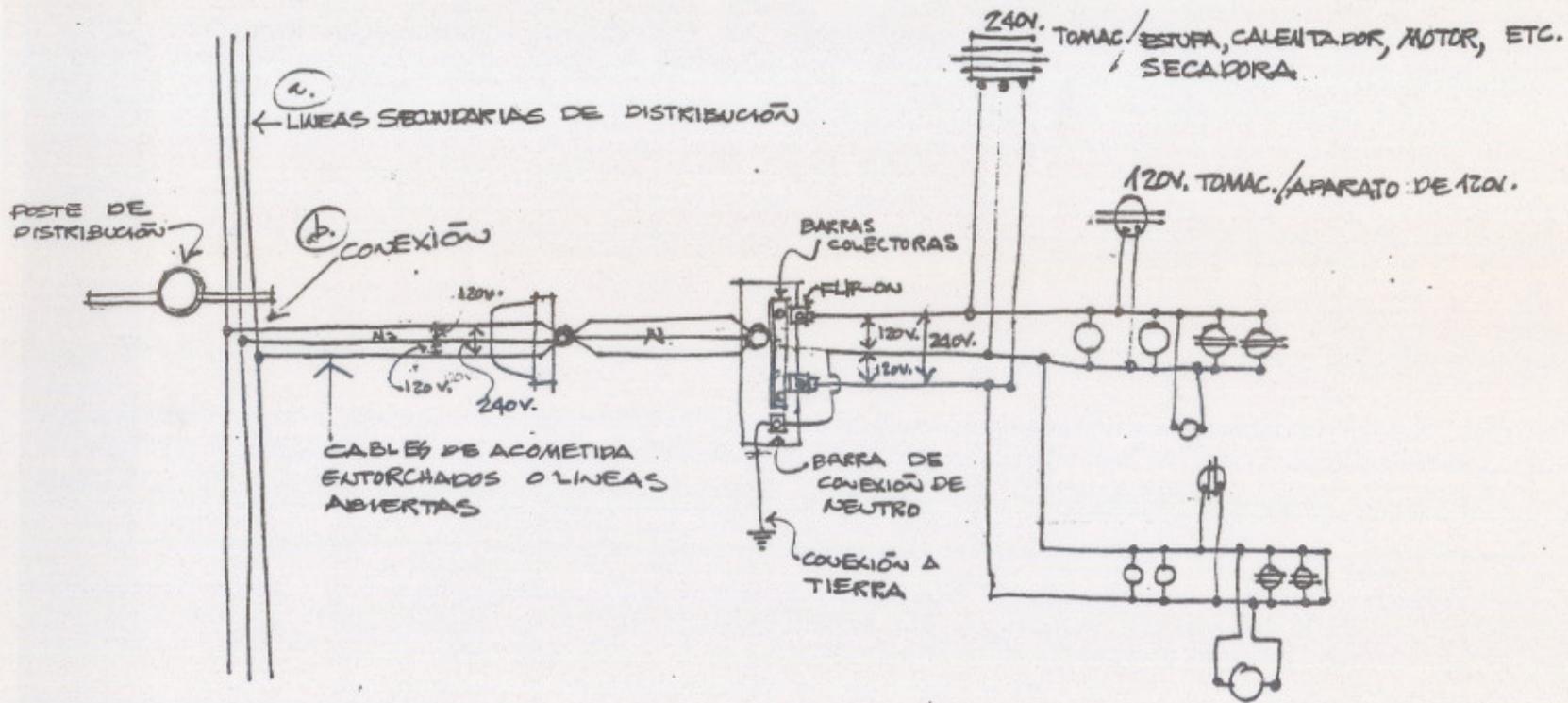


Fig. 3.7.2. DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCION UNIFILAR MONOFÁSICO 120/240 V. DESDE LAS LINEAS DE DISTRIBUCION HASTA LOS APARATOS CONSUMIDORES.

4. TEORIA Y FUNDAMENTOS DE ILUMINACION

## 4. TEORIA Y FUNDAMENTOS DE ILUMINACION

### 4.1. ORIGEN DE LA LUZ:

Al principio creó Dios el cielo y la tierra. Pero la tierra era informe y vacía, y las tinieblas cubrían la superficie. Y Dios dijo: Hagase la luz y hubo luz. Y vió Dios que la luz era buena y separó la luz de las tinieblas. A la luz llamó día, y a las tinieblas noche.

Siendo esta creación del primer día nos pone de manifiesto la importancia de la luz para la Vida, definiéndose así como algo necesario para la evolución y el trabajo del hombre. De lo anterior también se concluye que al establecerse la diferencia entre luz y tinieblas (día y noche), surge la necesidad o inquietud del hombre de intentar substituir la luz natural o luz solar, en los momentos de oscuridad, por una fuente de energía lumínica artificial, que se aproximara en lo posible a la ya mencionada luz solar.

### 4.2. TEORIA O CONCEPTO DE LUZ:

(Del Latin *lux, lucis*). Lo que ilumina los objetos y los hace visibles. Sinonimo de claridad, esplendor, rayo, resplandor.

Pocos fenomenos de la naturaleza presentan la gran diversidad de interpretaciones como las que se han dado al de la luz. Enunciaremos a continuación dos de los mas importantes.

Desde el punto de vista científico o físico, es considerada como una energía radiante de una frecuencia capaz de producir la sensación visual. Dicho de otra manera, la luz es una forma de radiación constituida por ondas electromagnéticas que se transmiten en el vacío a una velocidad de aproximadamente 300,000 km/seg. Se le puede definir también como un flujo de partículas llamadas fotones, desprovistas de masa.

Respecto a su velocidad Galileo dijo: "Si no es instantánea, es extraordinariamente rápida.

Para el Arquitecto, la luz es el indispensable elemento de contacto entre el hombre y su obra, que hace posible la debida apreciación desde el punto de vista plástico y funcional de los fines de su concepción, ya sean éstos para morar, si se trata de habitaciones; laborar, si se trata de lugares de trabajo; transitar, si se trata de medios de comunicación; o bien divertirse, si se trata de espacios de esparcimiento.

### 4.3. FUENTES LUMINOSAS DE LUZ ARTIFICIAL:

El uso de la iluminación artificial remonta su origen al *Fuego*, usado en principio como fuente de calor y de luz.

Cuando se enciende una lámpara en un ambiente en un momento de oscuridad, la luz se propaga a todo el ambiente, permitiendonos distinguir los objetos que en el se encuentran. Analogamente a la luz del sol que llena todo el espacio. Como el sol, las diferentes lamparas desde su origen han sido fuentes de luz.

A partir de este primer paso, verdaderamente gigantesco, todas las transformaciones posteriores se limitan a la introducción de variantes en dos únicos terrenos:

- a. Sustituyendo el material comburente por otro más económico, seguro o que proporcione una mejor luminosidad.
- b. Introduciendo cambios en la utilización y aprovechamiento en la energía lumínica resultante.

De manera que en realidad, el principio básico de la iluminación sigue siendo el mismo.

La rudimentaria antorcha o leño primitivo adopto en ciertas culturas como la griega figuras de cono invertido, a fin de tener una mayor superficie para la combustión, y a la vez, fuera más fácil de coger y trasladar. Ya en otras culturas, la madera había sido revestida con sebo o grasa animal, para retardar la combustión.

La siguiente variante importante, basada en la original lámpara de piedra, aparece con la lámpara de aceite, que introduce la diferenciación entre el elemento comburente, y la estructura no combustibe; que sirve a la vez de recipiente y soporte.

Puede considerarse a la vela como fusión de elementos ya aparecidos y utilizados en la lámpara de aceite y el hachon revestido con sebo. Siendo la diferencia en que el elemento retardador de la combustión, es a la vez, estructura de sostén que da rigidez y además impermeabiliza la mecha.

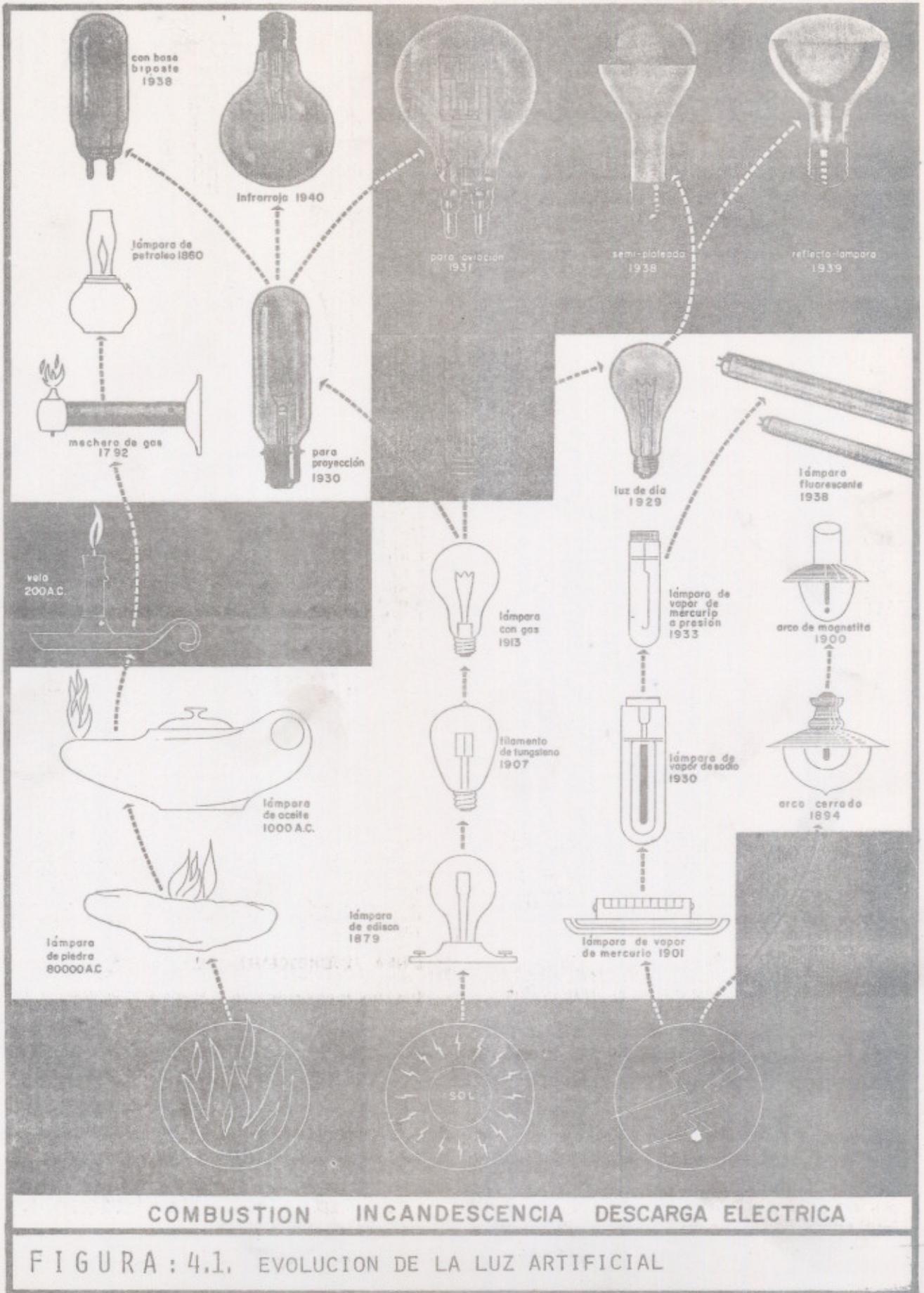
Con el quinqué se introduce una pantalla de cristal en principio, para proteger la llama del aire y garantizar su permanencia. Además se da la posibilidad de graduar la luminosidad de la llama y el gasto de combustible.

Más tarde aparece el mechero de gas, con un nuevo material comburente.

A la lámpara de gas se le puede considerar como una resultante de la unión de características pertenecientes a los dos tipos de lámparas mencionados anteriormente. Utilizando gas como elemento comburente, y pantalla de protección, convirtiéndose de forma progresiva e intencionada en un difusor.

Cuando apareció la lámpara eléctrica incandescente inventada por Edison en 1879, a pesar que tuvo dificultades para introducirse, por los buenos resultados que había dado la utilización del gas para iluminación, se marcó verdaderamente una nueva era de la luz artificial. Siendo hasta entonces cuando se dispuso de una fuente luminosa artificial de aplicación práctica. Dichas lámparas utilizaron en su origen filamentos vegetales o de carbón, encerrados en una ampolla de vidrio al vacío.

Más tarde siempre por medio de energía eléctrica se llegó a las lámparas de descargas eléctricas, siendo los tipos más usuales, las fluorescentes y las de vapor de mercurio, las primeras han llegado a ser de uso normal en la iluminación comercial, industrial e institucional. Y las últimas en la iluminación exterior y en algunos casos industrial.



P.P. Barbará Zetina F. Arq. , "MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION"

#### 4.4. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA LUZ:

##### 4.4.1. DIFUSIÓN DE LA LUZ:

Para comprender mejor el término de difusión de la luz, describiremos a continuación ciertos conceptos relacionados con la misma.

- a. Cuerpos Opacos: Son los cuerpos que no dejan pasar la luz. Por ejemplo si entre nuestros ojos y una fuente luminosa se interpone un cartón grueso, una pieza de madera u otro objeto similar, la luz es detenida completamente. Y a estos cuerpos les llamaremos Opacos.
- b. Cuerpos Transparentes: Se denominan así a los cuerpos que se dejan atravesar por la luz, y además permiten divisar claramente los objetos y así también una fuente luminosa, a través de su espesor. Como ejemplo de estos tenemos el cristal, papel celofán, agua, aceite, o algo similar.
- c. Cuerpos Translúcidos: Son los cuerpos que detienen la luz en un pequeño porcentaje y además la difunden, dejando pasar la luz sin distinguir exactamente la fuente luminosa. Dichos cuerpos pueden ser por ejemplo: un papel delgado, un vidrio esmerilado, la porcelana u otro material semejante. Claro está que de acuerdo a la composición de cada material, estos permiten el paso de más o menos luz.
- d. Difusor: El difusor consiste en una superficie translúcida que cubre la fuente luminosa, produciendo una infinidad de rayos menos intensos y proyectándolos en distintas direcciones. Desde el punto de vista del espectador, se aumenta la superficie de la fuente de la luz, y con casi una misma intensidad se disminuye el brillo superficial y el deslumbramiento. (ver inciso 4.5.), con lo que disminuye el contraste.

La Difusión la definiremos según lo anteriormente descrito, como la propagación de los rayos emitidos por una fuente luminosa, por medio de una superficie translúcida. Siendo estos de menor intensidad y proyectados en varias direcciones, aumentando así la superficie de la fuente de luz. (ver figura 4.2.).

Una buena difusión se obtiene cuando la luz incide sobre una superficie (difusor), mate o satinada, con varias direcciones, con lo que se eliminan las sombras y los puntos brillantes.

La difusión es pobre si se elimina si se ilumina solamente desde una dirección, produciéndose así confusión visual a causa de la deformación por las fuertes luces y sombras. Esto puede suceder por ejemplo en un ambiente amplio que se quiera iluminar con una sola lámpara de una fuerte intensidad.

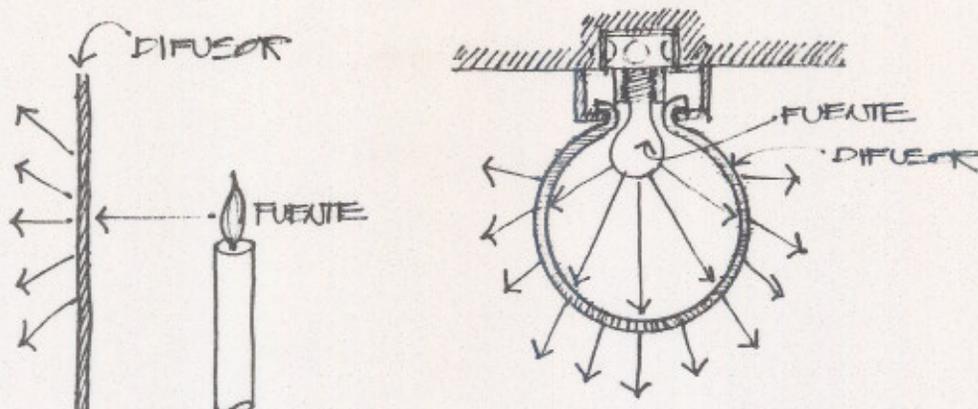


Fig. 4.2. DIFUSION DE LA LUZ

Observese que el difusor amplia la superficie luminosa de la fuente y aunque menos intensos los rayos son esparcidos en mas direcciones, lográndose así una mejor distribución de la luz.

#### 4.4.2. POLARIZACION DE LA LUZ:

Este fenómeno se produce cuando los rayos luminosos emitidos por una fuente (por lo general el sol), encuentran un cristal polarizador o polarizado, lo que hace que cierta cantidad de rayos sean eliminados, mientras permite que otros atraviesen el cristal. Lo que hace que en el caso del sol, se elimine gran cantidad de radiación calorífica. (Ver figura 4.3. ).

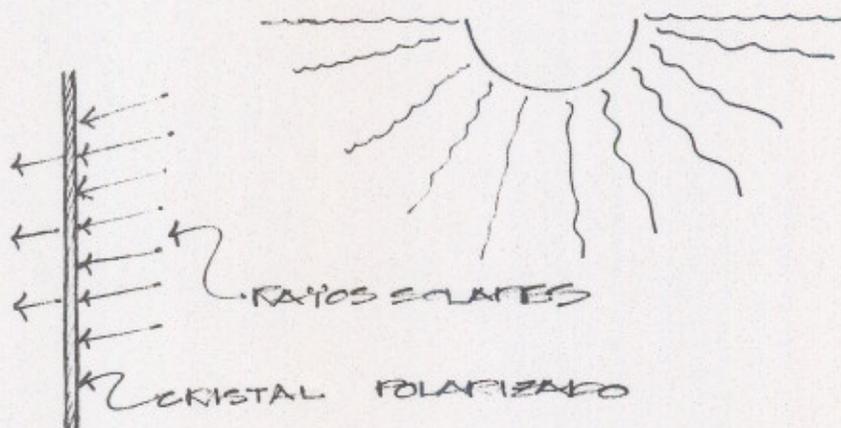


Fig. 4.3. POLARIZACION DE LA LUZ

#### 4.4.3. ABSORCION DE LOS COLORES:

Esto sucede cuando los rayos provenientes de una fuente luminosa encuentran un prisma de cristal pulido, y al entrar en el se refractan (ver refracción inciso 4.4.5), tomando una dirección casi horizontal, volviéndose a refractar al salir del prisma y separando además los rayos rojos, anaranjados, amarillos, verdes, azules, y violetas. Luego estos rayos al encontrar un cristal transparente rojo, son absorbidos por el mismo exceptuando los rojos, siendo estos los únicos en atravesar el cristal. (Ver figura 4.4. ).

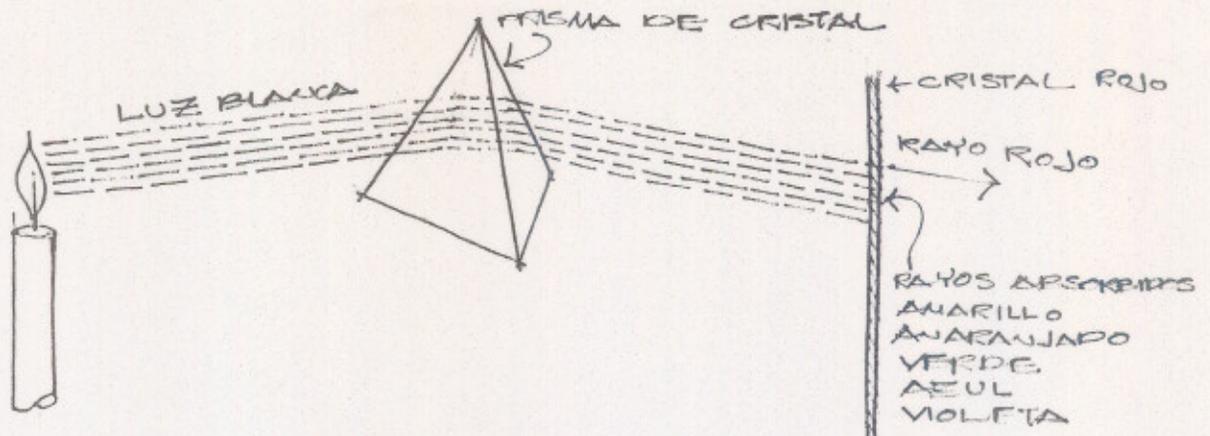


Fig. 4.4. ASORCION DE LOS COLORES

Los rayos amarillos, anaranjados, verdes, azules y violetas son absorbidos por el cristal rojo, siendo los rojos los únicos en pasar.

#### 4.4.4. TRANSMISION DE LA LUZ:

La transmisión sucede cuando los rayos luminosos encuentran un cristal plano transparente y parte de ellos siguen adelante, mientras otros son reflejados hacia atrás en dirección a la fuente. Produciéndose en cada una de las dos superficies alguna difusión.

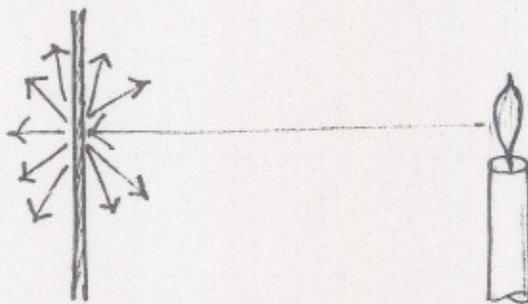


Fig. 4.5. TRANSMISION DE LA LUZ:

#### 4.4.5. REFRACTION DE LA LUZ:

Es la desviación que sufren las radiaciones luminosas, caloríficas o eléctricas cuando pasan de un medio transparente como el aire, a otro también transparente pero de densidad diferente, por ejemplo el agua. Cuando se trata de un rayo luminoso, además de refractarse o desviarse penetrando en el otro medio, parcialmente se refleja hacia el medio que originalmente recorría. (ver reflexión en el inciso 4.4.6.).

La refracción o desviación es debida a que las ondas no se propagan en todos los cuerpos con la misma velocidad. En este fenómeno el rayo original se llama *incidente*, el que regresa hacia el mismo medio *reflejado*, y el que penetra el otro medio desviándose, *refractado* (ver figura 4.6.).

El valor de la desviación se halla, midiendo los senos de los ángulos de incidencia y refracción, y este se llama índice de refracción o refractivo. Este índice depende de la longitud de la onda incidente. Por tal motivo, en el caso de la descomposición de la luz por medio de un prisma, los distintos colores son refractados con distintos ángulos, por tener cada color diferente longitud de onda; lo que permite separarlos para su estudio.

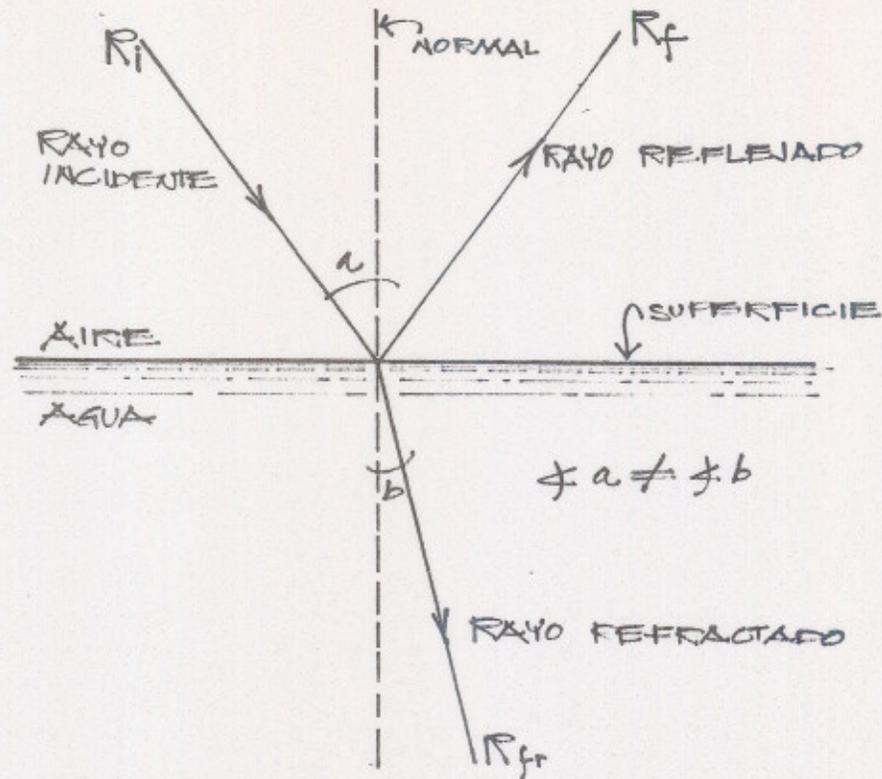


Fig. 4.6. REFRACTION DE LA LUZ

La atmósfera produce una serie de refracciones, a medida que la luz proveniente de una estrella por ejemplo o del sol, atravieza capas cada vez más densas, hasta que al llegar al ojo del observador, el astro que la ha emitido parece hallarse en un lugar distinto del que en realidad ocupa.

La distinta densidad de las capas atmosféricas refracta la luz de los astros, por lo que el observador no ve una estrella en su posición real, sino en dirección del último rayo recibido, produciéndose así la posición aparente (ver figura 4.7.).

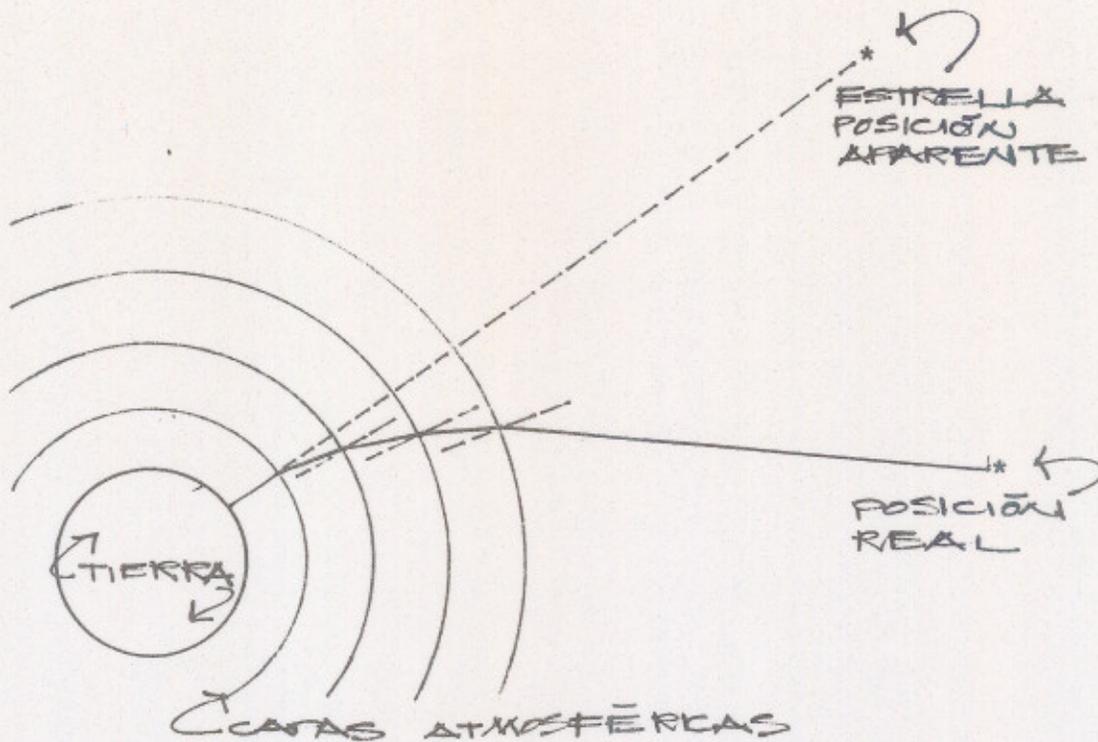


Fig. 4.7. REFRACCION EN LA ATMOSFERA

#### 4.4.6. REFLEXION DE LA LUZ:

Se ha definido el fenómeno de la reflexión como el cambio de dirección que experimenta un rayo al chocar contra un material reflector. Cuando la superficie del cuerpo está perfectamente pulimentada, como puede ser un espejo, o similar, la superficie devuelve el rayo luminoso en una dirección única que depende de la posición del rayo con respecto a esta superficie: Si la colisión tiene lugar en forma perpendicular a la superficie, el rayo retrocede en la misma dirección, pero si incide a la superficie en ángulo, será despedido formando un ángulo semejante. Llamándose al rayo original *incidente*, y al otro *reflejado*. En este caso, de ser una superficie perfectamente pulimentada, el ángulo de reflexión es igual al de incidencia. (ver figura 4.8.).

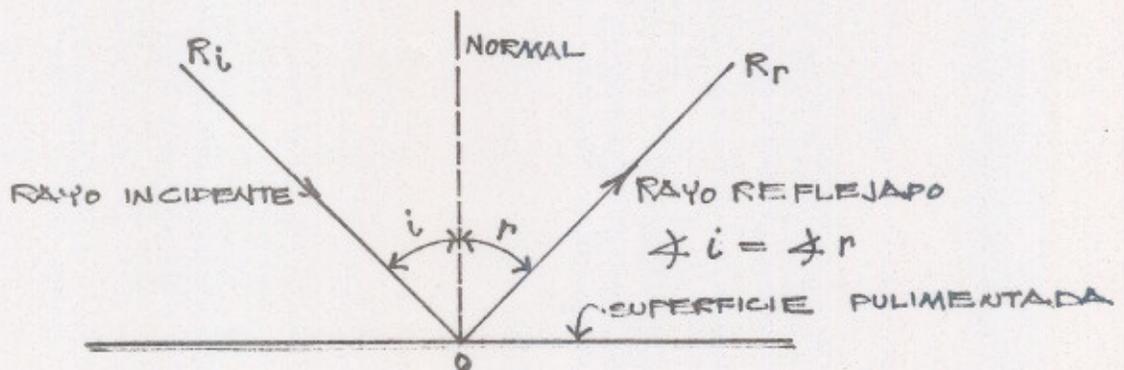


Fig. 4.8. REFLECCION DE LA LUZ EN UNA SUPERFICIE PULIMENTADA O ESPEJO

Cuando la luz tropieza con la superficie de un cuerpo cualquiera que no sea pulimentada en cierto aspecto la reflexión podría definirse como un fenómeno similar a la difusión si lo vemos de la manera siguiente:

Cuando una fuente luminosa emite un rayo o rayos de luz y estos llegan a una superficie, esta devuelve un porcentaje de la luz recibida de una forma indirecta. Lo cierto es que mientras más clara es una superficie más luz va a devolver o reflejar, y por el contrario mientras más oscura sea, menor va a ser el porcentaje de luz que va a despedir. Este fenómeno definido como reflexión, puede tomarse al mismo tiempo como una forma de difusión, ya que al reflejar parte de la luz que recibe propaga o difunde la misma en todas direcciones, extendiéndose por el espacio del ambiente y bañando los objetos en el situados. Un ejemplo de esto serían: Las paredes, techos, pisos, que reflejan la luz emitida por las lámparas o la que entra por las ventanas (ver figura 4.9.).

La Reflexión, tomando en cuenta los conceptos anteriores la definiremos exactamente de la manera siguiente: Cuando la luz emitida por una fuente tropieza con una superficie, si esta es una superficie perfectamente pulimentada el rayo se refleja totalmente en una dirección única, que depende de la dirección del rayo de incidencia respecto a la superficie; y si es una superficie de un cuerpo cualquiera el rayo se refleja en todas las direcciones posibles y con un porcentaje diferente de acuerdo a la claridad u oscuridad de la misma. Por ejemplo las superficies blancas, cuando están limpias pueden reflejar del 80 al 90% de la totalidad de los rayos incidentes.

De esto concluimos que debe estudiarse cuando y donde pueden colocarse espejos o superficies brillantes como mármol o paredes lisas pintadas con pinturas brillantes, ya que estas al reflejar directamente la luz recibida, pueden causar molestias como deslumbramiento (ver inciso 4.5.).

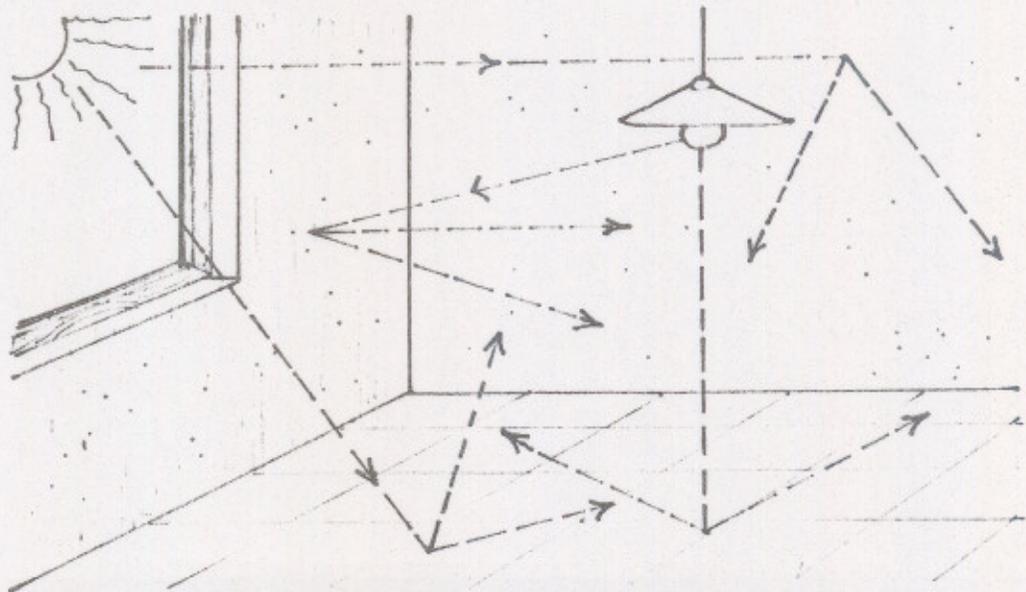


Fig. 4.9. REFLEXION DE UNA SUPERFICIE CUALQUIERA

Tabla 4.1. PORCENTAJES O COEFICIENTES DE REFLEXION APROXIMADOS  
(Para colores de claridad media y otras superficies):

	%
1. ESPEJO . . . . .	100
2. BLANCO . . . . .	83
3. BLANCO MARFIL . . . . .	80
4. GRIS PERLA . . . . .	72
5. MARFIL . . . . .	71-63
6. ROSADO . . . . .	70-60
7. GRIS . . . . .	70-44
8. GÁMUZA . . . . .	70-40
9. CREMA . . . . .	65
10. AZUL ULTRAMAR . . . . .	55
11. VERDE . . . . .	55-20
12. AMARILLO . . . . .	50
13. CUERO . . . . .	50-30
14. AZUL CLARO . . . . .	45
15. BEIGE . . . . .	45
16. GRIS FRANCES . . . . .	40
17. CASTAÑO . . . . .	40-20
18. ROJO . . . . .	40-15
19. GRIS OSCURO . . . . .	20
20. VERDE OLIVO . . . . .	20
21. PURPURA . . . . .	20
22. AZUL OSCURO . . . . .	15
23. TERCIOPELO NEGRO . . . . .	4
24. NEGRO TEORICO . . . . .	0

Estos porcentajes se aplican a la luz reflejada por dichas superficies. Según estos datos, una pared blanca sólida iluminada por una bombilla de 75 W. que emite 1,000 lúmenes, solo reflejaría 800 lúmenes. En cambio una pared de color iluminada con la misma bombilla, solo reflejaría 200 lúmenes. De esto, concluimos que en las habitaciones de color oscuro es necesario emplear lámparas más potentes; Salvo en las que se quiera lograr un efecto especial, como ejemplo bares, salones de baile u otros.

El color del rayo reflejado también puede ser diferente del color del rayo incidente si la superficie tiene propiedades selectivas de color, por ejemplo, un reflector amarillo impartirá un tinte amarillento a un rayo de color blanco.

#### 4.5. EFECTOS DE LAS FUENTES LUMINOSAS:

- a. Brillo: El brillo consiste en la cantidad de rayos o destellos de luz emitidos por una fuente luminosa, o una superficie reflectora iluminada, y dirigidos a un objeto u observador, de forma incontrolable y de acuerdo a la posición del mismo.

En el caso de las lámparas el efecto de brillo que producen estas depende del material de la misma.

La unidad que se emplea para medir el brillo es el Lambert y su signo la letra "D". El Lambert es el brillo de una superficie que emite o refleja un lumen (ver inciso 4.6.2. por centímetro cuadrado).

El brillo de una superficie, por ejemplo una pared, viene dado en función de la iluminación que recibe mediante la fórmula:

$$\text{Brillo en LAMBERTS} = \frac{\text{Iluminación en LUX} \times \text{Coeficiente de Reflección}}{10,000}$$

Por ejemplo el brillo de una superficie que tiene un coeficiente de reflexión de 55% (0.55), e iluminada uniformemente con una intensidad de 200 lux, sería:

$$\text{Brillo} = \frac{200 \times 0.55}{10,000} = 0.011 \text{ Lamberts}$$

Otro dato importante es que el brillo máximo que acepta el ojo humano es de 1.5 Lamberts, y el brillo adecuado es de 0.25 Lamberts.

Cuando se usan globos como difusores, debe tomarse en cuenta el material y el diámetro de los mismos, cuando se hallan dentro del ángulo visual, para evitar un brillo indebido. El vidrio tendrá cualidades de difusión uniformes y el diámetro debe ser tal que el brillo superficial no exceda de 1.5 a 2.5 lamberts.

En este caso, para obtener el brillo se usará la fórmula siguiente:

$$\text{Brillo en LAMBERTS} = \frac{\text{Potencia de la lámpara en VATIOS} \times \% \text{ de Rendimiento}}{(\text{Radio del globo})^2 \text{ en CENTIMETROS}}$$

Por ejemplo si se quiere obtener el brillo de un globo de 15 cm. de radio, uniformemente iluminado, que tiene en su interior una lámpara de 50 vatios y su rendimiento en la transmisión de la luz es del 80%.

$$\text{Brillo Superficial del globo} = \frac{50 \text{ W.} \times 0.80}{15 \text{ cm.}^2} = 0.178 \text{ Lamberts}$$

Este brillo está por debajo del máximo permisible, o sea que es correcto.

- b. Deslumbramiento: Es la turbación que se experimenta cuando un rayo de luz muy vivo hiere la vista.

El deslumbramiento es provocado por lo general por grandes diferencias de intensidad de luz directa o reflejada sobre objetos inmediatos en el campo visual, por ejemplo, lámparas brillantes, adornos relucientes, cristales sobre los escritorios u otro objeto similar.

El resultado del deslumbramiento es una reducción de la agudeza de nuestra visión, dificultades de observación y esfuerzo, y fatiga de la vista. Un envejecimiento prematuro de la vista y daños permanentes son las consecuencias frecuentes del deslumbramiento. En el ojo humano el iris y la pupila tienen la cualidad de adaptarse, tanto a un nivel bajo de iluminación general, donde los puntos brillantes deslumbran y forzan la vista; como a las más elevadas intensidades, en cuyo caso los objetos circundantes menos iluminados se vuelven invisibles. Por lo tanto las lámparas sin protección o los brillantes aparatos de luz, deben hallarse fuera de la dirección que sigue la vista desde cualquier punto del ambiente donde se encuentren.

Se acepta generalmente que el menor ángulo admisible entre la dirección horizontal de la vista y la dirección visual hacia la lámpara, para que esta no produzca deslumbramiento, sea de  $25^\circ$ . Y que la distancia horizontal hacia la misma sea de por lo menos dos veces su altura. Siendo así, en la figura 4.10. observaremos que la lámpara "A" está en una posición aceptable respecto a un observador que se encuentra en "D"; la lámpara "B" es tolerable y la "C" resulta desabradable.

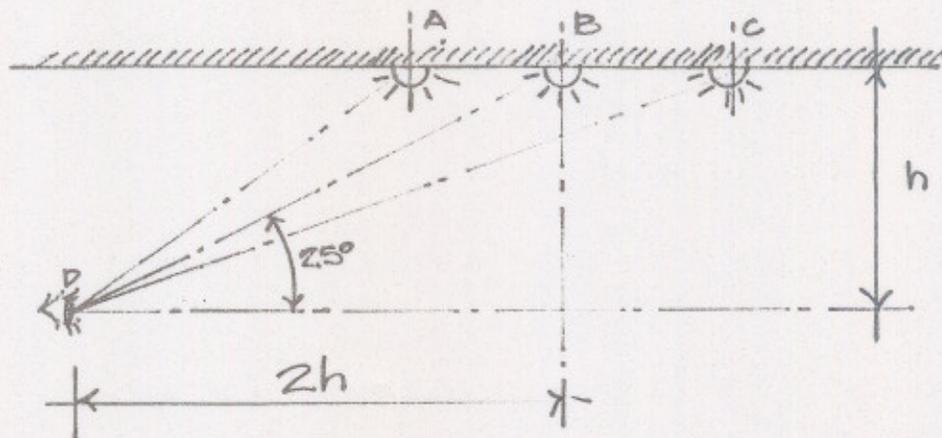


Fig. 4.10. MEDIDAS ADECUADAS PARA EVITAR DESLUMBRAMIENTO:  
Cuando se usan lámparas de luz directa.

Es evidente que si un ambiente está iluminado con lámparas de tipo incandescente, fluorescente o de vapor de mercurio, desnudas sin ningún tipo de difusor, la iluminación será incómoda y desagradable.

El control de la luz es la técnica para remodelar la distribución de la propia fuente y producir una iluminación más útil sobre las superficies

de trabajo y reducir el deslumbramiento directo y reflejado hacia los ojos.

El control de iluminación puede construirse dentro de la fuente de luz, pero solo parcialmente, ya que económicamente no es práctico, porque su reposición resulta costosa. Los elementos de control de luz están mejor incorporados en la parte permanente de la lámpara del sistema que por mantenimiento periódico, puede recuperar sus propiedades originales.

#### 4.6. UNIDADES DE MEDIDA EN ILUMINACION :

Debido a que las primeras fuentes de iluminación artificial eran relativamente reducidas (velas, lámparas de aceite, etc.), los primeros terminos empleados para medir la intensidad de la luz se escogieron de acuerdo con el concepto de "fuente punto" de luz.

##### 4.6.1. UNIDAD DE INTENSIDAD LUMINICA: "Candela o Bujía" (cd)

Una candela como unidad de intensidad luminosa, era verdaderamente una vela de un tamaño y encendido determinados.

Se escogió primeramente como unidad de intensidad luminosa la *bujía internacional*. Desde 1940, la bujía internacional fue reemplazada por una nueva bujía, denominada *candela*, que difiere muy poco de la anterior:

$$1 \text{ Candela} = 0.98 \text{ Bujía Internacional}$$

Una *candela* (cd), es la intensidad luminosa irradiada en una dirección perpendicular, desde una superficie de  $1/60$  de  $\text{cm}^2$  del radiador integral llamado también cuerpo negro, a la temperatura de fusión del platino que es de  $1773.5^\circ\text{C}$ , bajo la presión de  $104,325$  Newton/metro<sup>2</sup>. Dicho en otras palabras una superficie de  $1 \text{ cm}^2$  del radiador integral (cuerpo negro), bajo las anteriores condiciones, irradia normalmente 60 candelas.

Sabemos que la iluminación o cantidad de luz recibida por una superficie disminuye o aumenta al alejarse o aproximarse la fuente que produce la luz.

Existe una ley fundamental de la fotometría que dice: *La iluminación de una superficie varía en razón inversa del cuadrado de su distancia a la fuente.* Esta ley se verifica muy sencillamente con el siguiente ejemplo: Al tener dos caras de una superficie iluminada en un lado por una candela o bujía a un metro de distancia de la superficie. Averiguar cuantas bujías hay que colocar a dos metros, por la otra cara, para obtener iluminaciones iguales.

Llamando  $I$  e  $I'$  a las intensidades luminosas así obtenidas, y  $d$  y  $d'$  a las distancias, se tendrá:

$$\frac{I'}{I} = \frac{d'^2}{d^2} \quad \text{o también} \quad \frac{I}{d^2} = \frac{I'}{d'^2}$$

$$\text{de donde } I' = \frac{I \times d'^2}{d^2} = \frac{1 \times (2)^2}{(1)^2} = 4 \text{ candelas}$$

Ver figura

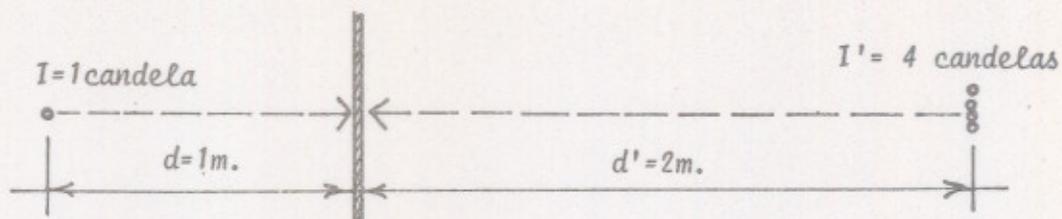


Figura 4.11. SOLUCION DEL EJEMPLO ANTERIOR

#### 4.6.2. UNIDAD DE FLUJO LUMINOSO: "Lumen" (lm) ó ( $\phi$ )

Un lumen es el flujo luminoso emitido por un manantial luminoso uniforme y puntual, colocado en el vertice del ángulo sólido que abarca y con una intensidad luminosa de 1 candela.

Las lámparas se distinguen por la cantidad de lúmenes que pueden producir. Siendo así los lúmenes pueden considerarse como la cantidad de luz irradiada en el espacio.

Supongamos un difusor en forma de globo con un radio  $R$  y que en su interior está colocado un foco de intensidad  $I$ ; cada punto del globo recibirá una iluminación igual a  $I/R^2$ . El flujo luminoso ( $\phi$ ) total irradiado por la fuente será el producto de la iluminación que recibe cada punto del globo, por la superficie de la esfera  $4\pi R^2$ , y el flujo será:

$$\phi = \frac{I}{R^2} \times 4\pi R^2, \text{ o sea } 4 I$$

El mismo puede interpretarse como el producto de la intensidad de la fuente, por el ángulo sólido que abarca o sea la superficie de la fuente:

$$\phi = I \text{ (en candelas) } \times \text{Superficie}$$

Por tanto la unidad de flujo (lumen), será la cantidad de luz que recibe una superficie de un metro cuadrado iluminado por un lux, (ver figura 4.12.).

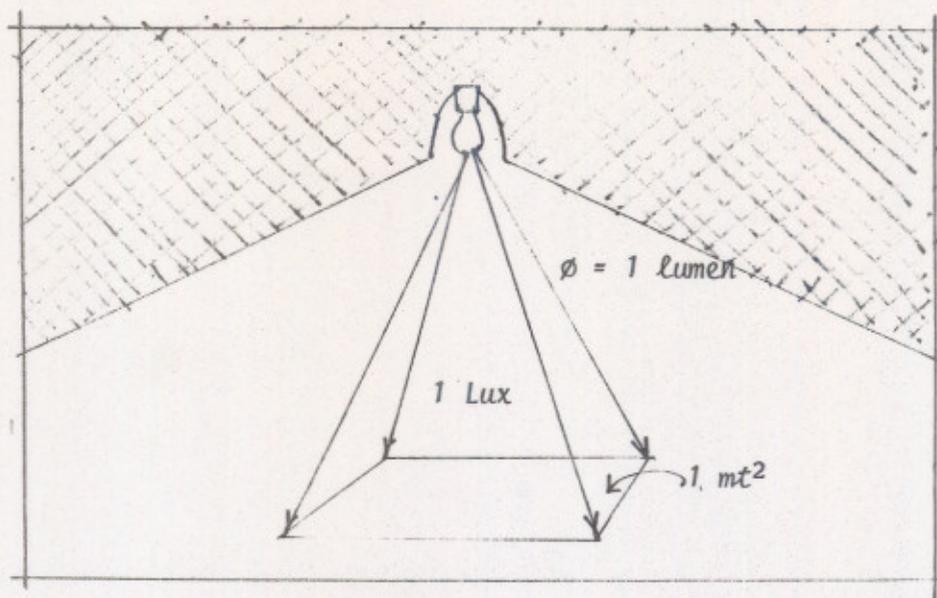


Figura No. 4.12. REPRESENTACION DE UN FLUJO DE 1 LUMEN

Una lámpara de 50 bujías irradia un flujo luminoso total que sería  $4 \times 50$ , si la lámpara tuviera la misma intensidad en todas las direcciones. De hecho, este flujo es solamente  $10 \times 50 = 500$  lúmenes, efectuándose el máximo de emisión horizontal (esta intensidad horizontal es la que indican los fabricantes).

Para hacer fotografías con luz artificial se emplean de 12,000 a 60,000 lúmenes; la intensidad horizontal de estas lámparas es aproximadamente de 1,200 a 1,600 bujías.

#### 4.6.3. UNIDAD DE ILUMINACION O ILUMINANCIA: "Lux" (E) ó (lx)

La iluminación o iluminancia es el efecto de una luz al incidir sobre una superficie. Y un Lux es la iluminación proyectada por una candela patrón, con un flujo luminoso de un lumen y distribuido uniformemente sobre una superficie de un metro cuadrado, a una distancia de un metro. De allí que originalmente se le llamó también candela metro.

En el sistema inglés, esta unidad es la candela pie (footcandle). Una candela pie equivale a 10.7 luxes.

Un foco incandescente de 100 watts emite aproximadamente 1,600 lúmenes, y una lámpara fluorescente de 40 watts aproximadamente 3,100 lúmenes, bajo condiciones normales de operación.

A medida que la distancia de la fuente a la superficie aumenta, forzosamente los mismos rayos divergentes cubren una área más amplia, pero con un nivel de iluminación menor. De esto puede expresarse matemáticamente la iluminación por medio de la fórmula:  $E = I/d^2$ , en donde  $E$ , es la iluminación en luxes;  $I$ , es la intensidad luminosa en candelas y  $d$  la distancia en metros, de la fuente a la superficie.

En la fórmula básica la superficie receptora es normal al rayo de luz. Si esta superficie está inclinada en "X" grados de la normal entonces la iluminación será:  $E = I \cos(X^\circ) / d^2$ .

Con el concepto de lumen podemos calcular la iluminación promedio provenientes de múltiples fuentes luminosas, aumentada por la reflexión de los alrededores: muros pisos y techos. Esto genera la siguiente fórmula:

$$E \text{ (iluminación en luxes)} = \frac{\text{Lúmenes generados} \times \text{coeficiente } C_u}{\text{Superficie o área en m}^2}$$

En esta fórmula  $C_u$  es un coeficiente combinado, relacionado con el tamaño del ambiente, su configuración, reflectancias y la eficiencia del luminario. Mas adelante lo definiremos como el producto del coeficiente de utilización de la lámpara por el factor de conservación de la misma.

Para leer en una mesa sin fatiga es necesario, una iluminación mínima de 20 a 25 luxes. En una sala bien iluminada, en pleno día, la iluminación alcanza 100 lux mientras que en pleno sol, un día de verano, la iluminación puede llegar a 100,000 lux.

El ojo humano es extremadamente sensible y puede soportar iluminaciones de valores tan extremos como 100,000 lux en pleno sol, 0.2 lux con luna llena y 1/3,000 de lux en una noche sin luna.

Mas adelante en el inciso 5.3.6. (Niveles de Iluminación) enumeraremos las distintas iluminaciones recomendadas, en luxes, para interiores residenciales, públicos y comerciales, (Ver tabla 5.1.).

#### 4.7. LA LUZ COMO ENERGIA RADIANTE:

El espectro electro-<sup>magnético:</sup> La luz se define como "energía radiante percibida visualmente" o mas simplemente, como la forma de energía que nos permite ver. Si consideramos a la luz como una onda similar a una onda de radio, o a la onda de la corriente alterna, tendrá una frecuencia y una longitud de onda.

Maxwell demostró que la luz es uno de los componentes del espectro electromagnético que se muestra en la figura N° 5.13. Todas estas ondas son de carácter electromagnético y tienen la misma velocidad en el espacio libre. Difieren unicamente en su longitud de onda y por consiguiente en frecuencia. Lo que quiere decir que las fuentes que dan lugar a estas ondas son diferentes.

El espectro electromagnético no tiene límites definidos ni superior ni inferior. Pero la luz como energía radiante constituye el llamado espectro visible, compuesto por colores puros, con ciertas longitudes de onda, definidas desde un límite inferior de 400 milimicras ( $m_\mu$ ) a un límite superior de 700 milimicras ( $m_\mu$ ). Siendo la equivalencia de una milimicra = a  $10^{-9}$  metros, (ver figura 4.13. ).

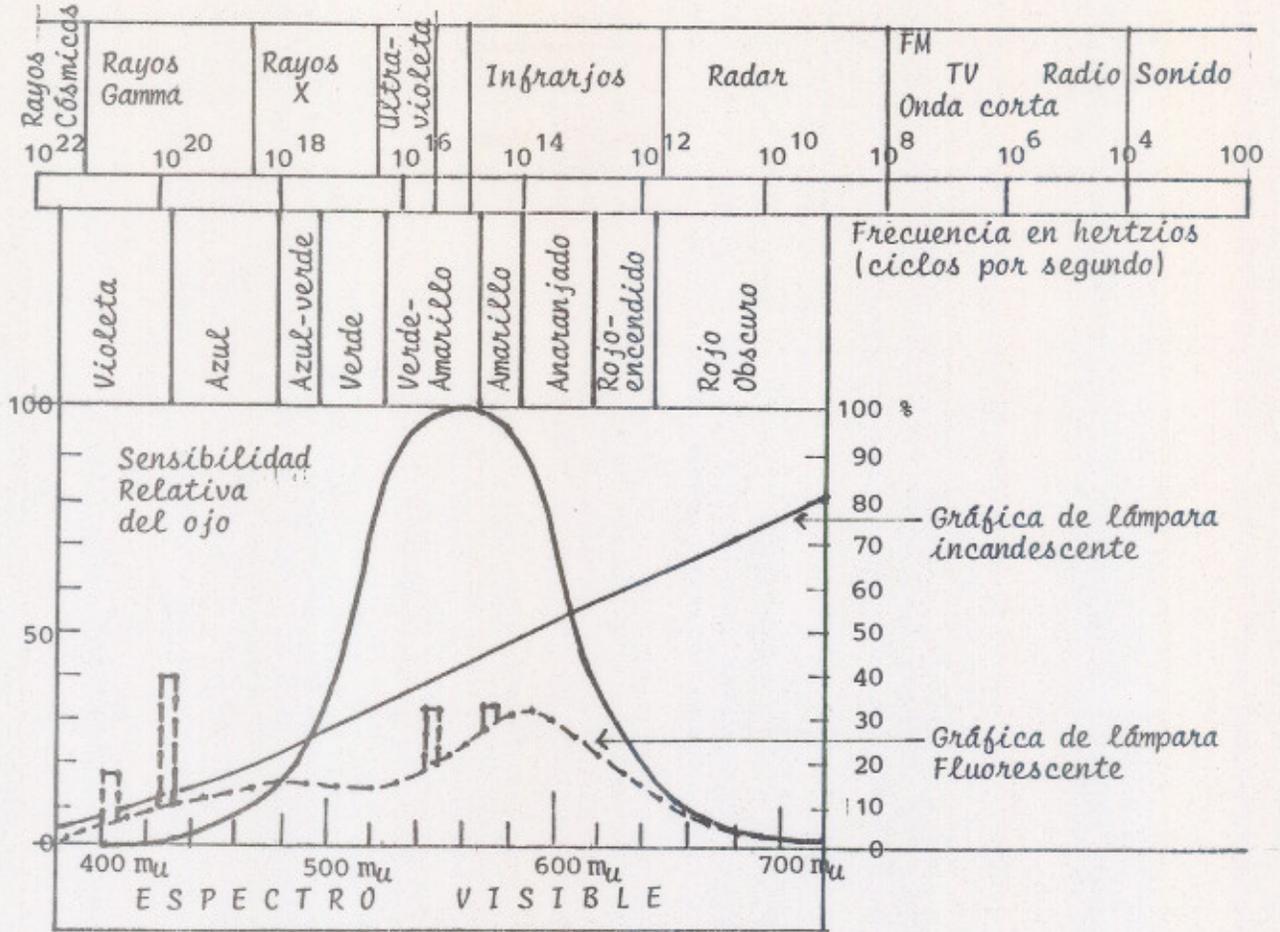


Figura N° 4.13. ESPECTRO ELECTROMAGNETICO Y ESPECTRO VISIBLE: En la presente figura se indica se indica

En la figura 4.13. la situación de la luz por medio de una gráfica que muestra la sensibilidad relativa del ojo (*espectro visible*), dentro del espectro electromagnético el cual como decíamos no tiene límites definidos.

Esta gráfica además nos muestra que a diversas longitudes de onda, de acuerdo al color, para niveles normales de iluminación, existe una apreciación visual o sensibilidad relativa del ojo, de un porcentaje diferente para cada longitud de onda o lo que es lo mismo para cada color. Podemos apreciar que la sensibilidad de mayor porcentaje, o sea el color que el ojo humano puede apreciar con mas intensidad se encuentra en la longitud de onda de  $5.55 \times 10^{-9} \text{ m.} = 555 \text{ m}\mu$  que pertenece al color verde-amarillo y que tiene una frecuencia de aproximadamente  $10^{16}$  Hertzios.

Los límites del espectro visible, como hemos mencionado, no están bien definidos porque la curva de sensibilidad del ojo se acerca al eje, asintóticamente, tanto en las longitudes de onda grandes como en las pequeñas. Si tomamos arbitrariamente como límites, las longitudes de onda para las cuales la sensibilidad del ojo se reduce al 1% de su máximo valor. Estos límites están entre las  $430 \text{ m}\mu$  y las  $690 \text{ m}\mu$ . Fuera de estos límites el ojo humano puede detectar radiaciones unicamente si estas son suficientemente intensas.

El espectro visible está compuesto por nueve colores puros, los cuales son: violeta, azul, azul-verde, verde, verde-amarillo, amarillo, naranja, rojo-encendido, y rojo-oscuro.

Cuando una fuente luminosa produce energía repartida en cantidades aproximadamente iguales por todo el espectro visible la combinación de las luces de todos los colores produce el blanco, como en el caso del sol, mientras que una fuente luminosa que produce energía sólo en una pequeña parte del espectro da luz del color correspondiente a aquella parte. Como por ejemplo el color azul-verde de la lámpara de mercurio no corregida y el amarillo de la lámpara de sodio.

Los rayos producidos por estas fuentes de un color determinado al hacer contacto con una superficie iluminan la misma con el color de la fuente. Estos colores dados por un rayo de color son los llamados *colores luz*.

Existe otro tipo de colores que son los *colores pigmento*. Estos son los colores reflejados por objetos de determinado color al ser iluminados por una fuente de color blanco. O sea que es el color con que se observa un objeto al ser iluminado.

Inmediatamente después de los límites del espectro visible que son los colores violeta y rojo existen <sup>existe</sup> dos *colores no visibles*, los cuales son: el *Ultravioleta* y el *Infrarojo*. Otro fenómeno importante que hay que mencionar y que es que aproximadamente en los extremos y en el medio del espectro visible se producen los colores *primarios* que son el azul, el amarillo y el rojo. Intermedios a estos se producen los *secundarios* que son el violeta el verde y el naranja. Que también podría decirse que están aproximadamente en los extremos y medio del espectro. (ver figura 4.14.).

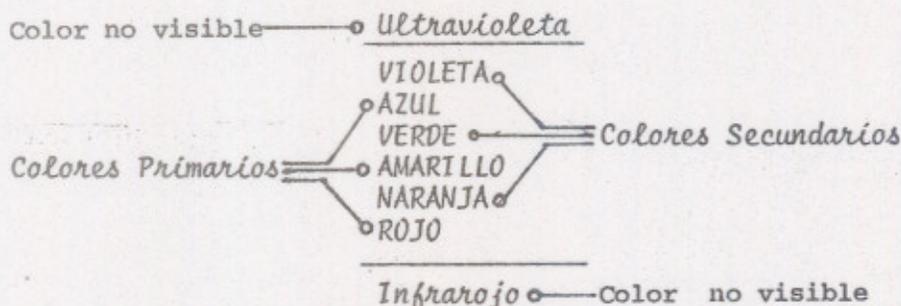


Figura 4.14. UBICACION DE LOS COLORES PRIMARIOS, SECUNDARIOS Y LOS NO VISIBLES EN EL ESPECTRO VISIBLE.

Cuando cantidades apropiadas de energía radiante de diferente longitud de onda, o sea de diferente color, son combinadas es cuando se produce la llamada *luz blanca*.

Cada tipo de fuente de luz produce una diferente *calidad de color* de luz. Eso sucede porque cada tipo de fuente produce energía radiante de diferente longitud de onda, la cual el ojo percibe como una sensación de color,

dependiendo de como la energía radiante es distribuida dentro del espectro visible.

De este modo el diseñador deberá de analizar la calidad del color dentro del espectro de las fuentes de luz seleccionadas para una iluminación específica.

Las fuentes de luz que producen la llamada luz blanca tienen una calidad de color inherente la cual es expresada en terminos de *temperatura de color*, la cual es medida en grados Kelvin, grados de la misma magnitud que los grados centígrados pero con origen en el cero absoluto que coincide con los  $-273^{\circ}\text{C}$ .

O sea que dependiendo de los efectos de iluminación que quiera lograr, así será la fuente de luz que escoja con su respectiva calidad de color.

Hay que dejar bien claro, naturalmente, que la temperatura de color de una fuente luminosa es una indicación del color de la luz que produce y no tiene nada que ver con la verdadera temperatura de la fuente luminosa productora. Teniendo en cuenta además que en muchos casos la luz es producida por fluorescencia y no por incandescencia.

En la figura 4.15. se muestra las temperaturas de color que se asignan a algunas de las fuentes luminosas más corrientes.

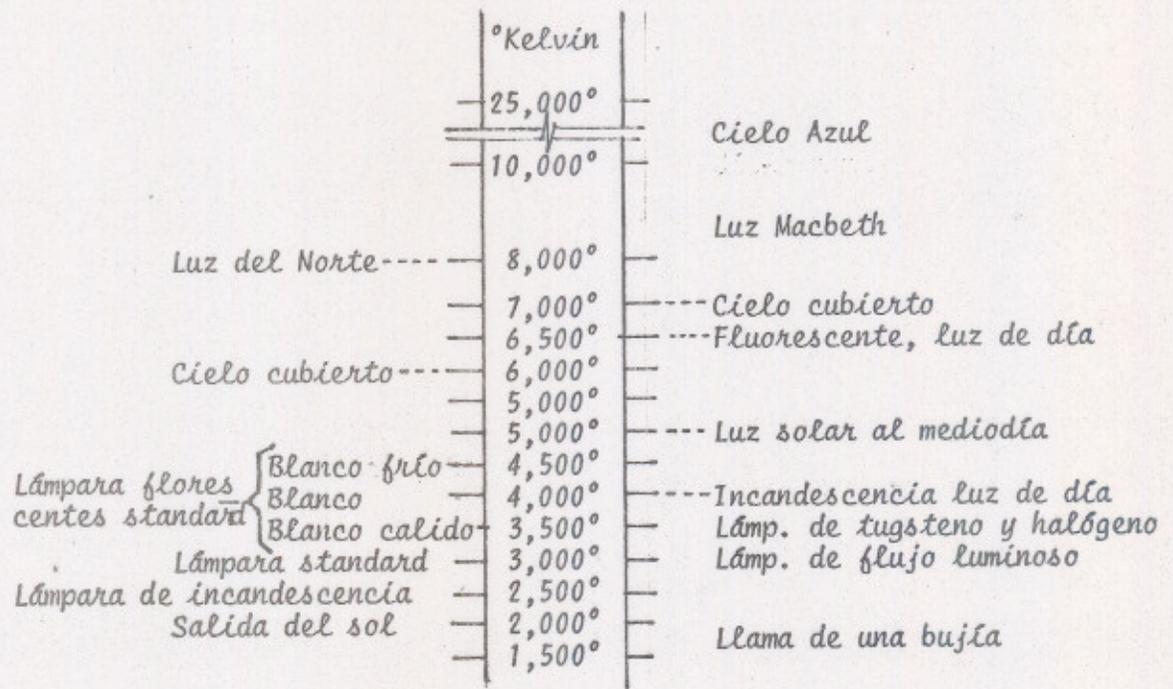


Figura 4.15. ESCALA DE TEMPERATURAS DE COLOR

#### 4.8. ILUMINACION EN ARQUITECTURA:

Hemos mencionado ya que para el arquitecto la luz es el indispensable elemento de contacto entre el hombre y su obra, que hace posible la debida apreciación desde el punto de vista plástico y funcional de los fines de su concepción.

El arte y la ciencia de la iluminación artificial, han avanzado a pasos agigantados cruzando a tal velocidad ante los ojos del arquitecto que éste no ha podido fijar su atención en ella, y mucho menos profundizar en su estudio para aprovechar las innumerables ventajas que la misma le ofrece. Considerando además, la multiplicidad de los problemas que se presentan en la arquitectura moderna por las necesidades de la civilización actual, tales como los de ventilación, calefacción, sistemas de intercomunicación, etc., en cada uno de los cuales el arquitecto no podría especializarse, para lo cual sera necesaria la intervención, total o parcial, de un técnico especializado, que en este caso, sería un ingeniero en iluminación.

Sin embargo el arquitecto no debe abandonar su proyecto al exclusivo criterio del técnico, toda vez que éste concibe los problemas desde el punto de vista utilitario y eficiente únicamente y pierde de vista el concepto arquitectónico, ya que él dista mucho, generalmente, de ser un artista. De esta manera la posición del arquitecto debe ser la de un coordinador, que estudie teniendo conocimientos fundamentales acerca de las diversas fuentes de luz de que puede disponer, los diferentes métodos de iluminación artificial, su variedad de colores y efectos en las diversas superficies, así como las características principales de la gran variedad de unidades, para que de este modo pueda pedir al ingeniero en iluminación el resultado que su mente creadora desea, dejando en sus manos la solución del problema en detalle y obtener así un conjunto que satisfaga los requisitos arquitectónicos simultáneamente con los utilitarios para la función visual, armonizando ambas cosas hasta donde sea posible.

Cuando el arquitecto desconoce totalmente los principios arriba citados, incurre generalmente en concepciones utópicas imposibles de realizar por el técnico. Por lo tanto y en consideración a la importancia que para el buen desarrollo del proyecto tienen estos conocimientos, hacemos notar que los conceptos que se han expuesto en los anteriores incisos sobre el tema y los que se expondrán adelante, forman una serie de normas generales que deben tenerse en cuenta dentro del diseño arquitectónico para resolver en forma apropiada el problema de iluminación artificial.

Ciertamente, hay que dejar bien claro que únicamente cuando se traté de proyectos complejos, el arquitecto recurrirá al técnico especializado. De lo contrario los conocimientos que obligatoriamente deberá tener sobre el tema le bastaran para realizar proyectos de iluminación pequeños, tales como viviendas o edificios pequeños.

El arquitecto, impulsado por su afán de introducir formas nuevas más acordes con los adelantos de su época, ha concebido ideas nuevas en el diseño de la iluminación, uniéndola a la construcción como verdadero elemento de la arquitectura, en la misma forma que un ventanal lleva la función de admitir luz natural y aire, integrando simultáneamente los espacios interior y exterior en todo edificio de concepción moderna.

Consecuencia de estas nuevas tendencias, en la arquitectura moderna se requiere de unidades luminosas sujetas a diseño como medio plástico, parte de un todo, a las cuales se pueden aplicar principios de diseño puro: unidad, armonía y equilibrio, para proporcionar composición, visibilidad, confort y atmósfera. Además los mismos principios fundamentales de la arquitectura moderna, tales como funcionalismo, simplicidad, uso franco de los materiales, métodos modernos y forma de vida actual, pueden ser métodos modernos y forma de vida actual, pueden igualmente ser aplicados a la iluminación.

Desafortunadamente aún en la actualidad, es práctica común utilizar las unidades de iluminación como muebles o decoración; o sea, como equipo que puede aumentarse posteriormente a la construcción del edificio. Esto no desaparecerá en tanto el arquitecto no dé cabida en su mente a la firme convicción de que las unidades de iluminación deben considerarse como importantes elementos estructurales en el proyecto arquitectónico, haciendo sus diseños simultáneamente a las condiciones de luz natural, durante el día, y de luz artificial por la noche.

Esto naturalmente complica su problema, por la duplicidad de condiciones requeridas, pero en cambio le ofrece la oportunidad de lucir su obra en dos variantes, de las que probablemente la de luz artificial sea la más atractiva. Prácticamente todo arquitecto, sea éste de tendencias antiguas o modernas, reconoce que la iluminación artificial realza el diseño y aún lo dramatiza.

El uso prudente de la luz artificial capacita al diseñador para lograr una composición visual definida, haciendo resaltar ciertos detalles y ocultando otros, cambiando a voluntad la apariencia de los objetos estáticos, para crear una atmósfera adecuada a las actividades o funciones de cada espacio.

La iluminación en función de intensidad, color, distribución y movimiento, es el resultado de la aplicación del gusto e intuición del arquitecto. Sin embargo, cuando se crea una composición y atmósfera definidas, resulta prácticamente imposible anticipar los requisitos técnicos exactos, siendo en este punto precisamente donde surge la necesidad de recurrir al técnico especializado, para que, en un ambiente de estrecha colaboración entre el arquitecto y el ingeniero en iluminación, encuentren un término medio factible y práctico para lograr la feliz realización de la idea originalmente concebida.

#### 4.9. DISTRIBUCION DE LA LUZ:

Hay quien dice que en la época actual estamos peor iluminados que en la Edad Media. Quien afirma esto se basa en el hecho curioso de que nunca hemos tenido tanta luz y nunca ha habido un porcentaje tan elevado de personas que utilicen anteojos.

Es evidente que nuestros ojos se fatigan mucho más que en otras épocas. También es verdad que la luz provista por la electricidad, les ha prestado un gran servicio. Pero igualmente es cierto que una *luz violenta o mal dirigida*, les perjudica tanto o más que una *luz insuficiente*.

Han sido necesarios varios años de estudios sobre electricidad y teorías de iluminación para que actualmente se pueda hacer una buena regulación adecuada y adecuada distribución de la luz artificial.

Para lograr en si una buena distribución de la luz es necesario tomar en cuenta las propiedades físicas de la luz enunciadas en el inciso 4.4. y de las cuales las mas importantes son la *difusión* y la *reflexión* de la luz y además ciertas normas como *distancia entre lámparas*, *distancia a las paredes*, *altura de suspensión de lámparas*, y otras que enumeraremos en el capítulo siguiente. (ver capítulo 5).

#### 4.10. EL COLOR EN ILUMINACION:

En un sistema de iluminación la irradiación de las fuentes luminosas debe ser controlada en las unidades de iluminación, para distribuirla en forma apropiada. Por ejemplo, la luz recibida por las diferentes partes de una habitación, es reflejada con mayor o menor intensidad, dependiendo ésta de la naturaleza de la superficie de reflexión. Así, un cuarto pintado de color obscuro requerirá mucha más luz que otro pintado de color claro, para obtener el mínimo nivel de iluminación sobre el plano de trabajo.

Asimismo, la habitación de paredes blancas puede resultar demasiado clara comparada con la tarea visual, pudiendo causar molestias a los ojos por un contraste excesivo que disminuye la eficiencia del órgano ocular, es decir, que un acabado obscuro o claro, en determinadas partes del local, puede reflejar muy poca o demasiada luz. Dandonos así una buena o mala distribución de la luz. De ahí la necesidad, desde el punto de vista de iluminación, de seleccionar cuidadosamente los colores adecuados para las diversas partes de la habitación, de modo que proporcionen un balance de brillantez tal que el medio ambiente sea cómodo y aun agradable al ojo.

Es bien sabido que los colores provocan reacciones emocionales en la gente. Por ejemplo, el verde y azul crean la impresión de frío y tranquilidad, en tanto que el amarillo, el anaranjado y el rojo dan la sensación de calor o euforia. Hay colores atractivos, como el rojo, verde, azul, amarillo y anaranjado; repulsivos como el morado y el negro; e indiferentes o neutros como el gris y el café claro. Por su tono, pueden clasificarse, en colores acentuados o vivos, y pálidos o suaves.

Como norma general se recomienda que, en lugares de trabajo, los techos sean de colores muy claros, las paredes como ventanas regularmente claras, usando para las del lado opuesto a las ventanas tonos menos claros que en las que las contienen, ya que reciben la luz directa de las ventanas, pudiendo reflejar la luz en mejor forma que las otras.

Los colores vivos pueden usarse cuidadosamente en pequeñas áreas para romper la monotonía de las tonalidades suaves o claras.

Existen tablas especiales que indican los colores más recomendables para techos, paredes, pisos, etc., basadas en estudios científicos y psicológicos, tomando en cuenta la orientación de las ventanas, la clase de lámparas usadas (incandescentes o fluorescentes), y el sistema de iluminación (directa, indirecta, etc.), a fin de obtener un conjunto balanceado a la vez que proporcionar comodidad visual y sensación agradable a la generalidad de las personas. En locales para usos especiales, en donde interviene

sencialmente el gusto, la composición de los colores es un problema en que el factor artístico juega un papel muy importante; pero las leyes fundamentales que rigen las reacciones emotivas de los colores siempre deberán tenerse en cuenta más aún, cuando se trata de lugares públicos, en donde debe ser considerado el gusto de las mayorías muy por encima del simplemente personal del diseñador, para lo cual cuenta éste con una gama muy variada de materiales y texturas, ya sea en forma de pinturas, o materiales como ladrillo, mármol, piedra, granito, metal, madera, etc.

#### 4.10.1. USO DE LUZ DE COLORES:

El uso de la luz de colores es muy limitado actualmente, no obstante que tiene grandes posibilidades tanto en exteriores como en interiores. Edificios que durante la noche pasan inadvertidos, podrían ser admirados quizá con mayor éxito que en el día, aplicando luz, ya sea directa o indirectamente, en combinación de colores que hagan resaltar las características del inmueble.

Ciertamente en un proyecto se requiere mucho estudio y experimentación para lograr efectos artísticamente agradables y que la instalación del equipo de iluminación no desentone o provoque conflictos arquitectónicos. Este último punto es generalmente el más difícil de resolver, requiriendo la máxima coordinación entre el arquitecto o diseñador del proyecto y el ingeniero o diseñador de la iluminación, desde que el edificio está en la etapa de diseño, para prever las necesidades futuras, durante el proceso de construcción.

En interiores, el uso de la iluminación a colores, como motivo decorativo, es más amplio y menos complicado que en exteriores. Se puede usar con gran éxito en lugares públicos como teatros, cines, restaurantes, auditorios, salones de baile, etc.

La ventaja de la luz a colores sobre la pintura, radica en su gran versatilidad, pues mientras la pintura es de un color y tono permanente, la luz a colores se puede variar en color, tono e intensidad a voluntad, por medio de reóstatos variables intercalados en los diversos circuitos de lámparas de colores, que se operan desde un determinado lugar de control, manual o automáticamente, para proporcionar un ciclo predeterminado de colorido. Esto es usado regularmente en fuentes.

Finalmente, solo nos resta considerar que la técnica en iluminación tiene aún muchos adelantos que hacer para satisfacer los requisitos del diseñador, para lo cual, insistimos, es necesario la más estrecha colaboración entre arquitecto e ingeniero en iluminación, mediante la presentación, por parte del primero, de datos completos y dibujos o planos de sus conceptos sobre la iluminación artificial del edificio, desde el punto de vista artístico, para que el ingeniero pueda realizar el proyecto desde el punto de vista técnico, siendo esto impracticable se se carece de los conocimientos fundamentales en este importantísimo capítulo de la arquitectura.

#### 4.11. FUENTES DE LUZ O LAMPARAS:

Desde el punto de vista de los Arquitectos y Constructores, predominan dos métodos de generación de la luz eléctrica: *incandescencia y descargas eléctricas*. Los tipos mas usuales de las de descargas eléctricas son las fluorescentes y las de vapor de mercurio.

##### 4.11.1. LAMPARAS DE INCANDESCENCIA:

El alumbrado por incandescencia es probablemente el más utilizado en la actualidad por prestarse más a efectos decorativos, y por su bajo costo inicial. Su uso es generalmente residencial y en algunos casos comercial.

Una bombilla incandescente consta de un bulbo de vidrio, al cual se le ha extraído el aire. Este va montado sobre un caquillo de latón, con rosca, que se introduce dentro de un portalámparas normalizado, formando contacto eléctrico. En el interior de la bombilla va colocado un filamento de wolframio o tungsteno sobre unos soportes que están conectados por sus extremos con las superficies de contacto del casquillo, completando de este modo el circuito eléctrico.

El filamento ofrece una elevada resistencia al paso de la corriente y en consecuencia se calienta hasta alcanzar la incandescencia. Aproximadamente el 7% de su rendimiento es en forma de energía visible (*luz*), el resto son radiaciones infrarrojas (*calor*).

La mayoría de las bombillas de incandescencia están construidas para trabajar a 110, 115 y 120 voltios. Y se fabrican en distintas potencias o vateajes, con rendimientos que oscilan entre 13.9 y 21.9 lúmenes/vatio, aproximadamente, y con una vida útil del orden de 1,000 horas. Claro está que los lúmenes producidos no son constantes, sino van bajando con el uso debido a la vaporización del tungsteno, (ver tabla 4.2. ).

El vidrio de la bombilla puede ser claro o deslustrado por su cara interna. El deslustrado difunde la luz y reduce el deslumbramiento, reduciendo unicamente el 1% del rendimiento luminoso. También se ha empleado un tipo de revestimiento, que se compone de pequeñas partículas de sílice, el cual da mejor difusión y tiene un aspecto más blanco, con pequeña pérdida de rendimiento. El vidrio azul claro se usa para absorber el exceso de radiaciones rojas y anaranjadas, --- produciendo así el efecto de la luz diurna.

Los principales inconvenientes de la lámpara incandescente son:

1. Una vida corta
2. Baja eficiencia

Se denomina *Lámpara* a la unidad independiente de iluminación fabricada artificialmente, como son las bombillas encandescentes o los tubos fluorescentes. Las lámparas pueden funcionar separadamente, pero a menudo se combinan para formar *Luminarias*.

Sin embargo, existen ventajas que compensan dichos inconvenientes y sostienen el uso de la lámpara incandescente. Estas son:

1. Tamaño compacto
2. Bajo costo inicial
3. Inafectable por la temperatura ambiente
4. No necesita accesorios de arranque o reacoers.
5. Color cálido que da a los objetos un aspecto familiar
6. Flujo luminoso fácilmente controlable en una gran variedad de distribuciones luminosas.
7. Opera indistintamente en corriente alterna o continua

Las lámparas incandescentes pueden ser tipo bombillo o reflectores. Estos últimos combinan una luz fuerte con un casquete reflector de aluminio vaporizado o plástico, aplicado a la superficie interna del bulbo, siendo este en forma de cono.

Tabla 4.2. DATOS RELATIVOS A LAMPARAS DE INCANDESCENCIA

Potencia y Duración		Lúmenes		
Potencia en Vatios (1)	Duración en horas	Lúmenes iniciales	Lúmenes por Vatio	Lúmenes normales
60 A	1000	835	13.9	790
60 A/W	1000	835	13.9	780
75 A	750	1,150	15.4	1,090
100 A	750	1,630	16.3	1,530
100 A/W	750	1,630	16.3	1,520
100 A/SB	750	-	-	-
150 A	750	2,650	17.6	2,450
150 /SB	1000	-	-	-
200 (*)	750	3,700	18.4	3,300
200 /IF	750	3,700	18.4	3,300
200 /SBIF	1000	-	-	-
300 (*)	1000	5,650	18.9	5,050
300 /SBIF	1000	-	-	-
500 /IF	1000	9,900	19.8	8,800
500 /SBIF	1000	-	-	-
750 /IF	1000	15,600	20.8	13,700
1000 (*)	1000	21,500	21.6	18,000
1000 /IF	1000	21,500	21.6	18,000
1500 (*)	1000	33,000	21.9	26,500

#### 4.11.2. LAMPARAS FLUORESCENTES:

Las lámparas fluorescentes han adquirido gran importancia en el campo de la iluminación, por una serie de ventajas que tienen sobre las incandescentes.

Las luminarias de lámparas fluorescentes se fabrican en la actualidad, se fabrican de varios tipos dependiendo el porcentaje de flujo luminoso que dirijan hacia una u otra parte del ambiente donde vayan colocados.

Una lámpara fluorescente se compone de un tubo de vidrio que contiene una pequeña cantidad de mercurio y una pequeña cantidad de gas argón o criptón para facilitar la formación del arco. Después que el arco se ha formado, el vapor de mercurio emite una radiación ultravioleta. Esta radiación es invisible y no atraviesa el vidrio. Sin embargo, activa el polvo fluorescente con el cual se ha recubierto la cara interior de las paredes del tubo, y este polvo absorbe y vuelve a radiar la energía a frecuencia visible. Dependiendo de las calidades de polvos se produce una amplia gama de luz visible.

Los dos extremos de la lámpara son de idéntica construcción y funcionan como contactos para la conexión eléctrica y llevar la misma a los catodos los cuales al recibir la corriente eléctrica, desprenden una descarga eléctrica formando así el arco que por medio del proceso anteriormente descrito produce la luz.

Las lámparas fluorescentes funcionan usualmente por pares, con equipo auxiliar destinado a estabilizar el arco y reducir fluctuaciones en la luz. Existen varios tipos, dependiendo de los métodos de operación, los cuales son: *de precalentamiento, de encendido instantáneo y de encendido rápido.*

Las lámparas del tipo de *precalentamiento* fueron las primeras que se desarrollaron, y todavía se utilizan en instalaciones económicas y lámparas de escritorio. Estas pueden arrancar manualmente, o por medio de un arrancador automático (starter). La operación se inicia cerrando los contactos del arrancador con lo que la corriente pasa a través de los filamentos, precalentándolos para facilitar la emisión. En seguida se abren estos contactos, causando la inducción de un voltaje alto en el balastro, que es insuficiente para iniciar el arco de la descarga. El balastro sirve también para limitar la corriente normal que fluye a través del tubo.

El arrancador automático o *starter* está formado por dos electrodos bimetalicos, encerrados en un bulbo que contiene un gas fácilmente ionizable. Al aplicar el voltaje, resulta una descarga luminosa entre los contactos, que están normalmente abiertos, calentándolos. Esto produce el cierre de los contactos por efecto de expansión bimetalica, pasando la corriente a los filamentos. (Ver figura 4.16. ).

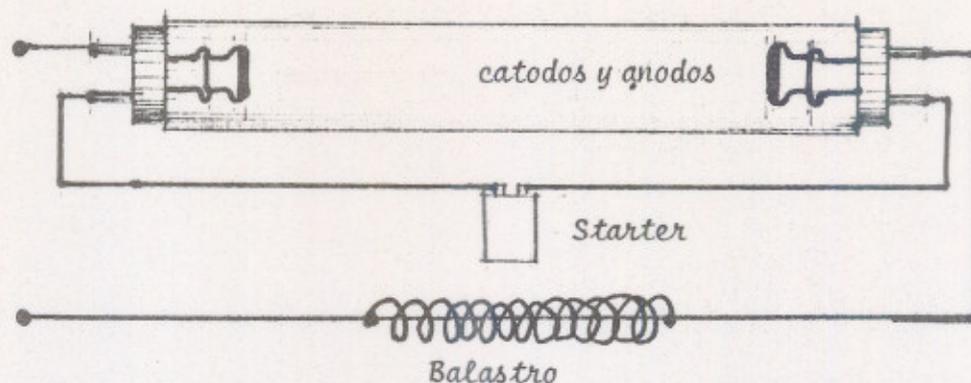


Figura 4.16. ESQUEMA DE UN TUBO FLUORESCENTE

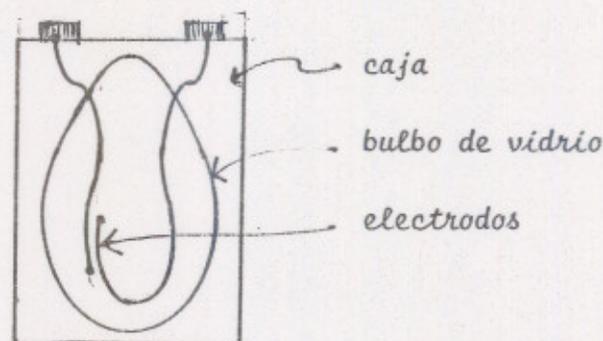


Figura 4.17. ESQUEMA DE UN ARRANCADOR AUTOMÁTICO O STARTER

Los tubos de arranque instantáneo no requieren filamentos, pero necesitan un auto transformador especial, que pasa corriente a través de los filamentos no solamente durante el período de precalentamiento, sino constantemente. Su arranque es más rápido que los tubos del tipo de precalentamiento, (menor que 1 segundo). La mayoría de los tubos modernos se pueden utilizar indistintamente en circuitos de precalentamiento o de arranque rápido.

La vida útil de los tubos fluorescentes es del orden de 10,000 horas, es decir, 10 veces mayor que la de las bombillas incandescentes, y no tienen un fin de golpe, sino que van disminuyendo su rendimiento lumínico en forma exagerada, sin quemarse, aún mucho tiempo después de haber terminado su vida útil. Por esta razón es muy importante establecer programas de cambio de tubos en función de las horas de uso, sin esperar a que dejen de encender.

El rendimiento lumínico de los tubos fluorescentes está comprendido entre 40 y 80 lúmenes/Watt. Los tubos se fabrican en gran variedad de colores: Luz de día o azul, blanco caliente, blanco frío, blanco frío de lujo, blanco, etc.

El rendimiento lumínico de los tubos fluorescente baja sensiblemente durante las primeras horas de funcionamiento, por lo que los fabricantes publican sus datos de lúmenes iniciales, tomados a 100 horas de uso.

En la tabla 4.3. pagina 56 se presentan algunos tipos de lámparas y luminarias apropiados para interiores comerciales e industriales, con sus características principales.

Los principales inconvenientes de la lámpara fluorescente son:

1. Su gran tamaño en relación con su potencia
2. La necesidad de un reactor que le proporcione una corriente y un voltajes adecuado de operación.
3. Una gran reducción de su flujo luminoso a bajas temperaturas
4. Vibración lumínica constante y ruido

Estos factores se ven compensados por las siguientes ventajas:

1. Alta eficiencia luminosa, más de 67 lúmenes por watt, en comparación con 8 a 20 lúmenes por watt de las lámparas incandescentes.
2. Producción de buenos colores
3. Vida más larga, aproximadamente 12,000 horas en comparación con las 750 a 1,000 horas de las lámparas incandescentes.

Tabla 4.3. DATOS RELATIVOS A LÁMPARAS FLUORESCENTES

Potencia Nominal (vatios) *	Longitud nominal (metros)	Vatios/lámpara (promedio)	Amperios/lámpara (promedio)	Luz Blanca Fría Standard	Luz Blanca Cálida Standard
				Lúmenes**	Lúmenes **
8	0.30	7.9	0.16	310	330
13	0.30	13.0	0.16	600	610
14	0.38	14.0	0.39	520	550
15 (T-8)	0.46	15.0	0.30	690	730
15 (T-12)	0.46	14.1	0.33	615	640
20	0.61	19.2	0.37	915	950
25	0.84	24.5	0.52	1,380	1,420
30	0.91	30.0	0.355	1,700	1,800
40 (T-12)	1.22	39.0	0.43	2,350	2,500
40 (T-17)	1.52	41	0.425	2,350	2,500
90	1.52	89	1.57	4,850	5,150
100	1.52	99	1.52	4,850	5,150

- \* En la longitud nominal están incluidos la lámpara y los dos portalámparas standard. Cuando se emplean portalámparas de caucho, la longitud total para la lámpara de 40 vatios es de 1.25 m.
- \*\* Las lámparas de luz blanca (3500°) producen el mismo número de lúmenes que las de las mismas dimensiones de luz blanca cálida standard.

#### 4.11.3. ELECCION ENTRE LOS ALUMBRADOS INCANDESCENTES O FLUORESCENTES:

Las características del proyecto y de funcionamiento de estos dos tipos de alumbrado, y los aparatos de iluminación, las lámparas y los accesorios son tan radicalmente distintos que la elección del sistema debería hacerse basándose en la información más completa que se tenga acerca de los mismos.

Las comparaciones y análisis de las características de las lámparas correspondientes ayudarán al arquitecto y al ingeniero al hacer la elección. Estas comparaciones darán unos resultados que se presentarán generalmente como aparece en la tabla 6.4., que relaciona un aparato estándar de dos tubos de 40 vatios (2-40F), con una lámpara incandescente de 100 vatios. Pero esto no será suficiente para sacar de ello conclusiones sobre el tipo de lámpara más deseable para una aplicación dada.

Los diversos datos sobre el costo y las características de funcionamiento deben ser obtenidos más exactamente de los vendedores e instaladores y luego ser analizados detalladamente.

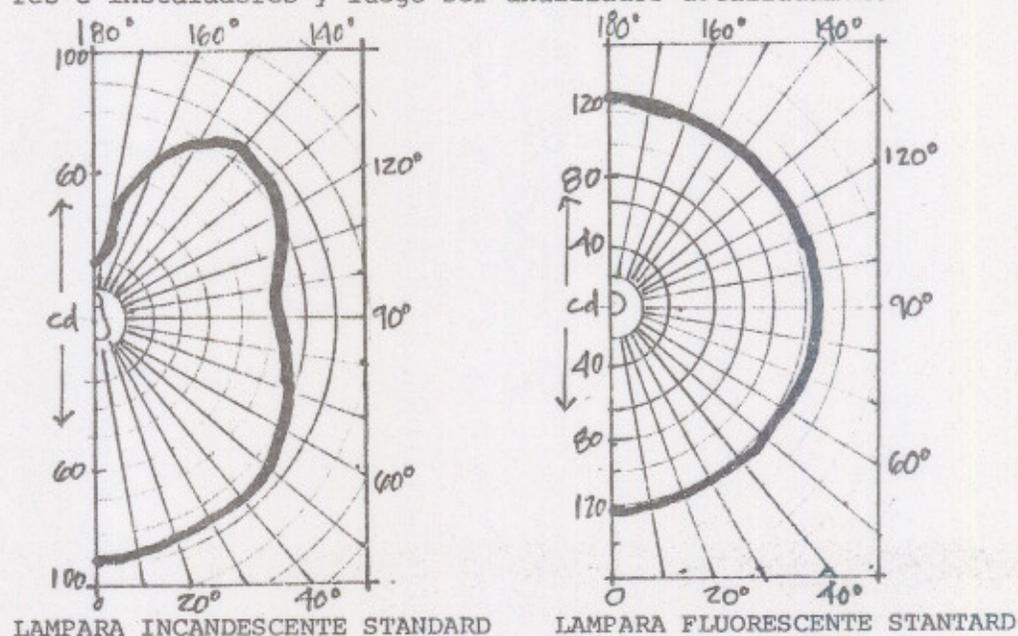


Figura 4.18. COMPARACION DE CURVAS FOTOMETRICAS DE UNA LAMPARA INCANDESCENTE Y UNA FLUORESCENTE

Tabla 4.4. COMPARACION ENTRE ALGUNAS CARACTERISTICAS DE LAMPARAS FLUORESCENTES E INCANDESCENTES

Se han tomado como términos de comparación una luminaria de dos lámparas fluorescentes de 40 vatios y una lámpara incandescente de 100 vatios (\*)

Características de las lámparas 2-40 vatios Fl. y 1-100 vatios In.			Favorable+ Desfavorable -	
A	B	Notas	Fl.	In.
1.	Duración probable de la lámpara	*	+	-
2.	Costo de la lámpara sola		-	+
3.	Costo de toda la luminaria		-	+
4.	Costo del lumen-hora/vatio de la lámpara, incluyendo accesorios	(1)	+	-
5.	Costo de la luminaria por lumen-hora	(1)	+	?
6.	Costo del número necesario de luminarias		-	+
7.	Costo del consumo por luminarias por lumen-hora		+	-
8.	Importe total de todas las luminarias	(2)	-	+
9.	Lúmenes/vatio iniciales de la lámpara (promedio: Fl=45; In.= 16)	(3)	+	-
10.	Importe de la limpieza de los reflectores de la luminaria	(4)	-	+
11.	Rendimiento relativo de la luminaria	(4)	-	+
12.	Rendimiento de la lámpara a un voltaje superior al normal (+10%)	(5)	-	+
13.	Rendimiento de la lámpara a un voltaje inferior al normal (-10%)		+	-
14.	Condiciones de encendido	(6)	-	+
15.	Disminución de la duración por frecuentes encendidos		-	+
16.	Gastos por renovación de arrancadores, contactos y otros	(7)	-	+
17.	Pérdidas de eficiencia por superficies reflectoras sucias		-	+
18.	Encendido instantáneo	(8)	-	+
19.	Parpadeo, inseguridad en el encendido	(9)	-	+
20.	Envejecimiento	(10)	-	+
21.	Funcionamiento deficiente por cambio de temperatura		-	+
22.	Rendimiento de la luminaria por uso de dos o más lámparas en la misma	(11)	-	

## NOTAS:

- (\*) Los dos factores destacados de mayor importancia son: la lámpara fluorescente produce aproximadamente el doble de lúmenes/vatio; y su duración media es de unas 8 a 10 veces la de una lámpara incandescente.
- (1) Para la duración nominal de la lámpara.
  - (2) Costo de las luminarias completas, instalación y conexiones.
  - (3) Valores aproximados después de 100 horas de funcionamiento.
  - (4) La mayoría de luminarias fluorescentes, con los mismos coeficientes de distribución fotométrica de la luz que en aparatos de incandescencia, tienen menor rendimiento.
  - (5) Rendimiento en lúmenes por vatio (pero su duración disminuye).
  - (6) El encendido es influido por las temperaturas y el bajo voltaje.
  - (7) En las lámparas de incandescencia no hay accesorios.
  - (8) Las lámparas fluorescentes de pequeño diámetro (Slimline), se encienden instantáneamente.
  - (9) A causa de envejecimiento, defectos en el arrancador o la reactancia, bajo voltaje, variaciones de temperatura indebidas, etc.
  - (10) Favorable a las luminarias de incandescencia, ya que las luminarias de fluorescencia sufren cambios con mayor frecuencia.
  - (11) El rendimiento de una <sup>luminaria</sup> disminuye cuando se le añaden lámparas; la disminución suele ser de un 2% por cada lámpara que se le añade, pasando de dos.

A continuación se expondrán otras características generales, en un cuadro comparativo de lámparas incandescentes y fluorescentes:

Características	Lámparas incandescentes	Lámparas Fluorescentes
Funcionamiento	La luz se produce por calentamiento de un filamento helicoidal de wolframio o tungsteno a temperaturas de 2400 a 2800°C. Con el tiempo se evapora el cuerpo luminoso, por lo que queda limitada la duración	Estas son lámparas de descarga en vapor de mercurio a baja presión. La pared interior del tubo de cristal, tiene una capa de material fluorescente que se excita durante el proceso de descarga

Características	Lámparas incandescentes	Lámparas Fluorescentes
Funcionamiento (continua)	de la lámpara y se reduce el flujo luminoso debido al ennegrecimiento del vidrio.	por efecto de la radiación ultravioleta, desprendiendo luz.
Aprovechamiento de la luz	Aproximadamente de 8 a 20 lúmenes/watt	Según el color de la luz y tiempo de lámpara; aproximadamente 4 veces mayor que el de una lámpara incandescente de igual potencia.
Influencia de la temperatura sobre el flujo luminoso	La influencia de la temperatura ambiente, sobre el flujo luminoso es prácticamente nula.	Las lámparas desprovistas de amalgama, están diseñadas para una temperatura ambiente de más de 20°C. aproximadamente, y las de amalgama para 50°C. El flujo luminoso se reduce si no se mantienen estos valores.
Duración	La duración media a la tensión nominal es de aproximadamente 1000 horas de servicio: las variaciones de voltaje influyen sobre la duración y el flujo luminoso.	Bajo condiciones normales de servicio, es mucho mayor que la de las lámparas incandescentes. La influencia de las variaciones de voltajes, es menor que en las lámparas incandescentes.
Color de la luz	Amarillo-rojizo. La reproducción de las tonalidades azules y verdes es más débil, que con la luz de día, y la de las tonalidades amarillas y rojas, más intensa.	A elección, según la finalidad de empleo y el campo de aplicación, para obtener la reproducción de colores adecuados.
Densidad luminosa	Por término medio (en candelas (cd)/cm <sup>2</sup> ), aproximadamente de 100 a 2,000 cuando se emplea vidrio transparente. De 5 a 50 en lámparas matizadas interiormente. De 1 a 5 en lámparas tratadas con silicio en su interior.	Depende de la absorción de potencia, el tamaño y el color de la luz, y oscila entre 0.35 y 1.4 candelas/cm <sup>2</sup> .

Campos de aplicación	Aplicables para casi todas las finalidades. Debido al gran escalonamiento de la potencia, se pueden cumplir casi todas las exigencias, si es necesario, mediante lámparas especiales.	Apropiadas para casi todos los campos de aplicación.
Resistencia a las vibraciones y a los golpes	Las lámparas de la serie principal de 110 a 240 V. son resistentes a los golpes, las de 24 a 65 V. son prácticamente insensibles a las vibraciones, por ser corta la espiral y grueso el filamento.	Aproximadamente igual que en las lámparas de uso común resistentes a golpes.
Intensidad de conexión o cebado aceptable	Hasta 14 veces la intensidad nominal.	Hasta el doble de la intensidad nominal (corriente de precalentamiento).
Ondulación de la luz	A potencias superiores de 40W. no se producen ondulaciones considerables de la luz, cuando la frecuencia de la red es mayor o igual a 50Hz.	El flujo luminoso fluctúa a la doble frecuencia de la red. Si la luz incide sobre cuerpos en movimiento o giratorios, se pueden producir efectos estroboscópicos.
Posición de servicio	En las lámparas de uso común, a libre elección. En las lámparas reflectoras y focos, hay que observar las indicaciones hechas por el fabricante.	A libre elección.
Reencendido	Es posible un reencendido inmediato.	Reencendido inmediato después de transcurrido el tiempo de cebado.
Radiointerferencias.	No hay	Sólo raras veces se producen interferencias debido a la descarga en la lámpara. Estas se pueden eliminar tomando las medidas antiparasitarias adecuadas.

#### 4.11.4. LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO DE ALTA INTENSIDAD:

Estas lámparas son del tipo de descarga de alta intensidad de la corriente eléctrica. Funcionan haciendo pasar un arco a través de una masa de vapor de mercurio de alta presión, contenido en un tubo de cuarzo o cristal. Esta acción produce luz en la zona ultravioleta (como en los tubos de lámparas fluorescentes a baja presión) y en la zona visible del espectro, principalmente en la banda azul-verde. Este color es característico de la lámpara de mercurio.

Como la luz azul-verde distorsiona casi todos los colores se añade un corrector de color para mejorar su calidad. Para esto el bulbo exterior se recubre de sustancias fluorescentes excitadas por la luz ultravioleta y radiadas generalmente en la banda roja, banda que no existe absolutamente en la lámpara sin corrección. Según la clase del tubo donde forma el arco y las sustancias fluorescentes empleadas, el color de la luz emitida puede ser modificado, a fin de hacerlo aceptable para la iluminación general de interiores. Se fabrican lámparas de color claro, blanco, corregido y blanco de lujo, en orden creciente de mejoramiento del color. La lámpara de lujo lleva además un tinte en la envoltente que filtra algo del azul-verde, lo que naturalmente reduce el rendimiento de la lámpara. Las lámparas clara y blanca producen entre 40 y 60 lúmenes por vatio, con un 10% menos en el tipo blanco de lujo. Estas lámparas son fabricadas de alta y baja presión, generalmente de 100 a 3,000 vatios.

Las lámparas de mercurio requieren de reactancias o balastos externos, como en todas las lámparas de descarga de arco, para poner en funcionamiento la lámpara y después controlar el arco. La reactancia básica o balastro es simplemente una bobina que controla el arco después de que se ha iniciado la descarga. Se requieren de 3 a 8 minutos para que la lámpara alcance el pleno rendimiento ya que debe producirse calor por flujo de electrones para vaporizar el mercurio del tubo donde se produce el arco, antes de que este arco se establezca. Cuando la lámpara se apaga, debe enfriarse y la presión debe reducirse antes de que sea posible volverla a encender. Esto hace que deban esperarse para ello de 5 a 10 minutos, según el tipo de reactancia, y esto es una cosa importante que hay que tener en cuenta al planear una instalación, pues el fallo momentáneo de la corriente apagaría todas las luces dejando todos los locales que estén iluminados con este tipo de lámparas, a oscuras. Se fabrican lámparas especiales que llevan incorporadas pequeñas lámparas de cuarzo, para dar luz durante estos fallos. O bien puede emplearse luz incandescente alternada.

Las reactancias pueden llevar un autotransformador para elevar el voltaje de la línea, si es insuficiente, o pueden ser del tipo regulador, compensador o estabilizador. Todos estos son nombres para una disposición que compense las variaciones en el voltaje de la línea, variaciones a las que las lámparas de mercurio son muy sensibles.

Si se desea que la lámpara funcione satisfactoriamente debe mantenerse el voltaje, dentro de un 5% del valor establecido para ella. Fuera de este límite, la temperatura de la lámpara y de la reactancia resultan excesivas y el rendimiento se resiente. Por esta razón la luz de las lámparas de mercurio no puede atenuarse.

La duración de las lámparas de mercurio es larga, con un promedio de 16,000 horas, a base de estar encendidas 5 horas cada vez que se ponen en funcionamiento. No son tan sensibles como las fluorescentes a cortos ciclos de encendido, pero la gran depreciación de su rendimiento en lúmenes, es frecuente sustituirlas cuando todavía no están totalmente agotadas. (ver figura 4.19.).

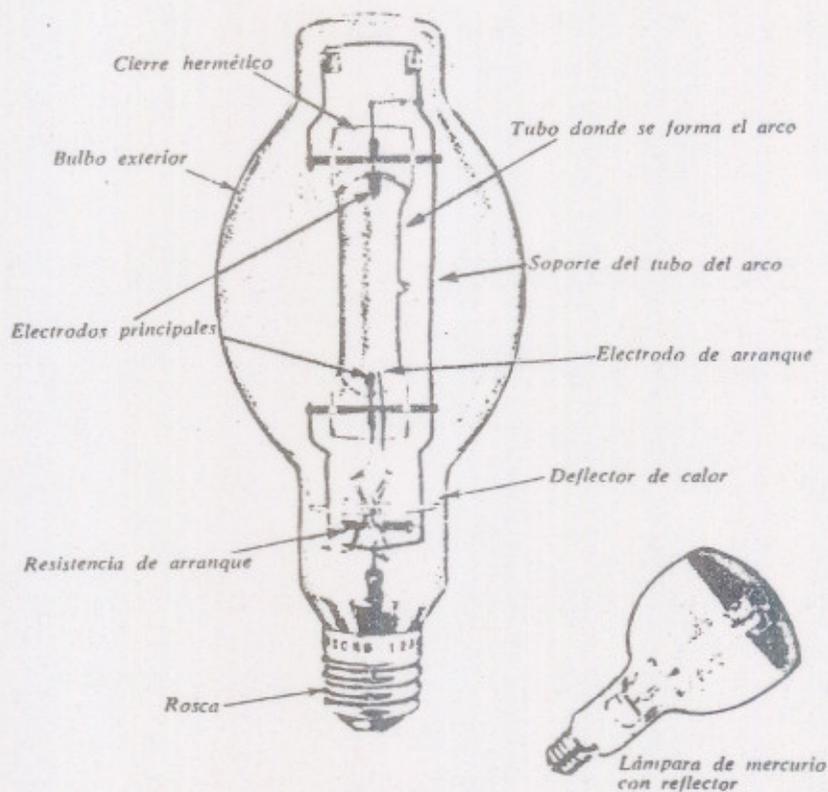


Figura 4.19. LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO TÍPICAS

Sus características hacen de la lámpara de mercurio, una fuente ideal para gimnasios, grandes campos deportivos, instalaciones industriales y en general en todas las áreas al aire libre.

Resumiendo sus *inconvenientes* serían los siguientes:

1. Después de aplicarle corriente, se necesitan varios minutos para obtener su máxima emisión luminosa.
2. Si se ha apagado es necesario un enfriamiento de 3 a 5 minutos antes de tener su total emisión nuevamente.
3. Cierta distorsión en los colores.

Estos inconvenientes son insignificantes en lugares donde las lámparas están en uso constante durante un tiempo determinado; como en fábricas o del crepúsculo al amanecer en alumbrado público.

Sus *Ventajas* serían las siguientes:

1. Larga vida económica, de 12,000 a 24,000 horas, con baja depreciación.
2. Fuente luminosa concentrada que facilita un control preciso de los rayos luminosos.
3. Alta eficiencia luminosa, más de 80 lúmenes por watt.
4. Flujo luminoso inalterable por los cambios de temperatura.
5. Más robusta que las lámparas incandescentes y fluorescentes, y no se ve afectada por las vibraciones o el trabajo rudo.

#### 4.11.5. LAMPARAS DE HALUROS METALICOS:

Las lámparas de haluros metálicos son básicamente lámparas de mercurio en las que al tubo del arco se han añadido haluros de metales tales como el talio, el indio o el sodio. La adición de estas sales hace que la luz se radie a frecuencias distintas a las correspondientes a los colores de la lámpara de mercurio, con lo cual se aumenta la eficacia pero se reduce la vida y se aumenta la pérdida de rendimiento, hasta ser éste del 60% en los 2/3 de la vida de la lámpara. El color producido es mucho más cálido que con la luz de mercurio, y es apropiado para iluminaciones interiores, incluso cuando se trata de exposición de prendas de vestir, o artículos alimenticios.

Comparándolas con las de mercurio tenemos que:

	Mercurio	Haluros metálicos
1. Vida	16,000 horas y mas	7,500 horas

	Mercurio	Haluros metálicos
2. Calor	Deficiente a aceptable	Bueno a excelente
3. Rendimiento (incluso reacciones)	50 lúmenes/vatio	70 lúmenes/vatio

Otra ventaja es la de que, por ser transparente, la lámpara de haluros metálicos es fotométricamente más flexible que una lámpara con envoltente de sustancia fosforescente, ya que la fuente luminosa tiene dimensiones más reducidas. Estas lámparas están en un período de perfeccionamiento continuo y activo. Nombres comerciales de estas lámparas son los de "Metal-Arc" y "Multi-Vapor".

#### 4.11.6. LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO A ALTA PRESION:

El más reciente y en muchos aspectos el más interesante desarrollo en el campo de las lámparas de descarga de alta intensidad es la lámpara de vapor de sodio a alta presión. Ha sido desarrollada por la "General Electric" se llama *Lucalox* y utiliza para el arco un tubo de cerámica que contiene xenón, mercurio y sodio. Esta lámpara funciona de un modo similar a las otras lámparas de descarga, produciendo una luz de color amarillo cálido, con un rendimiento de 95 lúmenes/vatio. Este rendimiento se mantiene con el tiempo a un nivel elevado, como ocurre con las de haluros metálicos. Al agotarse la lámpara, es aproximadamente del 80% de valor inicial.

#### 4.11.7. LAMPARAS HALOGENAS:

Son del tipo incandescente, con bulbos de cuarzo, que se caracterizan por una eficiencia más alta y un rendimiento casi constante durante su vida útil. Se utiliza un proceso químico con yodo y bromo, que se combina con el tungsteno sublimado del filamento, para mantener limpio el bulbo. Esta lámpara generalmente es utilizada, como tipo reflector, para iluminación de monumentos, detalles o fachadas de un edificio y además en automóviles.

Además de estas fuentes convencionales de luz hay numerosos tipos especializados. Antes de emplear cualesquiera de estas lámparas, el arquitecto o constructor debe comparar:

1. Su economía en operación
2. Facilidad de obtención de repuesto
3. Facilidad de manipulación y almacenamiento, etc.

En general se puede decir que siempre habrá uno de los tipos de lámparas convencionales descrito que llene mejor sus necesidades.

#### 4.12. LUMINARIAS Y OTROS EQUIPOS:

La misión de los aparatos de alumbrado o luminarias es modificar la distribución luminosa de las lámparas desnudas, según las características deseadas de iluminación; y además ocultar los manantiales luminosos de la visión directa del observador, con objeto de evitar el deslumbramiento o reflejo.

Las luminarias deben poseer una serie de cualidades que las hagan apropiadas para la misión que tienen que cumplir; podemos dividir estas cualidades en tres clases bien diferenciadas, que aparecen a continuación:

##### a. OPTICAS:

1. Distribución luminosa adaptada a la función que debe realizar
2. Luminancia de un valor dado en ciertas direcciones de observación
3. Buen rendimiento luminoso

##### b. MECANICAS Y ELECTRICAS:

1. Solidez
2. Ejecución en un material adaptado a las condiciones de trabajo previstas
3. Construcción que permita funcionar la lámpara en condiciones apropiadas de temperatura
4. Protección de las lámparas y equipo eléctrico contra la humedad y demás agentes atmosféricos
5. Facilidad de montar, desmontar y limpiar
6. Cómodo acceso a la lámpara y equipo eléctrico

##### c. ESTETICAS:

La luminarias apagadas durante el día o encendidas durante la noche, no deben desentonar con el medio ambiente en el cual están colocadas.

Las luminarias son medios de servicio eléctrico con los correspondientes accesorios. Sirven para dirigir la luz emitida por la lámpara en la dirección deseada, mediante reflectores, espejos, lentes, etc.

La irradiación se presenta mediante una curva de distribución de la intensidad luminosa, referida a un flujo luminoso de 1000 lúmenes. Dichas curvas constituyen una ayuda para elegir los aparatos de alumbrado apropiados para los distintos fines de aplicación.

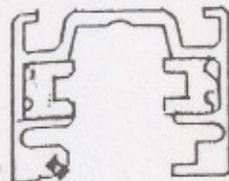
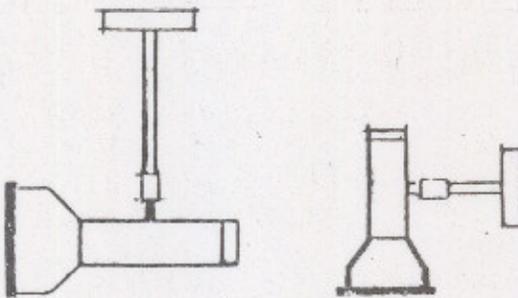
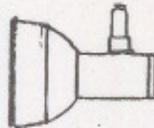
A continuación, damos algunos ejemplos de luminarias y otros equipos usados en la iluminación arquitectónica:



#### 4.12.1. PROYECTORES:

Las luminarias de este tipo, parten de una base común, que admite diversos tipos de lámparas y accesorios, según lo requiere su empleo.

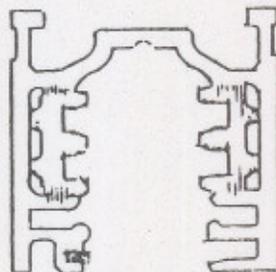
El efecto que produce el proyector es el desplazamiento de la curva de distribución luminosa de la lámpara hacia el ángulo de corte deseado, de tal manera que se aprovechan mejor las características luminosas de la lámpara.



CARRIL ELECTRIFICADO MONOFASICO  
PERFIL NORMAL DESTINADO AL MONTAJE EN TECHO Y PARED, TAMBIEN DE SOPORTE PARA TECHOS MODULARES.

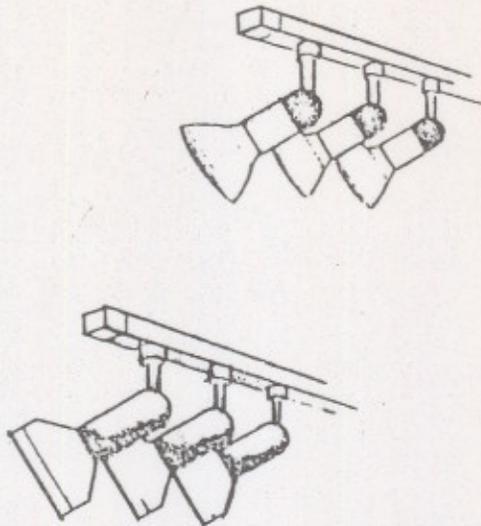
#### 4.12.2. SISTEMAS DE ALUMBRADO CON RIEL ELECTRIFICADO:

El sistema de alumbrado mediante riel electrificado consiste en el riel propiamente dicho, el cual aloja en su interior debidamente aislados dos o más hilos conductores. Una serie de piezas unen entre sí los rieles según distintas configuraciones. Las fuentes de luz se fijan al riel por medio de conectores especiales. Un solo riel permite colocar las lámparas según una sola dimensión, mientras que varios puestos en paralelo proporcionan libertad de orientación sobre el plano. Este sistema resulta económico y de gran versatilidad.

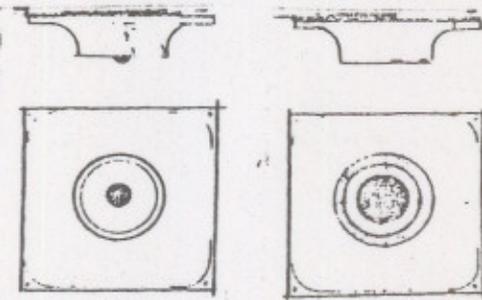


CARRIL ELECTRIFICADO TRIFASICO  
PERFIL NORMAL, APTO PARA TODO TIPO DE MONTAJES

#### 4.12.3. SETS DE CARRILES ELECTRICIFICADOS:

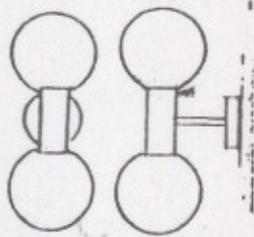


Usados para lámparas hasta de 150 W., se emplean en comercios, vitrinas, exposiciones u otros, siempre que no sean pinturas, ya que éstas se deterioran bajo la acción de la luz artificial, y para lo cual podría usarse, pero de una forma indirecta. Las lámparas de un haz ancho ( $40^\circ$ ), sirven para un iluminación general y se emplean para iluminar objetos grandes y superficies mas extensas. Los sets de haz estrecho ( $15^\circ$ ), proporcionan los acentos luminosos necesarios para la presentación de los productos. Además, con reflectores, se utilizan en el hogar.



#### 4.12.4. LAMPARAS PARA SISTEMAS DE TECHOS MODULARES:

En este ejemplo, con placas modulares, se forman combinaciones de gran efecto plástico. La forma básica sus funciones luminotécnicas se varían mediante piezas complementarias.



#### 4.12.5. LAMPARAS Y APLIQUES DE PARED:

Su utilización resulta especialmente indicada cuando complementariamente se emplean también lámparas colgantes o de techo.

Estas pueden adaptarse fácilmente a los detalles de la decoración local.

#### 4.12.6. BAÑADOR DE PARED SENCILLO:

Estas son lámparas empotradas de proyección intensiva. Tienen el efecto de bañar con luz uniforme la pared que se encuentra cercana a las mismas. Esto se consigue gracias a su conformación especial. Mientras que una parte de la luz se dirige directamente hacia abajo, la otra parte se enfoca sobre una superficie vertical.

Estos proyectores con una distribución lumínica asimétrica unilateral, se han de colocar necesariamente en la línea paralela a superficies verticales. La incidencia de la luz desde su máxima altura, hace resaltar con más claridad y de forma más decorativa, las características y detalles de empapelados tapizados, revoques, acabados de pared u otro elemento que este colocado en la misma, (ver figura 4.20. ).

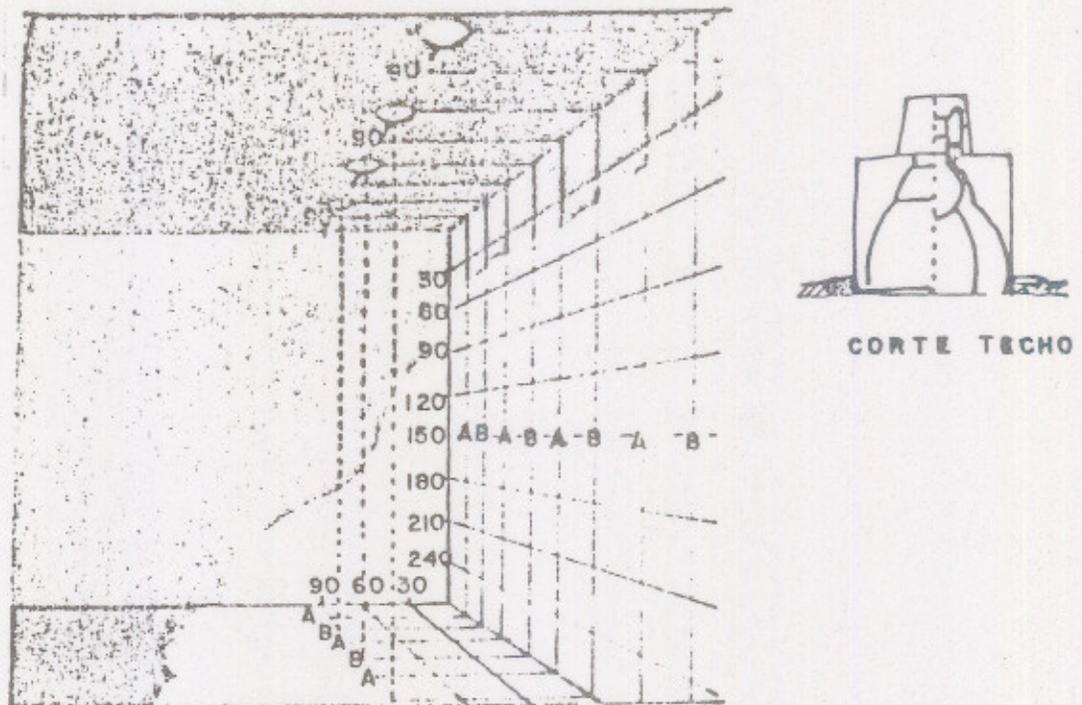


Fig. 4.20. BAÑADOR DE PARED SENCILLO

#### 4.12.7. BAÑADOR DE PARED DOBLE:

Están indicados para pasillos en los cuales es necesario que ambas paredes esén uniformemente iluminadas. Parte de la luz es dirigida también hacia abajo, (ver figura 4.21. ).

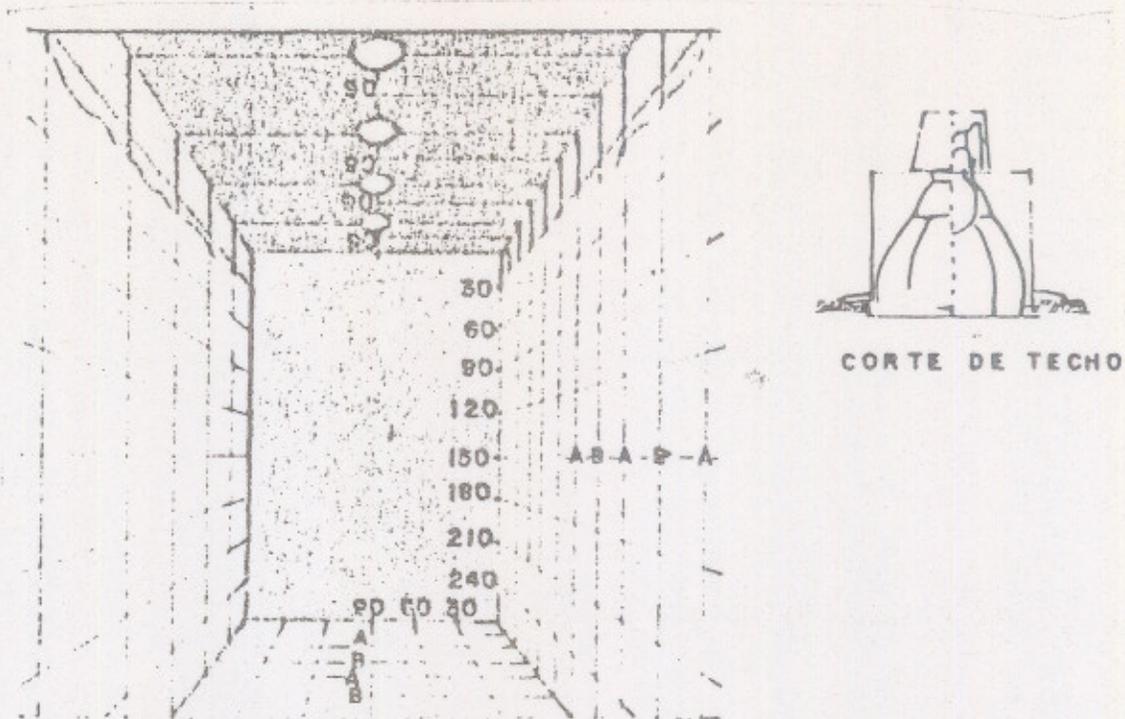
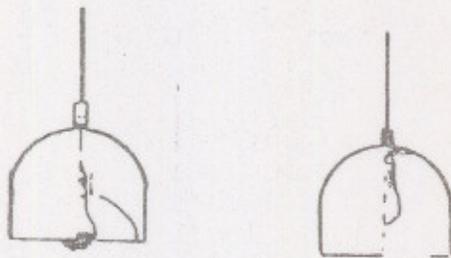
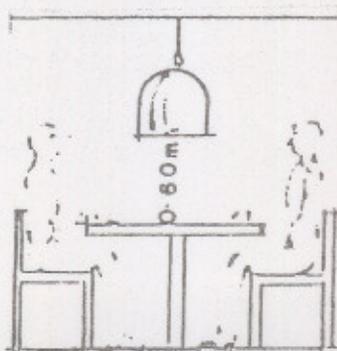


Figura 4.21. BAÑADOR DOBLE DE PARED

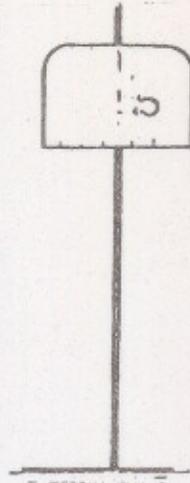
#### 4.12.8. LAMPARAS DE COLGAR:



Las lámparas de techo, son elementos fijos útiles para espacios donde se requiere una iluminación directa de una zona muy concreta. Permiten un total aprovechamiento del espacio que iluminan, ya que están colocadas fuera del campo de acción de las personas.

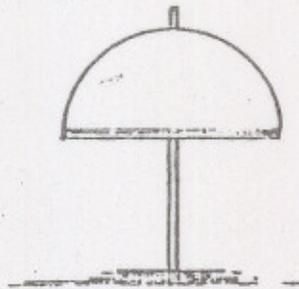


#### 4.12.9. LAMPARAS DE PIE:



Las lámparas de pie son elementos que no necesitan más apoyo que el suelo. No hay que instalarlas, su propio soporte las hace autosuficientes. Son lámparas casi libres, adecuadas para espacios de utilización ambigua, donde las actividades pueden requerir varios tipos de iluminación.

#### 4.12.10. LAMPARAS DE SOBREMESA:



Las lámparas de sobremesa, son autoportantes pero menos libres que las de pie, ya que necesitan una superficie más alta que el suelo, si se requiere que iluminen una zona de trabajo. El nuevo concepto del estar, con muebles bajos y cómodos, nos ha familiarizado con un tipo de lámpara de luz ambiental que puede ser considerada como lámpara de pie, con pie muy bajo.

#### 4.12.11. ATENUADORES O REGULADORES DE LUZ, (DIMERS):

La regulación sin discontinuidad de la luz a la intensidad deseada o requerida, no es sin embargo, una cuestión de confort, también implica una utilización práctica de la luz. Para leer y trabajar se necesita más luz que para ver televisión o conversar durante una velada.

Estos reguladores además de variar la intensidad de la luz, funcionan como un interruptor normal.

## 5. DISEÑO Y CALCULO DE ILUMINACION

## 5. DISEÑO Y CALCULO DE ILUMINACION:

### 5.1. INTRODUCCION:

El arte y ciencia del diseño moderno de iluminación tiene un alcance mas extenso de lo que generalmente es reconocido. Se requiere un conocimiento y entendimiento de: física, control de luz de la ciencia de la vista, de principios de arquitectura y diseño estructural de edificios, de tipos o fuentes de iluminación, lámparas, equipo y componentes de iluminación. También se requiere conocimientos de arte y valores estéticos de diseño interior y decoración, de factores ambientales, color, armonía y otros factores similares, especialmente cuando la luz es usada como medio de decoración.

En este modo, la llave para el diseño eléctrico es primeramente un reconocimiento de la razón para la cual va a ser utilizada la luz, y del desarrollo claro y definido del problema de iluminación involucrado.

Una vez el problema de iluminación ha sido delineado claramente y definido el diseño de iluminación, cumpliendo con los objetivos, deja de ser algo complicado.

Presentamos a continuación procedimientos o métodos para el diseño moderno de sistemas de iluminación.

### 5.2. DEFINICION DEL PROBLEMA DE ILUMINACION:

Logicamente lo primero en el planeamiento del sistema de iluminación es la definición del problema en si, en forma exacta.

En general, el problema de iluminación está determinado por 4 factores principales que serían los siguientes:

#### 5.2.1. DIMENSIONES FISICAS Y FORMA DEL AREA A ILUMINAR:

Esto implica, determinar las medidas exactas y la forma del area que va a ser iluminada.

En pequeños proyectos esto puede ser una area sencilla o simple, definida por ancho, largo y altura.

En grandes proyectos usualmente la totalidad del area deberá ser subdividida en un número simple de areas mas pequeñas y cada una definida separadamente.

#### 5.2.2. DISEÑO ARQUITECTONICO Y DETALLES ESTRUCTURALES:

Para nuevos proyectos estos detalles deben estar disponibles en dibujos de arquitectura y fibujos estructurales u obtenidos del

arquitecto o constructor.

Para proyectos antiguos donde el trabajo será de remodelación o nuevo acondicionamiento, con una visita o levantamiento del lugar bastará para anotar los detalles necesarios.

#### 5.2.3. USO DEL ESPACIO PARA EL QUE VA A SER DESTINADO:

Las actividades que se realizaran en un determinado espacio definiran las bases principales para el problema de iluminación. Por ejemplo, si una area va a ser utilizada para fabricación, debe obtenerse una descripción del departamento, un listado de la maquinaria, líneas de producción, etc., y una descripción del tipo de trabajo que se llevará a cabo en cada departamento o área.

#### 5.2.4. TIPO Y GRADO DE SEVERIDAD DE VISION: (De acuerdo a la tarea que va realizarse:

Ademas de determinar y tabular los conceptos anteriores, para este punto hay que definir el tipo de problemas de visión que ocasionará el tipo de trabajo que se realizará en el área.

Agregado a esta información podemos obtener otros detalles que pueden ser determinados como:

acabados del cielo, paredes y piso, localización, medidas y formas de algunos elementos o detalles estructurales.

### 5.3. METODOS DE ILUMINACION:

Existen tres métodos generales de iluminación: el local, el general y el combinado.

#### 5.3.1. ILUMINACION LOCALIZADA:

Consiste en colocar las lámparas en los puntos donde se necesita la luz de un modo especial. Aunque este método, por dar lugar a manchas de luz, mezcladas con áreas de sombra, no ofrece una iluminación uniforme, se usa frecuentemente en residencias, plantas industriales y otros. La situación de las lámparas depende mucho de la posición de los muebles, máquinas o áreas que se quieran iluminar.

#### 5.3.2. ILUMINACION GENERAL:

Este método se esfuerza por alcanzar una difusión uniforme de la luz sobre toda el área iluminada. Las lámparas están repartidas de una manera regular sin prestar atención a los muebles ni a las máquinas; y están provistas de reflectores, globos o prismas difusores para evitar el deslumbramiento, las sombras bruscas y la iluminación desigual. Como medios difusores se emplean frecuentemente paneles, lisos o estriados, de cristal o plástico semitransparentes.

### 5.3.3. ILUMINACION COMBINADA:

Este tipo de iluminación además de ofrecer una una iluminación general suficiente para alumbrar los distintos objetos que están en la habitación, cuenta con lámparas adicionales localizadas en puntos especiales donde se necesita una iluminación especial, tales como mesas de trabajo, máquinas, vitrinas, objetos de arte u otro similar. Generalmente se utilizan en viviendas, industrias, bancos, oficinas, comercios, museos y otros similares donde se requiere una fuerte iluminación agregada a la iluminación general sobre objetos especiales, aparatos o mercaderías. El marcao incremento que se ha dado a la iluminación con distribución uniforme, ha reducido en un grado apreciable la necesidad de los focos individuales.

### 5.3.4. MODELOS O FORMAS DE DISTRIBUCION DE ILUMINACION:

Los objetos pueden iluminarse por medio de lámparas que distribuyen la luz según los modelos designados con los nombres siguientes: *directo*, *semidirecto*, *general difuso*, *semiindirecto* e *indirecto*. La figura 5.1. representa estos modelos de distribución y da los porcentajes de los números totales de lúmenes que se dirigen hacia arriba y hacia abajo del plano horizontal en que está la lámpara, porcentajes que caracterizan los cinco tipos de aparatos de alumbrado. Que a continuación se describen:

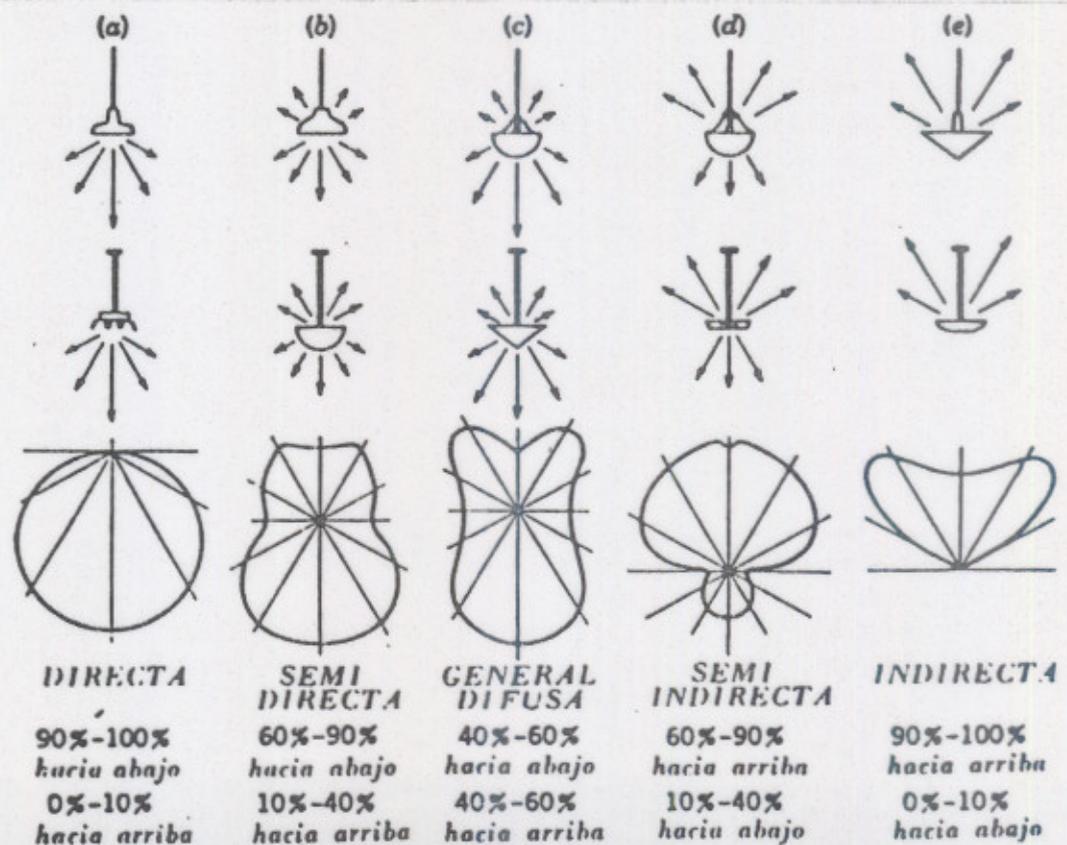


Figura 5.1. MODELOS DE DISTRIBUCION DE ILUMINACION  
P.P. 1.

- 5.3.4.1. DIRECTO: Fig. 5.1.a. En este sistema, del 90 al 100% del flujo luminoso se dirige hacia abajo. Es más eficaz desde el punto de vista de la cantidad de luz y costo. Se recomienda el uso en locales relativamente grandes, altos, o donde la luz debe concentrarse sobre una determinada área.
- 5.3.4.2. SEMI-DIRECTO: Fig. 5.1.b. En este del 60 al 90% de la luz es dirigida hacia abajo y el resto hacia arriba. La componente que se dirige hacia el techo y que se refleja hacia abajo, por ser la de mayor porcentaje, es la que actúa sobre el plano de trabajo.
- 5.3.4.3. GENERAL DIFUSO (MIXTO): Fig. 5.1.c. Del 40 al 60 % de la luz es dirigida hacia arriba o hacia abajo y es, por lo tanto, más económico que los sistemas anteriores. La mayor iluminación sobre el plano de trabajo procede directamente de la luminaria.
- 5.3.4.4. SEMI-INDIRECTO: Fig. 5.1.d. En este sistema del 60 al 90% del flujo se dirige hacia el techo y el resto hacia abajo. Esta última componente es la que actúa sobre el plano de trabajo. La componente dirigida al techo y que se refleja hacia abajo es relativamente pequeña, pero ayuda fundamentalmente a evitar los contrastes de brillos. Igualmente este sistema no conviene utilizarlo cuando el nivel de iluminación ha de ser mayor de 750 luxes, por los fuertes brillos que se producen en el techo.
- 5.3.4.5. INDIRECTO: Fig. 5.1.e. Cuando del 90 al 100% del flujo luminoso se dirige hacia arriba. La luz incidente en el techo se refleja hacia abajo cayendo indirectamente sobre las áreas de trabajo, por lo que la iluminación producida en el plano de trabajo es bastante difusa. La ausencia de sombras y de brillo hacen recomendable el uso de este sistema en determinados ambientes, aunque a veces es necesario combinarlo con otros sistemas. Los acabados deben tener colores claros y el techo debe ser mate para evitar reflexiones desagradables. El sistema se utiliza cuando el nivel de iluminación del local no ha de ser mayor de 750 luxes.

La elección del sistema de iluminación dependerá de las dimensiones del local y de la actividad o actividades que en él se vayan a desarrollar. En general parece que aumenta la preferencia por los sistemas semi-indirecto y directo, especialmente cuando se usan luminarias fluorescentes que radian su luz sobre una superficie relativamente grande con bastante difusión. Esto se basa en el criterio de que una luz demasiado uniforme es todas direcciones elimina interés y produce a la larga sueño y monotonía.

Las lámparas se clasifican de acuerdo con la proporción de flujo luminoso que dirigen hacia arriba y hacia abajo del plano horizontal que pasa por el centro de las lámparas. El flujo luminoso total producido por las bombillas o tubos que contiene el aparato se considera como el caudal luminoso y se toma como el 100%. El flujo luminoso que sale del aparato es el flujo útil, hacia arriba o hacia abajo. Por ejemplo, la lámpara representada en la figura 5.1. -a tiene una componente hacia arriba del 0 al 10% y una componente hacia abajo entre el 90 y el 100% y se clasifica como lámpara de *iluminación directa*. En realidad una lámpara como esta puede dar hacia arriba un 3% del flujo luminoso total producido y hacia abajo un 60%. La suma de estas cantidades (63%) será el rendimiento de la lámpara. De este 63% se dirigen hacia arriba  $3/63$  (4.77%) y hacia abajo  $60/63$  (95.33%). De aquí que este aparato se clasifique como iluminación directa, pues el 95.33% está comprendido entre el 90 y el 100% y el 4.77% lo está entre el 0 y el 10%. En un estudio semejante para cada uno de los cuatro tipos de lámparas se justificarán los nombres de iluminación *semidirecta*, *general difusa*, *semiindirecta* e *indirecta*.

#### 5.3.5. EFECTO VISUAL:

El propósito de la mayor parte de las instalaciones de alumbrado es procurar la visibilidad y obtener una iluminación que permita leer, trabajar, pasear o conseguir efectos decorativos, siendo el ojo humano el instrumento que evalúa las sensaciones de luz. La visión debe ser cómoda y los objetos deben recibir una iluminación tal que permita su observación con mayor o menor detalle sin fatiga ni esfuerzo.

El ojo es un instrumento mucho más eficaz cuando está llamado a observar una superficie adecuadamente iluminada. Por otra parte, un objeto iluminado de una manera anormal puede aparecer con un contorno deformado, con un color alterado y hasta resultar invisible. Por ejemplo, los faros de los automóviles directamente enfocados a nuestros ojos pueden imposibilitarnos de ver los objetos cercanos de la carretera; La luz roja proyectada sobre ciertos colores les da la apariencia de que son de color violeta; Una fuerte reflexión en la brillante superficie de una revista puede dejar invisibles los trazos finos de la impresión; Sometida a determinada intensidad, la página de un libro puede leerse en 40 segundos, mientras que al reducir la intensidad se requerirán 60 segundos para lo mismo; Una persona puede leer durante un tiempo prolongado, con comodidad, y sin forzar la vista, con intensidades comprendidas entre 200 y 10,000 lux con tal que la luz esté bien difundida, sea de un color conveniente y no haya brillo deslumbrador.

Las condiciones deseables de visibilidad dependen, pues, de que la intensidad de iluminación sea conveniente y la luz de cualidades apropiadas, influyendo también las características de la superficie del objeto observado y, finalmente, las de las superficies de las

paredes, techos, suelos, muebles, etc. Los colores y matices, el mateado, pulimentado o abrillantado de las superficies, los fuertes contrastes con las paredes, columnas o vigas adyacentes influyen favorable o desfavorablemente en la obtención de una buena visibilidad.

#### 5.3.6. INTENSIDAD DE LA ILUMINACION:

Aun cuando la vista se adapta ella misma a amplias variaciones de iluminación, el grado exacto que se elija para cada caso determinado debe ser tal que el resultado conseguido sea un alumbrado eficaz, comodo, práctico, y económico. Iluminaciones demasiado bajas no permiten distinguir los detalles y causan fatiga cuando la vista utiliza la luz con un prolongado y concentrado esfuerzo; Iluminaciones demasiado elevadas resultan antieconómicas. Por otro lado, las bajas iluminaciones pueden resultar aceptables cuando el campo de visión es extendido, por el contrario de las iluminaciones muy elevadas que son recomendables donde se requiere una iluminación fuerte en ciertos puntos tales como vitrinas, salas de dibujo, salas de operaciones, etc. De acuerdo a muchos ensayos hechos por ingenieros especializados se han logrado determinar iluminaciones recomendables para una amplia gama de actividades. Estas iluminaciones adecuadas expresadas en *lux* se indican en la tabla 7.1.

Las iluminaciones recomendadas para diferentes ambientes, de acuerdo a su función, aparecen como lo hemos dicho en la tabla 7.1. , pero existen iluminaciones suplementarias especiales que suelen obtenerse, pero no siempre, por medio de focos adecuados mas sofisticados y especializados. Pueden repartirse en tres grupos de acuerdo con las dificultades que exija la visibilidad. Estos grupos son:

Clase A: De 700 a 1500 Lux o más. Necesaria cuando se <sup>re</sup>quiere observar:

1. Detalles extremadamente finos,
2. Materiales de muy escaso contraste,
3. Durante tiempo prolongado.

Clase B: De 300 a 700 Lux. Necesaria cuando se requiere observar:

1. Detalles finos,
2. Materiales de contraste medio,
3. En tiempo de observación no muy prolongado.

Clase C: De 150 a 300 Lux. Necesaria cuando se han de examinar:

1. Detalles no muy finos
2. Materiales de contraste ordinario
3. En observación intermitente.

	Lux		Lux
<b>Bancos</b>		<b>Galerías de arte</b>	
vestíbulo . . . . .	200	general . . . . .	100
cajas y oficinas. . . . .	B 500	sobre los cuadros . . . . .	A 500
<b>Bibliotecas</b>		<b>Garajes</b>	
lectura . . . . .	300-400	coches parados . . . . .	20
depósito . . . . .	100	id. en marcha . . . . .	100
<b>Casas para oficinas</b>		reparación, lavado . . . . .	B 500
secretaría, contaduría . . . . .	400	<b>Hangares de aviación</b>	
máquinas de contabilidad . . . . .	B 400	depósito de aviones . . . . .	100
sala de conferencias . . . . .	200	reparaciones . . . . .	C 500
despacho, trabajo eventual. . . . .	300-400	<b>Hospitales</b>	
id., trabajo prolongado . . . . .	C 400-600	pasillos . . . . .	50
vestíbulo . . . . .	200	laboratorios . . . . .	300
pasillos . . . . .	50-80	vestíbulo, recepción . . . . .	100
recepción. . . . .	200	sala de operaciones . . . . .	200
<b>Clubs, asociaciones</b>		mesa de operaciones . . . . .	A 300
salas de conversación y de		<b>Hoteles</b>	
lectura. . . . .	200	vestíbulo . . . . .	200
salas de conferencias . . . . .	100	comedor . . . . .	50-100
<b>Clubs nocturnos y bares . . . . .</b>	50-100	cocina . . . . .	200-400
<b>Cuarteles de bomberos</b>		habitaciones. . . . .	150-300
al sonar la alarma . . . . .	100	pasillos . . . . .	50-100
en espera. . . . .	20	sala de lectura . . . . .	300
<b>Escuelas</b>		<b>Iglesias</b>	
auditorios . . . . .	100	templo . . . . .	100
aulas, salas de estudio . . . . .	400	escuela dominical . . . . .	200
pasillos, escaleras . . . . .	50	púlpito . . . . .	200
salas de dibujo . . . . .	500-750	<b>Museos*</b>	
gimnasio . . . . .	200-500	general . . . . .	100
laboratorios, alumbrado ge-		exposición especial . . . . .	B 500
neral . . . . .	300	<b>Oficinas de correos</b>	
id., trabajos delicados de		vestíbulo . . . . .	200
laboratorio . . . . .	C 500	cartería . . . . .	500
id., trabajos manuales . . . . .	B 400	depósitos . . . . .	100
salas de lectura . . . . .	200	oficinas privadas . . . . .	300-400
exhibiciones especiales . . . . .	B 300	pasillos . . . . .	50
biblioteca, oficinas . . . . .	300-500	<b>Oficinas de teléfonos</b>	
salas de costura . . . . .	B 600	sala de operadores . . . . .	100-500
<b>Espacios para servicios</b>		cabinas . . . . .	200
pasillos . . . . .	50	galerías de cables . . . . .	50
ascensores . . . . .	100	<b>Peluquerías y salones belleza.</b>	B 500
vestíbulos . . . . .	50	<b>Restaurantes y cafés</b>	
escaleras . . . . .	100	comedores . . . . .	100
almacenes . . . . .	50	mostradores . . . . .	B 500
cuartos de aseo . . . . .	150-300	<b>Salas de conferencias . . . . .</b>	100
<b>Estudios profesionales</b>		<b>Salas de dibujo . . . . .</b>	500-750
salas de espera . . . . .	200	<b>Salas de exposición . . . . .</b>	300
consultorios . . . . .	300	<b>Salones de baile . . . . .</b>	50-200
oficinas generales . . . . .	300-500	foyer . . . . .	100
sillones de dentista . . . . .	2000	vestíbulo . . . . .	200
<b>Servicios de transportes</b>		<b>Viviendas</b>	
coches . . . . .	300	general . . . . .	50-100
correo . . . . .	300-400	lectura . . . . .	200
furgones, consigna . . . . .	50	lectura prolongada . . . . .	400
servicios urbanos . . . . .	300	costura . . . . .	500
salas de espera, pasajes . . . . .	C 200-300	cocina. . . . .	200-500
andenes . . . . .	200-300	lavadero . . . . .	500
<b>Teatros y cines</b>			
sala (entreactos) . . . . .	50		

T A B L A : 5 . 1 . I L U M I N A C I O N E S R E C O M E N D A D A S P A R A  
D I F E R E N T E S A M B I E N T E S

### 5.3.7. NIVELES DE ILUMINACION:

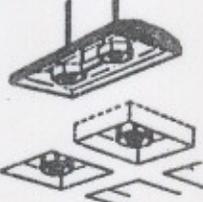
En la calidad de la luz intervienen como elementos esenciales la distribución y el color. En la *distribución* de la luz hay que tener en cuenta su uniformidad y difusión y la ausencia de deslumbramiento directo o reflejado. Uniformidad significa que la habitación o espacio iluminado está libre de variaciones del grado de iluminación. Una uniformidad absoluta significará que la iluminación es idéntica en todos los puntos, lo que no es siempre prácticamente realizable. Una falta de uniformidad del 25% con referencia al valor medio de la iluminación no es perceptible por nuestra vista y puede ser considerada como un máximo aceptable. Así una variación entre el 150 y 250 lux, que representa un 25% sobre una iluminación de 200 lux, no sería excesiva. La uniformidad se alcanza colocando las lámparas simétricamente y a distancias convenientes y con el empleo de reflectores, pantallas y elementos difusores, formando parte de aquellas. La uniformidad depende también de los coeficientes de reflexión de las paredes, techos suelos y muebles próximos.

Del *color* ya hemos hablado en el inciso 6.10. (El color en iluminación). Pero ahondaremos el tema en esta oportunidad diciendo que: El color de un objeto depende en alto grado del color de la luz que lo ilumina. Considerando que la vista se halla acostumbrada a la influencia de la luz blanca del sol, se admite que los colores verdaderos son aquellos que se perciben cuando la luz es blanca. Aunque la luz de una lámpara de incandescencia no sea blanca, está lo bastante cerca de ella para que sea aceptable en la mayor parte de las instalaciones. Sin embargo, las bombillas de vidrio azul, los globos con tratamientos especiales y las pantallas de vidrio de color han adquirido desarrollo para su instalación en ciertos locales, como floristerías, galerías de arte, u otro similar, pues dan una iluminación aproximada al espectro de la luz diurna. Para observar de muy cerca los detalles, como en el caso de la inspección de piezas pequeñas de mecanismos y para el dibujo y la fotografía cuando no es inconveniente su color, es muy eficaz la lámpara de vapor de mercurio, que da un tinte azul verdoso. Se han fabricado recientemente lámparas que combinan focos de incandescencia y de vapor de mercurio, que dan una calidad de coloración muy aproximada a la de la luz diurna. Las lámparas fluorescentes de los tipos blanco, "luz de día" (day light), y de varios colores se emplean con frecuencia en las instalaciones industriales para muy variados objetos.

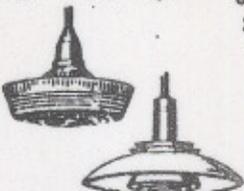
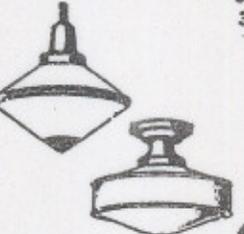
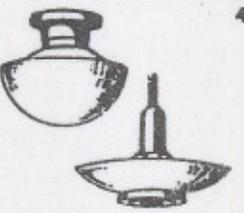
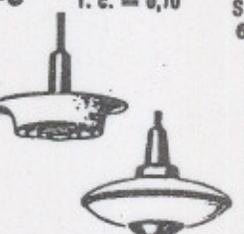
### 5.3.8. APARATOS DE ALUMBRADO O LUMINARIAS:

Llamaremos así a un artefacto o dispositivo que sirve de soporte a la lámpara o lámparas productoras de luz eléctrica, y dirige o ayuda a dirigir los rayos procedentes de ellas. En la tabla

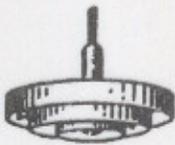
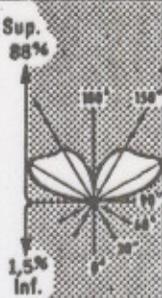
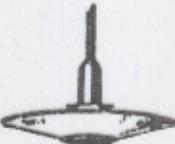
5.2. , se presentan aparatos para lámparas incandescentes y fluorescentes, de muchos tipos de uso corriente. Las armazones, la ornamentación y las clases de superficies reflectoras o deflectoras son de una gran diversidad. Si los aparatos están bien proyectados y se utilizan convenientemente, los reflectores y deflectores tendrán un elevado rendimiento, aprovechando al máximo la luz emitida por las lámparas.

LÁMPARAS DE INCANDESCENCIA		FACTORES DE REFLEXIÓN								
		Techo		75%		50%		30%		
Tipo de aparato y factor de conservación (f. c.)	Curvas fotométricas	Pared	30%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
		Ind. del local	COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN, %							
<b>I-1</b> f. c. = 0,70  Tulipa alta de metal especular o cristal azogado		J	40	38	36	39	38	36	38	36
		I	48	46	46	47	46	46	45	43
		H	51	51	50	50	50	49	50	48
		G	55	54	54	54	52	52	52	51
		F	58	56	55	55	55	54	55	53
		E	60	59	58	59	58	57	57	56
		D	64	61	60	62	60	60	60	59
		C	65	63	61	63	62	60	60	60
		B	65	64	63	64	62	62	62	61
		A	66	65	64	64	63	62	62	62
<b>I-2</b> f. c. = 0,75  Tulipa R. L. M. con bombilla blanca, esmerilada		J	37	32	28	37	32	28	31	28
		I	46	41	38	45	40	37	40	37
		H	50	46	43	49	46	43	45	43
		G	54	50	47	53	50	47	48	47
		F	58	54	50	56	52	50	52	50
		E	62	59	56	61	58	56	57	56
		D	67	64	60	65	63	60	62	60
		C	69	66	63	67	64	63	64	62
		B	72	69	67	70	68	66	67	65
		A	74	71	69	72	69	68	68	67
<b>I-3</b> f. c. = 0,75  Lámpara con taza plateada y artesón o nicho		J	35	30	26	34	30	26	29	26
		I	44	39	36	43	38	35	38	35
		H	48	44	41	46	44	40	43	40
		G	51	48	45	50	47	44	46	44
		F	54	51	48	52	50	47	49	47
		E	59	56	53	58	55	52	54	52
		D	63	60	57	62	59	57	58	57
		C	65	62	59	63	61	59	60	58
		B	68	65	63	66	64	62	63	62
		A	69	67	65	68	65	64	64	63
<b>I-4</b> f. c. = 0,75  Lámparas con taza plateada y difusores de acero esmaltado		J	34	31	29	34	31	29	31	29
		I	42	39	38	41	38	37	38	36
		H	45	43	42	44	42	41	42	41
		G	48	46	45	47	46	44	45	44
		F	51	49	46	49	47	46	47	46
		E	54	52	50	53	51	49	51	49
		D	57	55	53	56	54	53	53	53
		C	59	57	54	57	55	54	55	53
		B	60	58	57	58	57	56	56	55
		A	61	59	58	60	58	57	57	56

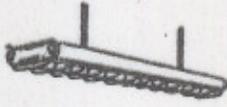
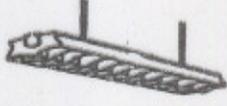
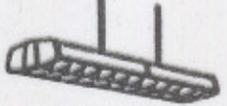
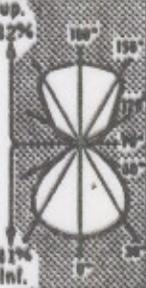
**TABLA: 5.2. COEFICIENTES DE UTILIZACION**  
 (Teniendo como datos el indice de local y el factor de reflexión de techo y pared del ambiente)

LAMPARAS DE INCANDESCENCIA		FACTORES DE REFLEXIÓN								
		Techo	75%			50%			30%	
Tipo de aparato y factor de conservación (f. c.)	Curvas fotométricas	Parad	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
		Ind. del local	COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN, %							
<b>I-5</b> f. c. = 0,70  Lámparas de gran flujo inferior con persiana de cristal o metálica	 Sup. 25% 55% Inf.	J	33	32	28	31	27	26	27	25
		I	40	37	35	38	35	39	33	31
		H	44	41	39	41	39	37	37	35
		G	47	45	43	44	41	40	40	38
		F	51	48	45	46	44	42	42	40
		E	54	51	49	50	48	45	45	43
		D	58	54	51	53	50	48	48	46
		C	60	57	53	55	52	49	48	47
		B	62	59	57	57	54	53	51	49
		A	64	61	58	59	56	54	52	51
<b>I-6</b> f. c. = 0,70  Lámparas cuadradas de cristal	 Sup. 35% 45% Inf.	J	23	19	16	21	17	15	16	14
		I	29	24	22	26	22	19	21	18
		H	33	28	25	29	26	23	23	21
		G	37	32	28	32	28	26	26	23
		F	40	35	32	35	31	28	28	26
		E	44	40	36	39	35	32	32	29
		D	48	43	39	42	38	35	35	32
		C	51	46	42	44	40	37	37	34
		B	55	50	46	48	44	41	39	37
		A	57	53	49	50	46	43	41	39
<b>I-7</b> f. c. = 0,70  Lámparas de medio globo y de tulipa con persiana metálica	 Sup. 45% 35% Inf.	J	24	20	17	21	17	15	15	14
		I	29	25	23	26	22	20	20	18
		H	33	29	26	28	26	23	22	20
		G	37	33	30	32	28	26	24	23
		F	40	35	32	34	30	28	26	23
		E	44	40	36	37	34	31	29	27
		D	47	43	40	40	37	34	32	30
		C	50	46	42	42	39	36	33	31
		B	53	50	47	44	42	40	35	34
		A	56	51	49	47	44	41	37	35
<b>I-8</b> f. c. = 0,70  Lámparas de persiana metálica Inf. y de globo lenticular	 Sup. 60% 20% Inf.	J	21	17	15	16	14	12	12	09
		I	26	22	20	21	18	16	15	13
		H	29	26	23	23	20	19	17	15
		G	33	27	26	26	23	21	18	17
		F	36	32	28	28	25	23	20	20
		E	39	36	32	31	28	26	22	20
		D	43	38	36	33	30	28	24	22
		C	45	41	38	35	32	30	25	24
		B	49	46	42	37	35	34	27	26
		A	51	48	45	40	37	35	28	27

T A B L A : 5.2. COEFICIENTES DE UTILIZACION (continuación)

LÁMPARAS DE INCANDESCENCIA		FACTORES DE REFLEXIÓN								
		Techo	75%			50%			30%	
Tipo de aparato y factor de conservación (f. c.)	Curvas fotométricas	Parad	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
		Ind. del local	COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN, %							
<b>I-9</b> f. c. = 0,70  Bombilla plateada Tres anillos reflectores		J	19	17	15	14	13	10	07	06
		I	23	18	17	17	15	12	09	08
		H	26	23	20	19	17	14	10	09
		G	29	27	24	22	19	17	13	12
		F	33	30	27	24	21	20	14	13
		E	36	32	29	26	24	23	16	14
		D	39	36	33	27	26	25	16	15
		C	42	38	35	29	28	27	17	16
		B	45	43	39	33	31	29	18	17
		A	47	45	42	36	33	31	20	18
<b>I-10</b> f. c. = 0,80  Lámpara indirecta de metal o cristal opaco		J	15	12	10	10	08	07	04	04
		I	19	15	14	13	10	09	06	05
		H	22	18	16	14	12	10	08	06
		G	25	21	18	17	14	13	08	08
		F	27	24	21	19	16	14	09	08
		E	31	27	25	21	18	16	10	10
		D	34	30	28	22	20	19	12	11
		C	36	33	30	24	22	20	13	12
		B	40	37	34	26	25	23	14	14
		A	42	39	37	28	26	25	16	14
<b>I-11</b> f. c. = 0,75  Lámpara indirecta con bombilla plateada		J	17	13	11	11	09	08	05	04
		I	21	17	15	14	12	10	07	06
		H	25	21	18	16	14	12	08	07
		G	28	24	21	20	16	14	09	08
		F	31	27	23	21	18	16	10	09
		E	35	31	28	24	20	19	12	11
		D	39	34	31	26	23	21	14	13
		C	41	37	34	27	25	23	14	14
		B	46	42	39	30	28	26	16	15
		A	48	44	42	32	30	28	18	16

T A B L A : 5.2. COEFICIENTES DE UTILIZACION  
(continuación)

LÁMPARAS FLUORESCENTES		FACTORES DE REFLEXIÓN								
		Techo	75%			50%			30%	
Tipo de aparato y factor de conservación (f. c.)	Curvas fotométricas	Parad	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
		Ind. del local	COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN, %							
<b>F-12</b> f. c. = 0,70  Reflector de metal, láminas de metal que sobresalen y testas de plástico	 Sup. 48% 42% Inf.	J	31	27	25	27	25	23	22	21
		I	37	34	32	33	30	28	27	26
		H	41	38	36	36	34	32	31	29
		G	46	42	39	40	37	35	33	31
		F	49	45	42	42	39	37	35	33
		E	53	49	47	46	43	41	38	36
		D	57	53	50	49	46	44	40	39
		C	60	56	53	51	48	45	42	40
		B	63	60	57	53	50	48	44	42
		A	64	62	59	56	52	50	45	43
<b>F-13</b> f. c. = 0,75  Una lámina metálica y laminillas transversales	 Sup. 43% 43% Inf.	J	32	29	24	29	26	25		
		I	39	36	34	33	32	31		
		H	44	40	38	38	36	34		
		G	47	44	42	42	39	37		
		F	50	47	44	44	41	40		
		E	54	51	48	47	45	43		
		D	58	54	52	50	48	46		
		C	60	57	54	52	50	48		
		B	63	60	58	54	52	50		
		A	64	62	59	56	54	52		
<b>F-14</b> f. c. = 0,70  Reflector de metal; láminas transversales que sobresalen; testas de plástico	 Sup. 47% 38,5% Inf.	J	29	26	23	25	23	21	21	19
		I	35	32	30	31	28	27	26	22
		H	39	36	34	34	32	30	29	27
		G	43	40	37	37	34	32	31	29
		F	46	42	39	40	37	35	33	31
		E	50	47	44	43	40	38	35	34
		D	54	50	47	46	43	41	38	36
		C	56	53	49	48	45	43	39	37
		B	59	56	53	50	48	46	41	40
		A	60	58	55	52	49	48	42	41
<b>F-15</b> f. c. = 0,75  Una lámina longitudinal y láminas transversales; paneles de cristal	 Sup. 42% 41% Inf.	J	29	25	23	26	23	21	21	19
		I	35	32	30	32	29	27	26	24
		H	39	36	34	35	32	30	29	27
		G	43	39	37	38	35	33	32	30
		F	46	42	40	40	37	35	34	32
		E	50	47	44	44	41	39	36	35
		D	54	50	47	46	44	42	39	38
		C	56	53	49	48	46	44	40	39
		B	59	56	53	51	48	46	42	41
		A	61	58	55	52	50	48	44	42

T A B L A : 5.2. COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN  
(continuación)

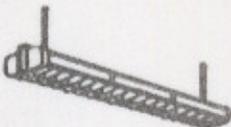
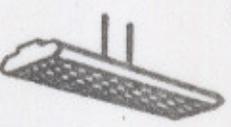
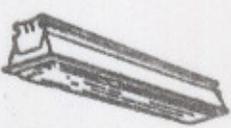
LÁMPARAS FLUORESCENTES		FACTORES DE REFLEXIÓN								
		Techo	75%			50%			30%	
Tipo de aparato y factor de conservación (f. c.)	Curvas fotométricas	Parad.	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
		Ind. del local	COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN, %							
<b>F-16</b> f. c. = 0,75  Cubiertas de plástico; láminas de metal que sobresalen algo Sup. 43% Inf. 34,5%		J	26	22	21	23	20	19	19	17
		I	32	28	27	28	25	24	23	21
		H	35	32	30	31	28	27	26	24
		G	39	36	34	34	31	30	28	26
		F	41	38	36	36	33	32	29	28
		E	45	42	39	39	36	34	32	30
		D	49	45	42	41	39	37	34	33
		C	51	48	45	43	41	39	35	34
		B	54	51	49	45	43	42	37	36
		A	55	53	50	47	45	43	38	37
<b>F-17</b> f. c. = 0,75  Láminas longitudinales y transversales dispuestas como en las cajas para transportar huevos Sup. 36,5% Inf. 36,5%		J	26	24	21	24	22	20		
		I	32	29	28	29	27	25		
		H	35	33	31	31	30	28		
		G	39	36	34	35	32	31		
		F	41	39	36	36	34	33		
		E	44	42	40	39	37	35		
		D	48	44	42	41	39	38		
		C	50	47	44	43	41	39		
		B	52	49	48	45	43	42		
		A	54	51	49	46	44	43		
<b>F-18</b> f. c. = 0,70  Tipo en forma de artesa, con lente o cristal esmerilado que sobresalen por debajo Sup. 0% Inf. 66%		J	33	29	27	32	29	27		
		I	39	37	36	38	36	35		
		H	43	40	39	42	40	38		
		G	46	43	42	45	43	41		
		F	49	48	43	48	45	43		
		E	51	50	47	50	49	47		
		D	55	52	51	54	52	50		
		C	57	54	52	55	53	52		
		B	58	56	55	57	54	53		
		A	60	57	56	58	56	54		
<b>F-19</b> f. c. = 0,75  Tipo en forma de artesa, con cristal esmerilado que no sobresale Sup. 0% Inf. 60%		J	33	30	29	32	31	29		
		I	39	37	37	38	37	36		
		H	42	41	40	41	40	40		
		G	45	43	43	44	43	42		
		F	47	46	44	45	45	44		
		E	50	49	47	49	48	46		
		D	53	50	49	52	50	50		
		C	54	52	50	53	52	51		
		B	55	53	51	54	53	52		
		A	56	54	53	55	54	53		

TABLA : 5.2. COEFICIENTES DE UTILIZACION (continuación)

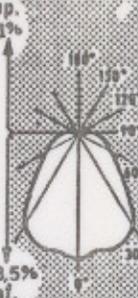
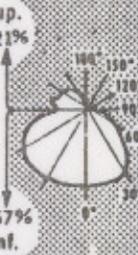
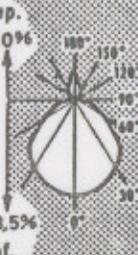
LÁMPARAS FLUORESCENTES		FACTORES DE REFLEXIÓN								
		Techo	75%			50%			30%	
Tipo de aparato y factor de conservación (f. c.)	Curvas fotométricas	Pared	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
		Ind. del local	COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN, %							
<b>F-20</b> f. c. = 0,70  Tipo en forma de artesa con lente curva para aplicar en el techo		J	29	26	24	29	26	24	26	24
		I	35	32	31	35	32	30	32	30
		H	39	36	34	38	36	34	35	34
		G	41	39	38	40	38	37	38	37
		F	44	42	39	42	40	39	40	39
		E	46	45	42	46	44	42	43	42
		D	50	47	45	49	46	45	46	45
		C	51	49	46	50	48	46	47	46
		B	53	51	49	52	49	48	49	48
		A	54	52	51	53	51	49	50	49
<b>F-21</b> f. c. = 0,70  Reflector con esmalte de porcelana; sin laminillas		J	33	27	23	31	25	22		
		I	41	35	31	38	33	29		
		H	45	40	36	42	38	34		
		G	50	44	40	46	42	38		
		F	53	48	43	49	45	41		
		E	59	54	49	55	50	47		
		D	64	59	54	59	55	52		
		C	67	62	59	61	57	54		
		B	71	67	63	65	62	59		
		A	74	70	65	68	64	61		
<b>F-22</b>  Aparato para lámpara desnuda, con armazón superior de metal		J	35	30	26	34	29	26	28	25
		I	43	38	35	42	37	34	37	34
		H	47	43	40	45	42	39	41	39
		G	51	47	44	49	46	43	44	42
		F	54	50	47	52	48	46	47	45
		E	59	55	52	57	54	51	52	50
		D	63	60	57	60	58	56	56	55
		C	65	62	59	62	60	58	58	56
		B	68	65	63	65	63	61	61	59
		A	70	67	65	67	64	63	62	61
<b>F-23</b> f. c. = 0,65  Aparato industrial típico; dos reflectores laterales con ranuras en la parte superior		J	37	31	27	36	31	27		
		I	46	40	38	44	39	36		
		H	50	46	42	48	45	41		
		G	54	49	46	52	49	45		
		F	57	53	50	54	51	49		
		E	62	58	55	60	57	54		
		D	67	63	60	64	61	59		
		C	69	66	63	65	63	61		
		B	72	69	67	69	66	65		
		A	74	71	69	70	68	66		

TABLA : 5.2. COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN (continuación)

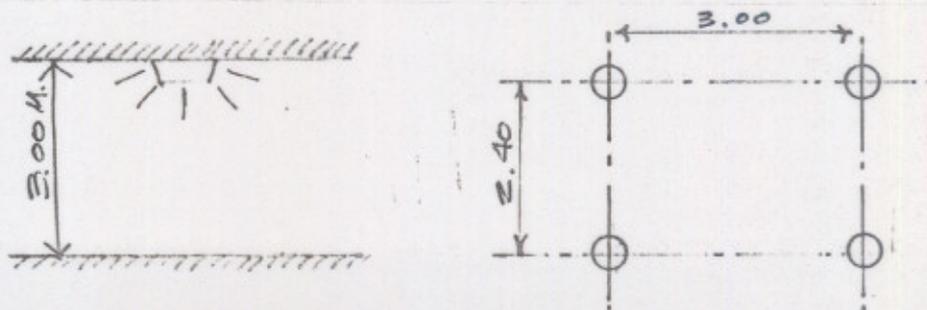
### 5.3.9. NORMAS EN LOS SISTEMAS O MODELOS DE ALUMBRADO:

- a. En luminarias de iluminación *Directa*: debe estudiarse la curva fotométrica para tenerla en cuenta al fijar la altura de suspensión de las mismas. El deslumbramiento puede aminorarse por medio de globos parcialmente opacos o instalando las lámparas en cavidades cubiertas con cristales difusores.
- b. En luminarias de iluminación *Indirecta*: con iluminaciones bien proyectadas, el techo deberá ser blanco mate o de un color extremadamente claro; y las paredes, en una franja de 90 a 120 cm. debajo del techo, deberán ser muy claras, de color blanco o de colores tues, mates. En general, la línea que separa en las paredes la zona iluminada directamente por la luminaria debería coincidir con la que separa las partes de la pared pintadas de color claro y de color más oscuro, si así fuera el caso. Una luminaria de iluminación indirecta que produzca 100 lux resulta frecuentemente más satisfactorio para la vista que una lámpara directa que dé 200 lux.
- c. En luminarias de iluminación *Semi-indirecta*: Para un mismo nivel de iluminación se requerirá del 20 al 40% de potencia más que luminarias de sistema directo. Los globos de las luminarias combinan la reflexión hacia arriba con la difusión hacia abajo y debe procurarse que su brillo no sea mayor que el del techo. Para evitar el deslumbramiento se debe emplear un cristal opalino denso mejor que un cristal delgado deslustrado. El interior debe ser liso, blanco y con gran poder de reflexión.

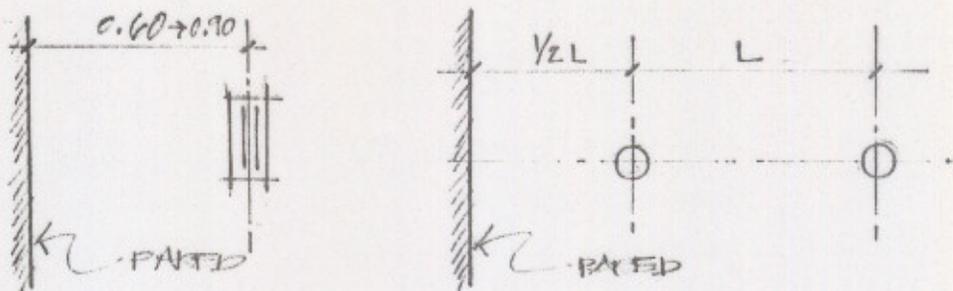
### 5.3.10. NORMAS PARA PROYECTOS DE ILUMINACION:

Las reglas siguientes son esenciales para conseguir una instalación de alumbrado satisfactoria y eficaz.

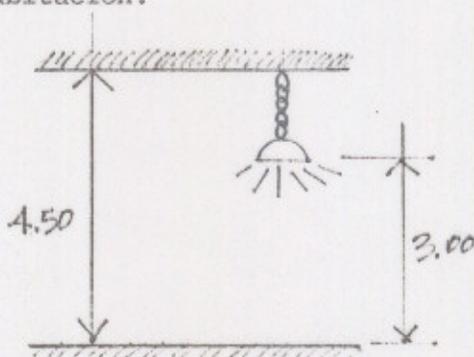
- a. El factor de conservación de la instalación depende de la facilidad de retener el polvo que tengan los aparatos, de la proporción de polvo y de humo del ambiente y de la frecuencia de limpieza de las luminarias.
- b. La separación en ambas direcciones, o *Espaciado* de las lámparas, debe ser de 0.8 a 1 veces su altura de suspensión y en ningún caso mayor de 1.3 veces dicha altura.



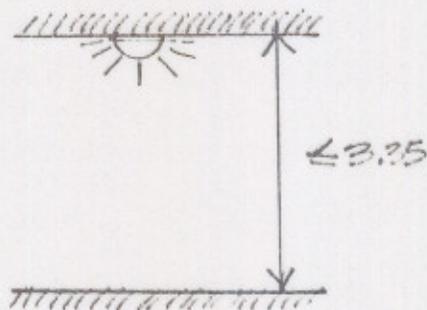
- c. Si se emplean luminarias fluorescentes, el extremo más cercano a una pared no deberá ser de 0.60 a 0.90 mts. Para luminarias con una sola lámpara de incandescencia la distancia de la pared al centro de la última luminaria no deberá ser mayor que la mitad del espaciado. Estos espaciados recomendados pueden variar cuando se presentan condiciones especiales.



- d. Cuando la altura del cielo raso es mayor de 3.35 mts. las luminarias suspendidas, mediante varillas o cadenas, dan mejor apariencia a la habitación.

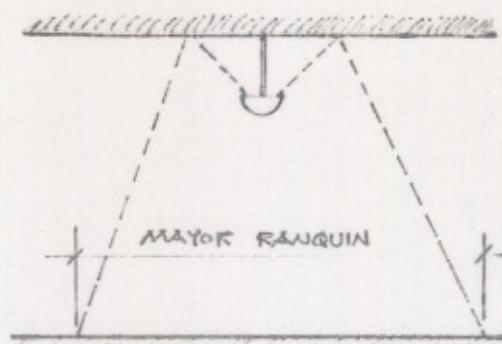


- e. Las luminarias de techo montados en contacto con éste son más eficaces en habitaciones cuya altura sea menor de 3.35 mts.

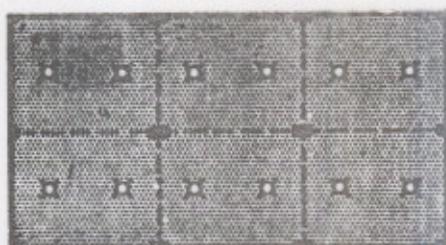


- f. La distancia entre el techo y los aparatos tiene importancia en el caso de luminarias de iluminación indirecta o semi-directa, porque interviene en el rendimiento con que la luz se refleja. En general, la distancia al techo aumenta cuando se aumenta la separación entre aparatos. Cuando la instalación se rige por la

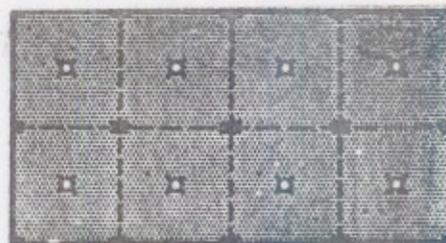
buena apariencia, la altura de suspensión tiene que regirse a esta exigencia ornamental y tener la máxima eficiencia entonces posible.



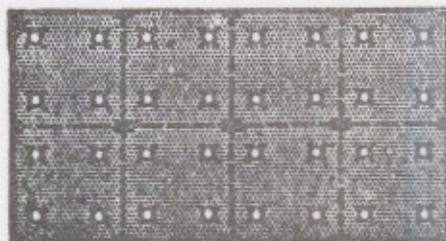
- g. Las luminarias deben distribuirse simétricamente con respecto a las líneas estructurales de la habitación, como indica la figura.



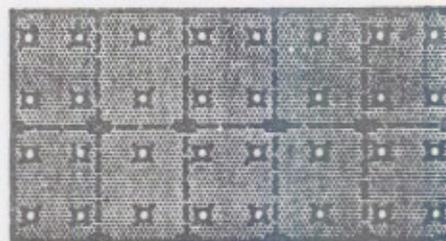
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura g. Colocación simétrica para diferentes disposiciones de locales. (a) Dos lámparas por cuadro. Aplicable únicamente con cuadros alargados con ancho no superior a dos tercios del largo. (b) Una lámpara por cuadro. Satisfactorio tan solo si las dimensiones de los cuadros no sobrepasan el máximo espacio admisible, condición que sólo la cumplen los locales muy altos de techo. (c) Cuatro lámparas por cuadro. Es el sistema más corriente para cuadros cuadrados de dimensiones usuales. (d) Sistema de cuatro y dos. Equivale a tres lámparas por cuadro y una alternativa del sistema de cuatro, si el espaciado lo permite.

Para el espaciado y la altura de suspensión de las luminarias en forma correcta damos a continuación una tabla con los datos de los mismos para los diferentes sistemas de iluminación:

	Indirecta	Semiindirecta		General difusa	Semi-directa	Directa	Directa semi-concentrada	Directa concentrada
Altura del techo	Distancia a la pared*	Longitud de suspensión	Distancia máxima entre lámparas**	Altura de suspensión	Distancia a la pared*	Distancia máxima entre lámparas**	Distancia máxima entre lámparas**	Distancia máxima entre lámparas**
2,45	0,90	0,30-0,90	2,75	2,45	0,90	2,30	1,70	0,75
2,75	0,90	0,45-0,90	3,20	2,75	0,90	2,75	1,85	0,90
3,05	1,05	0,60-0,90	3,80	3,05	1,05	3,20	2,15	1,20
3,35	1,05	0,60-0,90	4,10	3,35	1,05	3,65	2,45	1,35
3,65	1,20	0,75-1,20	4,55	3,65	1,20	4,10	2,75	1,50
3,95	1,20	0,90-1,20	5,20	3,95	1,20	4,55	3,05	1,70
4,25	1,50	0,90-1,20	5,80	4,25	1,50	5,05	3,35	1,85
4,60	1,50	0,90-1,20	6,10	4,60	1,50	5,50	3,65	2,00
4,90	1,80	1,20-1,50	6,70	4,90	1,80	6,10	3,95	2,15
5,50	1,80	1,20-1,50	7,30	5,50	1,80	6,70	4,70	2,45
6,00	2,15	1,20-1,80	8,55	6,00	2,15	7,60	5,35	2,75
o más				o más				

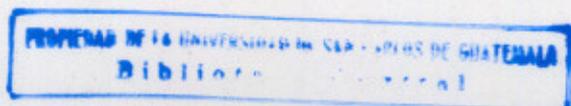
† Todas las dimensiones en metros.  
 \* Esta distancia se adopta cuando van mesas o pupitres pegados a la pared; de no ser así, basta con tomar la mitad de la distancia entre lámparas.  
 \*\* El espaciado entre lámparas es generalmente menor que el espaciado máximo, a fin de adaptarse a las dimensiones de las crujeas o de los locales.

**T A B L A : 5.3. ESPACIADO Y ALTURA DE SUSPENSION DE LUMINARIAS**

P.P. 9.

5.3.11. DATOS NECESARIOS PARA DISEÑO Y CALCULO DE ILUMINACION:

Quando se ha determinado la intensidad de iluminación en lux, generalmente en un plano horizontal de 0.75 a 0.90 mts. sobre el suelo, el problema está en calcular las pérdidas debidas a las condiciones del local, al color de las paredes y techo, al rendimiento de los aparatos y a la distribución de la luz, a fin de poder deducir el flujo en lúmenes que deben proporcionar las lámparas. El método es el mismo cualquiera que sea el tipo de lámpara empleado. Los datos y coeficientes necesarios para estos cálculos se encuentran en las tablas 5.2, y 5.4.



Alturas de techo (m)												
Para luz indirecta y semiindirecta		2,70 a 3,00	3,00 a 3,50	3,50 a 4,00	4,00 a 5,00	5,00 a 6,00	6,00 a 7,50	7,50 a 9,00	9,00 a 11	11 a 15		
Alturas de suspensión sobre el suelo (m)												
Para luz directa y semiindirecta		2,10 a 2,40	2,40 a 2,70	2,70 a 3,00	3,00 a 3,50	3,50 a 4,00	4,00 a 5,00	5,00 a 6,00	6,00 a 7,50	7,50 a 9,00	9,00 a 11	11 a 15
Ancho (m)	Largo (m)	Índice del local										
2,50 a 2,70	2,40-3	H	I	J	J							
	3-4,20	H	I	I	J							
	4,20-6	G	H	I	J	J						
	6-9	G	G	H	I	J	J					
	9-12,60	F	G	H	I	J	J	J				
> 12,60	E	F	G	H	I	J	J					
2,70 a 3,30	3-4,20	G	H	I	J	J						
	4,20-6	G	H	I	J	J	J					
	6-9	F	G	H	I	J	J					
	9-12,60	F	G	G	H	I	J	J				
	12,60-18	E	F	G	H	I	J	J	J			
> 18	E	F	F	H	H	I	J	J				
3,30 a 3,90	3-4,20	G	H	I	I	J	J					
	4,20-6	F	G	H	I	J	J					
	6-9	F	G	G	H	I	J	J				
	9-12,60	E	F	G	H	I	J	J	J			
	12,60-18	E	F	F	G	H	I	J	J	J		
> 18	E	E	F	G	H	I	J	J	J			
3,90 a 4,80	4,20-6	F	G	H	H	I	J	J				
	6-9	E	F	G	H	I	J	J				
	9-12,60	E	F	F	G	H	I	J	J	J		
	12,60-18	E	E	F	F	H	I	J	J	J	J	
	18-27	D	E	E	F	G	H	I	J	J	J	
> 27	D	E	E	F	F	G	I	J	J	J		
4,80 a 5,70	4,20-6	E	F	G	H	I	J	J				
	6-9	E	F	F	G	H	I	J	J			
	9-12,60	D	E	F	G	H	H	J	J	J		
	12,60-18	D	E	E	F	G	G	I	J	J	J	
	18-33	D	E	E	F	G	G	I	J	J	J	
> 33	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J	J	
5,70 a 6,60	6-9	D	E	F	G	H	I	J	J			
	9-12,60	D	E	E	F	G	H	I	J	J	J	
	12,60-18	D	D	E	E	F	F	G	I	J	J	J
	18-27	C	D	E	E	F	F	G	H	J	J	J
	27-42	C	D	D	E	E	F	F	H	I	J	J
> 42	C	D	D	E	E	F	F	H	H	I	J	

TABLA: 5.4. INDICES DE LOCAL

Alturas de techo (m)												
Para luz indirecta y semiindirecta		2,70	3,00	3,50	4,00	5,00	6,00	7,50	9,00	11		
		a	a	a	a	a	a	a	a	a		
		3,00	3,50	4,00	5,00	6,00	7,50	9,00	11	15		
Alturas de suspensión sobre el suelo (m)												
Para luz directa y semidirecta		2,10	2,40	2,70	3,00	3,50	4,00	5,00	6,00	7,50	9,00	11
		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
		2,40	2,70	3,00	3,50	4,00	5,00	6,00	7,50	9,00	11	15
Ancho (m)	Largo (m)	Índice del local										
6,60 a 8,10	6-9	D	E	E	F	G	H	I	J	J		
	9-12,60	C	D	E	F	G	G	I	J	J		
	12,6-18	C	D	D	E	F	F	H	I	J	J	J
	18-27	C	D	D	E	E	F	F	H	I	J	J
	27-42	C	C	D	E	E	F	F	G	H	I	J
> 42	C	C	D	E	E	E	F	G	H	I	J	
8,10 a 10,20	9-12,60	C	D	D	E	F	G	H	I	J	J	J
	12,6-18	C	C	D	D	F	F	H	H	I	J	J
	18-27	B	C	C	D	E	E	F	F	H	I	J
	27-42	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J
	42-54	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J
> 54	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	
10,20 a 12,00	9-12,60	B	C	D	E	F	F	H	I	I	J	J
	12,6-18	B	C	C	D	E	E	F	H	H	J	J
	18-27	A	C	C	C	E	E	F	F	H	H	J
	27-42	A	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I
	42-60	A	B	C	C	D	E	E	F	F	G	H
> 60	A	B	C	C	D	E	E	F	F	G	H	
12,00 a 13,50	12,6-18	A	B	C	C	E	F	G	H	I	I	J
	18-27	A	B	B	C	D	E	F	F	G	H	J
	27-42	A	B	B	C	D	D	E	F	G	H	J
	42-60	A	A	B	C	D	D	E	E	F	G	H
	> 60	A	A	B	C	D	D	E	F	F	G	H
13,50 a 16,50	12,6-18	A	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	18-27	A	A	B	C	C	D	F	F	G	H	J
	27-42	A	A	A	C	C	D	E	E	F	F	I
	42-60	A	A	A	C	C	D	E	E	F	F	I
	> 60	A	A	A	C	C	D	E	E	F	F	H
16,50 a 20,50	18-27	A	A	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	27-42	A	A	A	B	C	C	D	E	F	F	H
	42-60	A	A	A	B	C	C	D	E	E	F	H
	> 60	A	A	A	B	B	C	D	E	E	F	H
			A	A	A	A	B	C	D	E	F	G
20,50 a 27,00	18-27	A	A	A	A	B	C	D	E	F	G	I
	27-42	A	A	A	A	B	C	D	E	F	F	H
	42-60	A	A	A	A	B	B	C	D	E	F	G
	> 60	A	A	A	A	B	B	C	D	E	F	G

Los índices de local clasifican las habitaciones por la proporción entre largo y ancho. Si por ser muy pequeño o muy grande un local no se encuentra en la tabla, búsquese otro con igual relación de lados.

T A B L A : 5.4.-A INDICES DE LOCAL

### 5.3.12. DISEÑO Y CALCULO DE ILUMINACION:

El diseño de una instalación de alumbrado artificial comprende tres pasos principales:

- a. Analisis de la actividad a realizar en el local y sus necesidades particulares de iluminación.
- b. Selección del sistema de alumbrado, y
- c. Cálculo de la instalación.

El análisis de la actividad y por consiguiente del sistema de alumbrado debe hacerse de acuerdo con las condiciones de cada caso en particular, y teniendo en cuenta las consideraciones hechas en los artículos anteriormente citados.

En cuanto al cálculo de la instalación, expondremos aquí un método conocido como *Flujo de luz* o de los *Lúmenes* que proporciona el nivel promedio de iluminación en luxes sobre el plano de trabajo, mediante la utilización de la siguientes fórmulas:

$$\text{Lúmenes por Habitación} = \frac{\text{Nivel lumínico (lux) X Superficie (mts.)}}{\text{Coef. Utilización X Factor conservación}}$$

$$\text{Lúmenes por luminaria} = \frac{\text{Total de lúmenes}}{\text{Número de luminarias instaladas}}$$

Para determinar esto se procede de la manera siguiente:

- 5.3.12.1. Selección del Nivel lumínico (Lux): Como ya se indicó, el nivel requerido de iluminación se determinará de acuerdo con el tipo de actividad y podrá obtenerse en la tabla 5.1.
- 5.3.12.2. Selección del sistema de alumbrado y del tipo de luminaria: El sistema de alumbrado se seleccionará teniendo en cuenta los criterios ya expresados sobre iluminación en general, tipo de lámpara y sistema de iluminación. (ver inciso 5.3.4.).
- 5.3.12.3. Situación de las luminarias: Para obtener una iluminación bien uniforme sobre una superficie, no debe rebasarse el espaciado máximo entre dos unidades que señala la tabla 5.3. página 89 y las normas citadas en el inciso 5.3.10. Muy frecuentemente es necesario adoptar espaciados menores para acomodarlas a crujías y otras exigencias de la estructura. Las pantallas y otro tipos

de reflectores requieren distancias reducidas que dependen del grado de concentración de la luz.

Cuando se emplean hileras continuas de tubos fluorescentes, las cifras indican los espacios entre dos hileras o sea que de acuerdo a la cantidad de luminarias requeridas (según el cálculo), se pueden obtener el número de hileras y de allí determinar el espaciado. Sin embargo, con luminarias fluorescentes individuales (cuyo flujo en lúmenes es limitado), no se pueden adoptar las distancias de separación corrientes. El problema entonces se resuelve fijando primero el número de luminarias necesarias para suministrar los lúmenes requeridos, y luego determinar el espaciado para acomodar dicho número de unidades.

5.3.12.4. Índice de local: La tabla 5.4. página 90, clasifica los locales (por medio de letras) según su ancho, largo y alturas de techo y de suspensión. Para luminarias de iluminación indirecta y semiindirecta se toma la altura de techo; para iluminación directa y semidirecta, la altura de suspensión. Habiendo determinado así el índice del local, se pasa a la tabla 5.2. página 85, de coeficientes de utilización.

5.3.12.5. Determinación del coeficiente de utilización (Cu): El coeficiente de utilización o proporción de luz incidente sobre el plano de trabajo (76 cm. sobre el nivel del suelo), depende del tipo de luminaria, de la altura del montaje, de las dimensiones del local y de los factores de reflexión del techo y paredes. Pero ya habiendo obtenido el índice de local, solo necesitaremos saber los colores del techo y paredes, lo que nos da los porcentajes o factores de reflexión y planteando estos factores con el índice de local determinamos el coeficiente de utilización (Cu). Para obtener los porcentajes o factores de reflexión de los colores de las paredes o techo ver Tabla 4.1. del inciso 4. 4.6.

Sabiendo que el coeficiente de utilización es el porcentaje del flujo suministrado por las luminarias, que llega al plano de trabajo, diremos que si un coeficiente de utilización, por ejemplo, es de 0.40 significa que el 40% de la potencia luminosa se aprovecha y que el 60% es absorbido por las paredes, techo y el mismo aparato.

5.3.12.6. Estimación del factor de conservación (fc): La efectividad de las luminarias o de las lámparas disminuye con el tiempo por pérdida de la emisión luminosa propia de la lámpara, por pérdida debida a la acumulación de polvo en las lámparas y por pérdida de luz reflejada por acumulación de suciedad en las paredes.

La iluminación inicial, medida cuando las lámparas están nuevas y cuando el equipo está limpio, será superior a la iluminación media que puede mantenerse en servicio. Para tenerlo en cuenta se indica un factor de conservación, que es el porcentaje aproximado de la iluminación inicial que puede mantenerse con una conservación, limpieza y repintado razonables. Estos factores de conservación (fc) están indicados en las tablas 5.2. página 85, para cada tipo de luminaria.

### 5.3.13. UN PROYECTO CORRIENTE DE ALUMBRADO:

Los ejemplos que siguen dan la pauta para el empleo de las tablas y demás datos para la solución de un proyecto de alumbrado.

Ejemplo 1. : Se ha decidido proporcionarle una iluminación eficaz y agradable a un local para aula escolar que tiene 9.15 mts. de ancho, 13.70 mts. de largo y 4.30 mts. de alto, con techo plano; pintando el techo y la parte superior de las paredes (hata 1 m. de bajo del techo), de color blanco liso, y el resto de las paredes de color verde muy claro. Siendo los *factores de reflexión* de estos colores: 75% y 50% respectivamente. Para simplificar los cálculos se supone que no existen ventanas. Pues éstas reducirían ligeramente la iluminación media, a menos que se las cubriera con cortinas con un coeficiente de reflexión aproximadamente como el de las paredes. En la figura 5.2. página 85 se ve la disposición del local. Determinar el número y distribución de las luminarias para iluminación incandescente.

Solución: La solución para iluminación incandescente se encuentra siguiendo los pasos siguientes:

- a. La tabla 5.1. página 78 , indica que se requiere una iluminación de 400 lux
- b. La lámpara de incandescencia I-9 de la tabla 5.2. página 85 que lleva bombilla plateada y que tiene un rendimiento del 89.5% (contoda la luz prácticamente proyectada hacia arriba), se considera apropiada para el caso. Este tipo de luminaria indirecta a portará una difusión excelente y una intensidad uniforme con un mínimo de deslumbramiento directo o reflejado. La potencia en vatios de la luminaria se determinará más abajo. Anótese que el *factor de conservación* para esta luminaria es 0.70.
- c. Con referencia a la tabla 5.4. página 90 , el *índice de local* para iluminación indirecta, para un cielo raso a 4.30 mts. y para una habitación de 9.15 por 13.70 mts. resulta ser "D".
- d. El *coeficiente de utilización* de esta habitación y del acabado de sus paredes y techo se encuentra en la tabla 5.2. página 85 . La lámpara I-9 tiene un factor de conservación de 0.70 y el coeficiente de utilización para el índice *D* y para coeficientes de reflexión de techo y paredes de 75% y 50% respectivamente, tiene un valor de 0.39.

- e. El total de lúmenes necesario, según se indica en el inciso 5.3.12. sería:

$$\begin{aligned} \text{Lúmenes} &= \frac{\text{Lux} \times \text{Superficie}}{\text{Coef. Utiliz.} \times \text{Factor conserv.}} = \\ &= \frac{400 \times (9.15 \times 13.70)}{0.39 \times 0.70} = 183,600 \text{ lúmenes} \end{aligned}$$

- f. Una repartición razonable de las luminarias, de acuerdo con los espacios entre vigas, es la que se indica en la figura 5.2. Esta figura señala 12 luminarias en total. La tabla 5.3. página para luminarias de iluminación indirecta y techos de 4.30 mts. de alto, indica que las luminarias deben quedar separadas por distancias no mayores de 5.80 mts. Las distancias adoptadas son menores y por lo tanto admisibles.

- g. Lúmenes por luminaria, según el inciso 5.3.12. Página 92 :

$$\frac{\text{Total de lúmenes}}{\text{Número de luminarias}} = \frac{183,600}{12} = 15,300 \text{ lúmenes}$$

- h. En la tabla 4.2. página 53 para 110-120 voltios, se halla que la lámpara de 750 vatios produce 15,600 lúmenes iniciales. Esto da para la iluminación un valor de

$$\text{Lux} = \frac{\text{Total de lúmenes} \times \text{Coef. Utiliz.} \times \text{Factor Conserv.}}{\text{Superficie}} =$$

$$\frac{12 \times 15,600 \times 0.39 \times 0.70}{9.15 \times 13.70} = 407 \text{ lux}$$

y, por tanto, la instalación es satisfactoria. (ver fig. 5.2. ).

Ejemplo 2. : Determinar para el mismo caso anterior, el número y distribución de las luminarias para iluminación fluorescente.

Solución: La solución de este problema con lámparas fluorescentes es similar, y a continuación la exponemos:

- a. Lo mismo que en problema anterior: 400 Lux

- b. Según la tabla 5.2. pág. la luminaria fluorescente F-13 es la que conviene, pues proporciona una buena iluminación directa, además de la indirecta, a fin de mantener un elevado nivel de luz difusa. El *factor de conservación* para esta luminaria es 0.75, y su rendimiento total es del 89.5%.
- c. De acuerdo con la tabla 5.4. página 90 , el *índice de local* para iluminación semiindirecta es "D", lo mismo que para iluminación indirecta.
- d. En la tabla 5.2. página 83 , para la luminaria F-13 en una habitación con factores de reflexión del 75% para el techo y del 50% para las paredes, se encuentra un *coeficiente de utilización* del 58%.
- e. Total de lúmenes necesarios:

$$\frac{400 \times (9.15 \times 13.70)}{0.58 \times 0.75} = 115,269 \text{ Lúmenes}$$

- f. Las luminarias fluorescentes pueden distribuirse en la misma forma que las incandescentes, pero ahora se necesitarán 32 luminarias y, por lo tanto, se espaciaran a 2.75 mts. Esto está notablemente por debajo del espaciado máximo recomendado y proporciona una luz casi del todo uniforme. También pueden unirse las luminarias, unas con otras, formando líneas continuas, para que se agrupen económicamente.
- g. El número de lúmenes que debe suministrar cada luminaria sera:

$$\frac{115,269}{32} = 3,600 \text{ Lúmenes por luminaria}$$

- h. La luminaria elegida contiene dos lámparas fluorescentes de 40 vatios. En la tabla 4.3. página 56 , se ve que una lámpara fluorescente standar de luz blanca fría, de 40 vatios, proporciona 2,350 lúmenes. El total por luminaria es, pues, de 4,700 lúmenes. Y esto nos da una intensidad lumínica de:

$$\frac{(32 \times 3,600) \times 0.58 \times 0.75}{9.15 \times 13.70} = 522 \text{ Lux}$$

Por lo tanto, es también una solución satisfactoria.

(Ver figura 5.3.).

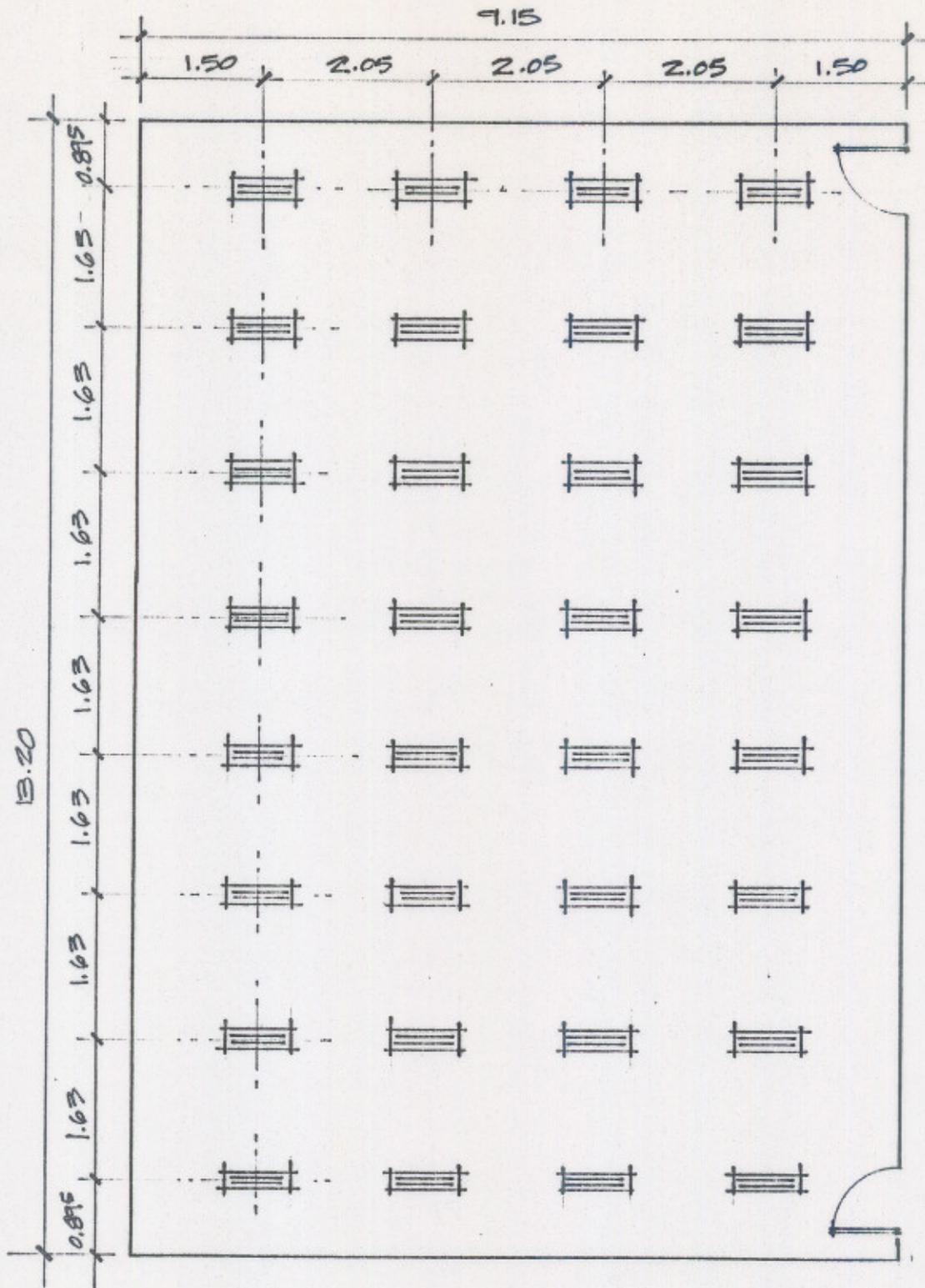


FIGURA : 5.3. SOLUCION PARA EJEMPLO Nº 2

(32 luminarias fluorescentes con los espaciamentos indicados)

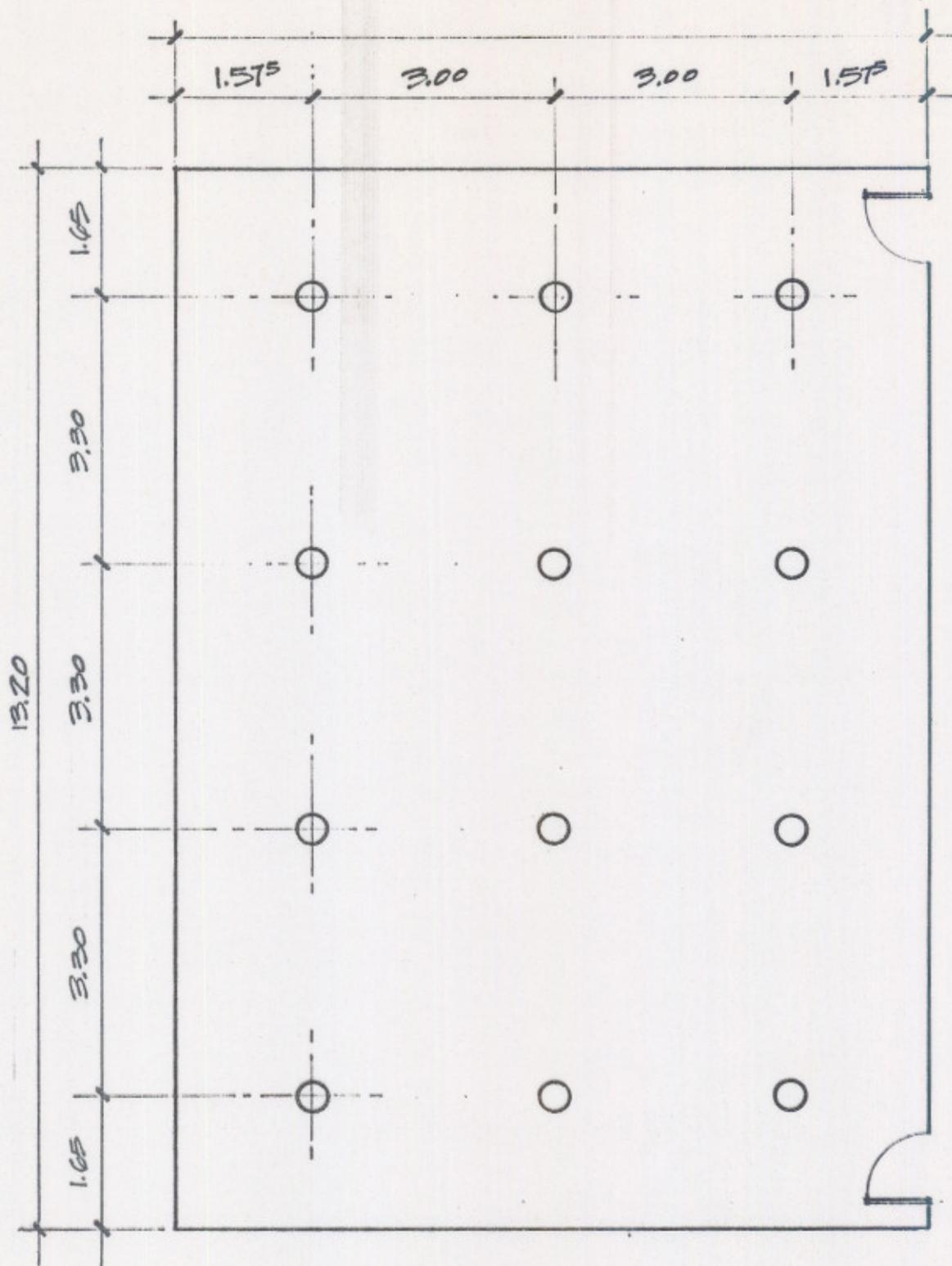


FIGURA: 5.2. SOLUCION PARA EJEMPLO N° 1

(12 luminarias incandescentes con los espaciamentos indicados)

6. METODOLOGIA DE DISEÑO Y CALCULO DE  
INSTALACIONES ELECTRICAS

## 6. METOLOGIA DE DISEÑO Y CALCULO DE INSTALACIONES ELECTRICAS:

### 6.1. INTRODUCCION:

Para el cálculo de instalaciones electricas en arquitectura básicamente hay que considerar los siguientes factores:

- 6.1.1. Analisis de la Función para la que va a ser destinado el ambiente que se esté proyectando. (Vivienda, Escuela, Hospital, Edificios de oficinas, etc.
- 6.1.2. Elección del Sistema de Distribución.
- 6.1.3. Determinación de Areas para cálculo lumínico.
- 6.1.4. Cálculo Lumínico; Según el capítulo anterior: N°5 .
- 6.1.5. Localización y cuantificación de unidades eléctricas, con sus respectivos accesorios sobre un plano a escala adecuada (1:50 o 1:100), Estas comprenderían: Lámparas, tomacorrientes (110 y 220 V.), interruptores, tablero de distribución, contador, timbres, antenas, etc.  
  
Nota: Las lámparas se ubicarán en base a un cálculo lumínico previo, los tomacorrientes y otros se ubicarán de acuerdo a las necesidades del ambiente.
- 6.1.6. Elección de la Tubería: En base a un analisis económico y conveniente por el diseño del ambiente.
- 6.1.7. Diseño y distribución de la Tubería o Ramales: que interconectarán la instalación desde el contador o contadores, pasando por el tablero de distribución, hasta llegar a todas las unidades, siguiendo caminos lógicos y convenientes.
- 6.1.8. Diseño y distribución de los alambres: que irán dentro de los ramales de tubería de acuerdo a la conexión que necesite cada unidad, dibujandolos en el plano, en base a una simbología establecida. Estos como los caminos de la tubería tienen que ser lógicos y económicos.

6.1.9. Determinar el Diámetro de la tubería: teniendo en cuenta la cantidad de alambres que pasarán por la misma, por medio de la tabla 8.1.

Número de la galga AWG	Sección Transversal mm <sup>2</sup>	Numero de conductores en un tubo o conducto									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
		DIAMETRO MINIMO DEL TUBO EN PULGADAS									
18	0,8	½	½	½	½	½	½	½	½	¾	¾
16	1,3	½	½	½	½	½	½	¾	¾	¾	¾
14	2,1	½	½	½	½	¾	¾	1	1	1	1
12	3,3	½	½	½	¾	¾	1	1	1	1	1 ¼
10	5,3	½	¾	¾	¾	1	1	1	1 ¼	1 ¼	1 ¼
8	8,7	½	¾	¾	1	1 ¼	1 ¼	1 ¼	1 ½	1 ½	1 ½
6	13,3	½	1	1	1 ¼	1 ½	1 ½	2	2	2	2
4	21,1	½	1 ¼	1 ¼	1 ½	1 ½	2	2	2	2 ½	2 ½
3	26,7	¾	1 ¼	1 ¼	1 ½	2	2	2	2 ½	2 ½	2 ½
2	33,6	¾	1 ¼	1 ¼	2	2	2	2 ½	2 ½	2 ½	2 ½
1	42,4	¾	1 ½	1 ½	2	2 ½	2 ½	2 ½	3	3	3
0	53,5	1	1 ½	2	2	2 ½	2 ½	3	3	3	3 ½
00	67,4	1	2	2	2 ½	2 ½	3	3	3	3 ½	3 ½
000	85,0	1	2	2	2 ½	3	3	3	3 ½	3 ½	3 ½
0000	107,2	1 ¼	2	2 ½	3	3	3	3 ½	3 ½	4	4
	126,7	1 ¼	2 ½	2 ½	3	3	3 ½	4	4	5	5
	152,0	1 ¼	2 ½	2 ½	3	3 ½	4	4	5	5	5
	177,3	1 ¼	3	3	3 ½	3 ½	4	5	5	5	5
	202,7	1 ½	3	3	3 ½	4	4	5	5	5	5
	253,4	1 ½	3	3	3 ½	4	5	5	5	5	5
	304,0	2	3 ½	3 ½	4	5	5	6	6	6	6
	354,7	2	3 ½	3 ½	5	5	5	6	6	6	6
	380,0	2	3 ½	3 ½	5	5	6	6	6	6	6
	405,4	2	3 ½	4	5	5	6	6	6	6	6
	456,0	2	4	4	5	6	6	6	6	6	6
	506,7	2	4	4	5	6	6	6	6	6	6
	633,4	2 ½	5	5	6	6	6	6	6	6	6
	760,1	3	5	5	6	6	6	6	6	6	6
	886,7	3	5	6	6	6	6	6	6	6	6
	1013,4	3	6	6	6	6	6	6	6	6	6

T A B L A : 6.1. NUMERO DE CONDUCTORES O ALAMBRES POR TUBO

- 6.1.10. Estimación de la carga de cada unidad: en amperios de acuerdo a la ley de Ohm:

$$I = \frac{W}{V}$$

- 6.1.11. Determinación de grupos de unidades o CIRCUITOS: Tomando en cuenta la suma total de intensidades o carga total adecuada, la cual fijará los interruptores o flip-Ones del tablero de distribución, para dichos circuitos.

Por ejemplo: Se agrupan una cantidad de unidades que sumadas sus intensidades no sobrepasen el valor en amperios del flip-on adecuado. Si se tomaran 10 unidades con una estimación de 150 W./ unidad, nos dará un total de 1,500 W. Si aplicamos la ley de Ohm diremos que la intensidad total será:

$$I = \frac{1,5000 \text{ W.}}{120 \text{ V.}} = 12.5 \text{ Amps.}$$

para una intensidad de esta cantidad, podremos proteger el circuito con un flip-on de 15 Amps.

Con esto no solo estamos determinando los circuitos, sino que también la Carga total por circuito de 110 V.

- 6.1.12. Determinación de la carga para unidades de 220 V. : Estas cargas por lo general son determinadas por especificación de aparatos específicos, o tablas, pudiendo ser estos: Motores, estufas, calentadores, secadoras, etc.

Estos circuitos serán uno por cada unidad que exista. Teniendo que llevar una conexión individual.

Nota: Para cálculo de intensidades de algunos aparatos damos a continuación especificaciones de los vatios aproximados de los mismos y el voltaje a usar.

a. Estufa con horno y 4 hornillas .....	11,000 W.	.....220 V.
b. Estufa sin horno de 4 hornillas .....	6,000	220
c. Estufa sin horno de 2 hornillas .....	3,000	220
d. Horno .....	4,500	220
e. Asador, Cafetera, tostador de pan ....	1,300	220
f. Calentador de agua (40 galones).....	3,000	220
g. Lavaplatos .....	1,500	110

	W	V
h. Secadora de ropa .....	5,000	220
i. Lavadora .....	400	110
j. Plancha .....	1,000	110
k. Refrigerador .....	300	110

6.1.13. Cálculo del calibre o sección del conductor o alambre a usarse:  
Teniendo la carga total de cada circuito podemos calcular dicho calibre mediante la fórmula siguiente:

$$S = \frac{2 L \times I}{56 \times ep} = \text{mm}^2$$

siendo: S = Sección del conductor en mm.<sup>2</sup>

L = Longitud del circuito recorrido, máximo, o promedio del alambre vivo o caliente en mts. Esta longitud también puede calcularse, tomando la longitud desde el tablero hasta la unidad mas lejana de cada circuito y dividiendola por el número de longitudes tomas.

56 = Coeficiente de resistividad del cobre.

ep = Factor de caída de voltaje + 2.2. %

Esta fórmula es aplicable indistintamente para 110 o 220 V. Teniendo en cuenta que el voltaje incidirá en el cálculo de la intensidad.

El calibre del alambre también puede ser calculado en la tabla siguiente;

Longitud del circuito m	Wattios por circuito									
	100	200	300	500	750	1000	1500	1725	2000	3000
	Amperios por circuito									
	0,87	1,7	2,6	4,4	6,5	8,7	13,1	15	17,4	26,1
3,00	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
6,00	14	14	14	14	14	14	14	14	12	12
9,00	14	14	14	14	14	14	12	12	12	10
15,00	14	14	14	14	14	12	10	10	8	8
30,00	14	14	14	12	10	10	8	6	6	4
45,00	14	14	12	10	8	8	6	4	4	2
60,00	14	12	12	8	6	6	4	4	2	2

TABLA : 6 .2. TAMAÑO DE CONDUCTORES PARA UNA CAIDA DE VOLTAJE DE 2% (para circuitos de 120 v)

También se pueden chequear los amperajes máximos admisibles para cada calibre de alambre para lo cual damos los siguientes datos:

Calibre del alambre (tamaño AWG)	Intensidad amisible en Amperios
14	15
12	20
10	30
8	40
6	55
4	70
3	80
2	95
1	110
0	125
00	145
000	165
0000	195

- 6.1.14. Diseño del Tablero de Distribución: Conociendo la carga total de los circuitos 110 y 220 V. Podremos diseñar el tablero de distribución el cual tendrá todos los interruptores o flip-Ones de protección de los circuitos para una sobrecarga.

Los tableros de distribución pueden obtenerse en el mercado de los siguientes tipos: 2, 4, 6, 8, 12, 16, 18, 24, 36 Espacios. Para colocar los flip-ones.

Los Flip-Ones pueden obtenerse de los siguientes tipos: 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 100, 200, 400, 500, 800 Amperios (de un polo). y de dos polos de 20 Amperios para arriba.

- 6.1.15. Cálculo del calibre del alambre y tubería de la acometida: Estos se obtienen por medio de la carga total conectada al tablero de distribución, en la misma forma que los circuitos interiores. En el caso que sean varios tableros secundarios, después del tablero general, cada tablero será como si fuera un circuito.

7. SIMBOLOGIA, REPRESENTACION GRAFICA  
Y ESQUEMAS DE INSTALACION

## 7. SIMBOLOGIA, REPRESENTACION GRAFICA Y ESQUEMAS DE INSTALACION:

### 7.1. INTRODUCCION:

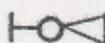
En los planos de una instalación eléctrica debe darse una indicación detallada y clara de los sistemas de distribución empleados, la ubicación de unidades, los empalmes e interconexiones, el recorrido de la tubería, indicación de alambres, contador, tableros y otros.

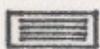
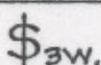
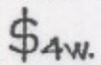
Para esto daremos a continuación de una simbología práctica y de uso común en nuestro medio. Esta simbología irá acompañada en los planos de especificaciones escritas en tablas o similares.

Estas como cualquier tipo de información adicional que se incluya, será de tipo esencial para que los planos sean claros y fáciles de comprender, para la persona que valla a hacer uso de ellos.

Para un proyecto de mayor magnitud será necesario adjuntar planos adicionales de diagramas o detalles.

### 7.2. SIMBOLOGIA:

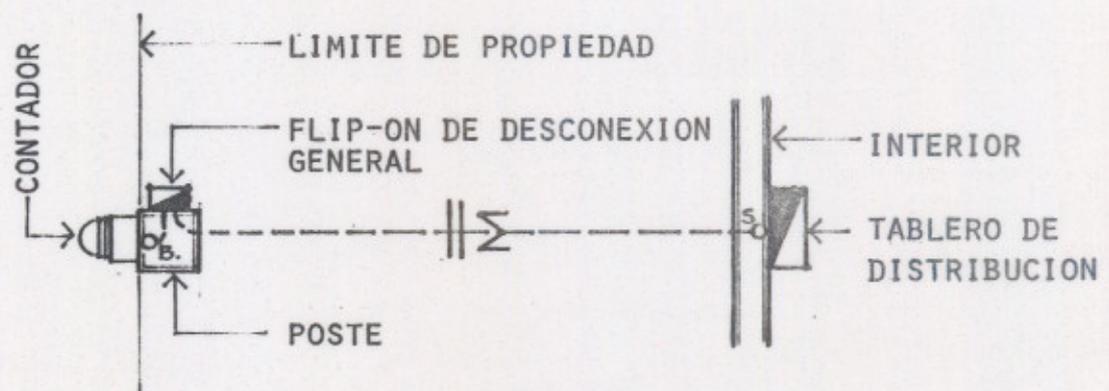
S I M B O L O G I A	
	CONTADOR
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	SALIDA PARA LAMPARA EN EL CIELO (INCANDESCENTE)
	SALIDA PARA LAMPARA DE PARED (INCANDESCENTE)
	SALIDA PARA LAMPARA DE PARED CON TOMACORRIENTE INCORPORADO (INCANDESCENTE)
	SALIDA PARA REFLECTOR EN EL CIELO
	SALIDA PARA REFLECTOR EN PARED
	LAMPARA FLUORESCENTE (2 TUBOS)

	LAMPARA FLOURESCENTE (4 TUBOS)
	TOMACORRIENTE EN PARED PARA 110 v.
	TOMACORRIENTE EN PISO PARA 110 v.
	TOMACORRIENTE EN PARED PARA INTEMPERIE 110 v.
	TOMACORRIENTE EN PARED PARA 220 v. MONOF.
	TOMACORRIENTE EN PISO PARA 220 v. MONOF.
	INTERRUPTOR SIMPLE (DOS POLOS)
	INTERRUPTOR DOBLE (DOS POLOS)
	INTERRUPTOR 3 WAY (TRES POLOS)
	INTERRUPTOR 4 WAY (CUATRO POLOS)
	BOTON DE TIMBRE EN PARED
	BOTON DE TIMBRE EN PISO
	CAMPANA DE TIMBRE
	INTERCOMUNICADOR
	SALIDA DE TELEFONO EN PARED
	SALIDA DE TELEFONO EN PISO
	SALIDA DE ANTENA PARA T.V.
	SALIDA DE ANTENA PARA RADIO
	SALIDA DE BOCINA
	LUZ DE EMERGENCIA
	DIAMETRO DE TUBERIA

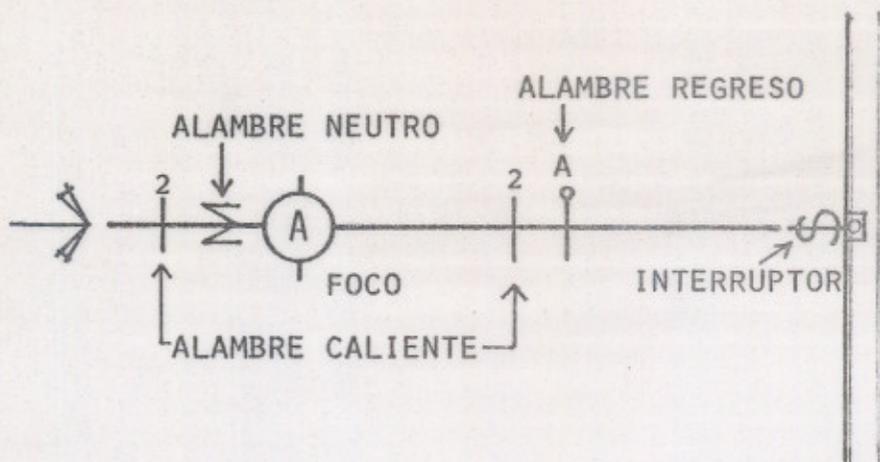
—	TUBERIA EN EL CIELO
---	TUBERIA EN PARED O SUBTERRANEA
oe.	BAJADA DE TUBERIA
os.	SUBIDA DE TUBERIA
CR	CAJA DE REGISTRO
$\overset{2}{\mid}$	ALAMBRE CALIENTE (CORRIENTE POSITIVA)
$\Sigma$	ALAMBRE NEUTRO (CORRIENTE NEGATIVA)
$\rho^A$	ALAMBRE REGRESO (CORRIENTE POSITIVA)
$\Pi$	ALAMBRE PUENTE 3 WAY (CORRIENTE POSITIVA)
F	ALAMBRE PARA TIMBRE
A	INDICACION DE UNIDAD RESPECTIVA
Z	INDICACION DE NUMERO DE CIRCUITO RESPECTIVO

### 7.3. CIRCUITOS BASICOS:

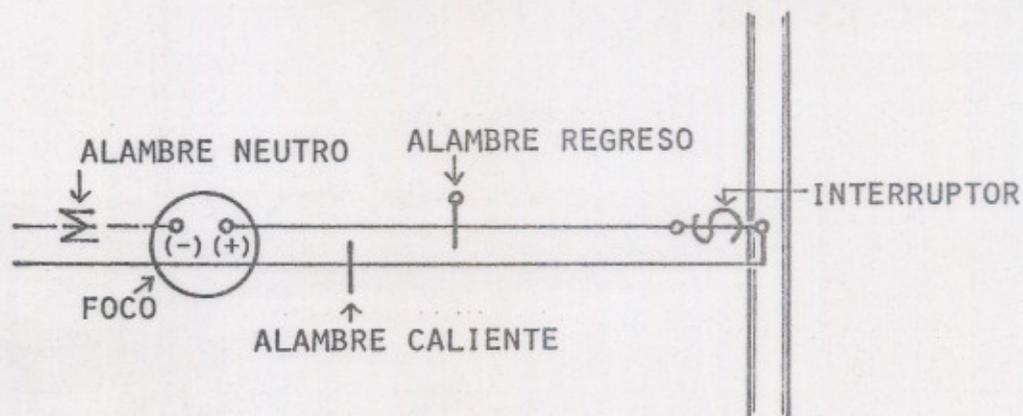
#### 7.3.1. REPRESENTACION GRAFICA, CIRCUITO DE ACOMETIDA CON TADOR, TABLERO DE DISTRIBUCION:



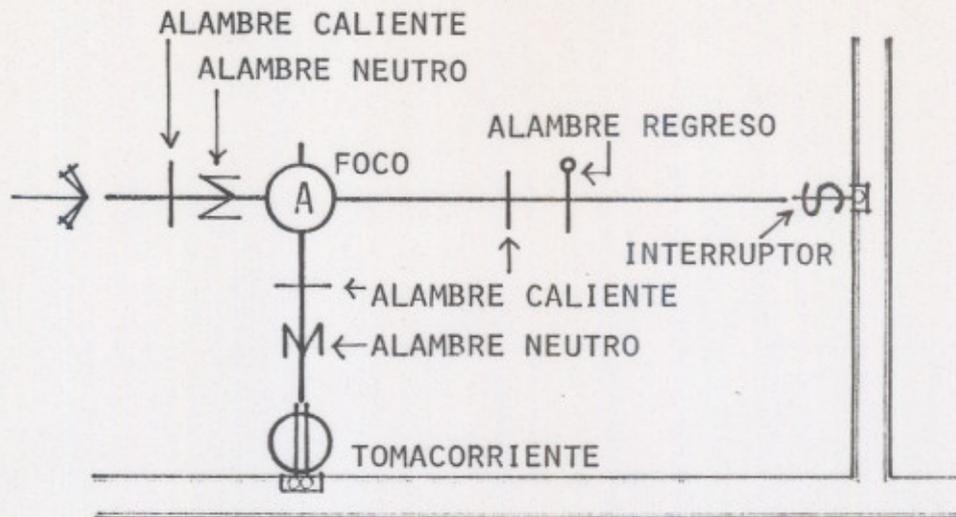
7.3.2. REPRESENTACION GRAFICA DE UN FOCO EN EL CIELO CON SU INTERRUPTOR:



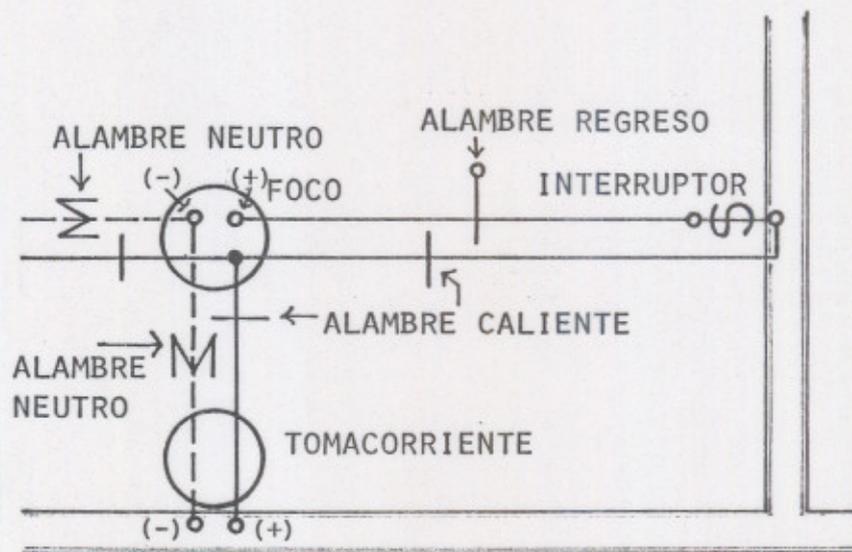
7.3.3. ESQUEMA DEL ALAMBRADO Y CONEXION DEL CIRCUITO ANTERIOR FOCO EN EL CIELO CON SU INTERRUPTOR:



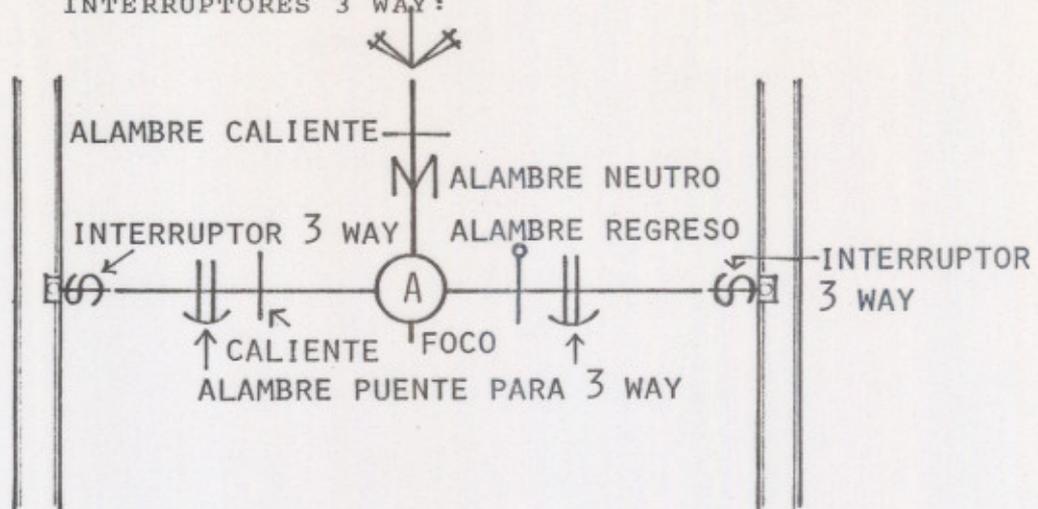
7.3.4. REPRESENTACION GRAFICA DE FOCO EN EL CIELO CON SU INTERRUPTOR Y UN TOMACORRIENTE:



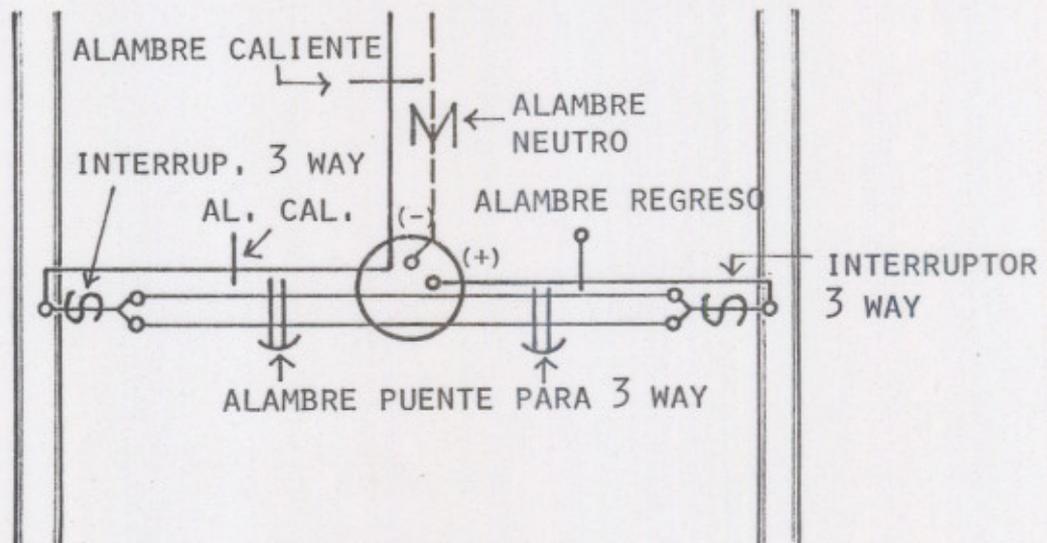
7.3.5. ESQUEMA DEL ALAMBRADO Y CONEXION DEL CIRCUITO ANTERIOR FOCO, INTERRUPTOR Y TOMACORRIENTE:



7.3.6. REPRESENTACION GRAFICA DE UN FOCO EN EL CIELO CON DOS INTERRUPTORES 3 WAY:



7.3.7. ESQUEMA DE ALAMBRADO DEL CIRCUITO ANTERIOR, FOCO EN EL CIELO CON DOS INTERRUPTORES 3 WAY:



8. ASPECTOS ARQUITECTONICOS PRIMARIOS  
EN EL DISEÑO ELECTRICO:

## 8. ASPECTOS ARQUITECTONICOS PRIMARIOS EN EL DISEÑO ELECTRICO:

### 8.1. INTRODUCCION:

El arquitecto cuando concibe un proyecto, sea vivienda u otro tipo de edificio, debe considerar una serie de factores o aspectos, como son la colocación adecuada de las unidades eléctricas que se de terminen. Alcanzando de esa manera una mejor función de las mismas

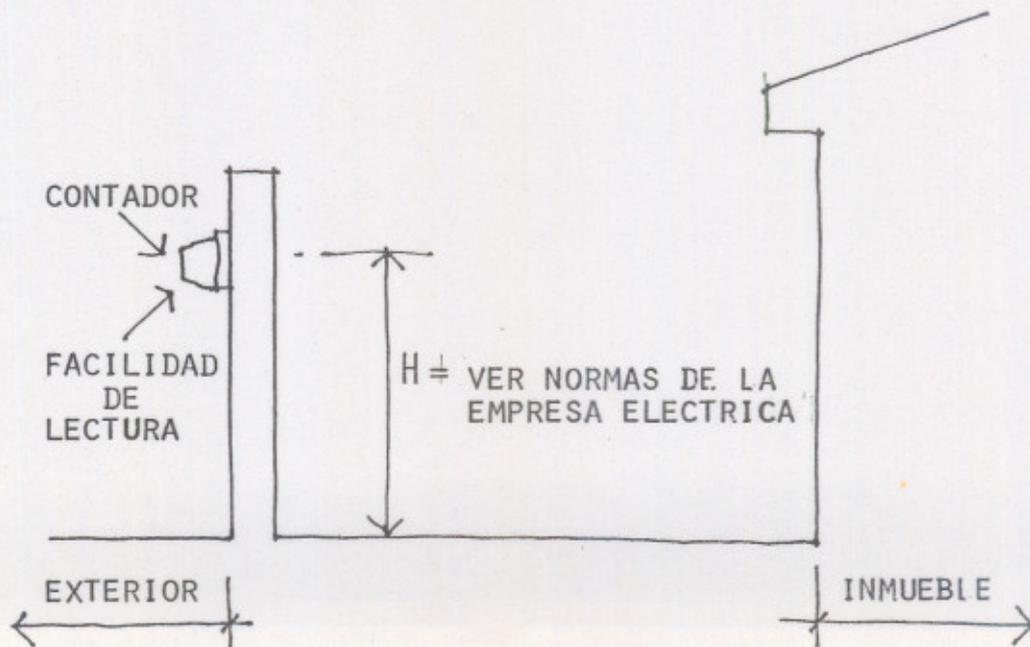
En este análisis enumeraremos una pequeña serie de ejemplos, que deben tomarse en cuenta, para prevenir errores o complicaciones en el final del proyecto.

Para un mejor análisis y llegar a establecer mejor localización de las unidades eléctricas es recomendable, auxiliarse de preferencia de un plano de planta amueblada, además de secciones, elevaciones y en caso necesario, de secciones de muros a mayor escala.

En el caso de ambientes como la cocina en una vivienda, oficinas con equipo especial en edificios de oficinas, o equipo especial en cualquier otro tipo de proyecto, siempre se deberá contar con planos de planta amueblada y a una escala para un mejor estudio.

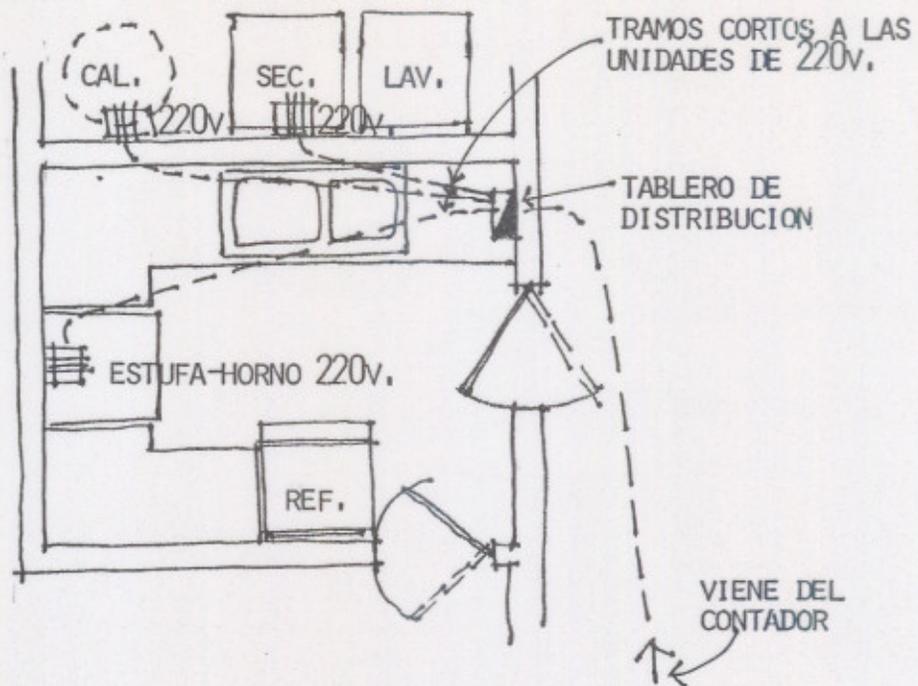
### 8.2. EJEMPLO N° 1 : COLOCACION ADECUADA DEL CONTADOR O MEDIDOR:

El contador debe ser colocado siempre en un lugar visible, de preferencia en el exterior del inmueble. A una altura adecuada, regida por las normas de la Empresa Eléctrica, para su facilidad de lectura. ( Ver figura ).



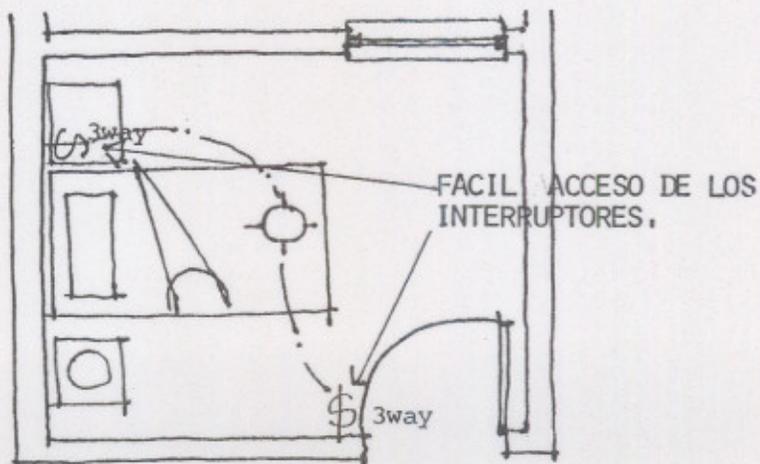
### 8.3. EJEMPLO N° 2: LOCALIZACION DEL TABLERO DE DISTRIBUCION:

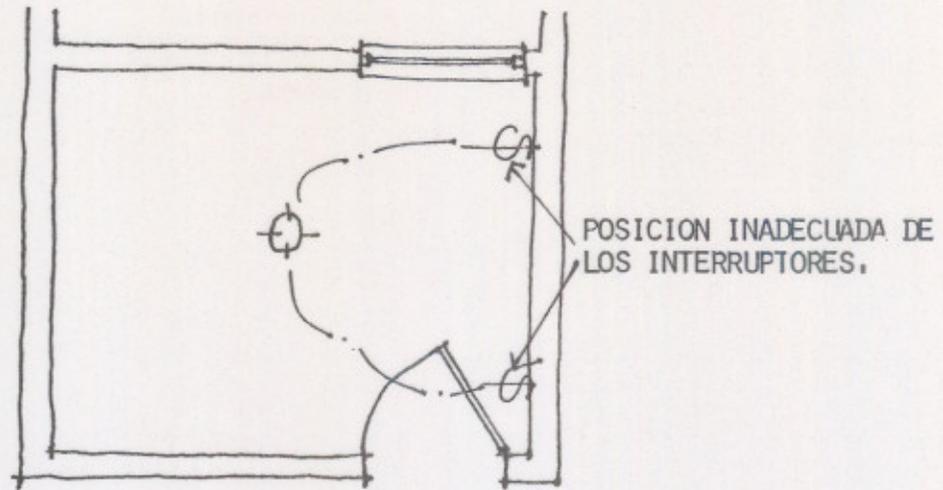
El tablero de distribución debe ser localizado en un punto intermedio del inmueble, pero de preferencia, lo mas cercano a las unidades de 220V. En el caso de una vivienda, cerca de las unidades de 220v., como estufa eléctrica, horno, calentador, secadora de ropa o algún otro. Siendo así deberá ser localizado en las areas de cocina o lavandería. ( ver figura ).



### 8.4. EJEMPLO N° 3 : LOCALIZACION DE INTERRUPTORES:

Los interruptores en un ambiente deben estar en una posición de acceso rápido y no oculto al abatir la puerta. En el caso de un dormitorio se puede pensar en localizar interruptores en 3way, estando el segundo interruptor en un lugar de facil acceso, al momento de acostarse o levantarse. ( Ver figura )

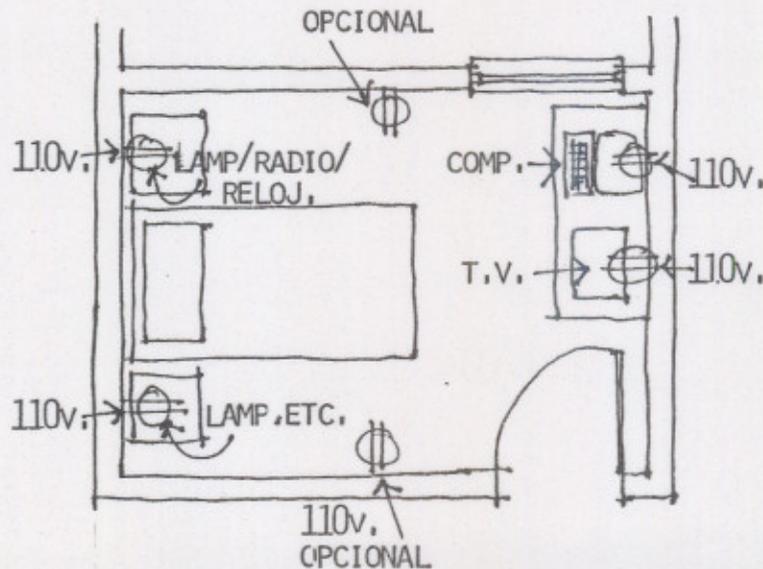




#### 8.5. EJEMPLO N° 4 : POSICION ADECUADA DE TOMACORRIENTES

La posición de los tomacorrientes es muy importante, en cualquier ambiente, para una mejor utilización del ambiente. Y pensando de antemano en el mobiliario a usar, o dependiendo del ambiente el tipo de equipo a instalarse posteriormente. Como podría ser: Equipos de sonido, computadora personal, T.V., Lámparas, etc.

Por otro lado las alturas deben tomarse en cuenta, si alguno se necesita que sea con una altura especial, diferente de la estándar. Como en el caso de algún aparato que se coloque encima de un gabinete, escritorio o similar, colocado contra una pared. Teniendo que respetar la altura del mueble para la colocación de dicho tomacorriente. (Ver figura).

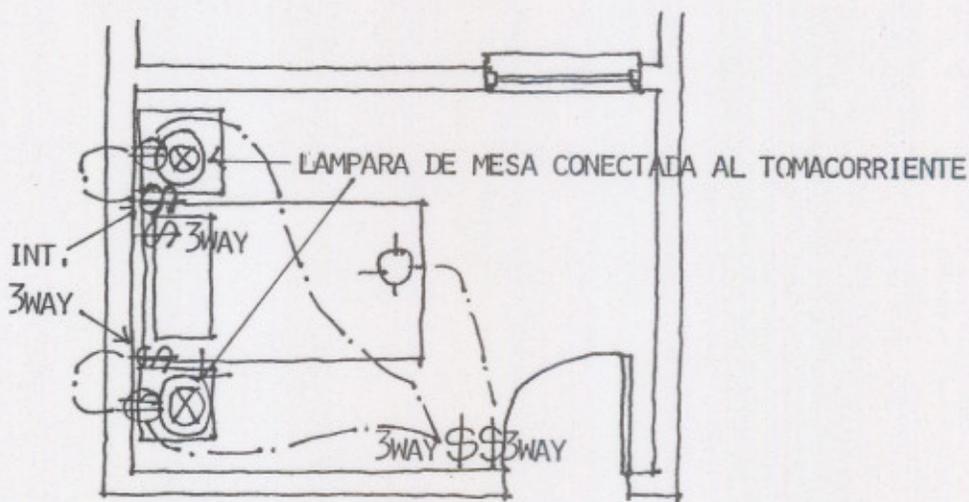




POSICION INADECUADA DE UN TOMACORRIENTE DETRAS DE UN MUEBLE A UNA ALTURA INADECUADA, QUEDANDO OCULTO.

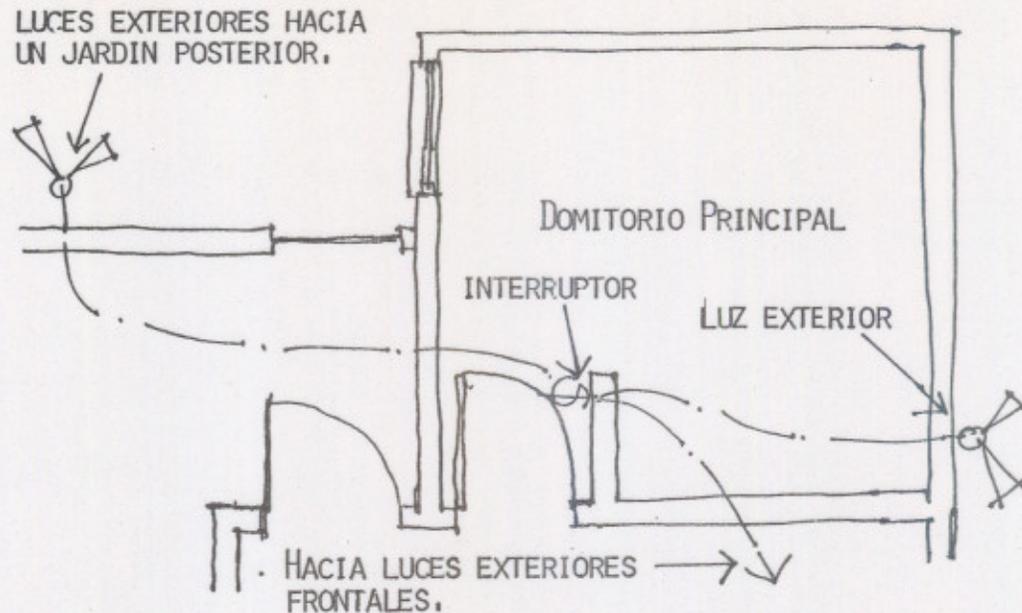
8.6. EJEMPLO N° 5 : LOCALIZACION DE INTERRUPTORES PARA TOMACORRIENTES QUE SIRVAN ESPECIALMENTE PARA CONECTAR LAMPARAS DE MESA.

Estos tomacorrientes deben ser localizados después de diseñar una posición ideal de muebles principalmente, mesas para lámparas. Y los interruptores al ingreso del ambiente. Siendo además una solución ideal localizar, segundos interruptores en 3Way, cerca de las lámparas. ( Ver figura ).



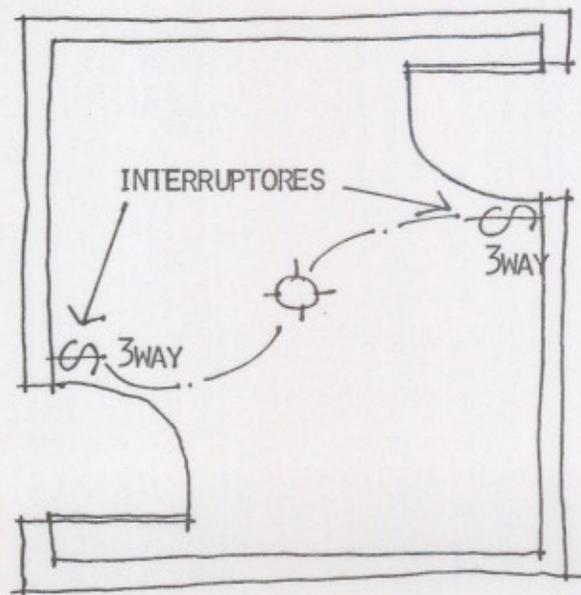
8.7. EJEMPLO N° 6 : LOCALIZACION DE INTERRUPTORES PARA LUCES EXTERIORES, EN LUGARES ESTRATEGICOS:

La localización de interruptores para luces exteriores o de jardín, es importante principalmente, para ser usados en momentos de emergencia. Estos en el caso de una vivienda, pueden ser: el dormitorio principal o un ambiente familiar. ( Ver figura ).



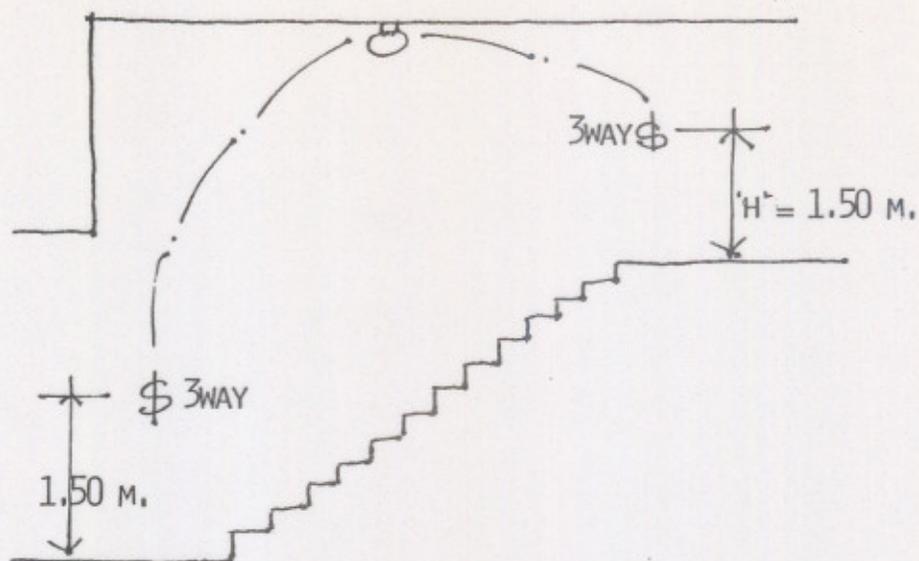
8.8. EJEMPLO N° 7 : LOCALIZACION DE INTERRUPTORES CON AMBIENTES DE DOS PUERTAS:

En estos casos se deberán localizar los interruptores observando el abatimiento de las puertas. Además de fácil acceso y definitivamente en 3Way. ( Ver Figura ).



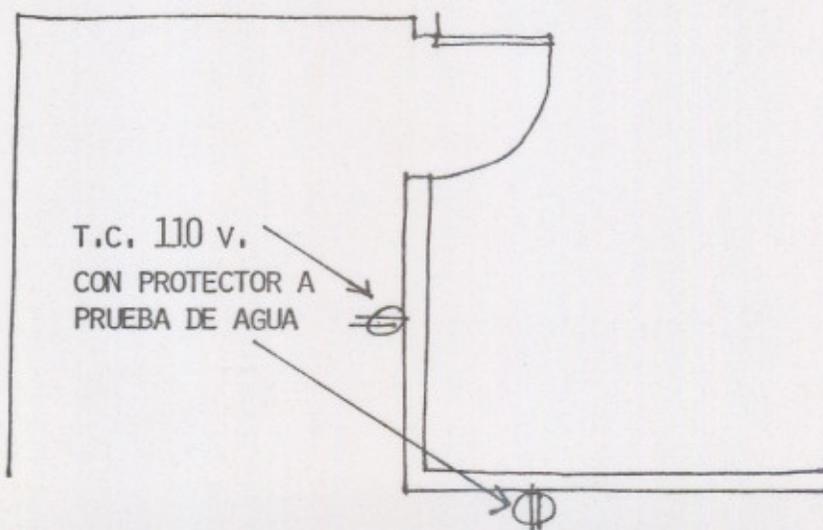
8.9. EJEMPLO N° 8 : LOCALIZACION DE INTERRUPTORES EN ESCALERAS, EN 3WAY.

En una escalera siempre debe colocarse interruptores 3way uno en el primer nivel al inicio de las escaleras. Y otro el segundo nivel, justo al finalizar las escaleras. (Ver figura).



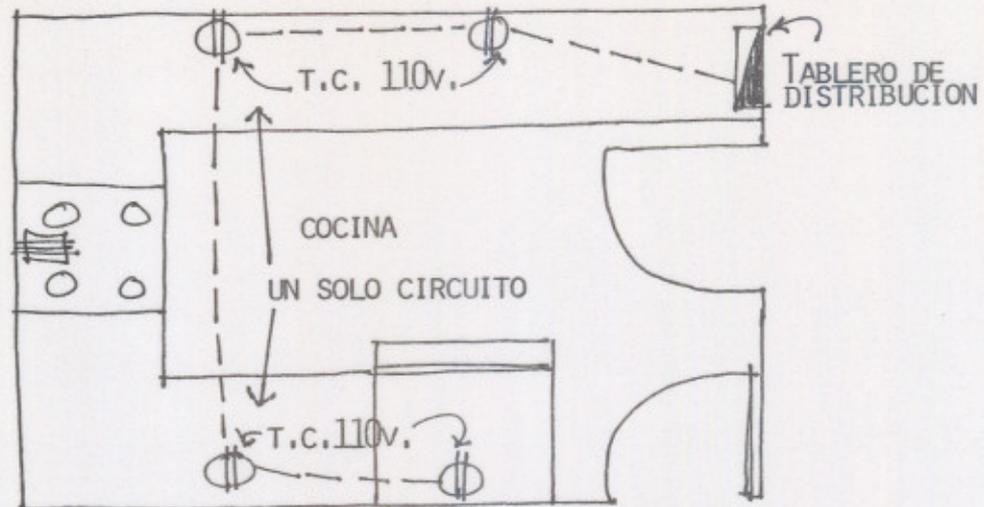
8.10. EJEMPLO N° 9 : LOCALIZACION DE TOMACORRIENTES A PRUEBA DE AGUA O DE INTEMPERIE.

Los tomacorrientes a prueba de agua o de intemperie, deben ser colocados en lugares como car-ports o algún lugar como jardines, patios o en donde en un futuro se piense usar algún aparato o máquina eléctrica. ( Ver figura ).



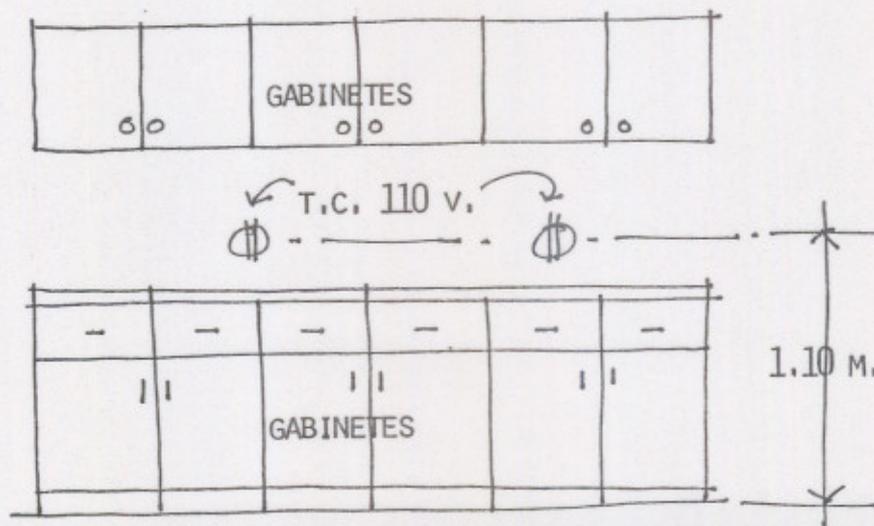
8.11. EJEMPLO N° 10 : LOCALIZACION DE TOMACORRIENTES 110v.  
EN UN SOLO CIRCUITO.

Este es el caso por ejemplo de una cocina y/o lavandería, en la que a los cuales, se pueden conectar una serie de aparatos o artefactos, que juntos consumen una cantidad de vatios suficientes para ser todos a un mismo circuito. (Ver figura ).



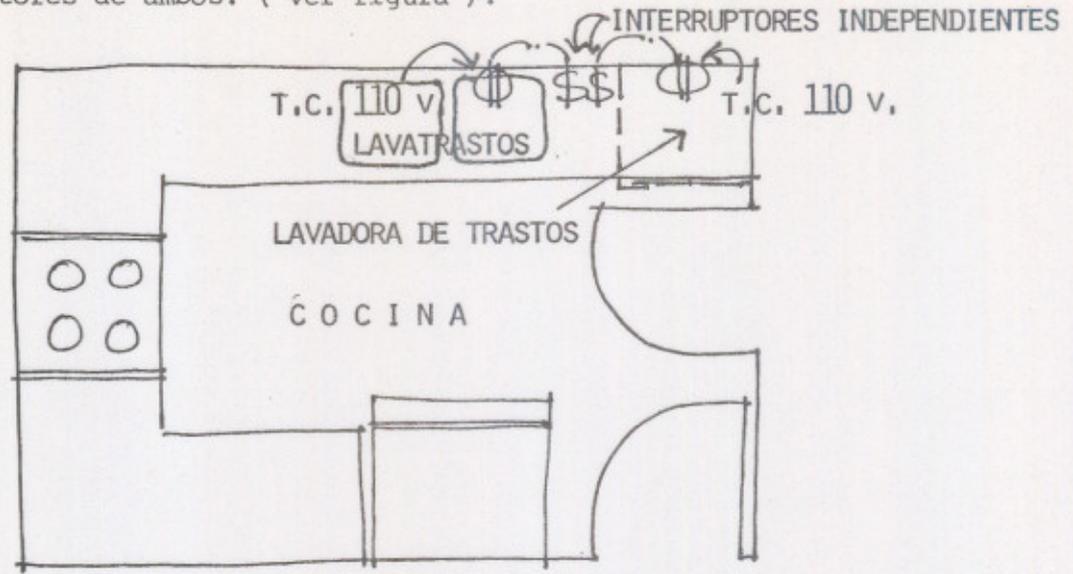
8.12. EJEMPLO N° 11 : ALTURA ADECUADA DE TOMACORRIENTES TOMAN-  
DO EN CUENTA ALTURAS DE GABINETES, ETC.:

Por ejemplo en una cocina o podría darse el caso de otro ambiente, prin-  
cipalmente que tenga gabinetes fijos contra la pared. (Ver figura).



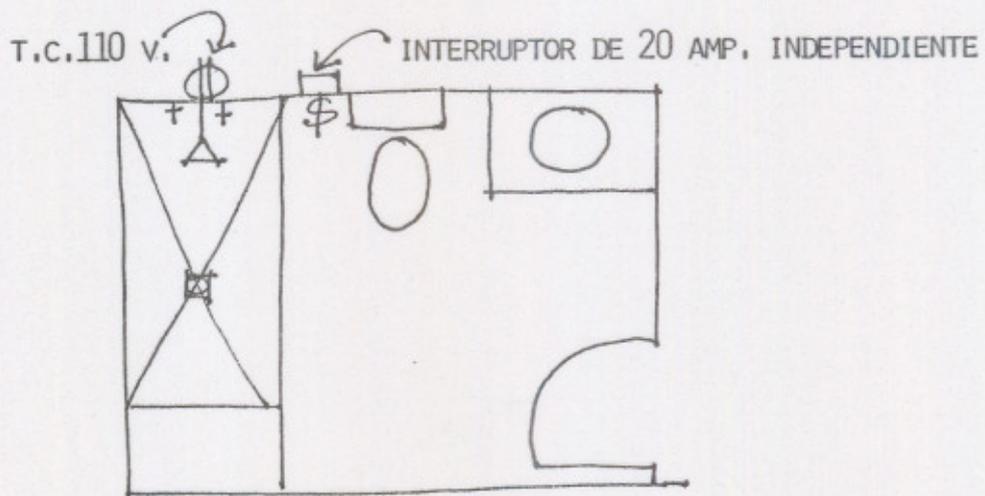
8.13. EJEMPLO N° 12 : PREVENCIÓN DE TOMAS DE CORRIENTE PARA MOLINO INFERIOR DE LAVATRASTOS Y LAVADORA DE TRASTOS:

En el caso que en un determinado proyecto de vivienda, el presupuesto no sea necesario para dejar instalados, un molino inferior de lavatrastos (disposal) y una lavadora eléctrica de trastos, deberá preverse además de las cajas para las tomas de corriente. Las cajas de los interruptores de ambos. ( Ver figura ).



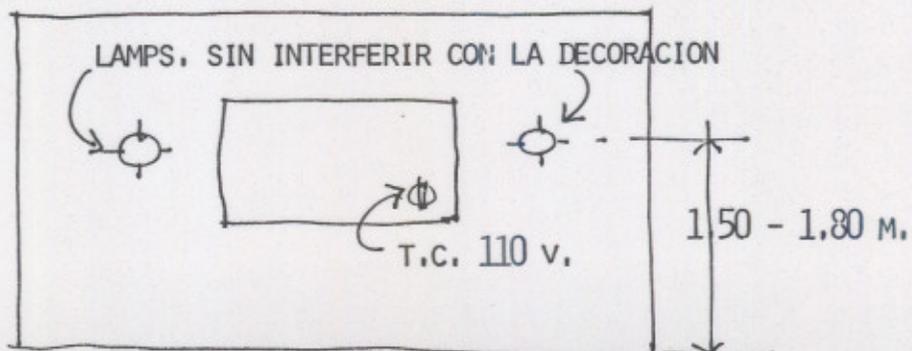
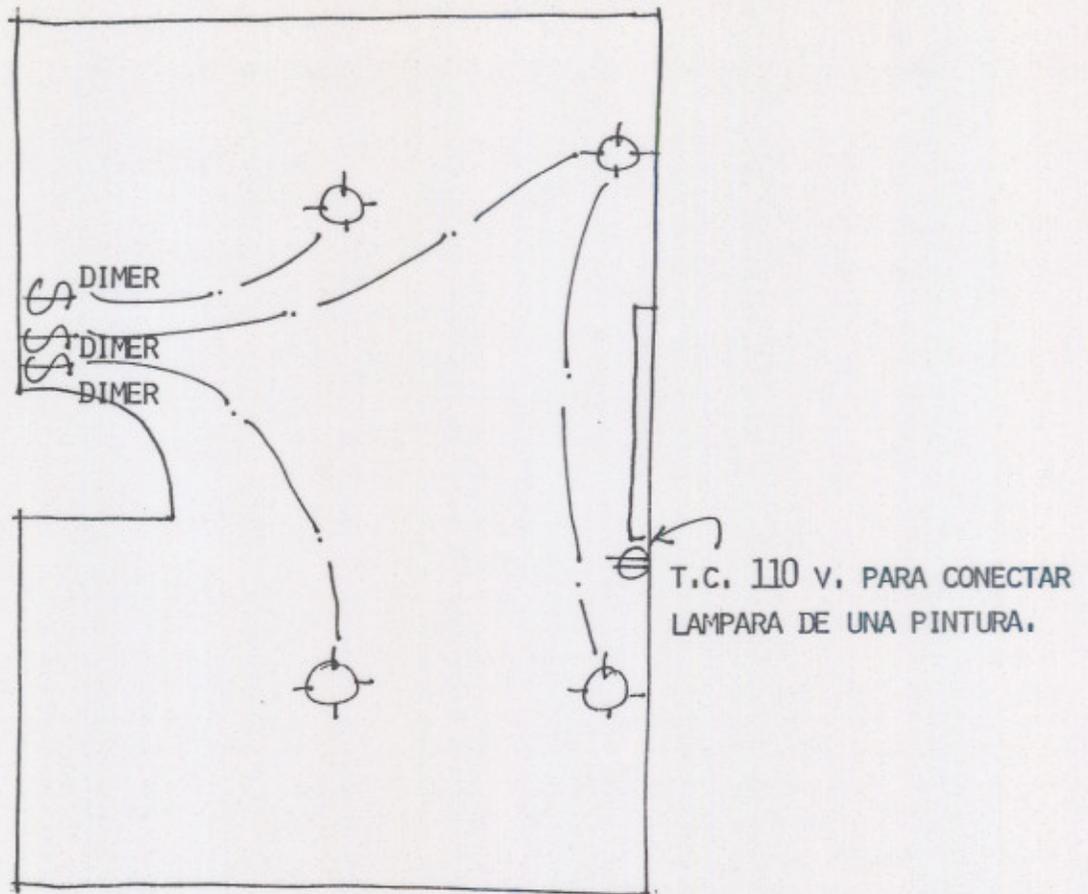
8.14. EJEMPLO N° 13 : TOMA DE CORRIENTE PARA CALENTADOR DE DUCHA CON SU INTERRUPTOR CORRESPONDIENTE:

Principalmente en los casos, en que no se cuenta con un presupuesto amplio en un proyecto de vivienda. En los baños se debe prevenir colocar tomas de corriente e interruptores de corriente para calentadores independientes de ducha.



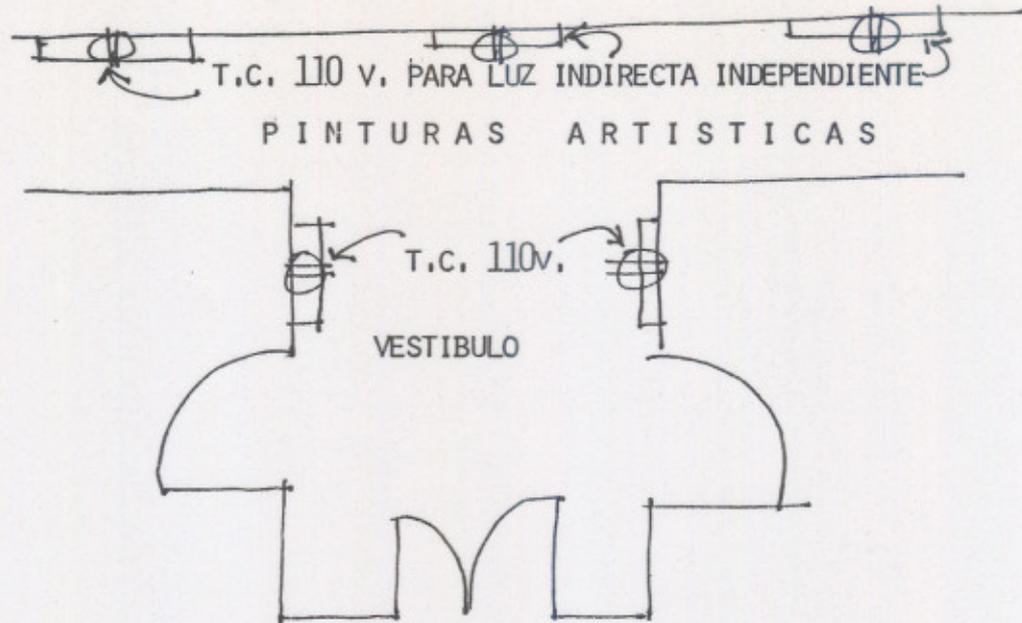
8.15. EJEMPLO N° 14 : USO DE INTERRUPTORES DIMER PARA EFECTOS ESPECIALES:

El objetivo de este tipo de interruptores es el de hacer variar la intensidad de luz. O lo que es lo mismo la intensidad de luz total a algo menor. Pueden ser usados en lámparas de cielo o lámparas de pared, ambas de tipo incandescente. En el caso de las lámparas de pared, podría pensarse que no fueran estropear la localización de una pintura o similar. En cuyo caso también podría pensarse en una toma de corriente, para iluminar individualmente la pintura. Este puede ser el caso de una galería de arte. ( Ver figuras: planta y elevación ).



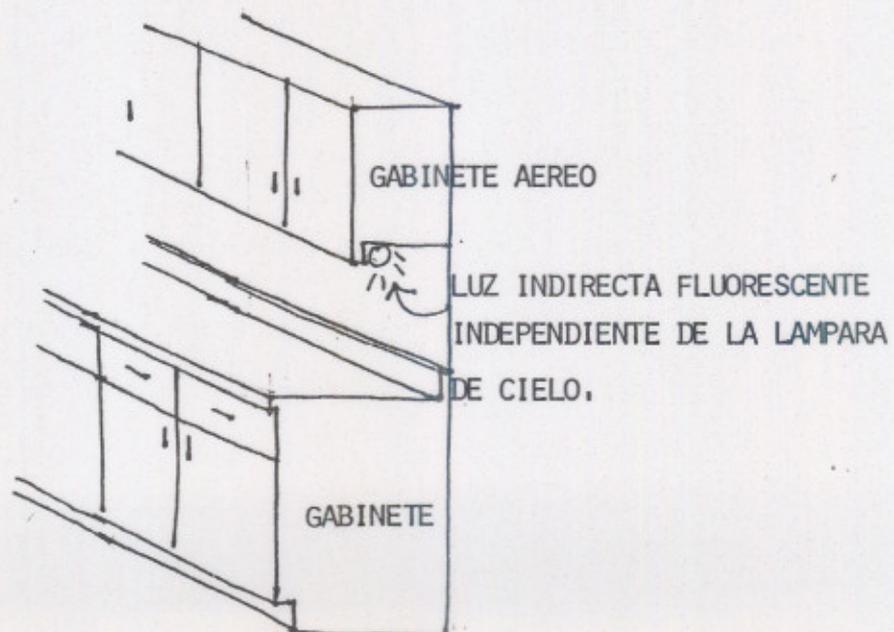
8.16. EJEMPLO N° 15 : ILUMINACION DE PINTURAS ARTISTICAS EN VESTIBULOS; CORREDORES; OFICINAS U OTROS:

En este caso, similar al anterior debe figurarse una posición tentativa o ideal, de dichas pinturas o similar, para dejar previstas tomas de corriente y no tener que recurrir a cables expuestos, de aspecto desagradable.



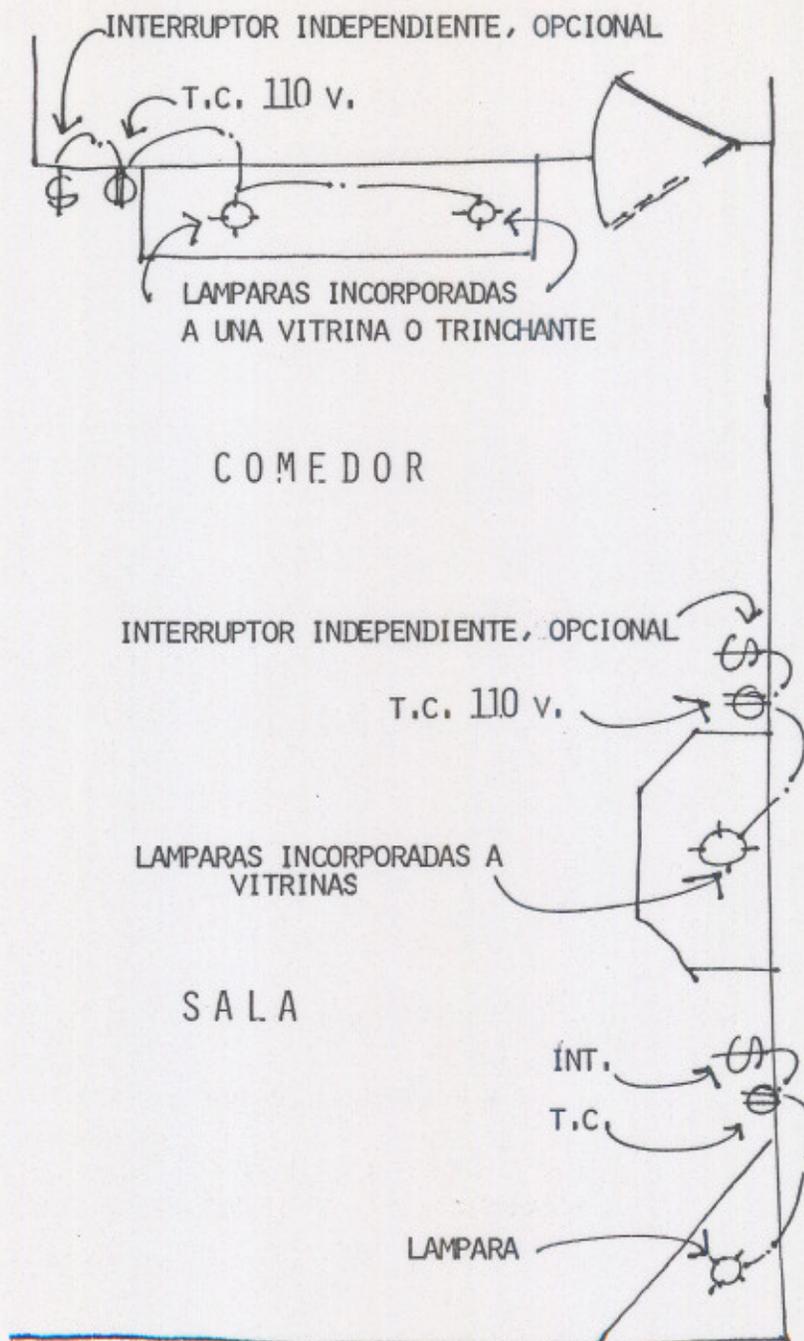
8.17. EJEMPLO N° 16 : LOCALIZACION DE LUZ INDIRECTA POR DEBAJO DE LOS GABINETES DE COCINA ( AEREOS ):

La luz indirecta con tubos fluorescentes por debajo de los gabinetes aéreos, da un efecto especial y un detalle agradable para el ambiente. Los interruptores pueden ser localizados cerca de las lámparas de cielo, teniendo opción del uso de una u otra. ( Ver figura ).



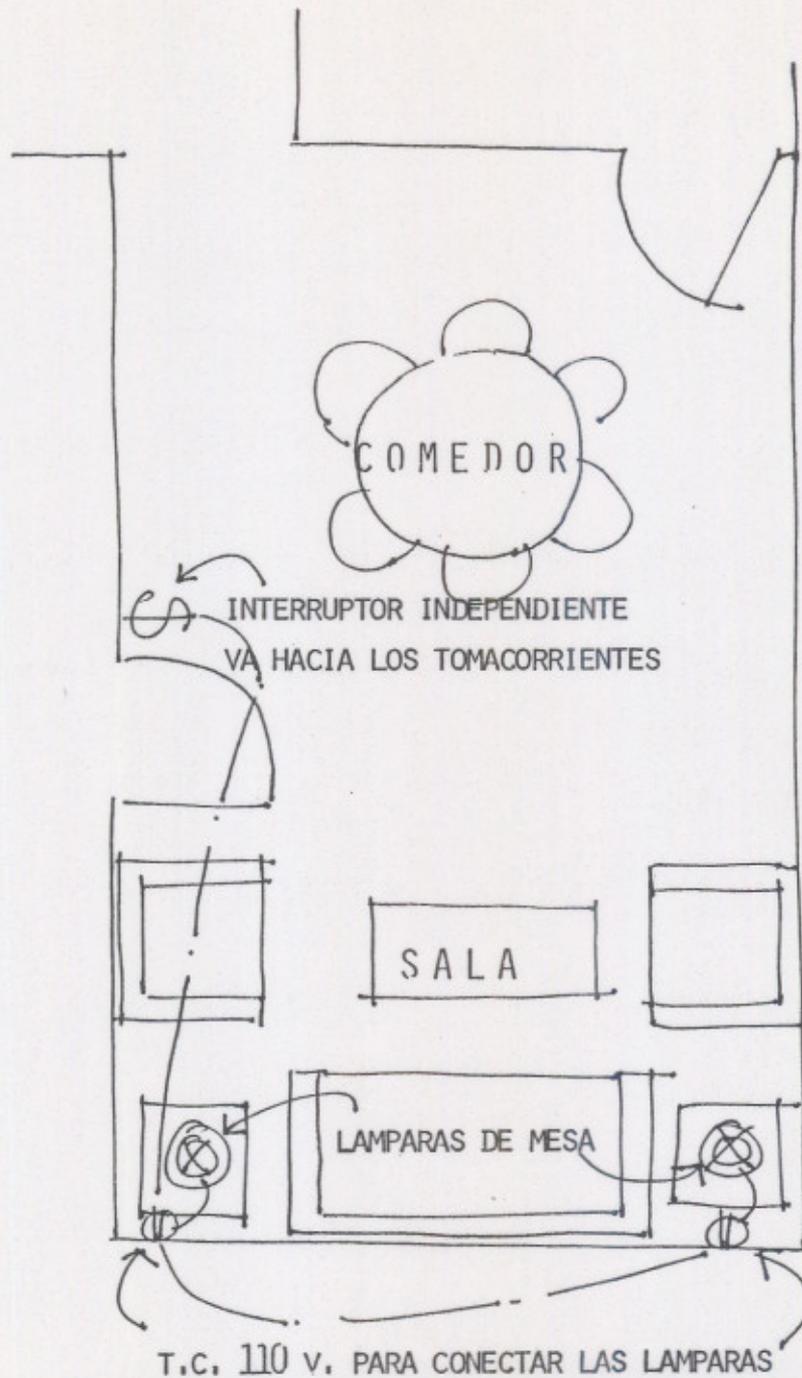
8.18. EJEMPLO N° 17 : TOMACORRIENTES PARA CONECTAR LAMPARAS INCORPORADAS DE MUEBLES O VITRINAS:

Cuando se tiene una planta amueblada, y se sabe tentativamente la localización de muebles con luces decorativas interiores, se deben dejar tomas de corriente accesibles, para conectar o desconectar dichas lámparas. (Ver figura).



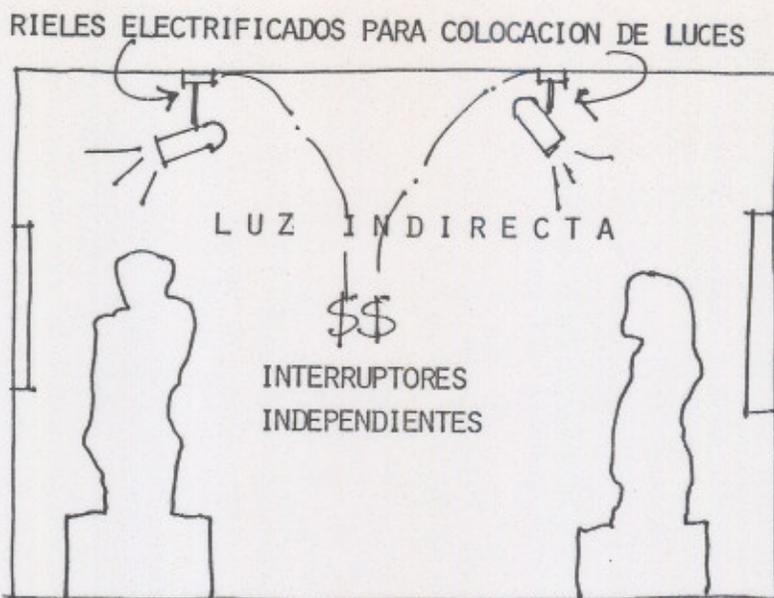
8.19. EJEMPLO N° 18 : TOMACORRIENTES PARA LAMPARAS DE MESA EN SALAS O AMBIENTES FAMILIARES:

Similar al ejemplo N° 5 en una sala, mediante una planta amueblada se pueden localizar lámparas de mesa con su tomacorriente e interruptor separados. ( Ver figura ).

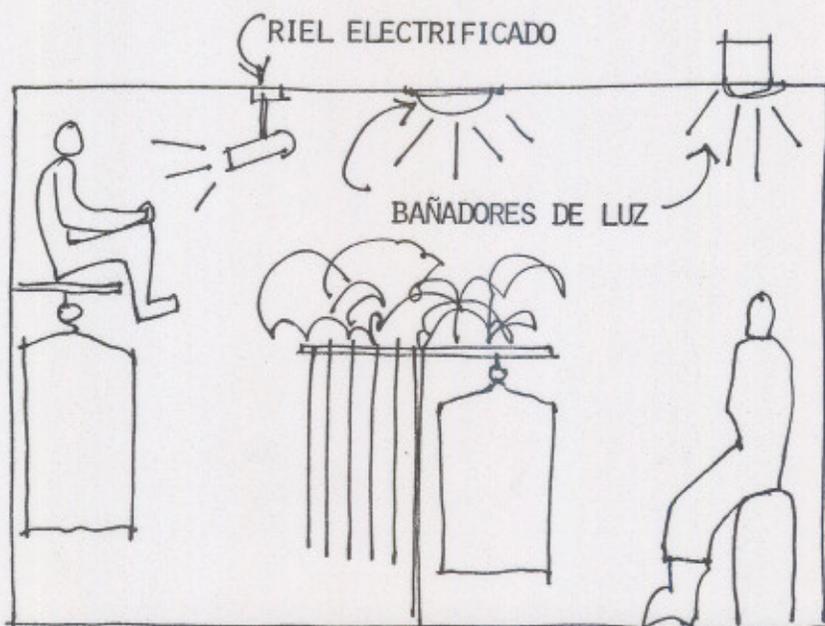


8.20. EJEMPLO N° 19 : RIELES DE LUCES O CARRILES ELECTRIFICADOS EN GALERIAS DE ARTE:

Este tipo de rieles o carriles electrificados pueden usarse como auxiliares a las luces principales, e iluminar con mas detalle el objeto deseado. ( Ver figura ).



8.21. EJEMPLO N° 20 : RIELES ELECTRIFICADOS COMBINADOS CON BAÑADORES U OTROS TIPOS DE LUCES:



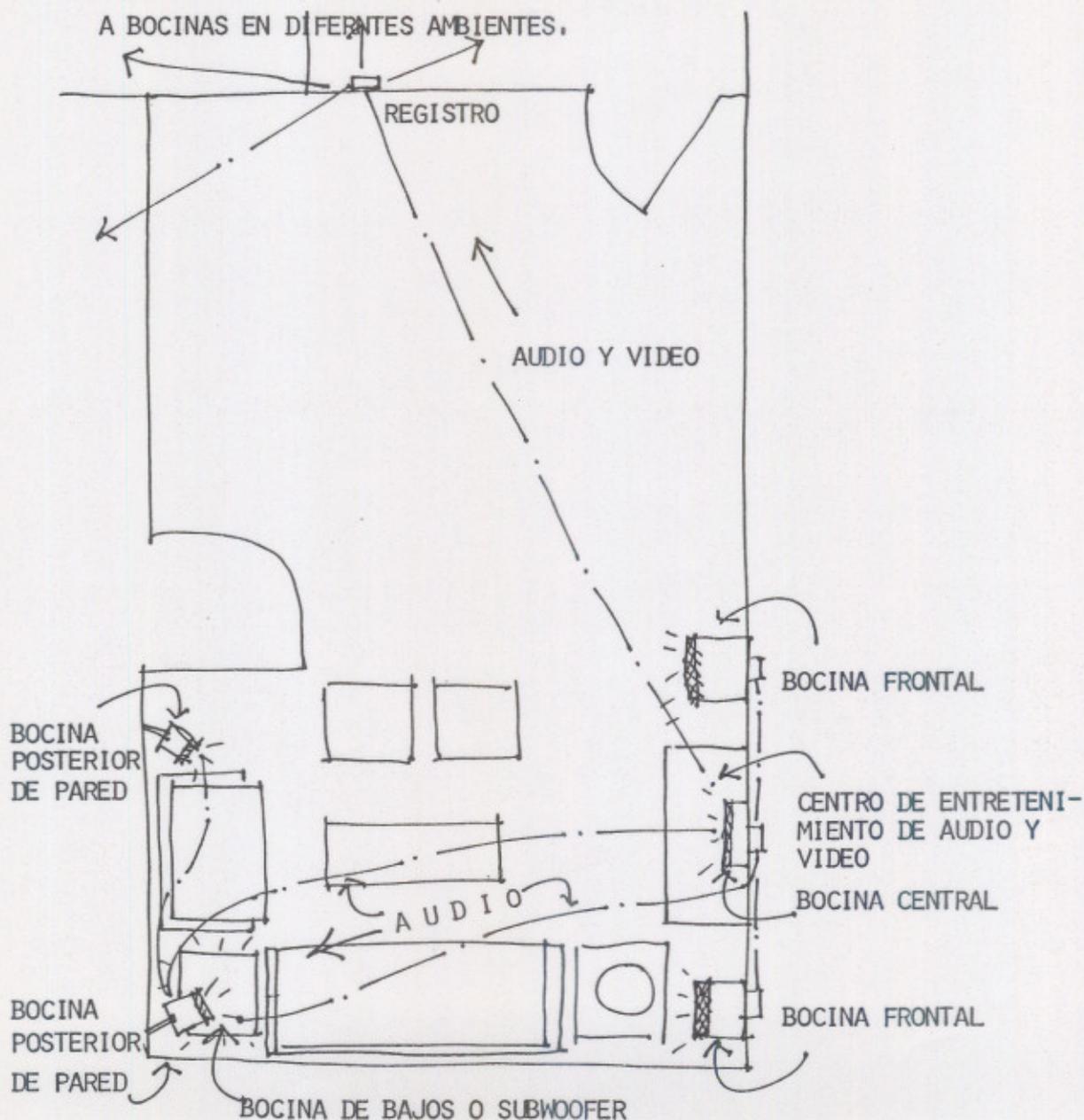
EFFECTOS ESPECIALES PARA UNA TIENDA DE ROPA U OTRO.

8.22. EJEMPLO N° 21 : DISTRIBUCION DE TUBERIAS O CANALIZACION PARA REPARTIR BOCINAS, A DIFERENTES POSICIONES DESDE UN CENTRO DE ENTRETENIMIENTO:

En la actualidad se han popularizado mucho los llamados centros de entretenimiento. En los cuales se pueden ubicar un sistema combinado de audio y video. Para mejores efectos de sonido y mas que todo aprovechar al máximo la capacidad de un sistema " Prologic, Dolby Sorround ", es necesario contar con un sistema de bocinas debidamente localizadas, para los efectos especiales del audio.

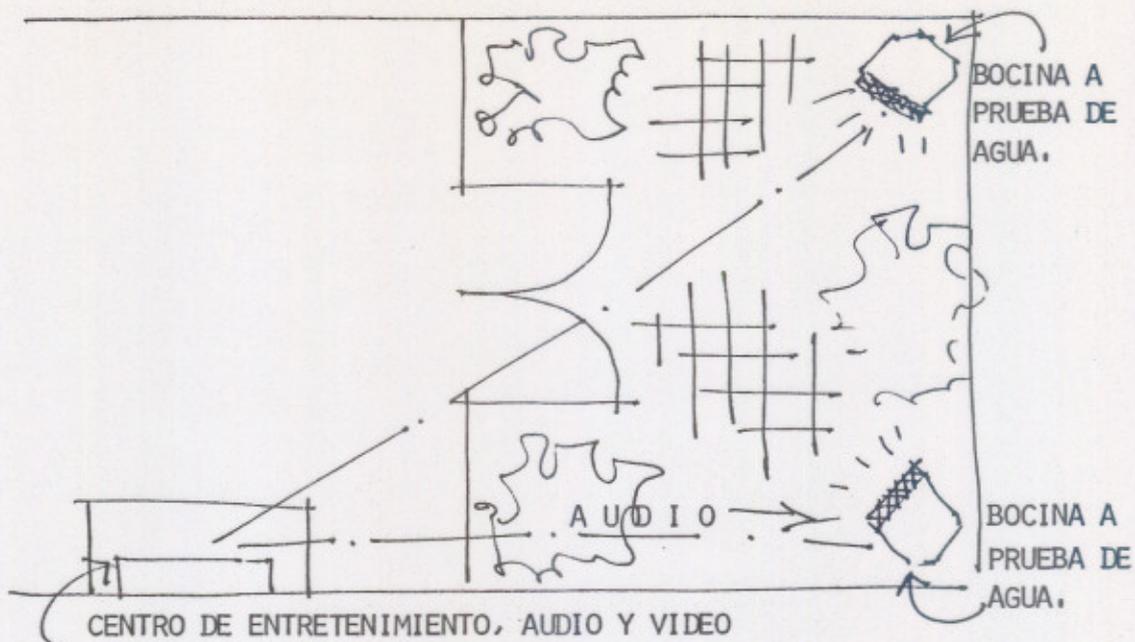
Para esto es necesario canalizar los cables de las bocinas, en un debido calibre de tubería, sin tener cables visibles, corriendo alrededor de los ambientes. ( Ver figura ).

A BOCINAS EN DIFERENTES AMBIENTES.



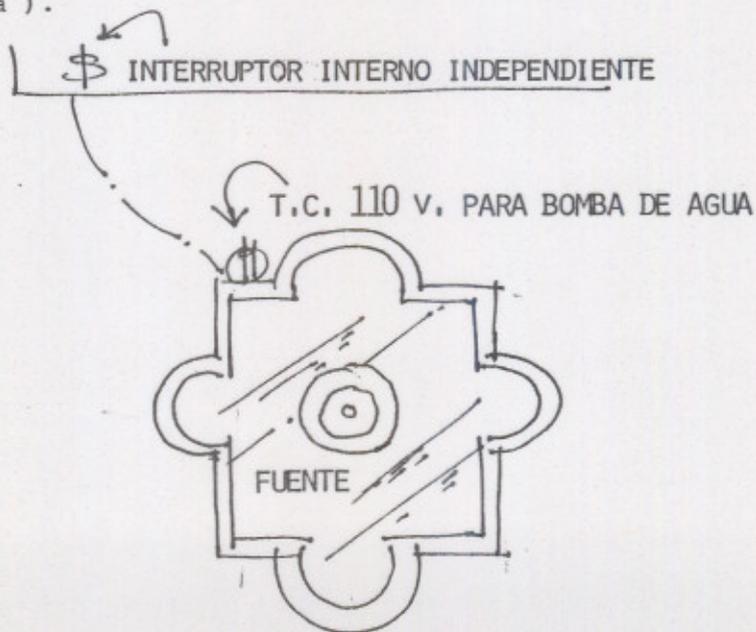
## 8.23. EJEMPLO N° 22 : OPCION AL ANTERIOR CASO:

En algunas ocasiones se puede contar en un proyecto con un patio o jardín, el cual puede ser una extensión del area social, e integrarse los ambientes al momento de una reunión.



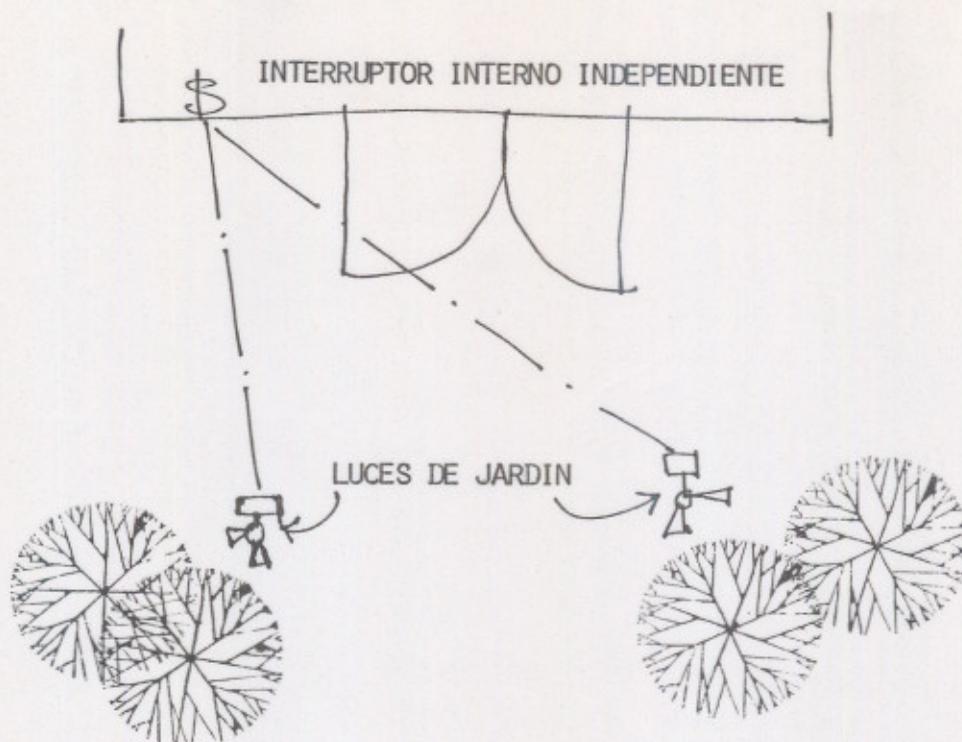
## 8.24. EJEMPLO N° 23 : TOMAS DE CORRIENTE OPCIONALES: PARA CONECTAR POR EJEMPLO UNA BOMBA DE AGUA:

Este puede ser el caso de una bomba que retroalimente una fuente en un jardín y su objeto sea el de hacer circular el agua. ( Ver figura ).



### 8.25. EJEMPLO N° 24 : LUCES DECORATIVAS DE JARDIN:

En este caso se pueden dejar instaladas las luces decorativas en el jardín, o prevenir dejando la tubería adecuada para una instalación posterior. Siempre controladas desde el interior. ( Ver figura ).



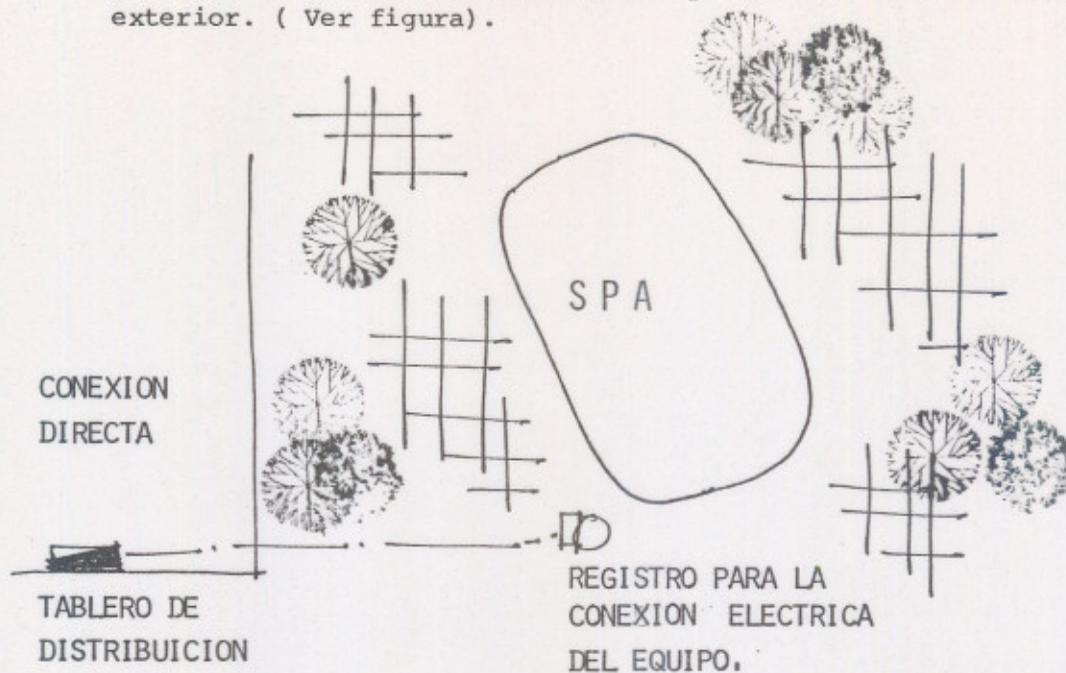
### 8.26. EJEMPLO N° 25 : TOMAS DE CORRIENTE PARA CONECTAR LUCES NAVIDEÑAS:

Para época de navidad suele suceder el problema de no encontrar una toma de corriente accesible. Para este caso es recomendable dejar uno o varios tomacorrientes repartidos en forma adecuada cerca del techo, o en lugares estratégicos según se necesite. ( Ver figura ).



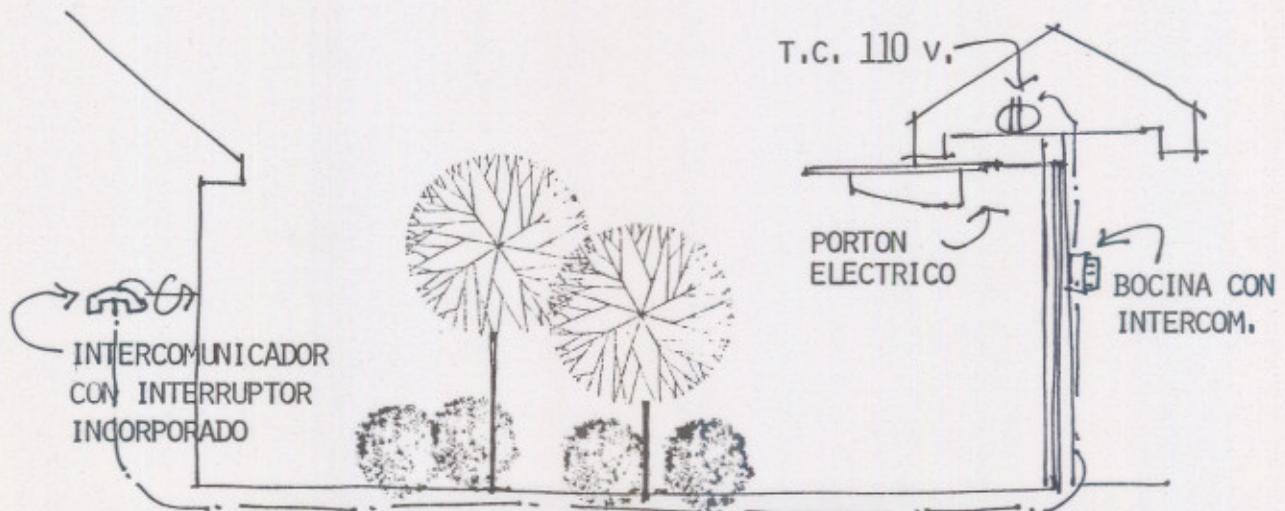
8.27. EJEMPLO N° 26 : CONEXION PARA JACUZZI O SPA:

Aunque en nuestro medio no es muy popular el jacuzzi o spa. Puede pensarse en preveer una instalación para en mismo, sea interior o exterior. ( Ver figura ).



8.28 EJEMPLO N° 27 : CONEXION DE PORTON ELECTRICO:

Este tipo de solución, en la actualidad, no sólo ofrece comodidad sino mas que todo seguridad. ( Ver figura ). Para ello debe preverse una caja de registro cerca del portón, además en un interruptor conectado al mismo tiempo a un intercomunicador. (ver figura).



9. EJEMPLO TIPOICO DE DISEÑO Y CALCULO  
DE INSTALACIONES ELECTRICAS

## 9. EJEMPLO TÍPICO DE DISEÑO Y CÁLCULO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS:

### 9.1. INTRODUCCION:

Para un ejemplo típico hemos escogido una vivienda mínima con tres dormitorios, sala comedor, cocina, baño y jardines.

Dicha vivienda requiere iluminación general en todos los ambientes de manera directa, así como alimentación de tomacorrientes para algún aparato doméstico. Además de toma de corriente para calentador (110 V.) incorporado en la ducha, y tomacorriente (220 V.) para estufa eléctrica.

El diseño de la vivienda está en la planta de distribución que se encuentra en la página siguiente.

A continuación procederemos al método de diseño y cálculo de la instalación eléctrica de dicha vivienda.

### 9.2. FUNCION DEL PROYECTO:

Será utilizado para vivienda como lo expusimos anteriormente. Y únicamente tendremos una pequeña variante en uno de los dormitorios que se usará como estudio.

### 9.3. ELECCION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION:

De acuerdo con las necesidades y un análisis tomando en cuenta los conceptos descritos en el capítulo N° 3, determinaremos que se usará "Sistema trifilar" (para corriente alterna), Monofásico, 110-220 V. El cual es para uso residencial. Este se compone de tres hilos o líneas, de los cuales pueden tomarse voltajes de 110 y 220 V.

### 9.4. DETERMINACION DE AREAS: (para cálculo lumínico)

Tomadas directamente del plano obtendremos los siguientes datos:

a. Dormitorio - 1 :	8.19 m.	f. Cocina:	6.24 m.
b. Dormitorio - 2 :	8.37 m.	g. Sala Comedor:	22.50 m.
c. D. - 3 (Estudio):	8.37 m.		
d. Vestíbulo Dorms.:	3.90 m.		
e. Baño:	3.08 m.		

## 9.5. CALCULO LUMINICO:

La vivienda que se ha escogido tiene el techo plano con una altura de 2.40 m. Pintado de blanco y las paredes pintadas de color marfil, siendo los factores de reflexión de estos colores: 83% y 71% respectivamente. y se procederá de la manera siguiente:

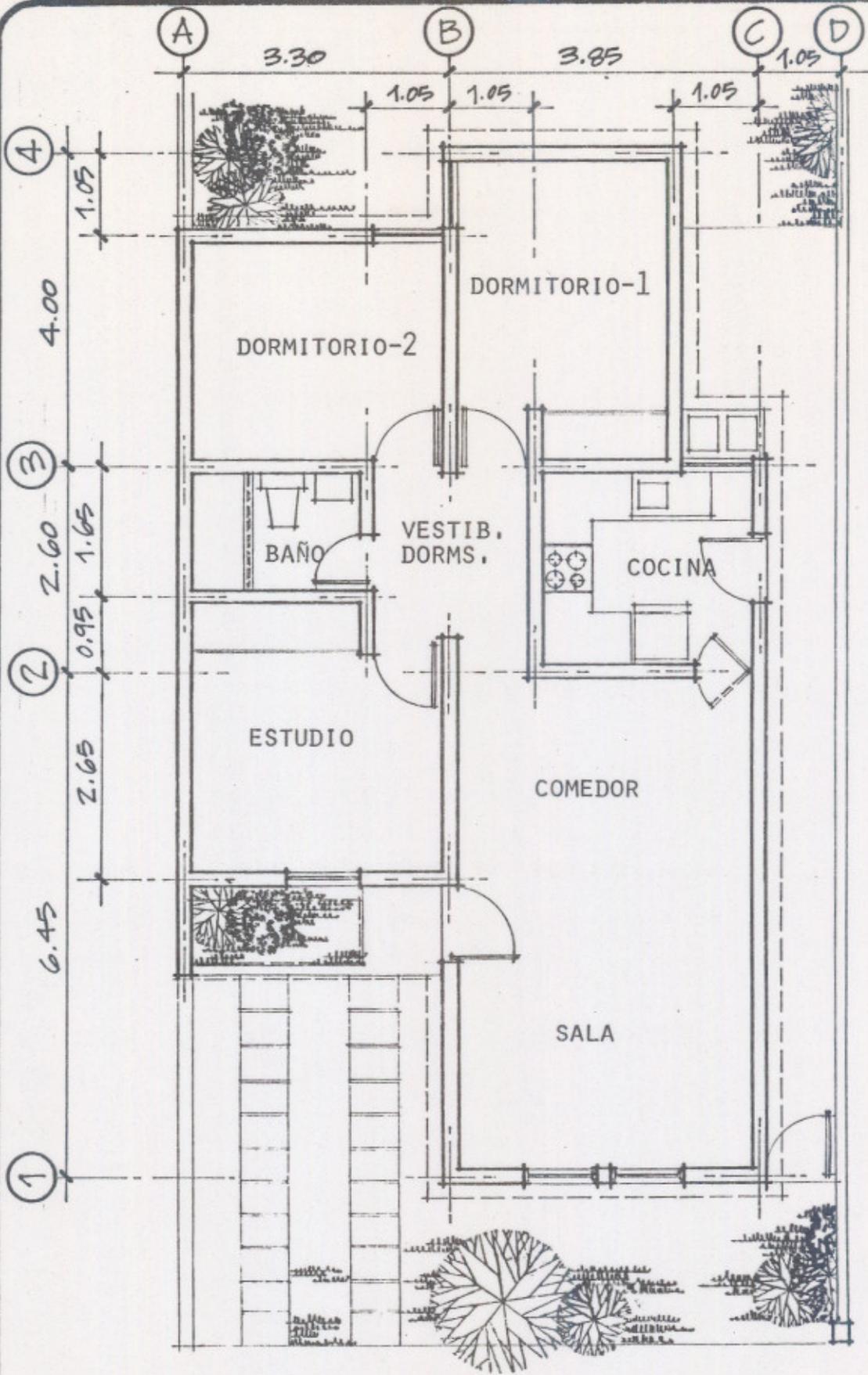
### 9.5.1. SELECCION DEL NIVEL LUMINICO:

De acuerdo a la necesidad, en la tabla 7.1. página obtendremos que dicho nivel será de 50 a 100 lux y en el estudio será de 150 lux.

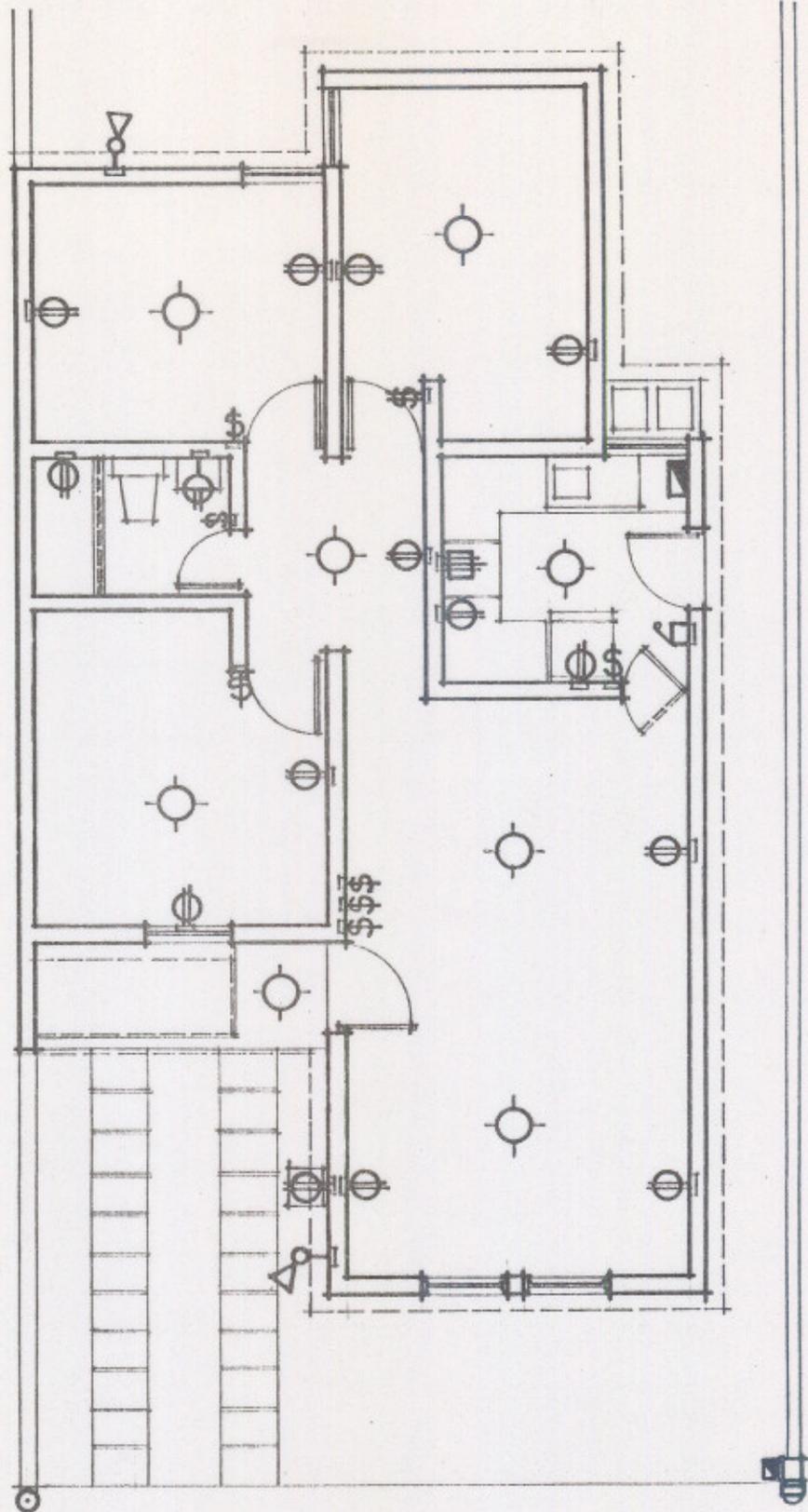
### 9.5.2. SELECCION DE LAMPARAS Y SISTEMA DE ALUMBRADO:

Se escogerán lamparas incandescente para los dormitorios 1 y 2, baño, vestíbulo de dormitorios, sala comedor y exteriores. Y lámparas fluorescentes para la cocina y dormitorio 3 que se usará como estudio. Para esto recurriremos a las tablas 7.2 y 7.4. para obtener además del tipo de lámpara, el índice del local, el coeficiente de utilización y el factor de conservación. Los lúmenes los obtendremos según la fórmula estudiada en los incisos 7.3.12. y 7.3.13. Resumiremos los datos por medio de la siguiente tabla:

Lamp.	Amb.	Area	In. L.	Cu.	F. Cons.	Lux	Lúmenes	W/Lamp.
I-2	Dor.1	8.19	G	0.54	0.75	50	1,011.10	75
I-2	Dor.2	8.37	G	0.54	0.75	50	1,033.33	75
F-22	Est.	8.37	G	0.51	0.65	150	3,787.33	89
I-6	Vest.	3.90	H	0.33	0.70	50	844.15	75
I-6	Baño	3.08	H	0.33	0.70	50	666.66	60
F-23	Coc.	6.24	H	0.50	0.65	50	960.00	19.2
I-2	S.-C.	22.50	F	0.58	0.75	75	3,389.31	200
2 Reflectores exteriores de 150 W. cada uno								300
1 Foco incandescente exterior de 75 W.								75
Ademas se incluirá en el circuito de iluminación un tomacorriente incorporado a la lámpara del baño								300
1 tomacorriente para refrigerador								300
TOTAL de vateaje en el circuito:								1,568.20

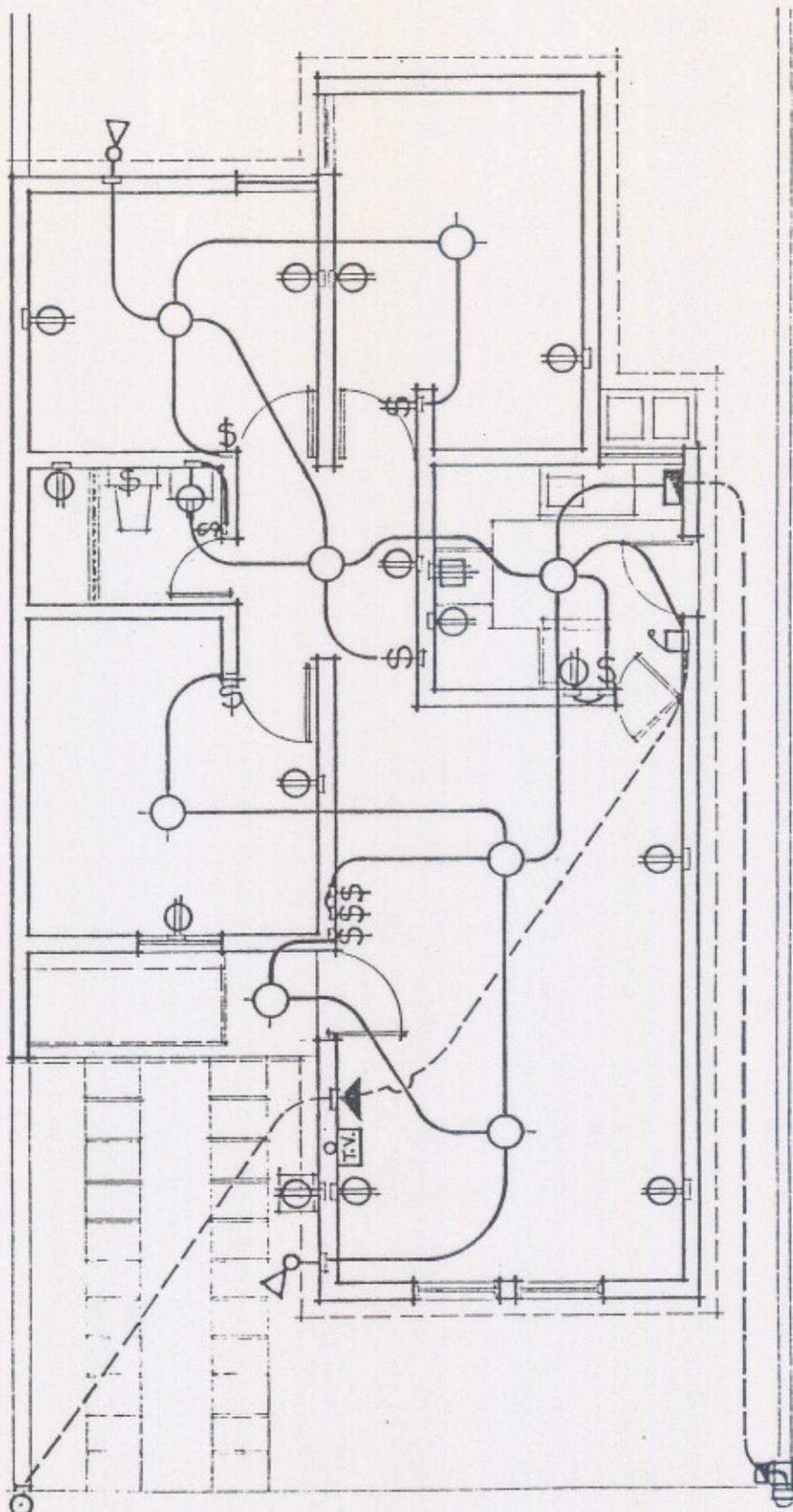


PLANTA DE DISTRIBUCION  
ESCALA 1:75



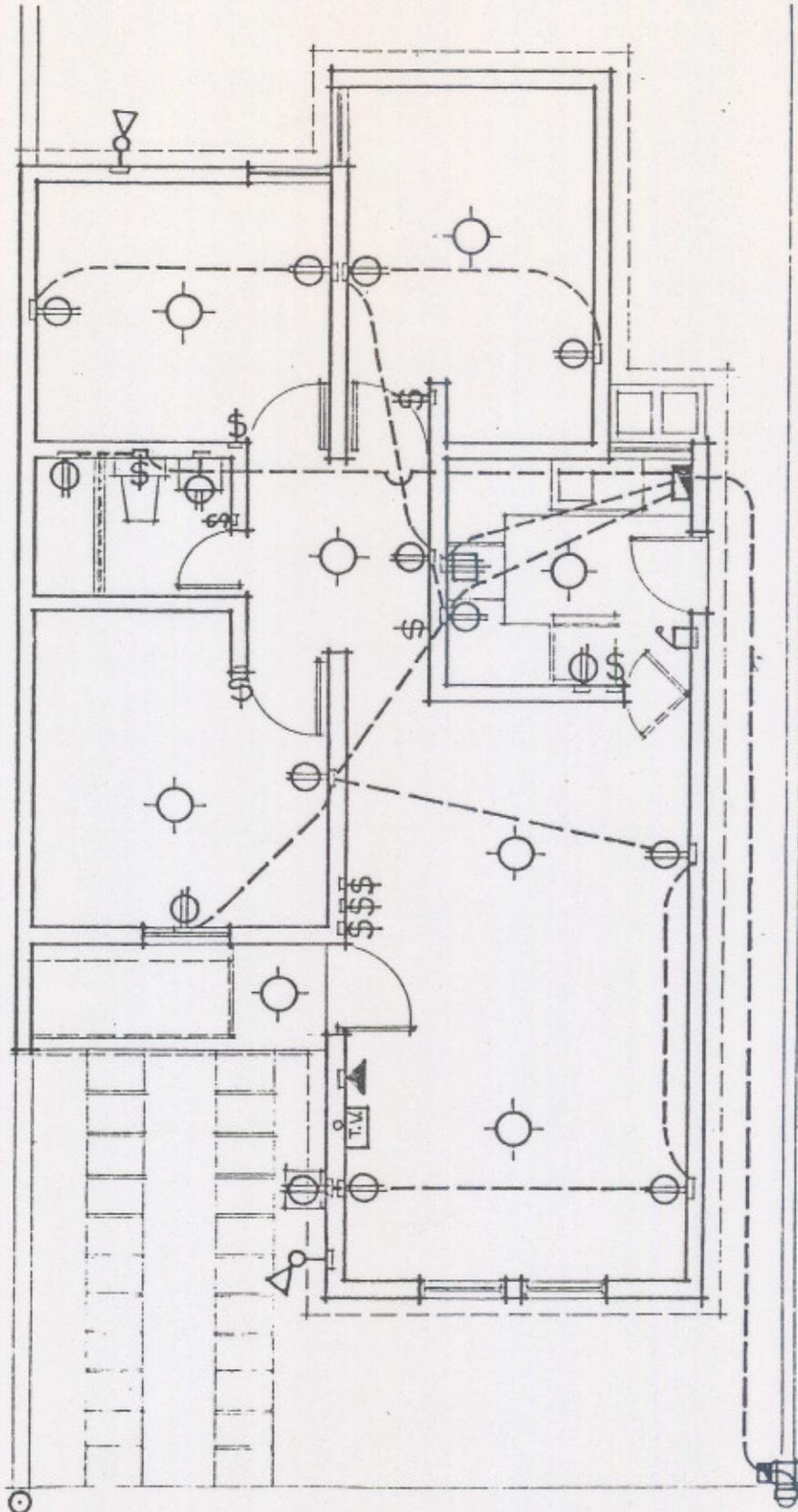
PLANTA ESCALA 1:75

9.6. LOCALIZACION DE UNIDADES ELECTRICAS



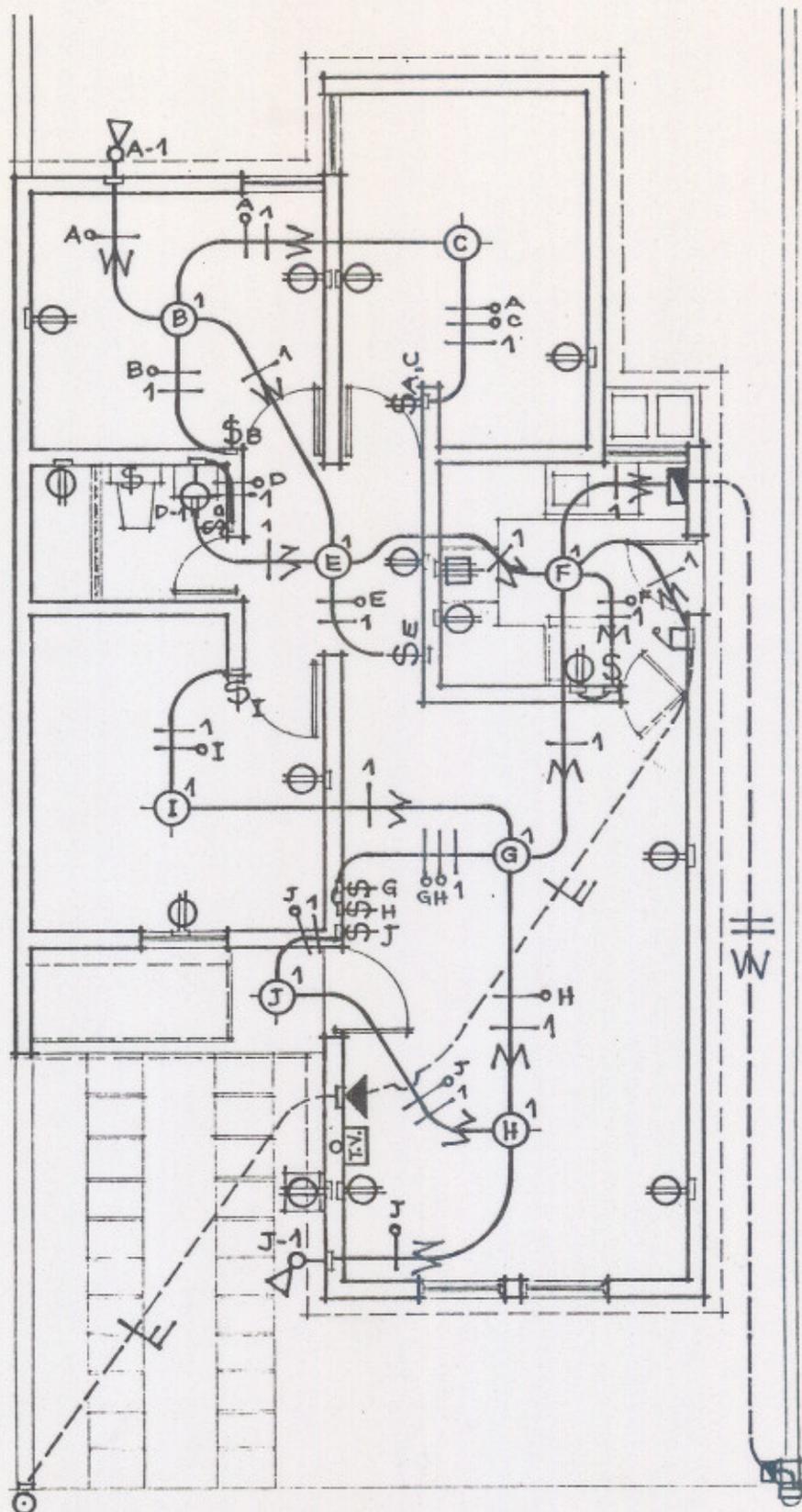
PLANTA ESCALA 1:75

9.7. DISEÑO Y DISTRIBUCION DE TUBERIA (CIRC. ILUMINACION)



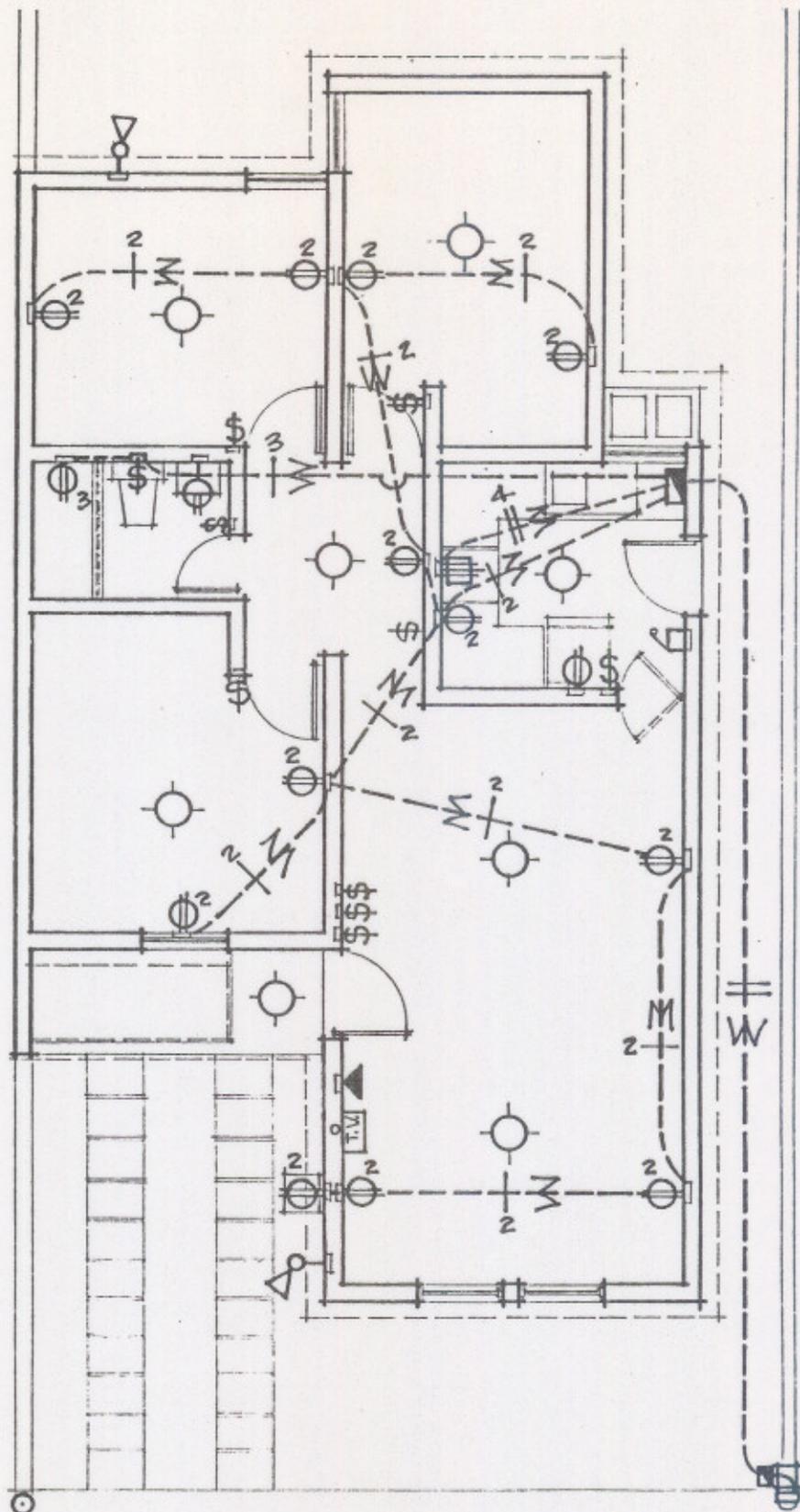
P L A N T A : 1:75

9.7.-A DISEÑO Y DISTRIBUCION DE TUBERIA (CIRC. FUERZA)



PLANTA : 1:75

9.8. DISEÑO Y DISTRIBUCION DE ALAMBRADO (ILUMINACION)  
 (Dibujo final, ver simbología en capítulo 9.)



PLANTA 1:75

9.8.-A DISEÑO Y DISTRIBUCION DE ALAMBRADO (FUERZA)  
 (Dibujo final, ver simbología en capítulo 9.)

## 9.9. ESTIMACION DE LA CARGA Y SELECCION DE CIRCUITOS: (para 120 V.)

Para esto hemos decidido diseñar separadamente los circuitos de iluminación y fuerza, teniendo un circuito por cada uno de ellos, mas un circuito separado para el calentador de la ducha, y sus valores serán los siguientes:

### 9.9.1. Circuito de Iluminación: (lámparas + otros)

- a. Número de unidades: 10 lámparas + 2 tomacorrientes = 12
- b. Voltaje a usarse: 120 V.
- c. Vateaje Total: 1,568.20 W.
- d. Intensidad Total:  $W/V = 1,568.20/120 = 13.06$  Amps.
- e. Flip-On a usarse: Unipolar de 15 A.  $\geq 13.06$  A.

### 9.9.2. Circuito de Fuerza: (Tomacorrientes)

- a. Número de unidades: 12
- b. Voltaje a usarse: 120 V.
- c. Vateaje total: 12 u. de aproximadamente 180 W. c/u = 2,160.00 W.
- d. Intensidad Total:  $W/V = 2,160.00/120 = 18$  Amps.
- e. Flip-On a usarse: Unipolar de 20 A.  $\geq 18$  A.

### 9.9.3. Circuito de Calentador para ducha:

- a. 1 unidad de aproximadamente 3,000 W.
- b. Voltaje a usarse 120 V.
- c. Vateaje total: 3,000 W.
- d. Intensidad Total:  $W/V = 3,000/120 = 25$  Amps.
- e. Flip-On a usarse: Unipolar de 30 A.  $\geq 25$  A.

9.10. ESTIMACION DE LA CARGA Y SELECCION DE CIRCUITO: (Para 240 V.)

9.10.1. Circuito para Estufa eléctrica:

- a. Unidad: Estufa eléctrica, con 4 hornillas y horno
- b. Voltaje a usarse: 240 V.
- c. Vateaje total: 12,000 W.
- d. Intensidad Total:  $W/V = 12,000/240 = 50$  Amps.
- e. Flip-On a usarse: de dos polos de 40 Amp. (por norma de la Empresa Eléctrica de Guatemala y que ademas es que 50 Amp.

9.11. CALCULO DEL CALIBRE O SECCION DEL CONDUCTOR O ALAMBRE A USARSE:

9.11.1. Circuito de Iluminación:

Para calcular dicho calibre usaremos la fórmula descrita en el inciso 1.13. y para la longitud usaremos la longitud promedio del alambre caliente del circuito:

$$S = \frac{2 \times 16.5 \text{ m.} \times 13.06 \text{ A.}}{56 \times 2.2} = \frac{430.98}{123.20} = 1.06 \text{ mm}^2.$$

El Calibre 14 tiene una sección de  $2.2 \text{ mm}^2$ .

$$y \quad 2.2 \text{ mm}^2. \geq 1.6 \text{ mm}^2.$$

Pero por regla general el calibre mínimo a usarse en un circuito de iluminación o fuerza es calibre # 12 para alambre caliente. Para alambre regreso puede usarse el # 14. Y para alambre neutro tambien el mínimo a usarse es # 12.

Por otro lado comprobamos en la tabla incluida en el inciso 6.1.13. que la intensidad máxima admisible para el calibre # 12 es de 20 Amps. o sea que está bien para este caso.

9.11.2. Tubería a usarse en circuito de iluminación: (Tipo y Diametro)

Según tabla del inciso 6.1.9. sabremos que el diametro de la misma será:  $\varnothing = 1/2"$ . El tipo de tubería será de polietileno o poliducto.

9.11.3. Circuito de Fuerza:

Para este circuito usaremos la fórmula conocida, y la longitud promedio del alambre caliente:

$$S = \frac{2 \times 16 \text{ m.} \times 18 \text{ A.}}{56 \times 2.2} = \frac{576}{123.20} = 4.67^5 \text{ mm}^2.$$

El calibre # 10 tiene una sección de  $5.30 \text{ mm}^2$ .

$$\text{y } 5.30 \text{ mm}^2 \geq 4.67^5$$

Por lo tanto se escoge calibre # 10 para alambre caliente y para alambre neutro en este caso puede escogerse calibre # 12.

Además chequeando en la tabla del inciso 6.1.13. la intensidad máxima admisible para alambre # 10 es de 30 Amp. por lo tanto es correcto.

9.11.4. Tubería a usarse en circuito de fuerza: (Tipo y Diámetro)

El tipo será de polietilino o poliducto, y el diámetro será según la tabla del inciso 6.1.9.:  $\phi = 1/2"$ .

9.11.5. Circuito de Calentador:

Por medio de la fórmula obtendremos:

$$S = \frac{2 \times 11 \text{ m.} \times 25 \text{ A.}}{56 \times 2.2} = \frac{550}{123.20} = 4.46 \text{ mm}^2.$$

El calibre # 10 tiene una sección de  $5.30 \text{ mm}^2$ .

$$\text{y } 5.30 \text{ mm}^2 \geq 4.46 \text{ mm}^2.$$

Además sabemos de acuerdo a la tabla del inciso 6.1.13. que la intensidad máxima admisible para calibre # 10 es de 30 Amps. Por lo tanto se usará calibre # 10. Y para alambre neutro puede usarse calibre # 12.

9.11.6. Tubería a usarse en circuito de calentador: (Tipo y Diámetro)

El tipo de tubería será de polietilino o poliducto, y el diámetro determinado por la tabla del inciso 6.1.9. sera de:  $\phi = 1/2"$ .

### 9.11.7. Circuito para estufa eléctrica: (240 V.)

Para calcular el calibre del alambre de este circuito usaremos la fórmula anteriormente descrita, teniendo en cuenta únicamente que el voltaje incidirá en el valor de la intensidad del circuito.

$$S = \frac{2 \times 5 \text{ m.} \times 50 \text{ A.}}{56 \times 2.2} = \frac{500}{123.20} = 4.05 \text{ mm}^2.$$

El Calibre # 10 tiene una sección de  $5.30 \text{ mm}^2$ .

$$\text{y } 5.30 \text{ mm}^2 \geq 4.05 \text{ mm}^2.$$

Pero por norma general de la Empresa Eléctrica de Guatemala se usarán 2 alambres calibre # 8 + neutro que puede ser # 10.

Además chequeando las intensidades admisibles para estos calibres de alambre, estos resultan correctos.

### 9.11.8. Tubería a usarse en circuito de estufa eléctrica: (Tipo y $\emptyset$ )

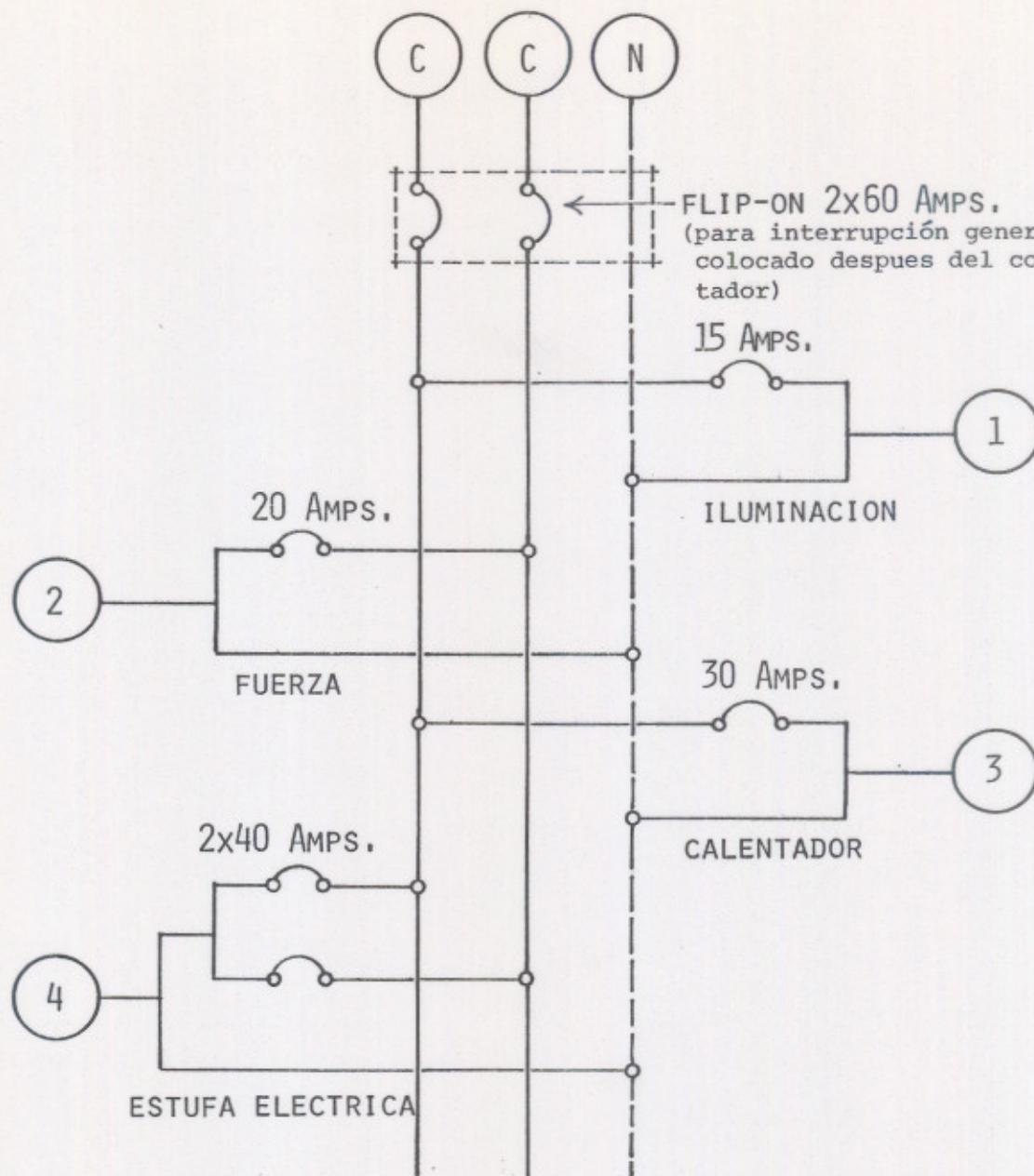
El tipo de tubería será de polietileno o poliducto, y el diámetro de acuerdo a la tabla del inciso 6.1.9. será de  $\emptyset = 3/4''$

Resumiendo tendremos la siguiente tabla de circuitos:

N°	Uso	Unid.	Int.	Flip-On	Caliente	Neutro	Diametro $\emptyset$
1	Ilum.	12	13.06	15 Amp.	# 12	# 12	1/2"
2	Fuer.	12	18	20	# 10	# 12	1/2"
3	Calen.	1	25	30	# 10	# 12	1/2"
4	Estuf.	1	50	2x40 A.	2 # 8	# 10	3/4"

## 9.12. DISEÑO DE TABLERO DE DISTRIBUCION:

De la tabla de circuitos tomamos los datos, y escogeremos para este caso un tablero de 8 espacios, diseñándolo de la manera siguiente:



CARGA CONECTADA 100 AMPS.  
CARGA NOMINAL O DE DISEÑO 106.06 AMPS.

NOTA: QUEDAN 3 ESPACIOS PARA USARSE EN CASO DE UNA POSIBLE AMPLIACION DE CARGA

### 9.13. CALCULO DEL CALIBRE O ALAMBRE DE ACOMETIDA:

Intensidad Total = 106.06 Amps.

$$S = \frac{2 \times 15 \text{ m.} \times 106.06 \text{ A.}}{56 \times 2.2} = \frac{3,181.80}{123.20} = 25.83 \text{ mm}^2.$$

El calibre # 3 tiene una sección de 26.70 mm<sup>2</sup>.

y 26.70 mm<sup>2</sup>.  $\geq$  25.83 mm<sup>2</sup>.

Por lo tanto se usarán 2 alambres calibre # 3 para alambre caliente mas un neutro calibre # 4.

Tubería a usarse: (Tipo y Diámetro)

El tipo de tubería será de polietileno o poliducto, y su diámetro de acuerdo con la tabla del inciso 6.1.9. será de  $\varnothing = 1 \frac{1}{4}$ ".

Nota: El dibujo final de la instalación eléctrica de la vivienda estudiada se encuentra en el plano del inciso 9.8. Y para la simbología usada ver tabla de simbología en capítulo 7, inciso 7.2.

A continuación haremos una cuantificación de materiales del proyecto estudiado.

### 9.14. CUANTIFICACION DE MATERIALES:

Teniendo el plano de la vivienda con la ubicación de unidades, dibujo de ramales de tubería, calibres y longitudes de alambres, dimensiones horizontales y verticales, se puede proceder a un listado de materiales con sus respectivas cantidades lo que nos servirá para hacer un presupuesto del proyecto total de instalación.

TABLA DE CUANTIFICACION		
Cantidad	Unidades	MATERIAL
15.00	mts.	Poliducto de $\varnothing 1 \frac{1}{4}$ " (para acometida)
5.00	mts.	Poliducto de $\varnothing 3/4$ " (para estufa elect.)
110.00	mts.	Poliducto de $\varnothing 1/2$ " (Circ. 1, 2 y 3)
1	u	Tablero de distribución de 8 espacios (Tipo Federal)

Cantidad	Unidades	M A T E R I A L
1	u	Tablero de dos espacios para Flip-On General
1	u	Caja Socket para contador
1	u	Tubo conduit de 2.00 mts. para bajada de acometida de la Empresa Eléctrica. $\varnothing$ 3/4"
1	u	Codo de $\varnothing$ 3/4"
1	u	Gancho para recibir el cable de acometida
1	u	Flip-On unipolar de 15 Amperios
1	u	Flip-On unipolar de 20 Amperios
1	u	Flip-On unipolar de 30 Amperios
1	u	Flip-On bipolar de 40 Amperios
1	u	Caja cuadrada para tomacorriente 240 V.
1	u	Puente para tomacorriente 240 V.
1	u	Tomacorriente Polarizado para estufa 240 V.
11	u	Cajas octogonales
1	u	Plafonera para bombilla
2	u	Lámparas Fluorescentes
6	u	Lámparas Incandescentes
3	u	Bombillas de 75 W.
2	u	Bombillas de 100 W.
1	u	Bombilla de 60 W.
2	u	Sockets para reflectores sencillos
2	u	Reflectores de 150 W. para intemperie
30	u	Cajas Rectangulares
8	u	Interruptores simples con placa incorporada
1	u	Interruptor Doble, con placa incorporada
1	u	Interruptor de 20 Amp. para calentador
12	u	Tomacorrientes dobles con placa incorporada

Cantidad	Unidades	M A T E R I A L
1	u	Tomacorriente para intemperia (120 V.)
1	u	Timbre
1	u	Botón de timbre
35.00	mts.	Alambre calibre # 14 (forado)
100.00	mts.	Alambre calibre # 12 (forado)
70.00	mts.	Alambre calibre # 12 (desnudo)
5.00	mts.	Alambre calibre # 10 (desnudo)
10.00	mts.	Cable calibre # 8 (forado)
15.00	mts.	Cable calibre # 4 (forado)
30.00	mts.	Cable calibre # 3 (forado)
1	u	Rollo de cinta de aislar

Con todos estos datos y una lista de precios actualizada podremos elaborar un presupuesto o costo de materiales a usarse.

10. BIBLIOGRAFIA

## 10 . B I B L I O G R A F I A :

- 10.1. Edición Brugera, Biblioteca Básica, " REPARACIONES ELECTRICAS " Editorial Brugera, S. A., Barcelona-España, 2a. Edición, 1972, 218 páginas.
- 10.2. Jacowitz Henry, " ELECTRICIDAD SIMPLIFICADA ", Compañía General de Ediciones, S. A., Mexico,D.F., 1a. Edición, 1964, 190 páginas.
- 10.3. Anderson E. A., " EL INSTALADOR ELECTRICISTA ", Editorial Albatros, Buenos Aires- 1a. Edición 1972, 347 páginas. Argentina,
- 10.4. Ramirez Vázquez José, " INSTALACIONES ELECTRICAS-I ", Ediciones CEAC, S. A., Barcelona-España, 12a. Edición, 1976, 170 páginas.
- 10.5. Ramirez Vázquez José, " INSTALACIONES ELECTRICAS-II " Ediciones CEAC, S. A., Barcelona-España, 12a. Edición 1976, 382 páginas.
- 10.6. McPartland Joseph F. " HOW TO DESIGN ELECTRICAL SYSTEMS ", McGraw-Hill, Inc.,U.S.A., 1a. Edición, 1968, 208 páginas.
- 10.7. Empresa Eléctrica de Guatemala,S.A., " NORMAS PARA ACOMETIDAS DE SERVICIO ELECTRICO ", E.E.G.S.A., Guatemala-Guatemala, 9a. Edición, 1983, 102 Páginas.
- 10.8. Empresa Eléctrica de Guatemala,S.A., " NORMAS PARA ACOMETIDAS DE SERVICIO ELECTRICO " E.E.G.S.A., Guatemala-Guatemala, 7a. Edición, 1974, 83 páginas.
- 10.9. Gay Fawcett & Mc Guinness, " INSTALACIONES EN LOS EDIFICIOS ", Editorial Gustavo Gili, S. A., Barcelona-España, 6a. Edición, 1974, 648páginas.
- 10.10. Pansini Anthony J. " TRANSPORTE Y DISTRIBUCION DE LA ENERGIA ELECTRICA-I ", Editorial Glem, S. A., Buenos Aires-Argentina, 1975, 121 páginas.
- 10.11. Pansini Anthony J. " TRANSPORTE Y DISTRIBUCION DE LA ENERGIA ELECTRICA-II ", Editorial GLEM, S. A., Buenos Aires-Argentina, 19 , 113 páginas.
- 10.12. McPartland Joseph F. " ELECTRICAL EQUIPMENT MANUAL ", McGraw-Hill, Inc., U.S.A., 3a. Edición, 1972, 281 páginas.
- 10.13. Knowlton A. E., " MANUAL STANDARD DEL INGENIERO ELECTRICISTA ", Editorial Labor, S. A., Barcelona-España, 1a. Edición,1967, 228 páginas.
- 10.14. Richter H. P., " PRACTICAL ELECTRICAL WIRING ", McGraw-Hill, Inc., U.S.A. 9a. Edición,1970, 672 páginas.

- 10.28. Varios Autores, " ENCICLOPEDIA METODICA LAROUSSE " Volumen-6, Editorial Larousse, Buenos Aires-Argentina, 1a. Edición (corregida y revisada), 1973, 374 páginas.
- 10.29. Varios Autores, " ENCICLOPEDIA METODICA LAROUSSE ", Volumen-5, Editorial Larousse, Buenos Aires-Argentina, 1a. Edición (corregida y revisada), 1973, 434 páginas.
- 10.30. García-Pelayo y Gross R., " PEQUEÑO LAROUSSE EN COLOR ", Ediciones Larousse, Buenos Aires-Argentina, 1a. Edición (corregida y revisada), 1979, 1564 páginas.
- 10.31. De Galiana Mingot T., " PEQUEÑO LAROUSSE TECNICO ", Ediciones Larousse, Mexico-D.F., 1a. Edición (corregida y revisada), 1979, 1056 páginas.