ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

AHORRO DE ENERGÍA EN EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE EDIFICIOS CASO ESPECÍFICO EDIFICIO SUCURSAL MAYOR DEL BANCO DEL PICHINCHA

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO

RODRIGO FERNANDO POLO MOYANO

DIRECTOR: ING. ANTONIO BAYAS

QUITO, ENERO 2002

DEDICATORIA

Dedico el esfuerzo de este trabajo a mis padres, a mi familia y en especial a mi tía Leonor, quienes me apoyaron en toda mi vida estudiantil y fueron la guía y el apoyo fundamental para que hoy culmine mi carrera.

AGRADECIMIENTO

A mis tíos Jorge, Elsi y Leonor por su aliento y respaldo, a mi director de tesis, asi como también a todas aquellos compañeros y amigos que de una u otra manera colaboraron para la ejecución de este trabajo.

CERTIFICACION

Certifico que el presente trabajo de tesis fue realizado por el Sr. Rodrigo F. Polo Moyano bajo mi supervisión y asesoramiento.

Ing. Antonio Bayas

CONTENIDO

		No. de página
INTRODUCCION		1
CAPITULO 1		
SITUACION ENERGETICA		
1.1.	Situación energética del país	2
1.1.1.	Generación de energía	2
1.1.2.	Demanda de energía a nivel del país	5
1.1.3.	Demanda Máxima de potencia a nivel de país	6
1.1.4.	Consumo de energía por sectores de servicio	8
1.1.5.	Déficit de energía	14
1.1.6.	Proyectos futuros de generación eléctrica.	15
1.1.7.	Análisis	17
1.2.	Situación energética del Banco del Pichincha Sucursal Mayor	18
1.2.1.	Consumo de energía sistema convencional	18
1.2.2.	Potencia instalada por sectores de uso	18
1.2.3.	Demanda Máxima	25
1.2.4.	Curva de carga diaria	26
1.2.5.	Sistema tarifario	28
1.2.6.	Análisis	28
CAPITULO 2		
SISTEMAS DE ILUMINACION		
2.1.	Lámparas incandescentes	29
2.1.1.	Principio de funcionamiento	29
2.1.2.	Partes constitutivas	29
2.1.3.	Características de comportamiento	35
2.1.4.	Principales tipos de lámparas	39
2.2.	Lámparas fluorescentes	43
2.2.1.	Principio de funcionamiento	43
2.2.2.	Partes constitutivas	44
2.2.3.	Lámparas fluorescentes compactas	47
2.2.4.	Características de comportamiento	50
2.2.5.	Equipos de control	58
2.3.	Luminarias	71
2.3.1.	Aspectos constructivos	71
2.3.2.	Fotometría	76
2.4.	Otros sistemas ahorro de energía	80

CAPITULO 3

DISEÑO DE ILUMINACION DE OFICINAS

3.1.	Conceptos básicos de uso de iluminación	83
3.2.	Relaciones entre magnitudes fotométricas	84
3.3.	Consideraciones de diseño	89
3.3.1.	Rendimiento visual	89
3.3.2.	Comodidad y agradabilidad visual	90
3.3.3.	Ambiente	90
3.3.4.	Eficacia en energía y costos	91
3.4.	Criterios de diseño	91
3.4.1.	Nivel de iluminación	92
3.4.2.	Distribución de luminancia en el campo de visión	92
3.4.3.	Deslumbramiento	93
3.4.4.	Modelado	93
3.4.5.	Color y rendimiento	94
3.4.6.	Estética del equipamiento	94
3.4.7.	Calidad de la iluminación y economía	94
3.5.	Recomendaciones oficinas tipo	95
3.5.1.	Planta abierta general	95
3.5.2.	Planta abierta computación	96
3.5.3.	Oficinas privadas	97
3.5.4.	Oficinas ejecutivas	97
3.5.5.	Corredores y pasillos	98
3.6.	Control de iluminación	99
3.6.1.	Técnicas de control	99
3.6.2.	Sistemas de control	101
3.7.	Integración de la luz natural y la luz eléctrica como medio para ahorrar energía	103
3.7.1.	Luz eléctrica y luz natural	103
3.7.2.	Porcentaje de la luz natural	103
3.7.3.	Encendido y graduación	104
3.8.	Mantenimiento	104
3.8.1.	Depreciación de la emisión de luz	105
3.8.2.	Factor de mantenimiento	106

CAPITULO 4

DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACION EDIFICIO BANCO DEL PICHINCHA SUCURSAL MAYOR

4.1.	Antecedentes	109
4.2.	Objetivo	109
4.3.	Decisiones básicas tomadas en el diseño	110
4.4.	Resultados de los cálculos de iluminación	118
4.5.	Control de iluminación	118

CAPITULO 5

ANALISIS TECNICO SISTEMA DE ILUMINACION IMPLEMENTADO Y EL SISTEMA TRADICIONAL EQUIVALENTE

5.1.	Resultados lumínicos	120
5.1.1.	Sistema tradicional	120
5.1.2.	Sistema de alta eficiencia ahorro de energía	123
5.1.3.	Comparación entre los dos sistemas	125
5.2.	Potencia instalada	126
5.2.1.	Sistema tradicional	126
5.2.2.	Potencia total instalada del sistema nuevo	129
5.2.3.	Comparación de la potencia instalada en los dos sistemas	130
5.3.	Consumo de energía de los sistemas	132
5.3.1.	Consumo de energía tradicional	132
5.3.2.	Consumo de energía sistema ahorro de energía	132
5.3.3.	Comparación del consumo de energía mensual en las diferentes etapas de la instalación	133
5.4.	Demanda de los sistemas	133
5.4.1.	Demanda pico mensual sistema tradicional	133
5.4.2.	Demanda pico mensual sistema ahorro de energía	134
5.4.3.	Comparación de la demanda máxima en las diferentes etapas de la instalación	135

CAPITULO 6

ANALISIS DE LOS RESULTADOS COSTO - BENEFICIO

6.1.	Inversión inicial	141
6.1.1.	Costo de las luminarias	142
6.1.2.	Costo de mano de obra	144
6.1.3.	Costo de materiales	144
6.1.4.	Resumen inversión inicial	144
6.2.	Facturación mensual	146
6.2.1.	Costos por consumo de energía mensual	146
6.2.2.	Costos por la demanda mensual	148
6.3.	Evaluación económica del proyecto	152
6.3.1.	Valor presente	152
6.3.2.	Recuperación de capital	153
6.3.3.	Tasa interna de retorno	156
6.3.4.	Relación costo beneficio	156

CAPITULO 7

CONCLUISIONES Y RECOMENDACIONES

7.1.	Conclusiones	158
7.2.	Recomendaciones	161

BIBLIOGRAFIA 163

ANEXOS 164

INTRODUCCION

En los últimos años el país ha soportado un déficit de energía, debido a la gran dependencia de nuestro sistema de generación al normal funcionamiento de nuestras centrales hidroeléctricas, principalmente de la Central Paute, que es el centro de generación más grande que tiene nuestro país.

La solución para alivianar esta falta de energía, es la construcción de nuevas centrales de generación, pero estas necesitan de una gran inversión inicial y de tiempos largos para su ejecución, convirtiéndose éstas, en soluciones a largo plazo y de difícil ejecución por la recesión económica en que se encuentra sumido el país.

Una solución que se propone para diferir o dejar de construir éstas centrales eléctricas es el incentivar el ahorro de energía, en los diferentes sectores económicos de nuestra sociedad, promoviendo el uso de equipos de mejor tecnología (electrodomésticos, iluminación, máquinas industriales etc.) que ofrezcan los mismos beneficios pero que sean más eficientes.

Siendo la iluminación uno de los principales entes de consumo de energía, se ha propuesto buscar en el campo de la iluminación un medio para reducir la cantidad de energía que proporcionan nuestras centrales, así como dar al usuario un ahorro económico, que atraiga la inversión.

Con la tecnología y los productos de iluminación que se han desarrollado en los últimos años, puede obtenerse una iluminación de igual o mejor calidad con menor consumo de energía y menores costos globales.

Los sistemas tradicionales de iluminación causan un derroche de energía, debido a su poca eficiencia, las lámparas incandescentes son aproximadamente el 45% de toda la electricidad consumida en el mundo para fines de iluminación, sin embargo el porcentaje de cantidad de luz generado por éstas lámparas en todo el planeta es de tan solo el 20%.

El presente trabajo de tesis comprueba y cuantifica el ahorro obtenido por el cambio de sistema de iluminación de un sector tan importante como es el sector comercial y específicamente se ha tomado el caso del Banco del Pichincha Sucursal Mayor, entidad comercial que es una de las pioneras en la búsqueda de ahorrar recursos económicos mediante la disminución de su consumo de energía.

CAPITULO 1

SITUACION ENERGETICA

1.1. SITUACION ENERGETICA DEL PAIS.

La generación de energía eléctrica producida y transmitida a través del Sistema Nacional Interconectado en nuestro país, en su mayor parte está a cargo del Estado, sin embargo existe un menor porcentaje de generación a cargo de Empresas Eléctricas y Empresas Privadas.

En 1997 empieza a operar el CONELEC constituyéndose en el ente regulador y controlador através del cual es Estado Ecuatoriano puede delegar las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica y además elaborar el Plan de Electrificación.

1.1.1 Generación de Energía.

Durante 1995 el Instituto Ecuatoriano de Electrificación INECEL generó 6440 Gwh de energía, de los cuales 4520 correspondieron a las centrales hidroeléctricas (70%) y 1920 Gwh (30%) a centrales de origen térmico y básicamente a centrales que utilizan derivados del petróleo[1].

Las Empresas Eléctricas por su parte, alcanzaron una generación del orden de 1.746 Gwh, de los cuales 635 Gwh corresponden a centrales hidroeléctricas y el restante 1.111 Gwh a centrales que utilizan básicamente diesel y bunker.

La generación de energía en el país fue distribuida de la siguiente forma:

GENERACION INECEL 1995

CENTRALES HIDROELECTRICAS INECEL

Central	GWh	%
Paute	3505.90	41.7
Agoyán	780.14	9.3
Pucará	233.53	2.8
TOTAL	**4519.57**	**53.8**

[1] Datos proporcionados por el CONELEC

CENTRALES TERMOELECTRICAS INECEL

Central	GWh	%
G. Zevallos vapor	858.38	10.2
G. Zevallos gas	61.46	0.7
Esmeraldas	659.88	7.9
Santa Rosa	212.23	2.5
Guangopolo	128.85	1.5
TOTAl	**1920.8**	**22.9**

TOTAL GENERACION INECEL

	GWh	%
TOTAL	**6440.37**	**76.6**

GENERACION EMPRESAS ELECTRICAS

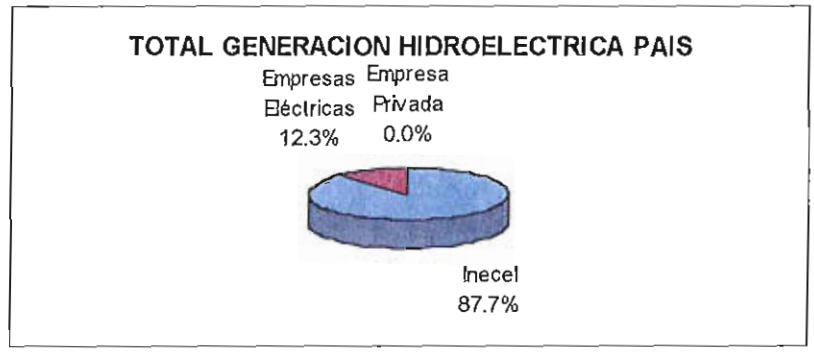
Central	GWH	%
Hidroeléctricas	634.56	7.5
Termoeléctricas	1111.47	13.2
TOTAL	**1746.03**	**20.8**

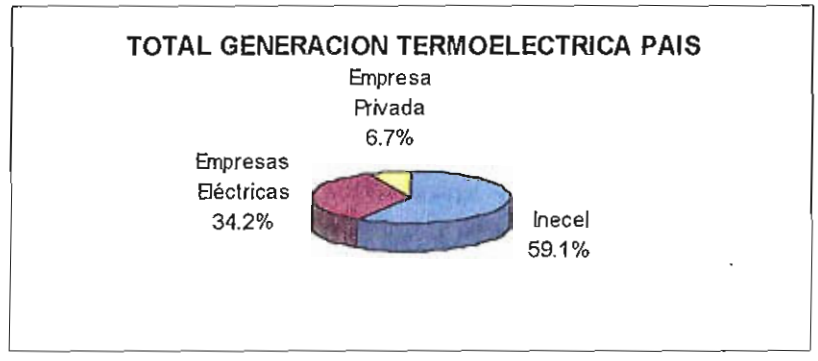
GENERACION EMPRESAS PRIVADAS

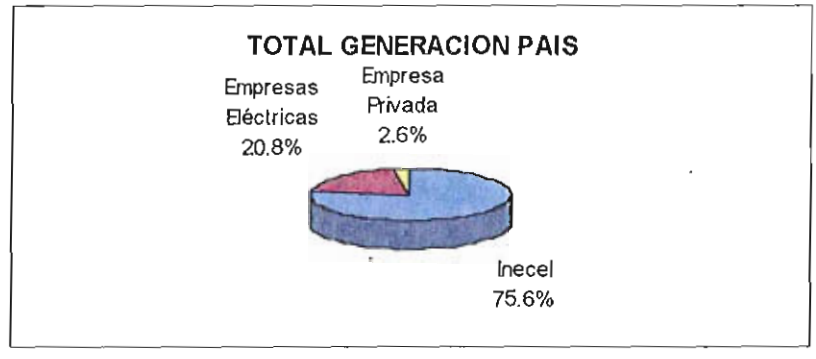
Central	GWh	%
Hidroeléctrica	0.0	0.0
Termoeléctricas	217.88	2.6
TOTAL	**217.88**	**2.6**

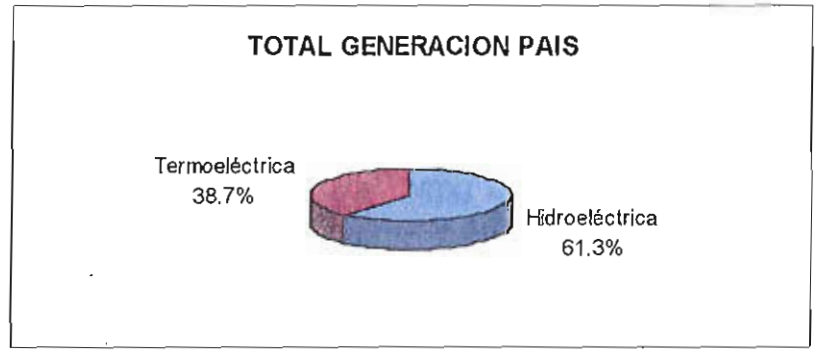
TOTAL GENERACION PAIS

Central	GWh	%
Hidroeléctricas	5154.13	61.3
Termoeléctricas	3250.15	38.7
TOTAL	**8404.28**	**100**


TOTAL GENERACION HIDROELECTRICA PAIS
Empresas Eléctricas 12.3%
Empresa Privada 0.0%
Inecel 87.7%


TOTAL GENERACION TERMOELECTRICA PAIS
Empresa Privada 6.7%
Empresas Eléctricas 34.2%
Inecel 59.1%


TOTAL GENERACION PAIS
Empresas Eléctricas 20.8%
Empresa Privada 2.6%
Inecel 75.6%

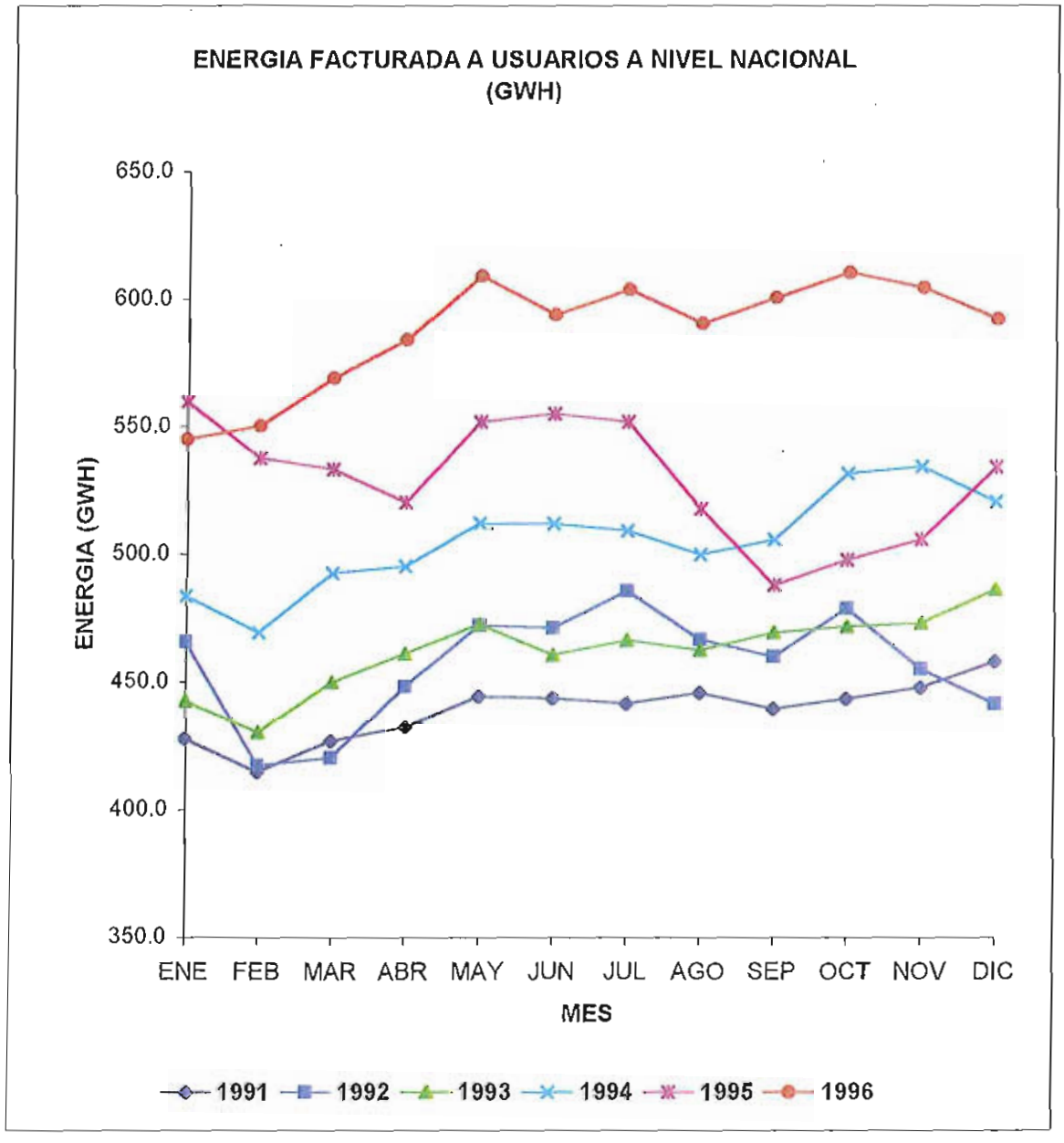

TOTAL GENERACION PAIS
Termoeléctrica 38.7%
Hidroeléctrica 61.3%

1.1.2. DEMANDA DE ENERGIA A NIVEL DEL PAIS

En el siguiente cuadro se muestra la variación de la demanda de energía a nivel de usario en los últimos seis años

ENERGIA FACTURADA (GWH) FACTURADA A USUARIOS (CONSUMO)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1991	427.8	414.7	426.8	432.4	444.4	443.8	441.7	445.9	439.7	443.5	447.9	458.1	5266.7
1992	465.9	417.1	420.1	448.4	472.2	471.4	485.8	466.7	460.2	479.0	455.3	441.6	5484.1
1993	442.7	430.3	450.0	461.2	472.7	460.7	466.4	462.6	469.6	471.8	473.2	486.2	5547.4
1994	483.7	469.4	492.6	495.5	512.5	512.2	509.3	500.0	506.0	531.7	534.3	520.7	6067.8
1995	559.7	537.6	533.3	520.4	551.8	555.1	551.8	517.8	488.1	497.9	506.0	534.1	6353.5
1996	544.9	550.3	569.0	584.1	609.2	594.1	603.8	590.6	600.7	610.5	604.6	592.2	7054.0

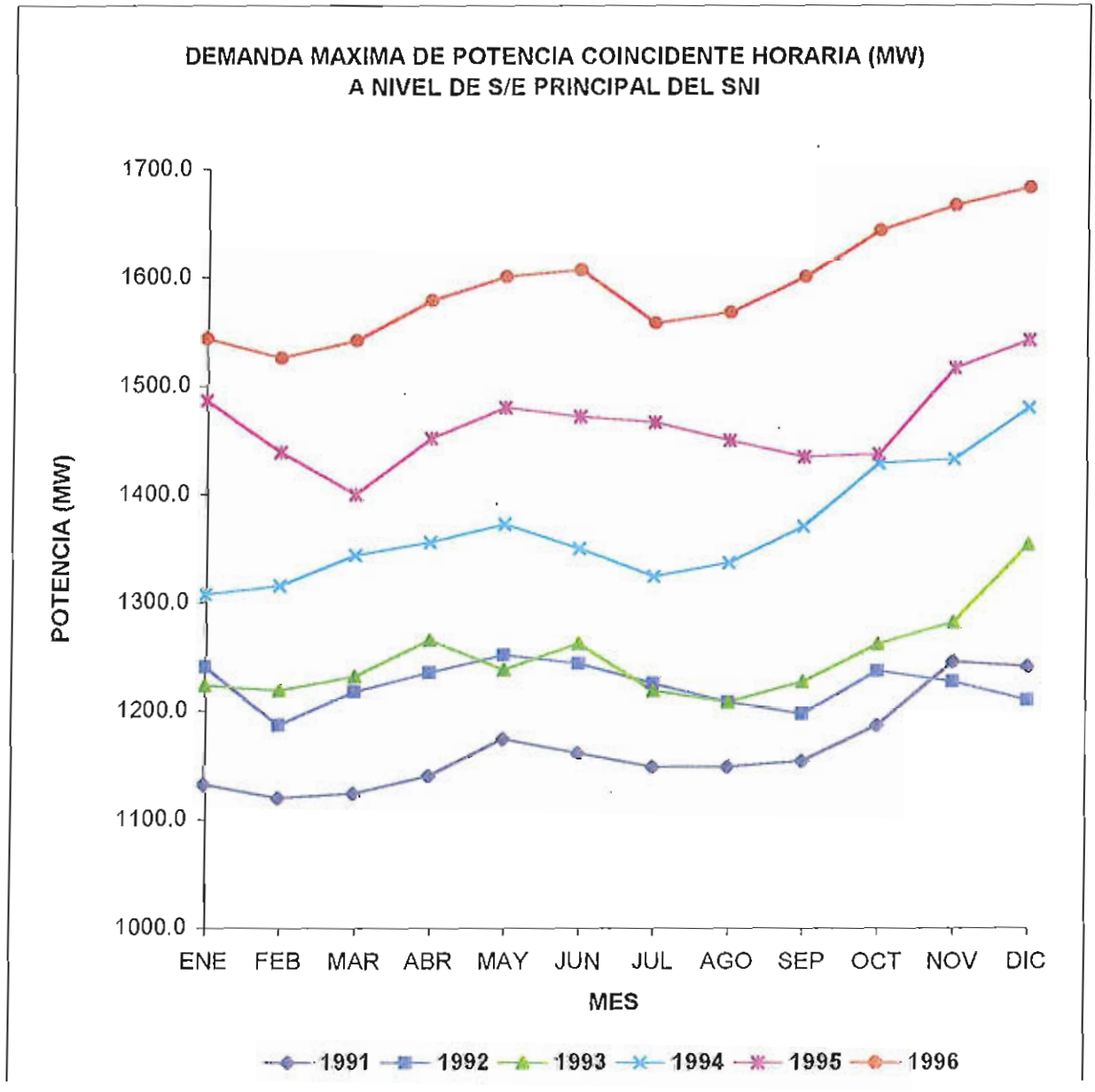


1.1.3 DEMANDA MAXIMA DE POTENCIA A NIVEL DEL PAIS

En el siguiente cuadro se muestra la variación de la demanda máxima de potencia a nivel se S/E principal de S.N.I. En lo últimos seis años.

DEMANDA MAXIMA DE POTENCIA COINCIDENTE HORARIA (MW) A NIVEL DE S/E PRINCIPAL DEL SNI

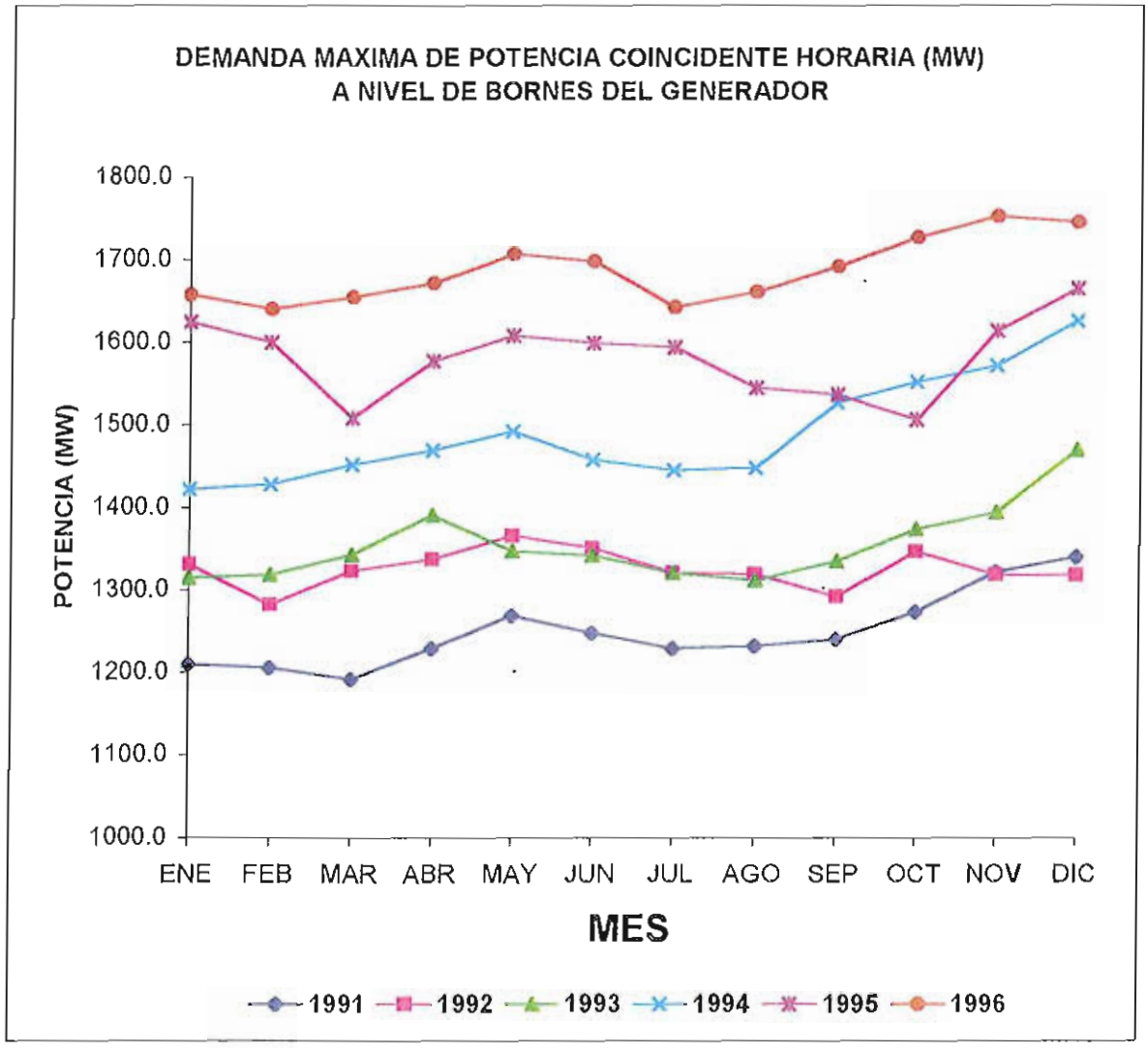
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1991	1132.7	1120.2	1124.0	1140.4	1174.7	1161.2	1148.6	1148.6	1154.1	1186.8	1245.8	1240.9	1245.8
1992	1240.8	1187.1	1218.0	1235.6	1251.8	1244.4	1225.6	1208.4	1197.5	1237.3	1227.3	1210.1	1251.8
1993	1223.6	1218.9	1232.2	1265.9	1238.6	1262.3	1219.1	1208.4	1227.6	1262.1	1282.1	1353.2	1353.2
1994	1307.8	1315.3	1343.7	1355.7	1372.5	1350.0	1324.4	1336.8	1370.2	1428.7	1432.1	1479.6	1479.6
1995	1486.3	1438.8	1399.6	1451.7	1480.2	1471.3	1466.5	1449.8	1434.5	1436.9	1515.9	1541.7	1541.7
1996	1543.6	1525.7	1541.9	1579.2	1600.8	1607.3	1558.2	1567.9	1601.1	1644.2	1667.3	1683.9	1683.9



La variación de la demanda máxima de potencia a nivel de bornes de generador en el S.N.I. En los últimos seis años se muestra en la siguiente tabla:

DEMANDA MAXIMA DE POTENCIA COINCIDENTE HORARIA (MW) A NIVEL DE BORNES DE GENERADOR

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1991	1209.3	1204.8	1190.9	1228.0	1268.3	1247.0	1228.2	1231.6	1239.5	1273.7	1321.8	1339.6	1339.6
1992	1330.3	1281.7	1322.2	1336.3	1365.3	1350.4	1319.8	1318.3	1291.6	1346.4	1318.2	1317.9	1365.3
1993	1314.0	1318.0	1342.0	1390.0	1346.0	1341.1	1320.0	1311.0	1334.3	1373.7	1393.7	1469.3	1469.3
1994	1421.6	1427.4	1451.1	1468.6	1491.7	1457.2	1444.5	1447.7	1526.2	1552.0	1572.0	1625.9	1625.9
1995	1624.1	1599.6	1507.8	1577.2	1608.0	1598.6	1593.7	1544.4	1536.0	1506.0	1614.0	1665.0	1665.0
1996	1657.0	1640.2	1653.9	1671.2	1706.6	1698.2	1642.1	1661.4	1691.8	1727.4	1752.6	1745.4	1752.6

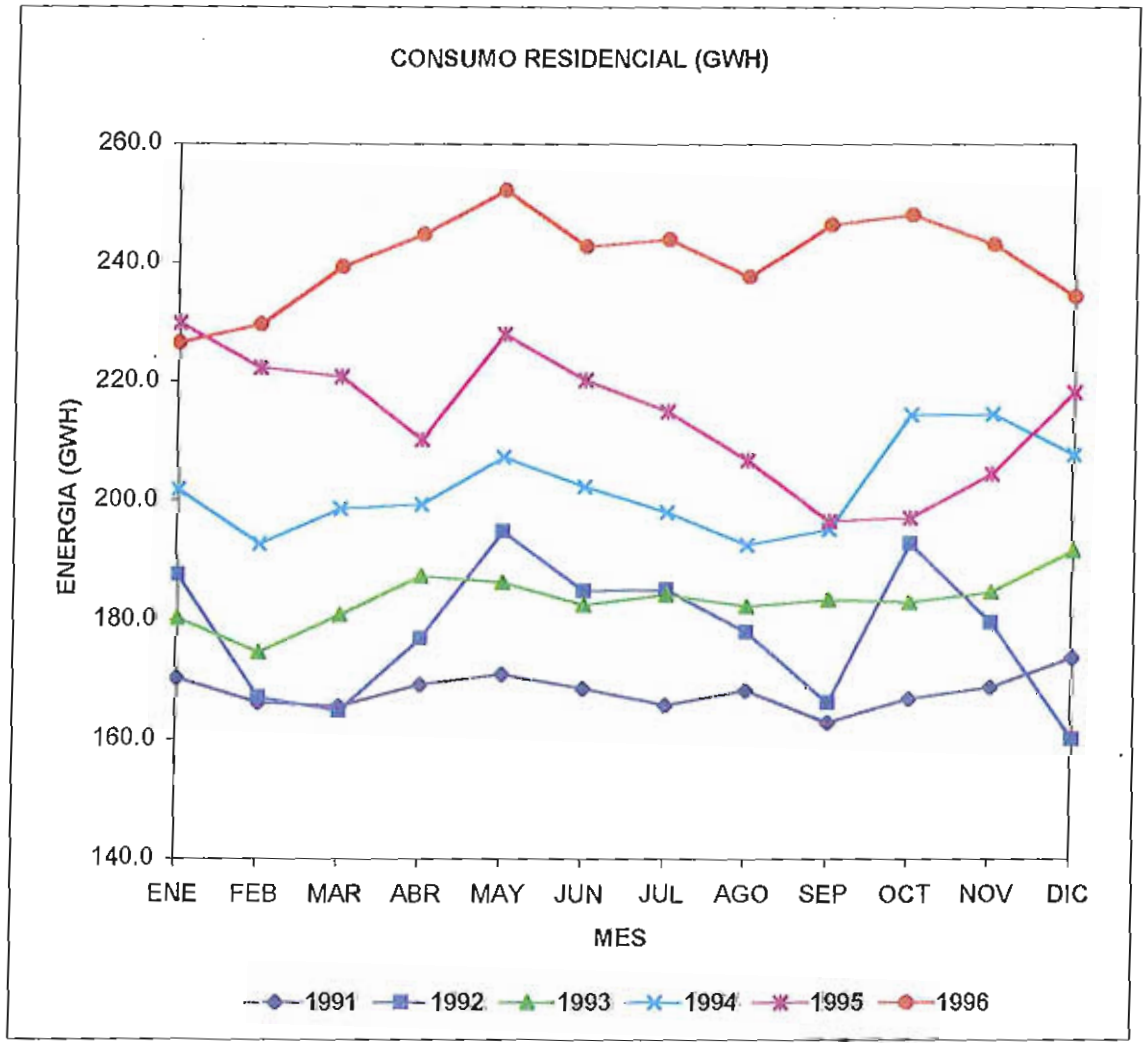


1.1.4. CONSUMO DE ENERGIA POR SECTORES DE SERVICIO

Se ha dividido a los usuarios en tres categorías según el tipo de servicio. Estas son sector residencial, comercial e industrial, adicionalmente tenemos una cuarta categoría llamada otros consumos en las que están por ejemplo alumbrado público, iluminación deportiva barrial.

CONSUMO RESIDENCIAL (GWH)

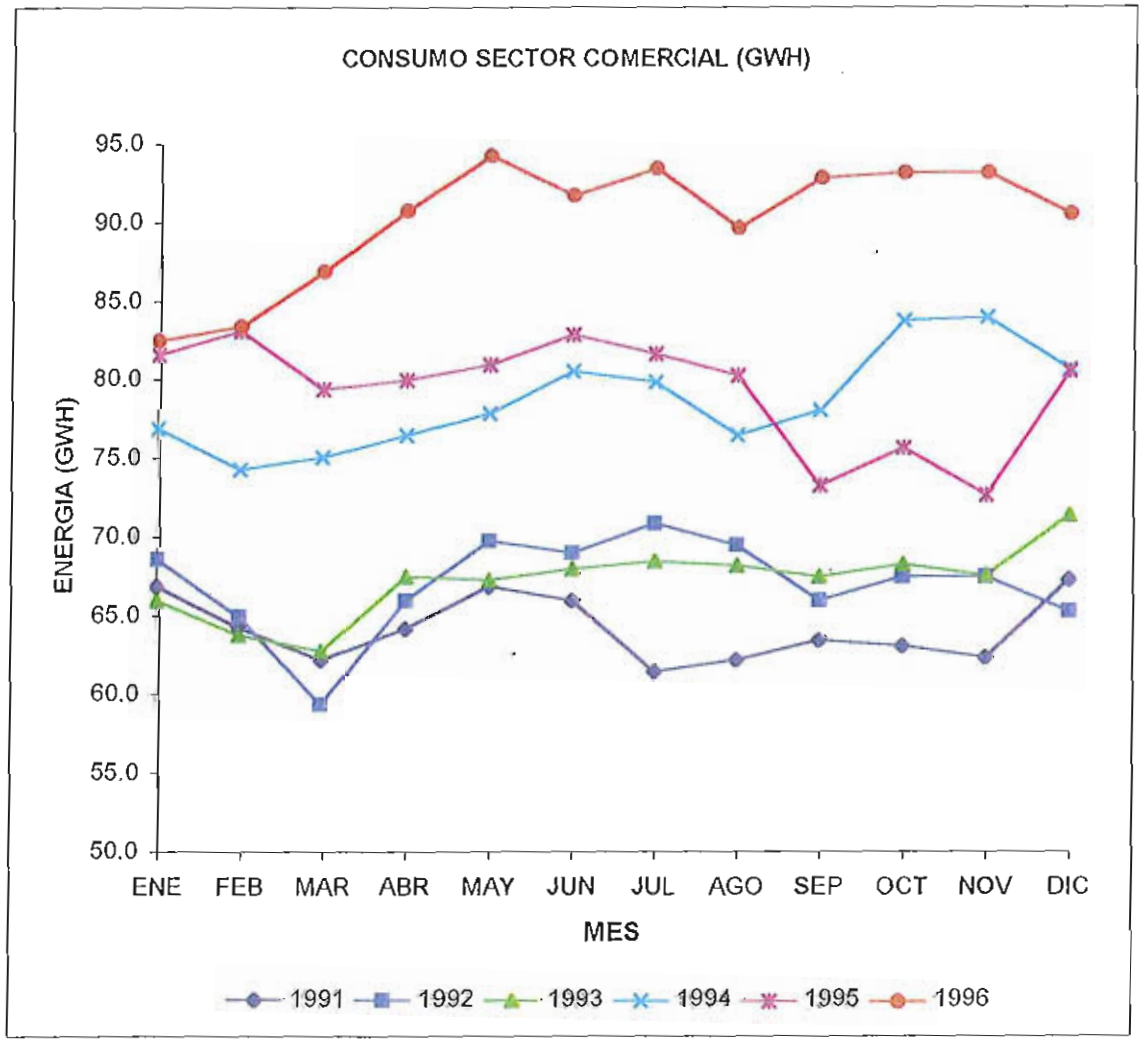
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1991	170.2	166.1	165.5	169.1	170.9	168.5	165.7	168.2	162.8	166.8	168.7	173.7	2016.3
1992	187.5	167.0	164.7	176.9	194.8	184.8	185.0	178.0	166.1	192.8	179.6	160.1	2137.3
1993	180.2	174.5	180.7	187.3	186.2	182.5	184.2	182.3	183.3	182.9	184.6	191.6	2200.4
1994	201.8	192.7	198.6	199.4	207.3	202.4	198.1	192.6	195.2	214.4	214.5	207.7	2424.7
1995	229.8	222.3	220.8	210.2	228.0	220.2	215.0	206.8	196.6	197.1	204.5	218.2	2569.5
1996	226.4	229.6	239.3	244.7	252.1	242.7	243.9	237.6	246.3	248.0	243.0	234.3	2888.0



* Datos obtenidos del INECEL Dirección de planificación y tarifas Boletín No. 87

CONSUMO COMERCIAL (GWH)

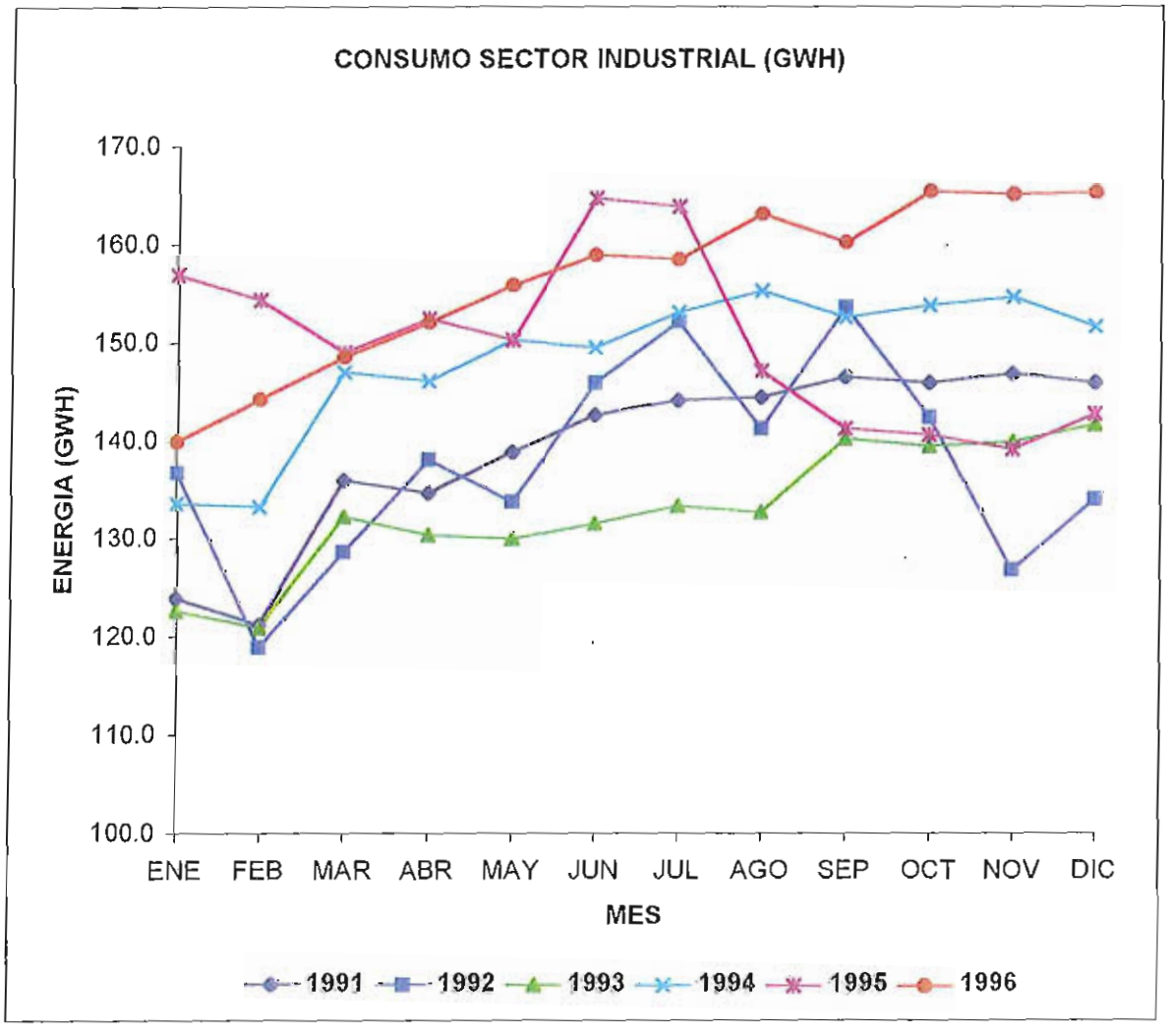
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1991	66.9	64.3	62.2	64.2	66.9	66.0	61.5	62.2	63.5	63.1	62.4	67.3	770.6
1992	68.6	65.0	59.4	66.0	69.8	69.0	70.9	69.5	66.0	67.5	67.5	65.3	804.6
1993	66.0	63.8	62.8	67.5	67.3	68.0	68.5	68.2	67.5	68.3	67.6	71.4	806.9
1994	76.9	74.3	75.1	76.5	77.9	80.6	79.9	76.5	78.1	83.8	84.0	80.7	944.4
1995	81.6	83.1	79.4	80.0	81.0	82.9	81.7	80.3	73.3	75.7	72.7	80.6	952.3
1996	82.5	83.4	86.9	90.8	94.3	91.8	93.5	89.7	92.9	93.2	93.2	90.6	1082.7



* Datos obtenidos del INECEL Dirección de planificación y tarifas Boletín No. 87

CONSUMO INDUSTRIAL (GWH)

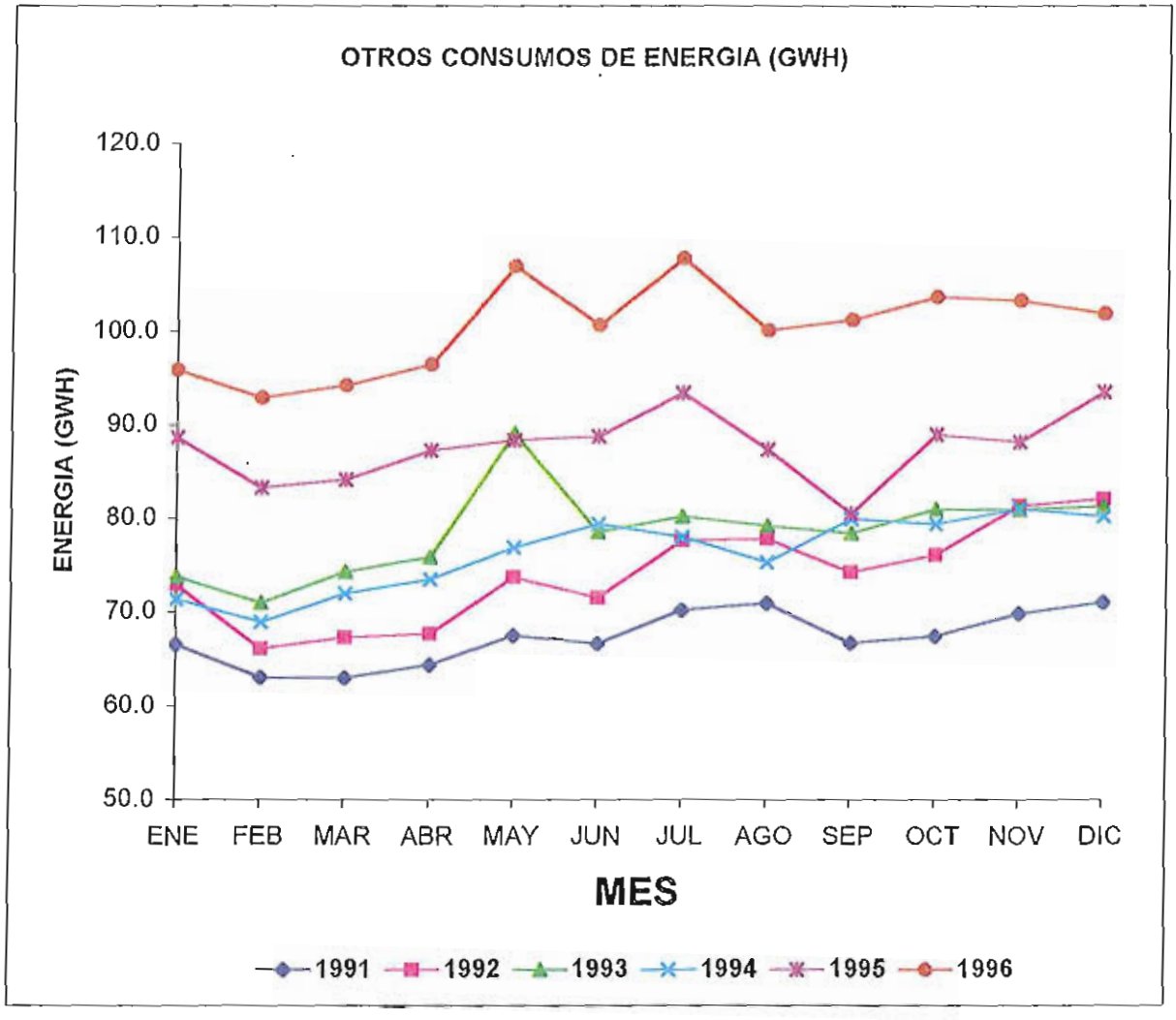
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1991	124.0	121.3	136.0	134.7	138.9	142.7	144.2	144.5	146.6	146.0	146.9	146.0	1671.9
1992	136.8	119.0	128.7	138.1	133.8	146.0	152.2	141.3	153.7	142.5	126.9	134.1	1653.2
1993	122.7	121.0	132.3	130.4	130.0	131.6	133.4	132.8	140.3	139.5	140.0	141.7	1595.8
1994	133.7	133.3	147.0	146.1	150.3	149.6	153.2	155.4	152.7	153.9	154.7	151.7	1781.6
1995	157.0	154.4	149.0	152.5	150.3	164.8	164.0	147.2	141.3	140.7	139.2	142.8	1803.4
1996	140.0	144.3	148.6	152.1	155.9	159.0	158.6	163.2	160.3	165.5	165.2	165.4	1878.0



* Datos obtenidos del INECEL Dirección de planificación y tarifas Boletín No. 87

OTROS CONSUMOS (GWH)

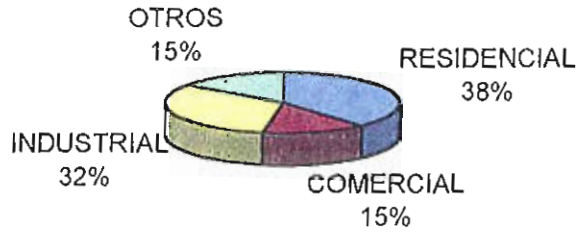
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1991	66.6	63.1	63.0	64.4	67.6	66.7	70.3	71.0	66.8	67.5	69.9	71.1	807.9
1992	73.0	66.1	67.3	67.7	73.8	71.6	77.7	77.9	74.3	76.2	81.4	82.1	889.1
1993	73.8	71.0	74.3	75.9	89.1	78.6	80.3	79.3	78.5	81.1	81.0	81.3	944.4
1994	71.4	69.0	72.0	73.5	77.0	79.5	78.1	75.4	80.0	79.5	81.1	80.3	916.9
1995	88.7	83.3	84.2	87.3	88.4	88.8	93.4	87.4	80.6	89.0	88.2	93.5	1053.0
1996	95.9	92.9	94.2	96.5	106.9	100.7	107.8	100.1	101.2	103.7	103.3	101.9	1205.3



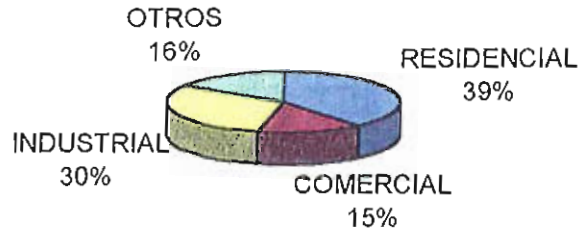
CONSUMO DE ENERGIA TOTAL POR SECTORES DE SERVICIO (GWH)

AÑO	RESIDENCIAL	COMERCIAL	INDUSTRIAL	OTROS	TOTAL
1991	2016.3	770.6	1671.9	807.9	5266.7
1992	2137.3	804.6	1653.2	889.1	5484.2
1993	2200.4	806.9	1595.8	944.4	5547.5
1994	2424.7	944.4	1781.6	916.9	6067.6
1995	2569.5	952.3	1803.4	1053.0	6378.2
1996	2888.0	1082.7	1878.0	1205.3	7054.0

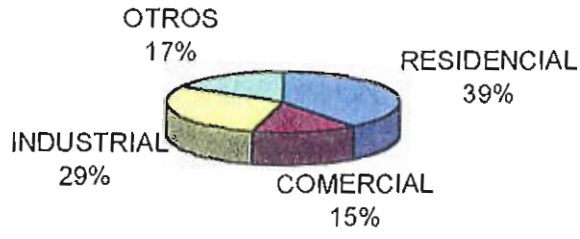
ENERGIA FACTURADA EN EL AÑO 1991

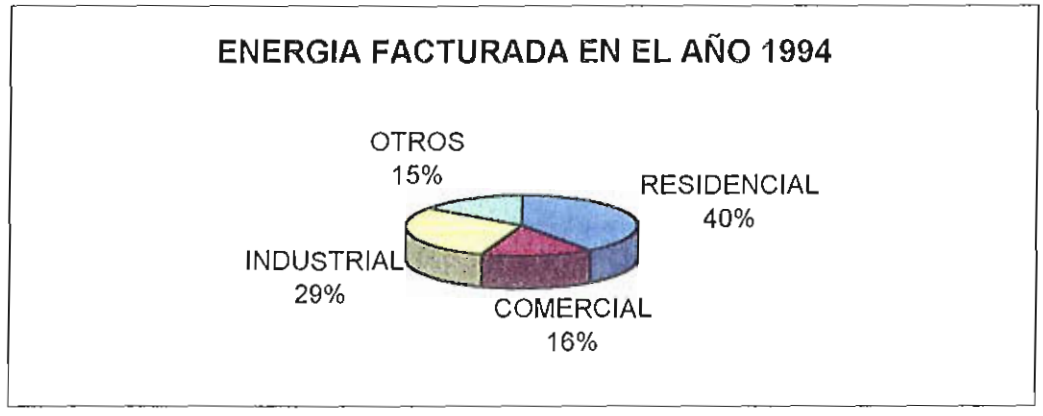


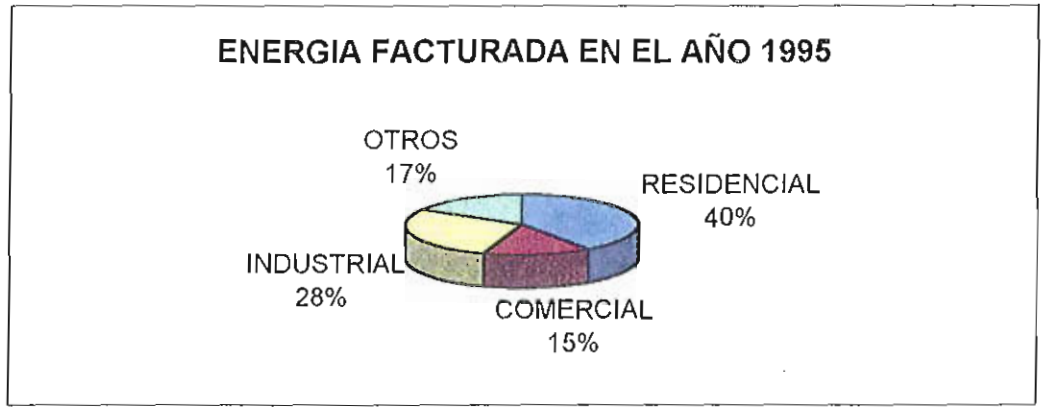
ENERGIA FACTURADA EN EL AÑO 1992

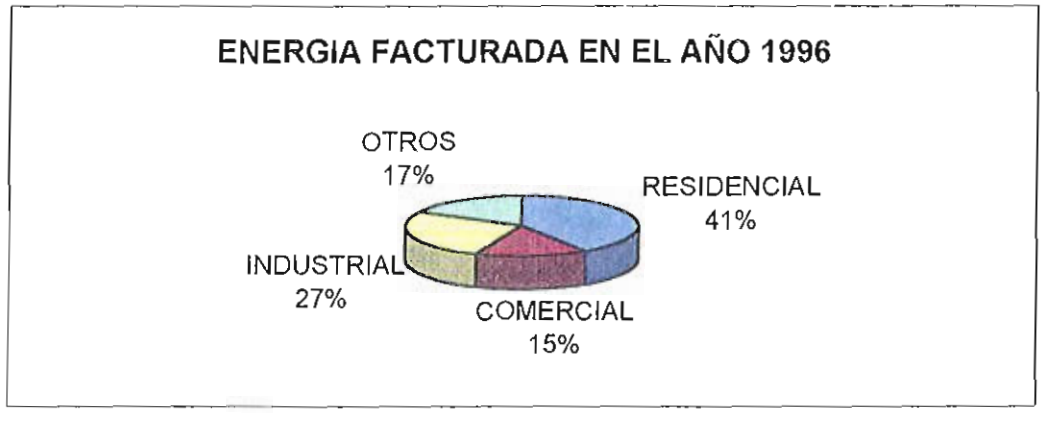


ENERGIA FACTURADA EN EL AÑO 1993




ENERGIA FACTURADA EN EL AÑO 1994
OTROS
15%
RESIDENCIAL
40%
INDUSTRIAL
29%
COMERCIAL
16%


ENERGIA FACTURADA EN EL AÑO 1995
OTROS
17%
RESIDENCIAL
40%
INDUSTRIAL
28%
COMERCIAL
15%


ENERGIA FACTURADA EN EL AÑO 1996
OTROS
17%
RESIDENCIAL
41%
INDUSTRIAL
27%
COMERCIAL
15%

1.1.5. Déficit de energía.

Debido a problemas de falta de precipitaciones lluviosas en la cuenca del río Paute, que alimenta a nuestra principal central de generación eléctrica, en los últimos años hemos visto afectados con racionamientos de energía que han influido en normal funcionamiento de nuestras actividades cotidianas

El déficit de energía eléctrica en los últimos años se resume en la siguiente tabla:

Año 1992:

Período:	20 de enero al 5 de marzo
Déficit anual:	129 Gwh
Mes de menor déficit:	marzo (7.9 Gwh)
Mes de mayor déficit:	febrero (99.7 Gwh)

Año 1995:

Período:	Racionamiento en los meses marzo, abril. agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre
Déficit anual:	497.2 Gwh
Mes de menor déficit:	marzo (9.8 Gwh)
Mes de mayor déficit:	octubre (132.0 Gwh)

Año 1996:

Período:	Racionamiento en los meses enero, febrero, noviembre y diciembre
Déficit anual:	180.2 Gwh
Mes de menor déficit:	febrero (21.1 Gwh)
Mes de mayor déficit:	diciembre (74.2 Gwh)

1.1.6 Proyectos futuros de generación eléctrica.

Proyecto Hidroeléctrico San Francisco

El proyecto San Francisco forma parte del desarrollo integral de la cuenca mediana del río Pastaza. Los esquemas preliminares fueron estudiados durante el período 1976 – 1987 en el que se concluyo que el mejor esquema de aprovechamiento constituye la interconexión directa del proyecto San Francisco con la central Agoyán. El proyecto actualmente se encuentran en proceso de licitación para su concesión.

El proyecto San Francisco se encuentra ubicado aguas abajo de la Central Agoyan en la margen izquierda del río Pastaza, en los límites de la provincia de Tungurahua y Pastaza.

Luego de un proceso de licitación el 28 de marzo del 2000, el CONELEC firmó el contrato de concesión con Hidropastaza S.A. autorizándole para que a su costo y riesgo, financie, construya, posea, opere y mantenga una central hidroeléctrica de hasta 230MW y una línea de transmisión de 138kV hasta la subestación Totoras en Ambato, para que jecute la actividad de generación eléctrica durante 30 años, luego de lo cual los bienes deben ser transferidos al estado sin costo. La operación debe empezar en marzo del año 2004.

Proyecto Hidroeléctrico Sigchos

El proyecto denominado Hidrosigchos se encuentra ubicado en la provincia de Cotopaxi a 6 km de la población del mismo nombre consiste en la construcción de una central hidroélectrica de 18MW de potencia, se estima un costo total de 20,8 millones de dólares para finaciamiento con capital privado.

La energía será evacuada inicialmente hacia los clientes o el Sistema Nacional Interconectado a través de una línea de transmisión existente de 60 kV y de propiedad de la Empresa Eléctrica Cotopaxi.

Existe la posibilidad de una segunda etapa aguas abajo de una potencia de 16 MW a un costo interesante. Para esta etapa se haría necesario construir una línea de transmisión propia con capacidad para las dos plantas, y que se amortizaria en un plazo corto al ahorrarse los costos del peaje.

Otros proyectos:

PROYECTO	POTENCIA (Mw)	COSTO (millones de dólares)	AÑO
Apaqui	36	51	2001
Mazar (**)	180	374	2003
Codo Sinclair	432	476	2005
Ciclo combinado	100	80	2006
Quijos	40	40	2007
Vapor	300	313	2007
Residuos de petróleo	200	210	2009

Fuente: Conam/Conelec

1.1.7. Análisis

El déficit de energía que ha soportado nuestro país en los últimos años no ha tenido una relación predecible, así observamos que en el año 1995 se tubo el mayor déficit de energía superior al del año 1992, mientras que en 1996 el déficit de energía fue inferior, igualmente los meses de mayor influencia del estiaje han sido diferentes para los tres años en estudio, esto se debe a lo impredecible de las condiciones atmosféricas y precipitaciones fluviales en el sector.

Ante este problema se ha planteado la construcción de nuevas centrales de generación pero éstas tienen un período de ejecución muy largo a más de costos de inversión excesivamente altos que necesitan de un financiamiento externo para una construcción estatal o al abrir el mercado a la construcción privada, está decisión de privatizar el sector eléctrico ha producido pugnas políticas que no han hecho otra cosa que retrasar la ejecución de éstas obras de vital importancia para nuestro país.

Como podemos ver en las tablas y gráficos de consumo de energía por sectores de servicio la categoría residencial es la de mayor importancia en cuanto a cantidad de energía consumida como en cuanto a la potencia de demanda que afecta a la capacidad instalada, el porcentaje del sector comercial se ha mantenido en un valor del 15% del consumo total desde el año de 1991 hasta 1996 representado el tercer sector en cuanto a consumo de energía. Sin embargo se ha tomado éste sector para el estudio, por tener una posición económica alta que puede cubrir los gastos de inversión inicial.

Adicionalmente es en este sector en donde el usuario puede obtener mayor ahorro de dinero por el impacto que tiene la iluminación en su planilla de consumo de energía lo que hará atractiva la inversión en sistemas de iluminación de alta eficiencia.

1.2. SITUACION ENERGETICA DEL BANCO DEL PICHINCHA SUCURSAL MAYOR.

1.2.1 Consumo de energía sistema convencional.

El consumo de energía del Banco antes de realizar el cambio de sistema de iluminación para los cinco primeros meses del año se presentan en la siguiente tabla.

Mes	Consumo (KWH)	Demanda (KW)
Enero – 96	124.106	289
Febrero – 96	119.361	284
Marzo – 96	120.861	289
Abril – 96	126.233	289
Mayo – 96	119.415	245

De los datos de la tabla podemos observar que el Banco con su sistema tradicional de iluminación tiene un consumo de energía promedio de 122.000KWH mensual.

1.2.2. Potencia instalada por sectores de uso.

Con la ayuda del departamento eléctrico del Banco del Pichincha realizamos un censo de carga en cuanto ha equipos eléctricos obteniéndose los siguientes resultados.

CENSO DE CARGA
EDIFICIO BANCO DEL PICHINCHA
SUCURSAL MAYOR

PLANTA BAJA

Computadoras	39
Impresoras matriciales pequeñas	30
Impresoras matriciales grandes	2
Calculadoras	2
Máquinas de escribir	12
Copiadora pequeña	1

MEZZANINE

Computadoras	57
Impresoras matriciales pequeñas	17
Impresoras matriciales grandes	6
Impresoras láser pequeñas	8
Impresoras láser grandes	2
Calculadoras	6
Fax	8
Máquinas de escribir	9
radios	4
Copiadora grande	1
Refrigerador	1

PRIMER PISO

Computadoras	61
Impresoras matriciales pequeñas	24
Impresoras matriciales grandes	10
Impresoras láser pequeñas	1
Impresoras láser grandes	2
Calculadoras	8
Fax	1
Máquinas de escribir	17
radios	1
Copiadora pequeña	1
Copiadora grande	2
Ventilador	1

SEGUNDO PISO

Computadoras	98
Impresoras matriciales pequeñas	27
Impresoras matriciales grandes	3
Impresoras láser pequeñas	15
Impresoras láser grandes	10
Calculadoras	1
Fax	1
Máquinas de escribir	2
Ventilador	1

TERCER PISO

Computadoras	38
Impresoras matriciales pequeñas	5
Impresoras matriciales grandes	6
Impresoras láser pequeñas	3
Impresoras láser grandes	1
Calculadoras	10
Fax	1
Máquinas de escribir	7
radios	1
Copiadora pequeña	2
Ventilador	I

TOTAL

Computadoras	293
Impresoras matriciales pequeñas	103
Impresoras matriciales grandes	27
Impresoras láser pequeñas	27
Impresoras láser grandes	15
Calculadoras	27
Fax	11
Máquinas de escribir	47
radios	6
Copiadora pequeña	4
Copiadora grande	3
Ventilador	3
Refrigerador	1

Tabla resumen potencia instalada

Equipo	Cantidad	W/unidad	KW/Total
Computadoras	293	760	222,68
Impresoras matriciales pequeñas	103	120	12,36
Impresoras matriciales grandes	27	240	6,48
Impresoras láser grandes	27	300	8,1
Impresoras láser pequeñas	15	240	3,6
Calculadoras	27	10	0,27
Fax	11	72	0,792
Máquina de escribir	47	138	6,486
Radios	6	10	0.06
Copiadora pequeña	4	1000	6
Copiadora grande	3	1.440	4,32
Ventilador	3	50	0.15
Refrigerador	1		

CENSO DE CARGA
EQUIPOS DE ILUMINACION EDIFICIO
BANCO DEL PICHINCHA
SUCURSAL MAYOR

Luego de hacer un censo de carga de las fuentes de iluminación en las diferentes plantas que conforman el edificio del Banco de Pichincha sucursal Quito se obtuvieron los resultados que se muestran en la siguiente tabla:

LUMINARIA	SUBSUELO	PLANTA BAJA	MEZZANINE	PRIMER PISO	SEGUNDO PISO	TERCER PISO	CUARTO PISO
Luminaria fluorescente de dos tubos de 40W en U y un balasto electromagnético. La luminaria lleva un acrílico opal	-	136	192	210	275	198	21
Luminaria fluorescente de cuatro tubos de 40W T12 y dos balastos electromagnéticos. La luminaria lleva un acrílico prismático lechoso.	-	42	-	-	-	6	5
Luminaria fluorescente de dos tubos de 32W tipo T12 y un balasto electromagnético. La luminaria es tipo industrial.	104	-	-	-	-	-	-
Luminaria tipo reflector con lámpara incandescente de 60W.	-	60	10	-	4	36	8
Reflector de cuarzo de 1000W	-	4	-	-	-	-	-
Reflector de cuarzo de 500W.	-	-	-	-	-	3	-

TOTAL DE LUMINARIAS

LUMINARIA	TOTAL
,Luminaria fluorescente de dos tubos de 40W en U y un balasto electromagnético. La luminaria lleva un acrílico opal	1032
Luminaria fluorescente de cuatro tubos de 40W T12 y dos balastos electromagnéticos. La luminaria lleva un acrílico prismático lechoso.	53
Luminaria fluorescente de dos tubos de 32W tipo T12 y un balasto electromagnético. La luminaria es tipo industrial.	104
Luminaria tipo reflector con lámpara incandescente de 60W.	118
Reflector de cuarzo de 1000W	4
Reflector de cuarzo de 500W	3

POTENCIA DE LAS LUMINARIAS

LUMINARIA	POTENCIA (W)
Luminaria fluorescente de dos tubos de 40W en U y un balasto electromagnético. La luminaria lleva un acrílico opal	100
Luminaria fluorescente de cuatro tubos de 40W T12 y dos balastos electromagnéticos. La luminaria lleva un acrílico prismático lechoso.	200
Luminaria fluorescente de dos tubos de 40W tipo T12 y un balasto electromagnético. La luminaria es tipo industrial.	100
Luminaria tipo reflector con lámpara incandescente de 60W.	60
Reflector de cuarzo de 1000W	1000
Reflector de cuarzo de 500W	500

PISO	POTENCIA (W)	POTENCIA (K W)
SUBSUELO	10.400	10,4
PLANTA BAJA	29.600	29,6
MEZZANINE	19.800	19,8
PRIMER PISO	21.000	21,0
SEGUNDO PISO	27.740	27,74
TERCER PISO	24.660	24,66
CUARTO PISO	3.580	3,58
TOTAL	**136.780**	**136,78**

Potencia instalada por sectores de uso

PISO	POTENCIA (KW)
COMPUTACION	222,68
ILUMINACION	136,78
OTROS	57,32
TOTAL	416,78

1.2.3. Demanda máxima.

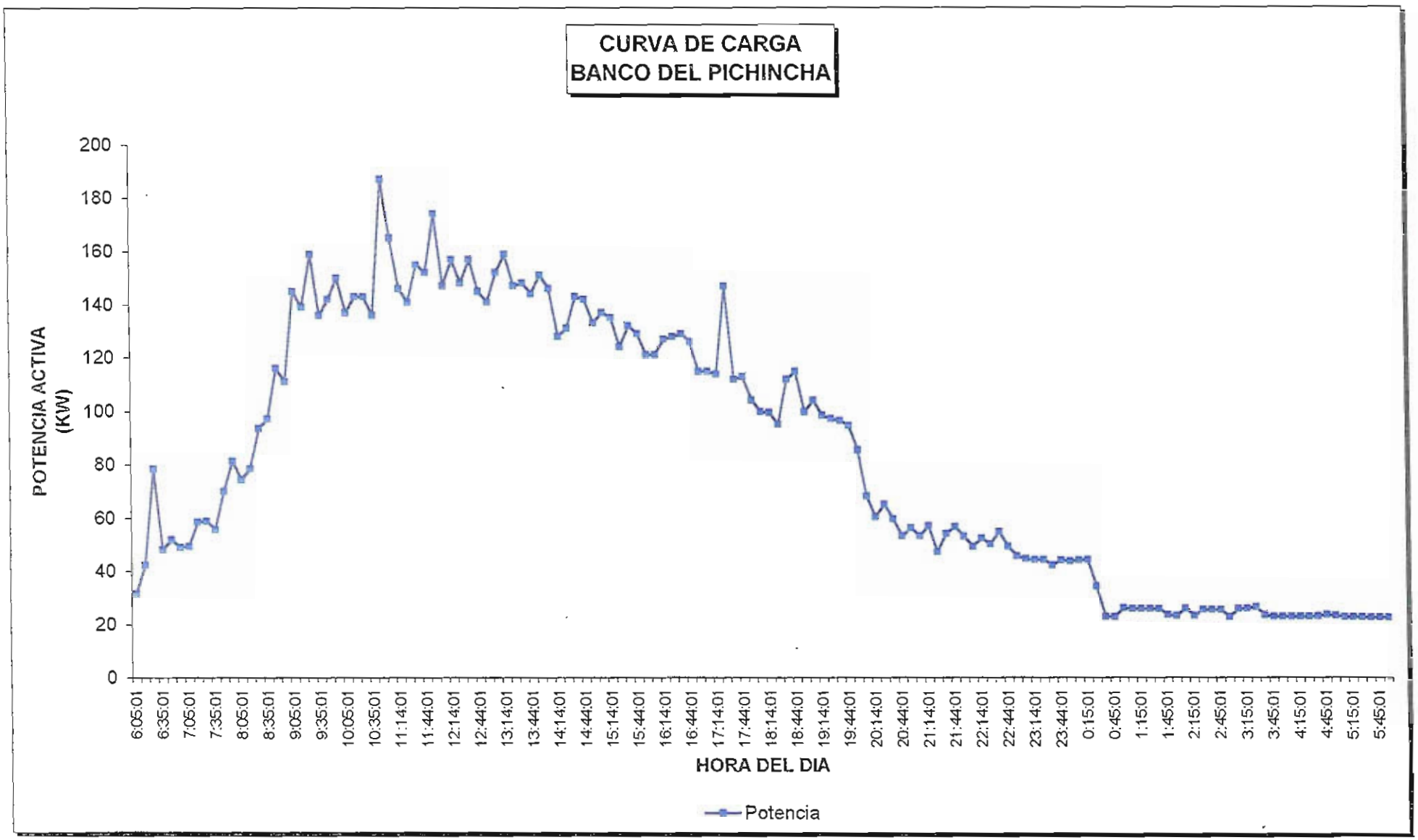
De las planillas de facturación de energía de la Empresa Eléctrica Quito, se ha tomado los valores pico de demanda mensual registrados en el registrador de carga para los cinco primeros meses del año 1996 , en estos meses no se realizó ningún cambio ni remodelación por lo que se asume que está era la situación que normalmente tenía el edificio en el sistema tradicional.

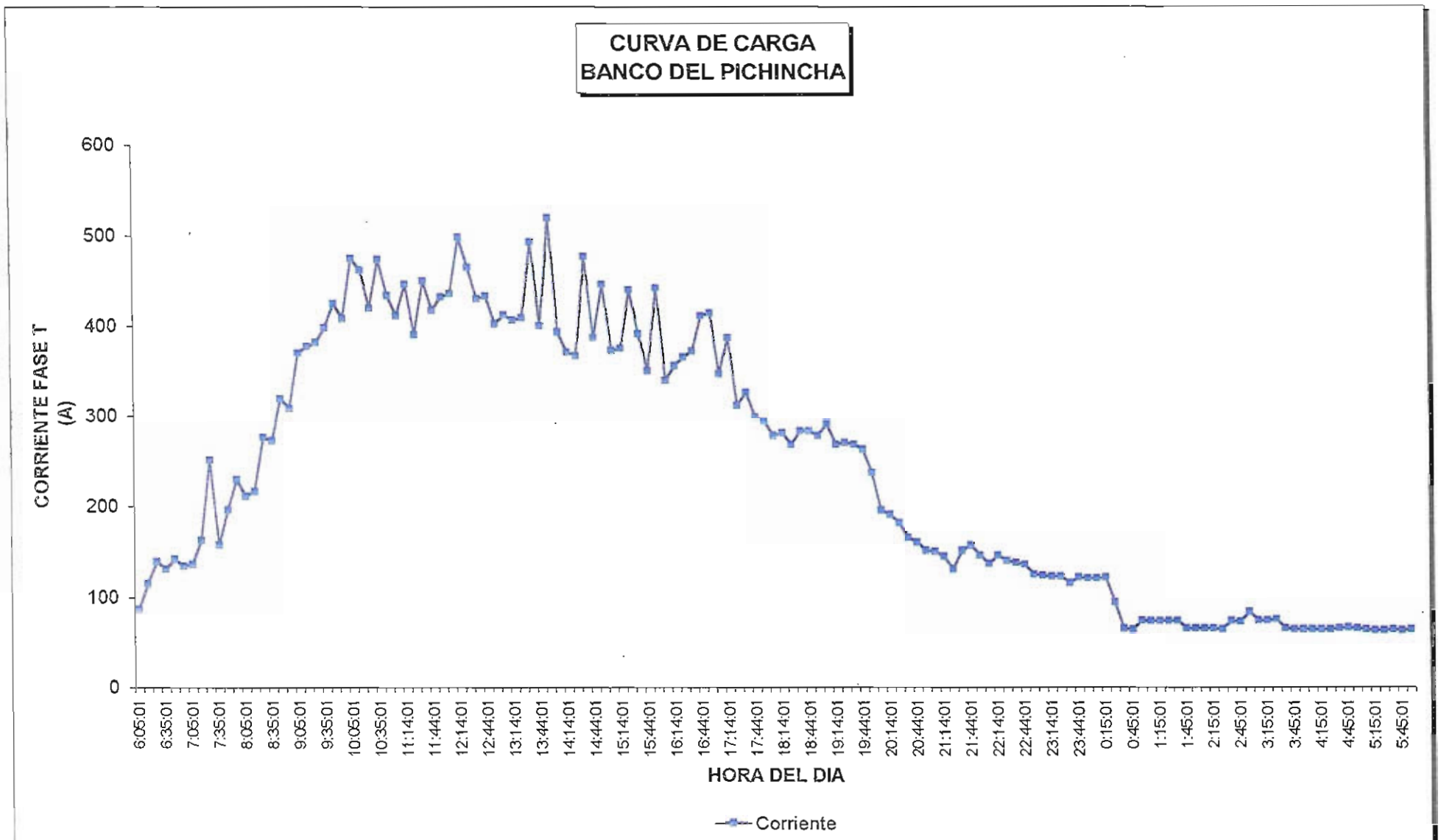
Mes	Demanda (KW)
Enero - 96	289
Febrero - 96	284
Marzo - 96	289
Abril – 96	289
Mayo - 96	245
PROMEDIO	**279**

1.2.4. Curva de carga diaria.

Con la ayuda de un analizador de carga propiedad del Banco del Pichincha y la colaboración del departamento de mantenimiento eléctrico, se registró la variación de la carga del edificio durante el día, para obtener una curva de carga diaria aproximada.

Los resultados del analizador de carga se muestran en el anexo 1.


CURVA DE CARGA
BANCO DEL PICHINCHA
POTENCIA ACTIVA (KW)
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
6:05:01
6:35:01
7:05:01
7:35:01
8:05:01
8:35:01
9:05:01
9:35:01
10:05:01
10:35:01
11:14:01
11:44:01
12:14:01
12:44:01
13:14:01
13:44:01
14:14:01
14:44:01
15:14:01
15:44:01
16:14:01
16:44:01
17:14:01
17:44:01
18:14:01
18:44:01
19:14:01
19:44:01
20:14:01
20:44:01
21:14:01
21:44:01
22:14:01
22:44:01
23:14:01
23:44:01
0:15:01
0:45:01
1:15:01
1:45:01
2:15:01
2:45:01
3:15:01
3:45:01
4:15:01
4:45:01
5:15:01
5:45:01
HORA DEL DIA
Potencia


CURVA DE CARGA
BANCO DEL PICHINCHA
CORRIENTE FASE T (A)
600
500
400
300
200
100
0
6:05:01
6:35:01
7:05:01
7:35:01
8:05:01
8:35:01
9:05:01
9:35:01
10:05:01
10:35:01
11:14:01
11:44:01
12:14:01
12:44:01
13:14:01
13:44:01
14:14:01
14:44:01
15:14:01
15:44:01
16:14:01
16:44:01
17:14:01
17:44:01
18:14:01
18:44:01
19:14:01
19:44:01
20:14:01
20:44:01
21:14:01
21:44:01
22:14:01
22:44:01
23:14:01
23:44:01
0:15:01
0:45:01
1:15:01
1:45:01
2:15:01
2:45:01
3:15:01
3:45:01
4:15:01
4:45:01
5:15:01
5:45:01
HORA DEL DIA
Corriente

1.2.5. Sistema tarifario.

En el mes de marzo de 1997 el Ministerio de Energía subió el valor de la venta de energía por lo que trabajaremos con este sistema tarifario para nuestro cálculo.

KWH	S/. 235
KW (Demanda)	S/. 17.000 (*)

(*) El sistema para determinar el valor de la demanda que utiliza el banco es con el uso de un registrador de demanda, que determina la máxima demanda registrada en los últimos doce meses, incluido el de facturación.

Impuestos y pagos adicionales.

Bomberos	S/. 1.425
Alumbrado público	12% (Consumo + Demanda)
F.E.R.U.M.	10% (Consumo + Demanda)
Tasa de recolección de basura	10% (Consumo + Demanda)
Total Impuestos	32% (Consumo + Demanda)

1.2.6. Análisis

De los datos obtenidos del pago de las planillas eléctricas a la Empresa Eléctrica Quito S.A., podemos observar que con el sistema tradicional de iluminación el Banco del Pichincha tenía un consumo promedio mensual de 122 GWH y una demanda máxima promedio de 245 KW, que se podría catalogar como un consumo grande, por lo que la reducción en el consumo de energía producía mucho interés.

Se realizó un censo de carga, para estimar el impacto de los sectores uso (llámese iluminación, computación y otros) en la carga total del edificio, de lo cual pudimos observar que le área de computación presentaba el mayor porcentaje de potencia instalada, esto es aceptable, si tomamos en cuenta que aquí funciona el centro de computo que administra las agencias de todo el país, la segundo mayor porcentaje de potencia instalada representa el sector de la iluminación objeto de nuestro análisis y finalmente en otros los demás grupos de sectores de uso.

CAPITULO 2

SISTEMAS DE ILUMINACION

2.1. - LAMPARAS INCANDESCENTES

La lámpara incandescente es la fuente de emisión de luz eléctrica más antigua, y en la actualidad todavía es una de las fuentes de luz más usadas.

Existen varios tipos de lámparas incandescentes para una gran variedad de aplicaciones, especialmente en donde se necesiten luminarias de poco peso y tamaño.

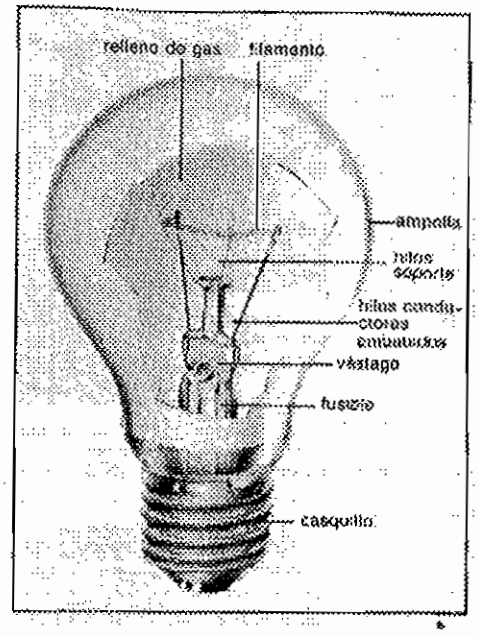
2.1.1. - PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El principio de funcionamiento de una lámpara incandescente consiste en hacer pasar una corriente eléctrica por un hilo delgado de resistencia relativamente alta de forma que alcance su temperatura de incandescencia, por razones de espacio y conservación del calor, el hilo generalmente se lo enrolla en forma de espiral doble o sencilla y se lo ubica en el interior de una ampolla de vidrio en la que se ha realizado el vacío o rellenado de un gas inerte (generalmente argón ó kriptón).

2.1.2. – PARTES CONSTITUTIVAS

Las partes principales de una lámpara incandescente son:

- Filamento
- Soporte del filamento
- Ampolla
- Gas de relleno
- Casquillo de la lámpara



Filamento.

Generalmente los filamentos están hechos de Tungsteno, que tiene la cualidad de poder arder a un punto muy cercano al de fusión (6120°F) sin evaporarse rápidamente, a medida que la temperatura de funcionamiento del filamento aumenta, la emisión luminosa y la eficacia son mayores.

Las lámparas incandescentes emiten únicamente un porcentaje pequeño de la energía total proveniente del filamento en la región visible, la mayor cantidad de la energía es infrarroja, con una cantidad muy pequeña producida en la región ultravioleta.

Soporte del filamento.

El soporte del filamento consiste en un vástago de vidrio, hilos conductores embebidos en él e hilos de soporte.

El vástago es de vidrio al plomo con unas propiedades de aislamiento eléctrico excelentes y adecuadas para el cierre hermético al vacío de los hilos conductores embebidos. El interior del vástago es hueco con el fin de poder extraer el aire del interior de la ampolla antes de rellenarla de un gas inerte. Más tarde se cierra el orificio para mantener el gas o el vacío.

Las lámparas de gran potencia van provistas frecuentemente de cables conductores de una pieza, fabricados en tungsteno o molibdeno.

Los hilos o varillas de soporte se fabrican generalmente de molibdeno puro debido a la resistencia de este material y a que no tiene afinidad con el tungsteno.

Ampolla.

Las ampollas de las lámparas tipo incandescente de uso común en el hogar (GLS), están fabricadas con vidrio a la cal, el vidrio más común y barato disponible. Para las lámparas que deben soportar altas temperaturas choques térmicos, se utilizan vidrios más resistentes, incluso sílice puro fundido para las aplicaciones más exigentes.

Según su aplicación posterior, la ampolla puede recibir diversos tratamientos:

- Esmerilado
- Opalizado
- Coloreado
- Lacado
- Espejado

Esmerilado.- Se consigue pulverizando la ampolla con ácido fluorhídrico, de esta forma la superficie tratada toma un acabado satinado que modera la difusión de luz sin casi ninguna reducción de la transmisión de luz.

Opalizado.- Por medio de la opalización se obtiene una mejor difusión de la luz pero a costa de una absorción mayor. La opalización se consigue recubriendo el interior de la ampolla con sílice y dióxido de titanio finamente pulverizados. Esta técnica se usa en las llamadas lámparas argenta.

Coloreado.- La ampolla de la lámpara se colorea interiormente de igual modo que se opaliza, es decir, bien por pulverización o por depósito electrostático.

Lacado.- El coloreado de la ampolla por el procedimiento de lacado esta restringido a sólo algunas aplicaciones especiales, como por ejemplo lámparas de seguridad para cámaras obscuras.

Se aplica igualmente un lacado protector a las lámparas empleadas en soldaduras como protección contra partículas dispersas y también a las lámparas de destello como prevención contra explosiones.

Espejado.- Las lámparas de los reflectores reciben un tratamiento interior reflectante éste se efectúa por vaporización de aluminio bajo vacío. El exceso de recubrimiento se elimina posteriormente pulverizando con una solución de hidróxido sódico. Ultimamente se han desarrollado técnicas que permiten recubrir parcialmente bajo vacío con presión.

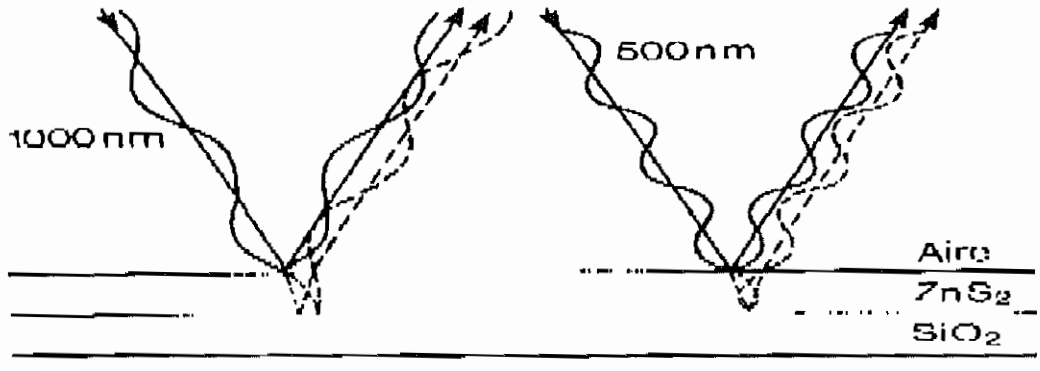
Reflectores dicroicos.

Algunas lámparas reflectoras de vidrio prensado e igualmente algunas lámparas reflectoras halógenas, están dotadas de un espejo especial denominado dicroico. Este tipo de espejo refleja determinadas longitudes de onda y absorbe otras. Se logra por la incorporación sucesiva de cierto número de capas alternativas de diferente índice de refracción.

Este tipo de espejos da lugar a una diferencia de fase de 180° entre la onda incidente y las reflejadas para ciertas longitudes de onda definidas por el espesor de las capas, esto producirá una anulación de estas radiaciones debido al fenómeno de interferencia.

Si los espesores de las capas se seleccionan con el fin de eliminar la radiación infrarroja procedente de filamento, la mayor parte de la energía calorífica generada será absorbida por el espejo situado en la parte posterior de la ampolla y remitida hacia atrás. La radiación visible, sin embargo, debido a que su longitud de onda se encuentra aproximadamente hacia un valor mitad del de la radiación térmica, se comportará exactamente en forma opuesta, es decir, las ondas incidente y reflejada se amplifican una con otra. La consecuencia será que solo se reflejará la radiación visible, mientras que la mayor parte de la energía térmica se eliminará del haz de luz.

El principio dicroico se puede aplicar también a los filtros de luz, así se usan para producir luz coloreada eliminando del espectro visible longitudes de onda completamente. Tales lámparas resultan más eficientes que las de ampolla coloreada, pero su costo es mayor.



Gas de relleno.

Tradicionalmente las lámparas se fabricaban al vacío, actualmente la mayoría de las lámparas tienen un gas de relleno. Normalmente contienen en una mezcla de argón y nitrógeno, cuya proporción depende de la aplicación a que se destinen y de la tensión de trabajo. El nitrógeno se añade al argón para evitar la formación de arcos.

La función principal del gas de relleno consiste en proporcionar una atmósfera inerte que reduzca la velocidad de evaporación del filamento, esto se consigue por medio del argón. Sin embargo el gas también da lugar a pérdidas térmicas por conducción y convección mayores a las lámparas en vacío.

Casquillo de la lámpara.

Casquillos para lámpara GLS.

El casquillo proporciona un método de conexión entre la lámpara y el portalámparas, los metales más utilizados para los casquillos son latón, aluminio y níquel.

Los casquillos tienen varios tamaños, siendo los más comunes:

B15	tipo bayoneta	E10	
B22		E14	tipo rosca (EDISON)
		E27	
		E40	

El número indica el diámetro del casquillo en milímetros.

Los casquillos de bayoneta llevan generalmente ambos contactos eléctricos en su base. En cambio los de rosca tienen uno solo en la base y el otro se encuentra sobre el collarín roscado periférico, como ocurre también en algunos de los tipos de casquillo de bayoneta más pequeños.

El casquillo, fabricado en latón o aluminio, se fija a la ampolla por medio de un cemento especial con propiedades de resistencia y calor según la potencia y aplicación de la lámpara. Cuando se esperan elevadas temperaturas o esfuerzos mecánicos considerables, como sucede con las lámparas reflectoras de vidrio prensado, el casquillo se fija mecánicamente al bulbo por medio de abrazaderas. Finalmente se suelda a los hilos conductores del filamento.

Después de esto se somete la lámpara a un breve encendido (flashed) a fin de comprobar fugas, cortocircuitos y para activar el captador (getter).

Nomenclatura CEI para los casquillos de lámparas.-

La Comisión Electrotécnica Internacional CEI tiene la siguiente nomenclatura para describir a los diferentes casquillos:

B Bayoneta
BA Bayoneta para lámpara de automóvil
BM Bayoneta para lámpara de mina
E Roscado (Edison)
F Clavija de contacto único
La forma de la clavija se designa por una letra pequeña:
a cilíndrica
b acanalada
c especial
G Dos o más contactos
K Conexiones flexibles
P Prefocalizado
R Contactos escondidos
S Casquillo de concha (p.ej para lámpara de doble extremidad)
SV Casquillo de concha con extremidad cónica
T Casquillo para lámpara telefónica
W Base de lámparas sin casquillo (para conexión directa)

Los números que siguen a las letras indican las dimensiones principales en milímetros, es decir, el diámetro del casquillo, el diámetro de la clavija o el espacio entre clavijas.

Una letra pequeña a continuación indica el número de contactos:

s uno
d dos
t tres
q cuatro

p cinco

Distintos tipos de casquillo necesitan todavía de una identificación adicional que los diferencie entre sí añadiéndose así X, Y, o Z.

Lámparas halógenas de tungsteno.

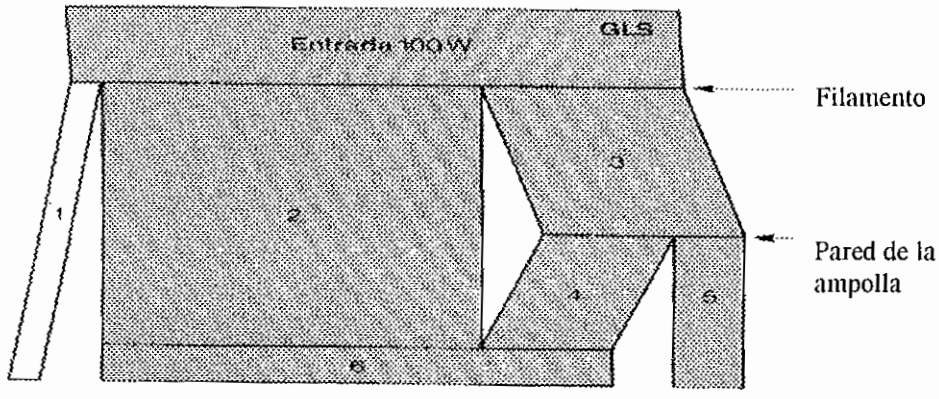
Las lámparas halógenas de tungsteno son lámparas incandescentes en las que se ha tomado medidas especiales para contrarrestar la evaporación del filamento.

En una lámpara incandescente normal, el tungsteno evaporado procedente del filamento se deposita sobre los puntos más fríos de la pared de la ampolla y da lugar el ennegrecimiento común que se ve en las lámparas. En una lámpara de tungsteno halógena, se añade al gas de relleno un pequeño porcentaje en peso de un halógeno, actualmente en la mayoría de los casos bromo en forma de compuesto orgánico tal como por ejemplo, el bromuro de metileno CH2Br2. Así el vapor de tungsteno se combina con el halógeno para formar bromuro de tungsteno, el cual permanece en estado gaseoso en lugar de depositarse en las paredes de la ampolla, habida cuenta que la temperatura de esta última es suficientemente alta (por encima de 260°C).

Cuando una molécula de bromuro de tungsteno se acerca al filamento caliente, tiene lugar su descomposición dando lugar a que el tungsteno se deposite sobre el filamento al tiempo que el bromo liberado se incorpora al gas de relleno. este proceso se conoce como ciclo regenerativo del halógeno.

2.1.3. CARACTERISTICAS DE COMPORTAMIENTO

Balance Energético



1. Luz visible 5W
2. Radiación infrarroja procedente del filamento 61W
3. Pérdidas por convección y conducción desde el filamento de la pared de la ampolla 34W.
4. Radiación infrarroja desde la ampolla 22W.
5. Pérdidas totales por convección y conducción 12W.
6. Radiación infrarroja total 83W.

La figura anterior representa el balance energético de una lámpara GLS de 100W. En ella podemos ver que finalmente cinco por ciento de la potencia de entrada se emite en forma de radiación visible, mientras que el resto se pierde como calor ya sea por conducción, convección y radiación.

La pérdida por conducción son la consecuencia del gradiente de temperatura entre las distintas partes de la lámpara (filamento, ampolla, casquillo) y su entorno (portalámpara, luminaria, aire, etc...).

Las pérdidas por convección se producen en la propia lámpara, como es la pérdida al transferirse el calor desde el filamento hasta la ampolla, así también se debe al movimiento de aire al rededor de la ampolla caliente.

Eficacia luminosa

Existen varias formas de reducir las pérdidas térmicas: espiralando el filamento, utilizando un gas de relleno de baja conductividad térmica o recubriendo la ampolla de vidrio con una capa transparente reflectora del calor.

La eficacia luminosa está controlada principalmente por la temperatura del filamento, mucho más eficaz sería desplazar la relación calor - radiación visible a favor de esta última, como ya es bien conocido, esto se puede conseguir incrementando la temperatura del filamento, pero a costa de una drástica disminución de la vida de la lámpara.

Influencia de la potencia de la lámpara y de su tensión de trabajo.

La gran dispersión que se da en la eficacia luminosa se debe casi completamente a las variaciones en las pérdidas por convección y conducción. Estas variaciones son atribuibles en parte a las diferencias de construcción, pero los principales factores son la potencia de la lámpara y su tensión de trabajo.

Cuanto menor es la potencia, menor es la relación potencia - capacidad calorífica, y por tanto mayores serán las pérdidas térmicas. Similarmente, cuanto más se eleve la tensión. más largos y delgados deberán ser los filamentos, lo que implica un relación superficie del filamento - masa menos favorable.

Vida de la lámpara.

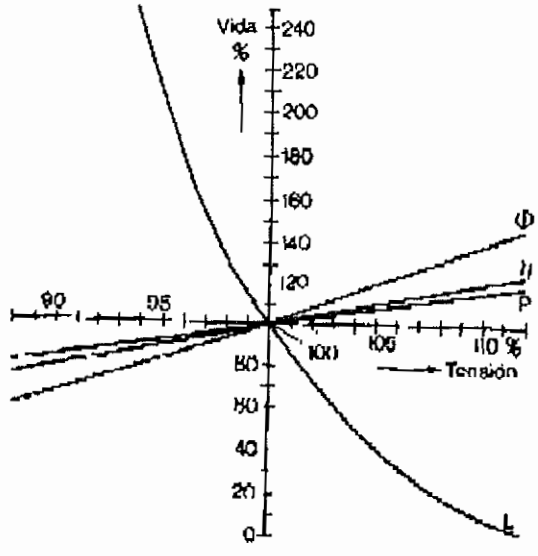
Tanto la vida de la lámpara como su eficacia luminosa dependen de la temperatura del filamento. Cuanto más elevada sea la temperatura de una lámpara dada, mayor será su eficacia luminosa y más corta su vida, lo contrario también es verdad.

Consecuencias del voltaje de operación en la vida de la lámpara.

Como regla general, las lámparas deben funcionar a un voltaje regulado. La operación en sobrevoltaje resultará en más alto wattaje, mayor eficacia y mayor rendimiento de luz pero menor duración de la vida de la lámpara.

Funcionando a voltaje por debajo del nominal, aún cuando se incrementa la duración de la lámpara, provoca reducción en wattaje, en eficacia y en rendimiento de luz. Un voltaje tan pequeño como 5% bajo lo normal, resulta en una pérdida de cantidad de luz de más del 16% con un ahorro de wattaje de solo 8%. Ya que el costo de la lámpara es casi siempre menor comparado con el costo de la energía para operar la lámpara, el aumento de la vida de la lámpara, que implica voltaje reducido, no compensa económicamente la pérdida de rendimiento de la luz. Entonces, es recomendable mantener el voltaje adecuado para el buen funcionamiento de las lámparas y de las instalaciones de iluminación.

A continuación se presenta, la curva característica de la vida de una lámpara incandescente en función del voltaje de operación.



Como se muestra en la figura un pequeño porcentaje de sobretensión produce una drástica reducción de la vida de la lámpara

Por ejemplo, las curvas permiten comprobar que una sobretensión de un 5% reduce la duración de la lámpara a la mitad.

Depreciación.

Mientras funciona una lámpara incandescente, el filamento se evapora gradualmente, causando una disminución en wattaje y salida de luz lenta pero continua. Alcanza el final normal de su vida cuando el alambre, al fin, se rompe o consume. Una reducción adicional en la emisión de luz se da como resultado de la absorción de luz por el tungsteno evaporado que se pega en al pared interior de la bombilla como un depósito negro.

Un nuevo descubrimiento en la tecnología de las lámparas de tungsteno es la lámpara de tungsteno - halógeno. La lámpara utiliza una atmósfera de halógeno para mantener la bombilla limpia conservando la salida de lúmenes casi al 100% de la inicial durante la vida de la lámpara. Los datos que los fabricantes de lámparas estándar publican generalmente incluyen la emisión inicial de lúmenes. Esta emisión de lúmenes se reducirá aproximadamente un 20% al final de su duración estimada.

Conmutación.

Una de las propiedades del tungsteno consiste en que su resistencia específica a temperatura ambiente es sólo aproximadamente la decimoquinta parte de la que tiene a la temperatura normal de funcionamiento de una lámpara incandescente (2800K). Esto significa que cada vez que se enciende una lámpara, circula por el filamento frío una corriente extra de hasta quince veces su valor normal. Sin embargo el filamento se calienta hasta su temperatura de trabajo en solo unas centésimas de segundo, momento en que la corriente cae a su valor normal, por esto, el calor extra generado momentáneamente no llega a producir una evaporación excesiva del filamento. La frecuencia de conmutación no afecta normalmente a la vida de la lámpara, pero cuando el filamento con el paso del tiempo se hace críticamente delgado, la extracorriente de encendido será suficiente para producir su rotura al calentarse, ya que la zona más delgada del filamento se calentará mucho más rápidamente que el resto. Esta es la razón por la que las lámparas incandescentes se funden al encenderlas cuando está finalizando su vida.

Las lámparas halógenas incandescentes diseñadas para su empleo en aplicaciones donde la tónica general es una conmutación frecuente (fotocopiadores, proyectores de diapositivas), llevan un compuesto halógeno especial para evitar que el filamento se haga frágil. Este tipo de lámparas fallan sin embargo prematuramente cuando se las hace funcionar en forma continua, debido a sobrecalentamiento.

Regulación.

Las lámparas incandescentes normales pueden regularse sin restricción. Una lámpara regulada tendrá una temperatura de filamento menor, y en consecuencia una temperatura de color más baja, una eficacia luminosa inferior y una vida de funcionamiento más elevada. Por tanto, la ventaja de una larga vida es a costa de la eficacia, por lo que, en

aquellos casos en que la lámpara se deba regular casi continuamente, es preferible generalmente usar otra de menor potencia.

Por debajo de cincuenta por ciento de la tensión nominal de funcionamiento de salida de luz de una lámpara incandescente es despreciable, aunque el consumo energético sea todavía apreciable. Por esto se recomienda con insistencia que los reguladores que vayan a emplearse desconecten la lámpara al llegar al mencionado valor.

Las lámparas halógenas incandescentes también pueden regularse, ahora bien, por debajo de cierto valor la lámpara se enfría tanto que el ciclo regenerátivo halógeno se interrumpe. A partir de este punto la lámpara halógena se comporta como una incandescente normal, con la desventaja sin embargo de que en esta situación, debido al pequeño tamaño de la ampolla, se producirá un agudo ennegrecimiento de la misma y además también existe el riesgo de que el bromo libre ataque a los conductores embebidos del vástago. Esta es la razón por lo que en general no se a conseja una regulación prolongada de una lámpara halógena.

2.1.4 PRINCIPALES TIPOS DE LAMPARAS

1.- Lámparas de filamento de carbono

Este tipo de lámpara tiene filamento de carbono inyectado que trabaja bajo vacío. La ampolla es idéntica a la de una moderna lámpara GLS.

Las especiales características del filamento, son, su baja luminosidad que proporciona una luz suave y cálida, es utilizada generalmente en alumbrado decorativo.

2- Lámparas de filamento de tungsteno

Lámparas de uso general.

Las lámparas GLS constituyen la mayor parte de la producción de lámparas incandescentes, se fabrican dentro de un margen de potencias comprendido entre 15 W y 2000 W, pero la gran mayoría se encuentra entre 25 W y 200 W.

Las ampollas pueden ser claras, opalizadas, esmeriladas.

Lámparas reflectoras.

Se dividen en dos categorías principales según el vidrio de la ampolla sea soplado o prensado. Ambos grupos pueden a su vez subdividirse de acuerdo con la construcción y la aplicación.

Lámparas reflectoras de ampolla soplada.

Van provistas de un espejo anular parabólico detrás del filamento o de un espejo esférico delante de él. Las de este último tipo se denominan lámparas reflectoras de globo o cazoleta 'bowl reflector'.

Lámparas reflectoras de globo con espejo.

Tienen dispuesto el espejo frente al filamento de tal forma que apantallan éste frente a la visión directa. La luz se orienta hacia la parte posterior de la lámpara y es reflejada de forma difusa desde una pared u otras superficie iluminada, o se recoge con un espejo parabólico independiente situado detrás de la lámpara, esta disposición da lugar a un haz de luz estrecho claramente definido.

Lámparas reflectoras de vidrio prensado.

Se diferencian de los otros tipos de lámparas incandescentes en que la ampolla no ha sido soplada a partir de una simple gota de vidrio, sino que ha sido moldeada en dos piezas que posteriormente se sueldan entre sí. Con esta construcción se alcanza una elevada resistencia mecánica y térmica que permite emplear la lámpara al aire libre, incluso sin luminaria protectora.

Lámparas tubulares.

A partir de la introducción y extraordinaria difusión de las lámparas tubulares fluorescentes, el uso de las lámparas incandescentes tubulares ha quedado restringido a aquellas aplicaciones que requieran una luz suave y cálida, o donde el equipo necesariamente va asociado a las lámparas fluorescentes resulte molestoso.

Lámparas decorativas.

Las lámparas decorativas se diferencian de las normales en virtud de su color, forma o ambos. Las lámparas de destello también se utilizan a veces para decoración. Existen lámparas coloreadas decorativas opalizadas o transparentes, o con un recubrimiento translúcido especular plateado o dorado. Las lámparas reflectoras con frente coloreado se fabrican tanto en la versión de vidrio soplado como prensado.

Lámparas de balizamiento.

Las lámparas de balizamiento cuya principal misión es ser vistas, más que iluminar, comprenden las lámparas usadas en la señalización de pistas en campos de aviación y canales navegables.

Las lámparas de seguimiento empleadas en los aeropuertos, en contraposición con la mayoría de las restantes lámparas incandescentes, trabajan a corriente constante en vez de a tensión constante. En un sistema a corriente constante, todas las lámparas de un circuito se conectan en serie a la fuente de energía. Este método evita los efectos

contraproducentes de las caídas de tensión a través de los cables de alimentación, facilita la regulación y mejora la fiabilidad del sistema.

Lámparas de haz abierto 'Floodlight'.

Estas lámparas incandescentes de haz abierto son claras, de elevada potencia y van provistas de un filamento compacto exactamente emplazado para asegurar con precisión el control de haz en combinación con un reflector especular adecuado.

Lámparas para entornos hostiles.

Este grupo de lámparas incluye aquellas que deben soportar choques mecánicos y vibraciones, y también los tipos que han de usarse en lugares a temperatura ambiente elevada (lámpara para hornos). Las primeras tienen un filamento especial de tungsteno aleado de elevada resistencia a la tracción, y también un soporte de filamento reforzado respecto de los utilizados en las lámparas convencionales. Para las lámparas de hornos se utilizan materiales tales como cementos y soldaduras que pueden soportar temperaturas de 250°C y superiores.

Lámparas halógenas de tungsteno.

Las lámparas halógenas se han abierto camino en todas las aplicaciones donde se empleaban lámparas incandescentes normales. Las ventajas de las lámparas halógenas de tungsteno sobre las lámparas normales de tungsteno son:

- Mejor relación eficacia luminosa/ vida
- Más compactas
- Temperatura de color más elevada
- Poca o nula depreciación con la edad.

En cuanto a desventajas se tiene:

- Elevada temperatura en la ampolla que da problemas de recubrimiento y manipulación
- Regulación difícil
- Riesgo de explosión si se tratan en forma inadecuada
- Precio más elevado

Lámparas para tensión de red, tubulares y de casquillo en un solo extremo.-

Las lámparas incandescentes halógenas para conexión directa a la red y potencia de 250 W o superior, son generalmente de tipo tubular con doble conexión. Con muy pocas excepciones están destinadas para su aplicación en posición horizontal.

Las lámparas de un solo casquillo y tensión elevada, son generalmente de potencia más bien pequeña, aunque algunos fabricantes las construyen de hasta 2000 W. Este tipo permite mayor libertad en su colocación. Las aplicaciones típicas para ambas categorías

se encuentran en alumbrado interior y exterior por proyección, iluminación indirecta y de escaparates.

Lámparas de doble envoltura para tensión de red.

Los fabricantes de lámparas halógenas, para evitar los problemas que entraña la manipulación de este tipo de lámparas y hacer posible que puedan utilizarse en sustitución de las lámparas incandescentes normales, han desarrollado pequeñas lámparas halógenas con terminal único o doble, ubicadas en el interior de otra ampolla provista de casquillo de rosca tipo E27 o E40. Estas lámparas se denominan halógenas de doble envoltura.

Lámparas de baja tensión.

El reducido tamaño físico de las lámparas halógenas de tungsteno las hace ideales para su empleo en proyectores de haz estrecho. Sin embargo, esta aplicación requiere también un filamento compacto, esto se consigue diseñando la lámpara para una tensión de alimentación más baja. Cuando se deseen conectar a la red normal de alimentación proyectores equipados con lámparas halógenas de baja tensión, habrá de intercalarse un transformador de reducción que puede alojarse en la misma luminaria. Las tensiones habituales para este tipo de lámparas son 6V, 12 V o 24 V, con potencias entre 10 W y 250 W, además del empleo en el tipo de proyectores mencionado, éstas lámparas realmente universales tienen muchas otras aplicaciones.

Lámparas reflectoras de baja tensión.

Debido al tamaño de la ampolla necesariamente pequeña y a la elevada temperatura que alcanza, no es posible fabricar lámparas halógenas con espejo reflector interno. En su lugar se incorporan a un reflector parabólico exterior sellado, el conjunto de lámpara y reflector constituyen una unidad integrada. El espejo puede ser a su vez de tipo dicroico, para producir bien sea un haz frío o efectos de color.

2.2. LAMPARAS FLUORESCENTES

La lámpara fluorescente tubular es la más usada de las lámparas de descarga. Se usa comúnmente en todo tipo de interiores, locales comerciales, sociales y públicos. Además se emplean lámparas fluorescentes tubulares en iluminación de calles y túneles, así como también en el hogar.

Una ventaja más de las lámparas fluorescentes con los demás tipos de lámparas, es que las fluorescentes disponen de una amplia gama de colores de luz, permitiendo mayor variedad de aplicaciones.

2.2.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

El principio de funcionamiento de una lámpara fluorescente tubular se basa en la descarga en vapor de mercurio a baja presión. El tubo de descarga está relleno de un gas inerte y una pequeña cantidad de mercurio en ambas formas, líquida y vapor, en cada extremo del tubo va alojado un electrodo sellado herméticamente.

El interior del tubo está recubierto de una mezcla de polvos fluorescentes. Estos convierten la radiación ultravioleta de la descarga en mercurio, en otras longitudes de ondas más largas, dentro del intervalo visible. Se dispone para este fin de una gran variedad de polvos fluorescentes, que mezclados adecuadamente pueden producir luz de cualquier temperatura de color y características de rendimiento de color que se desee.

Para facilitar el arranque, los electrodos de la mayoría de las lámparas fluorescentes se precaldean antes de su ignición lo que se consigue por medio de un impulso de alta tensión.

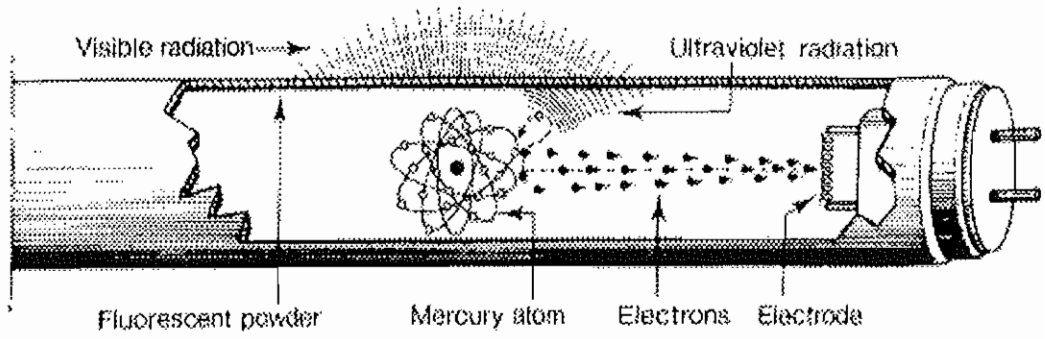
Con electrodos sin calentamiento, la lámpara lleva a menudo un electrodo auxiliar en forma de banda conductora a lo largo del interior de la pared del tubo.

Al contrario que una lámpara incandescente, una lámpara fluorescente no puede funcionar por si sola sin la ayuda de un dispositivo que limite el flujo de corriente a través de ella, a este dispositivo se lo denomina balasto, gran variedad de tubos fluorescentes necesitan de un arrancador para conectar el circuito de precaldeo y para suministrar el pico de alta tensión necesario para la ignición.

En países que utilizan como tensión de red 110/127 V, los tubos fluorescentes más largos requieren algún tipo de transformador elevador de tensión, porque si no, la diferencia entre la tensión de alimentación y la tensión a través de los electrodos sería demasiado pequeña para que la lámpara funcionase adecuadamente.

Además de las lámparas tubulares rectas básicas, existe un número de tipos especiales de forma más compacta. En este grupo se incluyen las lámparas circulares, en forma de U y W, las lámparas de tubo paralelo PL*, y aquellas en las que el tubo de descarga está doblemente plegado SL*. Estas lámparas compactas, que trabajan todas según el

principio mencionado anteriormente, incorporan con frecuencia un arrancador integral, y a veces también un balasto integral.



2.2.2 PARTES CONSTITUTIVAS.

Una lámpara fluorescente se compone de las siguientes partes principales

- Tubo
- Recubrimiento del tubo
- Electrodos
- Gas de relleno
- Casquillos de la lámpara

Tubo.

El tubo de una lámpara fluorescente normal está hecho de vidrio a la cal impurificado con óxido de hierro para controlar la transmisión ultravioleta de onda corta.

El diámetro y el largo de la ampolla han sido estandarizados. Los diámetros más comunes son 5/8 pulgadas (16 mm), 1 pulgada (26 mm) y 1½ pulgadas (38 mm). Las longitudes de la lámpara de uso más común son 2 ft (600 mm), 4 ft (1200 mm) y 5 ft (1500 mm).

Recubrimiento del tubo.

El factor más importante para determinar las características de luz de una lámpara fluorescente es el tipo y composición del polvo fluorescente (o fósforo) utilizado. Este fija la temperatura del color (apariencia de color), el índice de reproducción de color.

Fósforos Standar.- Los fósforos denominados standar (o tradicionales) muestran una banda de emisión que cubre casi todo el espectro visible, otorgando a la lámpara buena eficiencia pero pobre reproducción del color.

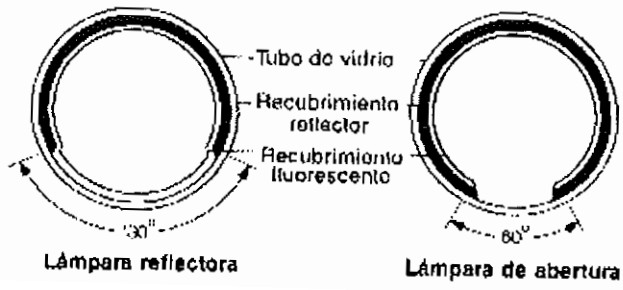
Tri - fósforos .- Una muy buena reproducción de color ahora se combina con una elevada eficiencia mediante la aplicación de polvos fluorescentes especiales que contienen ciertas tierras raras dando un pico de radiación de tres longitudes de onda bien definidas (en azul, verde, rojo) igualmente distribuidas sobre el campo visible. Estas son las denominadas lámparas tri - fósforos que pertenecen a la serie "color 80".

Multifósforos.- Las lámparas denominadas multifósforos contienen una mezcla de fósforos elegidos de forma tal que cubren la totalidad del espectro visible, ofrecen la reproducción de color más alta posible de todos los tipos de lámparas fluorescentes. Estas lámparas multi - fósforo pertenecen a la serie 90.

Revestimientos extras.- Las ampollas de lámparas fluorescentes a veces reciben una capa especial extra, además del polvo fluorescente, éstas principalmente son:

Capa de Silicona.- Esta se aplica a la parte exterior de aquellas lámparas utilizadas en circuitos sin arrancador, para prevenir problemas de encendido bajo condiciones de mucha humedad.

Capa Reflectora.- Las lámparas fluorescentes reflectoras reciben una capa extra consistente en un polvo opaco blanco (óxido de aluminio), colocado sobre una parte de la circunferencia, entre la pared de la ampolla y el recubrimiento fluorescente. La luz parte de la lámpara a través de la franja de la ventana que sólo posee un recubrimiento de polvo fluorescente normal.



Electrodos.

Los electrodos de las lámparas, que poseen una capa de material emisor adecuado, sirven para conducir la energía eléctrica a la lámpara y proporciona los electrones necesarios para mantener la descarga.

La mayoría de los tubos fluorescentes poseen los electrodos que se precalientan mediante una corriente eléctrica justo antes del encendido (se llaman lámparas de electrodos precalentamiento siendo iniciado este precalentado por un arrancador independiente).

También, existen tubos fluorescentes que poseen electrodos calentados en forma continua (lámparas de encendido rápido) y aquellos que poseen electrodos sin precalentado alguno (lámparas de encendido instantáneo o frío). Ambos tipos se utilizan en circuitos que no poseen arrancador independiente, y generalmente utilizan un electrodo auxiliar o una cinta conductora para facilita el encendido.

Gas de relleno.

El gas de relleno en una lámpara fluorescente consiste de una mezcla de vapor de mercurio saturado y un gas inerte amortiguador.

Los gases amortiguadores más comunes son argón y kriptón.

Bajo condiciones normales, el mercurio se encuentra en el tubo de descarga tanto en forma líquida como de vapor. El mayor rendimiento se logra con una presión de vapor de mercurio de alrededor de 0.8Pa, combinado con una presión del amortiguador de alrededor de 2500Pa (0.025 atmósferas). Bajo éstas condiciones alrededor de un 90 por ciento de la energía irradiada es emitida en la onda U.V. de 254nm.

Casquillos de las lamparas.

Una lámpara fluorescente con filamentos caldeados necesita dos casquillos, uno en cada extremo, y cada uno de ellos con dos contactos. Las lámparas de arranque en frío emplean casquillos de un solo contacto.

Los contactos de estas lámparas son principalmente de tipo clavija y base. Las lámparas de elevada potencia o aquellas que utilizan electrodos auxiliares llevan contactos escondidos

La denominación de los casquillos para lámparas fluorescentes siguen los códigos de la CIE descritos anteriormente.

Los tipos de casquillos más comúnmente utilizados son los siguientes:

- **Dos contactos**

G5	para lámparas miniatura de mm
G13	para lámparas de 26,32 y 38 mm
G20	para lámparas de 54 mm
R17d	contactos escondidos para lámparas de 38 y 54 mm

- **Cuatro contactos**

G10	para lámparas circulares

- **Un solo contacto**

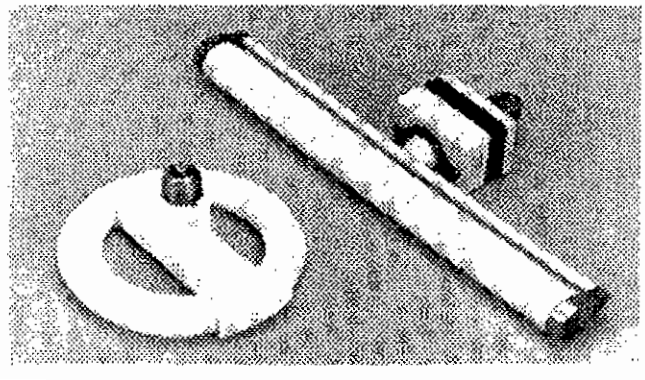
Fa6	para lámparas empleadas en zonas con riesgo de explosión
Fa8	para lámparas de arranque en frío tipo Slimline
R18s	de contacto escondido para otras lámparas de arranque en frío.

Las lámparas fluorescentes de una sola extremidad utilizan a menudo casquillos de diseño especial. Aquellas con equipo de control incorporado emplean el casquillo de rosca normalizado E27 o el de bayoneta B22 para poderlas emplear con el portalámparas de las lámparas incandescentes convencionales GLS.

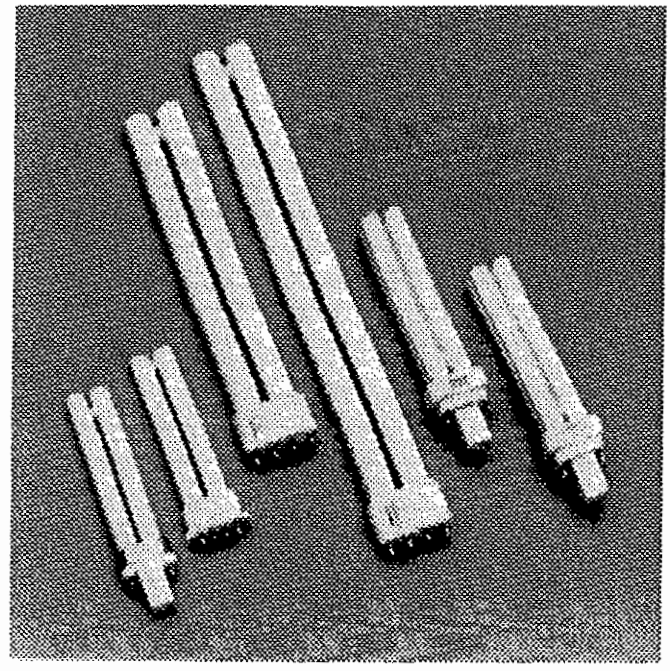
2.2.3. LAMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS

Las lámparas fluorescentes compactas se han desarrollado para ser utilizadas en aquellas aplicaciones en las que tradicionalmente se utilizaba lámparas incandescentes. En la actualidad pueden distinguirse cuatro formas básicas de lámparas compactas.

- Tubo fluorescente convencional de 26 o 38 mm generalmente curvado en forma de círculo y equipado con un balasto integral y cebador, con casquillo normalizado de rosca o bayoneta .



- Dos o más tubos paralelos de pequeño calibre, interconectados por o cerca de los extremos de modo que ofrezcan un camino continuo para la descarga eléctrica.

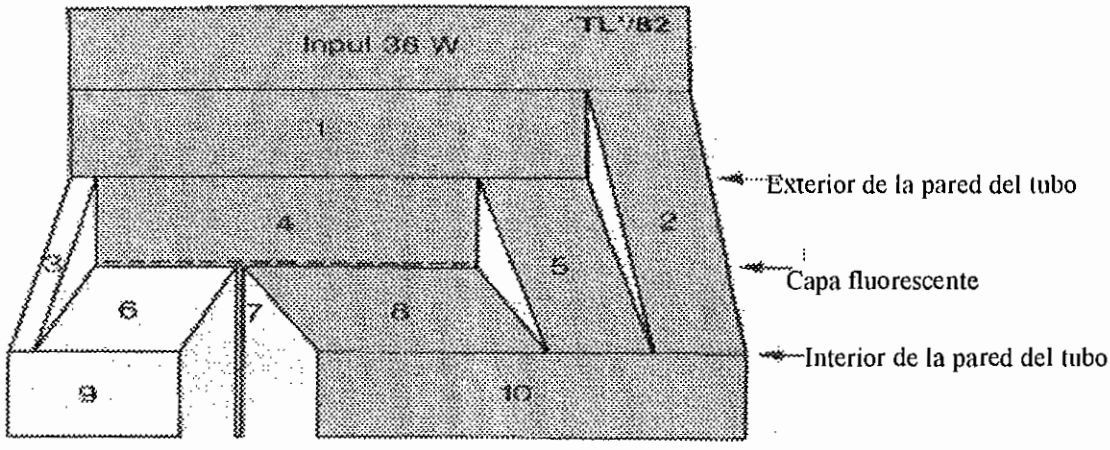


El principal problema encontrado durante el desarrollo de la lámpara compacta fue conseguir un material fluorescente que fuese más resistente a la mayor densidad de radiación ultravioleta que los halofosfatos tradicionales, la solución se encontró en los fósforos de banda estrecha que son más estables, como por ejemplo los que se emplean en las lámparas fluorescentes de tres bandas de la serie 80.

Otro problema surgió por la elevada temperatura de operación generalmente encontrada en las lámparas fuertemente cargadas. La solución adoptada consistió en prolongar los tubos paralelos algunos centímetros más allá del punto de interconexión. Estos extremos inactivos forman puntos fríos que mantienen la presión de vapor de mercurio más baja. En el caso de la lámpara SL*, que va encapsulada dentro de una envoltura de vidrio, se optó por rellenar el tubo de descarga con amalgama en lugar de mercurio puro, de esta forma se aseguró un funcionamiento eficiente para la elevada temperatura reinante en el interior de la envoltura

2.2.4. CARACTERISTICAS DE COMPORTAMIENTO

Hagamos el balance energético de un tubo fluorescente de 36W, color 82, funcionando a una temperatura de 25° C sin corrientes de aire.



Balance energético de una lámpara de 36W

1. Potencia de la columna de la descarga 30.1W.
2. Pérdidas térmicas en los electródos 5.9W.
3. Radiación visible procedente de la columna de descarga 1.2W.
4. Radiación U.V. procedente de la columna de descarga 22.5W.
5. Pérdidas térmicas en la columna de descarga 6.5W.
6. Radiación visible procedente de la capa fluorescente 8.8W.
7. Radiación ultravioleta 0.2W.
8. Radiación infrarroja 13.5W.
9. Radiación visible total 10W.
10. Radiación infrarroja de convección y conducción 25.8W

Se ve que aproximadamente el 30% de potencia de entrada se emite en forma de radiación visible y aproximadamente un medio por ciento en forma de radiación ultravioleta de onda larga. El resto se pierde en forma de calor.

Las pérdidas térmicas se deben principalmente a:

- Recalentamiento de los electrodos como consecuencia del constante bombardeo con los iones rápidos procedentes de la descarga.

- Procesos térmicos producidos en la propia descarga debidos a colisiones que no conducen a excitación o ionización.

- Calor generado en la capa fluorescente como resultado de la absorción de radiación ultra violeta y visible procedente de la descarga y de la pérdidas cuánticas inherentes al proceso de fluorescencia.

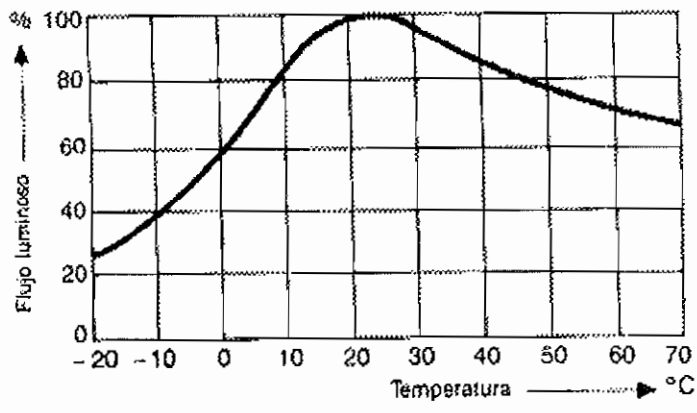
En la propia descarga tienen lugar tres procesos distintos que afectan a la transferencia de energía:

1. Colisiones entre los electrones libres y los átomos de gas que no producen cambios en la estructura de éste. La transferencia de energía sólo origina cambios de dirección, de velocidad o de ambas cosas.

2. Colisiones entre los electrones libres y los átomos de gas con suficiente energía para llevar al átomo a un estado excitado. Como consecuencia de esto, un electrón del átomo es impulsado hacia una órbita de mayor energía, al retornar a su órbita estable una fracción de segundo después, se emite un cuanto de radiación electromagnética.

3. Colisiones entre los electrones libres y los átomos del gas, en las que la energía del impacto es tan grande que se produce ionización. Uno o más electrones se liberan completamente del átomo, formando entonces más electrones libres e iones cargados positivamente.

Influencia de la temperatura ambiente y la presión de vapor de mercurio sobre la salida de la luz.



A la temperatura normal de trabajo, los átomos del gas portador (argón, neón, kryptón) exceden en un número a los átomos de mercurio, en un factor de 3000 a 1, no obstante la probabilidad de excitar un átomo de mercurio es mayor debido a que sólo se necesita aproximadamente la mitad de la energía para llevar un electrón a una órbita excitada.

El mercurio está presente tanto en forma líquida como gaseosa. El mercurio líquido se encuentra en el lugar más frío, es decir sobre la pared del tubo. La presión de vapor del mercurio gaseoso queda fijada por la temperatura del punto más frío. Al aumentar la temperatura, el mercurio líquido se evaporará, incrementándose consecuentemente la presión de vapor.

Inversamente, si decrece la temperatura, el vapor de mercurio se condensará en forma de pequeñas gotas sobre el punto más frío, dando como resultado una drástica reducción de la presión de vapor.

A bajas temperaturas se tendrá por tanto un número insuficiente de átomos de mercurio gaseoso para la descarga, en relación con la oferta de electrones libres. La salida de luz de la lámpara decrecerá así rápidamente a temperatura ambiente por debajo de los 15° centígrados. Por el contrario, a elevadas temperaturas existirán demasiados átomos de mercurio en estado gaseoso que absorberán entre sí energía radiante convirtiéndola en calor radiante . Es decir que con el incremento de temperatura la salida de luz decrece, aunque en una proporción menor.

Eficacia luminosa.

Cuando se define la eficacia luminosa de una lámpara fluorescente, debe hacerse una clara distinción entre la eficacia de la lámpara y la del sistema asociado a la misma. Esta última como su nombre sugiere, toma también en consideración las pérdida de energía en el circuito del gas que opera.

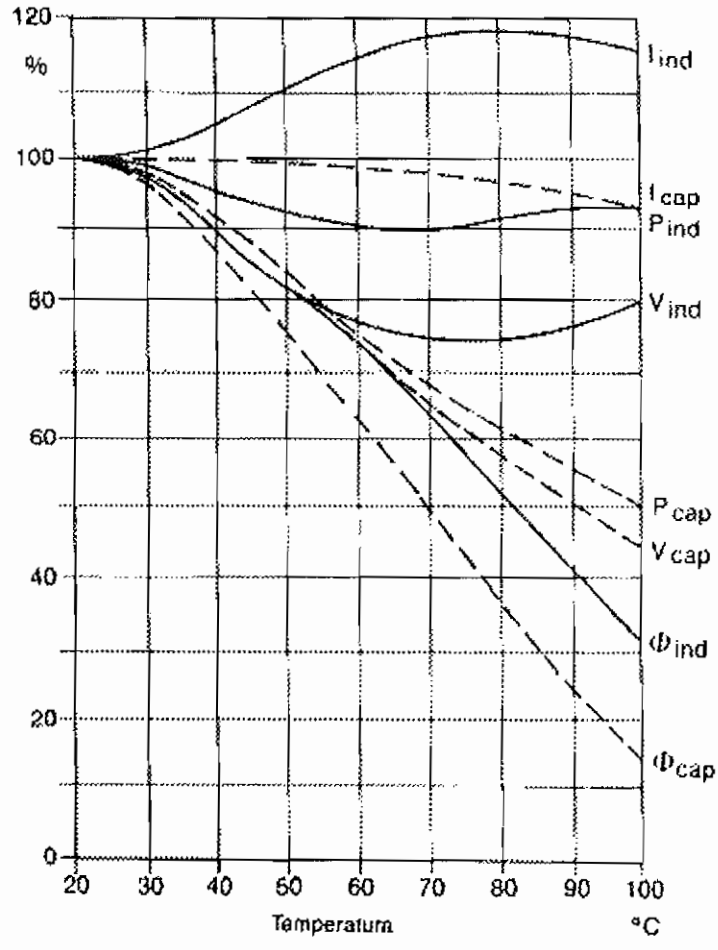
Aunque sería siempre más relevante expresar la eficacia luminosa en términos de eficacia del sistema, es problemático hacerlo porque depende del tipo de circuito utilizado y de los componentes empleados, factores que están generalmente fuera del control del fabricante de la lámpara.

La eficacia luminosa de una lámpara fluorescente está influenciada por muchos factores:

Potencia de la lámpara
Dimensiones
Construcción del electrodo
Tipo y presión del gas de relleno
Propiedades físicas y químicas de la capa fluorescente
Características de tensión del suministro de energía
Temperatura ambiente

Influencia de la temperatura ambiente.

De igual modo que la salida de luz, la eficacia luminosa e una lámpara fluorescente tubular decrece si la temperatura ambiente se encuentra por encima o debajo del valor óptimo, no obstante, como la potencia disipada por la lámpara también decrece rápidamente con el incremento de la temperatura (especialmente en un circuito capacitivo), la eficacia luminosa caerá de hecho más rápidamente que el flujo luminoso.



Influencia de la capa fluorescente.

En ausencia de un recubrimiento fluorescente, la eficacia luminosa de la descarga de mercurio a baja presión sería del orden de 5 lm/W. Los polvos más eficientes de que se dispone para luz blanca permite alcanzar una eficacia luminosa de aproximadamente 100 lm/W.

Está claro que la naturaleza de la capa fluorescente es el factor individual que más contribuye a la determinación de la eficacia luminosa de la lámpara fluorescente.

El proceso de fluorescencia va acompañado de un pérdida de energía radiante. Esto sucede de dos formas:

- Por el hecho de que cada cuanto de radiación de onda corta incidente, libere un único cuanto de longitud de onda más larga y tiene un nivel energético más bajo.
- Otras pérdidas son el resultado de la transmisión o absorción de radiación ultra violeta que no se convierte en visible.

El espesor y la estructura cristalina de la capa fluorescente determina el grado de pérdidas que raramente superan un pequeño porcentaje.

Finalmente la eficacia luminosa está influenciada por la distribución espectral de la luz, cuanto más elevada es la proporción de radiación emitida en aquellas bandas de ondas para las que el ojo es más sensible, mayor será la eficacia luminosa, pero generalmente a costa de rendimiento de color.

En la práctica la eficacia luminosa de lámpara fluorescente tubular se encuentra entre 40 lm/W y 100 lm/W para los tipos de mayor potencia.

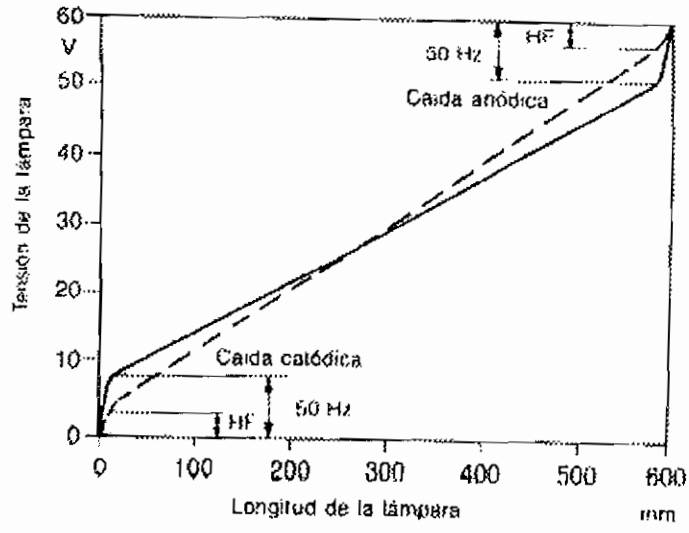
Influencia de la frecuencia de alimentación.

En teoría se obtendría la mayor eficacia luminosa posible con una lámpara fluorescente conectándola a una red de corriente continua (c.c) si no se tuvieran en cuenta las elevadas pérdidas en el balasto asociadas. En la práctica por el contrario, la gran mayoría de las lámparas fluorescentes funcionan con corriente alterna (c.a.) y frecuencias de red de 50 o 60Hz.

Con la alimentación en c.a. el estado de ionización del gas de relleno varía con el valor instantáneo de la corriente de la lámpara, cambiando la impedancia de la lámpara continuamente a lo largo del ciclo. El resultado es una súbita caída de tensión en la columna de descarga cerca de cada electrodo.

Este fenómeno denominado caída de ánodo (o cátodo), es indeseable porque la potencia disipada cerca de los electrodos no produce radiación alguna, sino que meramente sirve

para calentar los electrodos. Cuanto más elevada sea la frecuencia de suministro, más estable será la impedancia de la lámpara, el estado de ionización no es capaz de seguir los rápidos cambios del ciclo de ondas. Por encima de los 1000 Hz, la forma de onda de tensión de la lámpara será una verdadera onda senoidal libre de distorsión, resultando una disminución en la caída del ánodo (y cátodo) de unos 10 voltios, en comparación con la que existía a 50Hz. Está es la primera razón por lo que la eficacia luminosa mejora generalmente empleando un balasto de alta frecuencia, además de que tal balasto también reduce las pérdidas en los electrodos y funciona con más eficiencia.



APARIENCIA DE COLOR Y RENDIMIENTO DE COLOR

Apariencia de color.

La temperatura de color de las lámparas fluorescentes blancas varía aproximadamente entre 2700K y 7500 K. La comisión Electrotécnica Internacional (IEC), con fines prácticos de aplicación, ha sugerido la siguiente clasificación general en cuanto a la apariencia de color, de acuerdo con la temperatura de color:

Apariencia de color	**Temperatura de color**
blanco cálido	3000 °K
blanco	3500 °K
blanco frío	4200 °K
luz del día	6500 °K

Rendimiento de color.

Puede efectuarse otra clasificación del color basándose en el índice de rendimiento de color Ra de la lámpara.

Las lámparas con un Ra inferior a 80 dan solamente un rendimeinto de color moderado. Tales lámparas son adecuadas para exteriores o como alumbrado de orientación y para aquellas actividades industriales donde la discriminación del color no sea crítica. Las lámparas con índice de rendimiento de color entre 80 y 90 generalmente encuentran aplicación para locales comerciales y sociales así como el hogar. Finalmente las lámparas con el mejor rendimiento de color, es decir con una Ra por encima de 90, se utilizan en aquellos casos para los que resultan particularmente críticos los requisitos sobre rendimiento de color, tal sucede en museos, hospitales, cierto tipo de tiendas, estudios gráficos y de diseño y otros lugares en los que el trabajo que se realiza exige una gran precisión en comparación y evaluación de los colores.

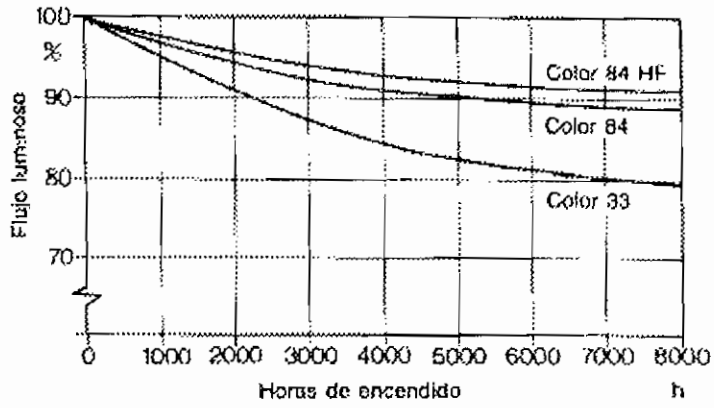
En la siguiente tabla se muestra la clasificación de las lámparas TL Philips en cuanto a temperatura de color y rendimiento de color.

Grupo de color		Código de color Philips	Temperatura de color (K)	Indice de rendimiento de color (Ra)	Eficacia luminosa (lm/W)
blanco-cálido	Ra<80	29	2900	52	78
	80<Ra<90	32	2700	83	49
		82	2800	85	80
		83	3000	85	80
	Ra>90	27	2700	92	44
		92	2700	94	65
		93	3000	95	65
blanco	Ra<80	35	3400	58	76
	80<Ra<90	36	3700	83	42
		34	3800	87	53
	Ra>90	94	3800	96	65
blanco-frío	Ra<80	33	4100	65	78
		25	4100	77	62
	80<Ra<90	84	4000	85	80
	Ra>90	38	4000	90	50
		37	4200	97	46
		47	5000	97	46
		95	5000	98	65
luz día	Ra<80	54	6500	77	65
	80<Ra<90	86	6000	85	80
	Ra>90	55	6500	95	50
		57	7500	94	45

Vida de la lampara y su depreciación.

Vida de la lámpara

El final de la vida de una lámpara fluorescente se alcanza normalmente cuando ha desaparecido tal cantidad de material emisor de electrones como resultado del constante bombardeo de iones procedentes de la descarga, que la tensión de trabajo ha llegado a ser demasiado elevada en relación con la tensión de la red de suministro, y la lámpara ya no arranca. Este proceso se acelera debido a varios factores, tales como precaldeo insuficiente de los electrodos, conmutaciones excesivas, y picos agudos en la corriente de la lámpara.



Los arranques en frío y los picos agudos de corriente acortan la vida de la lámpara considerablemente

En un circuito de un lámpara con precaldeo, es esencial que los electrodos alcancen su temperatura adecuada (800°C aproximadamente) antes de que se produzca cualquier intento de arranque de la lámpara.

Fallos de este tipo acortarán drásticamente la vida de la lámpara. Si se tiene cuidado de efectuar el precaldeo adecuado, el efecto de la frecuencia de conmutación sobre la vida de la lámpara es mucho menos pronunciado.

Respecto a los picos agudos de corriente, estos deberán ser tales que no exceda nunca el valor del factor de pico especificado por el fabricante. Se define este como la relación entre el valor de pico de la corriente de la lámpara y el valor eficaz. El factor de pico máximo permisible es de 1.7.

Desgraciadamente, incluso con un balasto choke (inductivo) de muy buena calidad, se alcanzará un valor cercano al máximo. Sin embargo, utilizando un balasto electrónico de

alta frecuencia, el factor de pico se aproxima a la unidad. Esta es una de las razones por las que las lámparas que funcionen con balastos electrónicos tienen un promedio de vida mayor que las que trabajan con balastos tradicionales.

Depreciación.

Durante la vida de la lámpara el flujo luminoso decrece, después de 8000 horas de trabajo estará entre el 70% y el 90% del flujo inicial. La causa principal de la depreciación es que los polvos fluorescentes se han ido haciendo lentamente menos efectivos, probablemente como consecuencia del ataque químico producido por los iones de mercurio.

La intensidad de la depreciación depende de la carga de pared (definida como la relación entre la corriente de la lámpara y la superficie de pared) y del tipo de polvos fluorescentes empleados, los fósforos de tres bandas presentan una depreciación considerablemente menor que los halofosfatos. Cuando se emplean mezclas de diferentes polvos fluorescentes, puede ocurrir a veces que las lámparas viejas muestren una ligera decoración en comparación con las nuevas.

Una segunda causa de depreciación está motivada por el ennegrecimiento de la pared del tubo, especialmente hacia sus extremos, debido al material emisor dispersado. Si se emplean balastos de alta frecuencia se conseguirá una menor dispersión del material emisor, lo que a su vez dará una intensidad de depreciación menor.

2.2.5. EQUIPOS DE CONTROL

Circuitos de conexión de lamparas fluorescentes

Limitación de Corriente.

Las lámparas de descarga tienen una característica de resistencia negativa, por lo que necesita trabajar con un dispositivo limitados de corriente el que se lo llama balasto.

A fin de evitar que la corriente aumente sin control, los balastos, con características de resistencia positiva pueden ser:

- Una resistencia
- Una capacitancia
- Un choke o inductancia (autoinducción)
- Un circuito electrónico

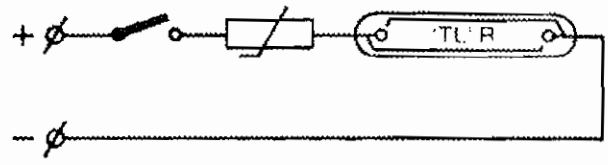
Cada uno de ellos tiene sus ventajas y desventajas específicas, según se verá en la sección siguiente, pero cada tipo ha encontrado su aplicación práctica de una u otra forma.

TIPOS DE BALASTOS.

Balastos resistivos

Esta es una forma de limitación de corriente muy antieconómica, porque la energía eléctrica se disipa en forma de calor. A pesar de ello, hasta la aparición de los circuitos electrónicos, un resistor en serie era la única forma de estabilizar las lámparas fluorescentes alimentadas por corriente continua.

Para lograr una buena estabilidad con un balasto resistivo, es necesario que la tensión de la red sea al menos el doble de la tensión de la lámpara en condiciones normales de trabajo. Esto significa que el cincuenta por ciento de la potencia se disipará en balasto. Se consigue sin embargo un considerable aumento de la eficiencia, utilizando un resistor con una característica de temperatura muy positiva (una lámpara incandescente corriente o de construcción especial, sirve muy bien para estos fines). Un resistor dependientemente de la temperatura, compensa las variaciones en la corriente de la lámpara, resultantes de las variaciones en la tensión de red, lo que significa que la tensión de alimentación no necesita ser más del 25 % al 30 % superior a la tensión de la lámpara. Esta es también la proporción de potencia disipada por el balasto en comparación con la potencia total del circuito.



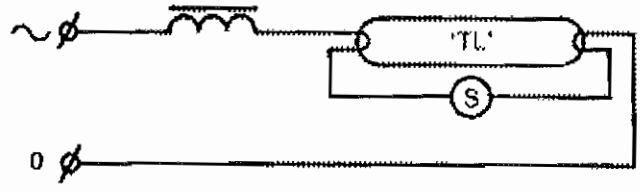
Balastos Capacitivos

Un condensador empleado como balasto presenta muy pocas pérdidas, pero no puede usarse por sí solo, porque daría lugar a la aparición de picos muy agudos en la forma de la corriente de onda de la lámpara, para cada semiciclo. Solamente par muy altas frecuencias puede servir satisfactoriamente un condensador como balasto.

Balastos inductivos

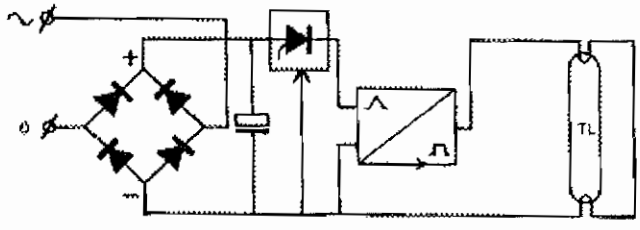
Una inductancia o choke presenta unas pérdidas algo más altas que las de un condensador, pero produce mucha menor distorsión en la corriente de la lámpara para 60Hz. Esto hace que sea el balasto ideal para aplicaciones normales en corriente alterna. Además en combinación con un conmutador de arranque (cebador), puede producir el impulso de alta tensión necesario para la ignición de la lámpara.

En la práctica un balasto inductivo consiste en un gran número de espiras de hilo de cobre arrolladas sobre un núcleo formado por láminas de hierro. Las pérdidas térmicas se producen por la resistencia ohmica o arrollamiento y por la histéresis en el núcleo, una gran parte de ellas dependen de la construcción mecánica del balasto y del diámetro del hilo de cobre.

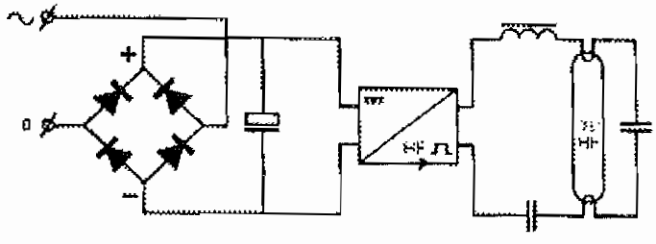


Balastos electrónicos.

Los balastos electrónicos, aunque más caros especialmente los tipos para alta frecuencia, ofrecen importantes ventajas sobre los balastos inductivos convencionales, tales como:



Balasto electrónico de baja frecuencia



Balasto electrónico de alta frecuencia

- Mejoran la eficacia de la lámpara y del sistema
- No producen parpadeo o efecto estroboscopio
- Arrancan instantáneamente sin necesidad de cebador auxiliar
- Aumentan la vida de la lámpara
- Tienen excelentes posibilidades de regulación de luz
- No necesitan corrección del factor de potencia
- No producen zumbido ni otro tipo de ruidos
- Tienen menor peso, especialmente para grandes tamaños de lámpara
- Se pueden utilizar también con corriente continua.

El diseño básico de un balasto electrónico implica la incorporación de un puente rectificador para convertir la alimentación de corriente alterna en corriente continua, seguido de un tiristor regulador (Chooper) cortador. La puerta de este último, está conectada al circuito de la lámpara con una tensión controlada de onda cuadrada, a fin de mejorar aún más la eficiencia del sistema.

Otro método, mucho más popular, consiste en rectificar la corriente de la red y convertirla en una señal de alta frecuencia, de onda cuadrada, dentro del intervalo de 20 a 100 Mhz. Para controlar la corriente de la lámpara se emplea bien un circuito electrónico de estabilización o un balasto inductivo convencional, pero mucho más pequeño y por tanto más eficiente. En este último caso la regulación de la luz se consigue sencillamente, aumentando la frecuencia. El balasto electrónico de HF Philips se basa en este principio.

Corrección del factor de potencia.

Un condensador ideal bloquearía la corriente continua, pero dejaría pasar através de el la corriente alterna. En el caso de la tensión de una corriente continua sinusoidal, en los picos de tensión no se produce paso de corriente a través del condensador, la corriente alcanza su valor máximo en el momento en que la tensión pasa su valor cero. El resultado se reduce a una desviación de fase de 90° entre la corriente y la tensión de adelanto de la primera.

Para una autoinducción ideal lo opuesto a lo dicho también es verdad; constituye un perfecto conductor para la corriente continua y casi un circuito abierto para la corriente alterna, la corriente se retrasa 90° respecto de la tensión.

Un valor bajo del factor de potencia no es deseable ya que, para la misma potencia consumida, fluye una corriente superior a la normal a través de los conductores, cableado accesorio y equipo de distribución con el resultado de que la carga útil a utilizar se reduce.

En una instalación de alumbrado por fluorescencia que emplee solo balastos inductivos, esta cifra no puede conseguirse. Con una lámpara SL por ejemplo, el factor de potencia no es mayor de 0.45, así donde vayan a instalarse un número considerable de este tipo de lámparas, habrá de añadirse un sistema de compensación adecuado.

Por lo dicho, puede decirse que introduciendo una capacidad en serie o paralelo para compensar la desviación de fase producida por la autoinducción, el problema quedaría resuelto. Pero un circuito de tales características tendría una impedancia cero y actuaría por tanto como un oscilador, lo que realmente no es muy deseable. Por ello en la práctica la mitad de las lamparas se instalan con balastos capacitivos (balastos en los que el condensador de compensación tiene un impedancia doble que la del choke), y la otra mitad trabaja con balastos inductivos sin compensación alguna.

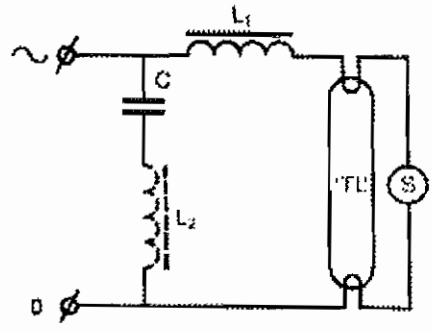
Las lámparas deben distribuirse lo más equilibradamente posible y uniformemente sobre las tres fases de la red de suministro.

Se han encontrado dos formas prácticas de conseguir esto: monocompensación y bicompensación.

Monocompensación

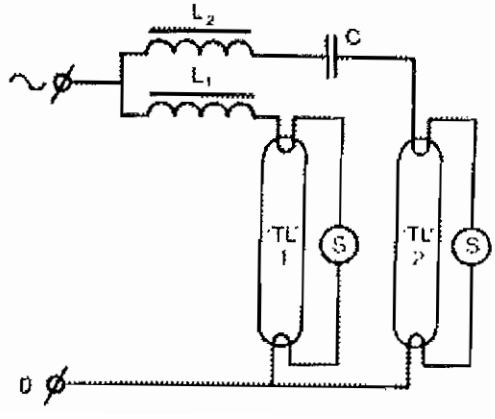
Consiste en una capacidad en paralelo con el circuito de la lámpara. Los valores típicos de capacidad para una red a 50Hz son 4.2 μF para las lámparas fluorescentes de 36 a 40 W, y de 6.5 μF para las de 58 a 65 W. En aquellas zonas donde se envíen a través de la red señales de alta frecuencia.

Por ejemplo con fines de conmutación se ha de colocar un filtro inductivo en serie con el condensador a fin de cortocircuitar dichas señales.



Bicompensación.

Esta se emplea, como su nombre indica, para parejas de lámparas, por ejemplo en luminarias de dos lámparas. Aquí, la capacidad se conecta en serie con uno de los balastos. En algunos países, prácticamente todas las luminarias multilámpara, llevan incorporada una bicompensación para cada par de lámparas (también llamado circuito lámpara - dual o circuito lead-lag) . La monocompensación, por otro lado, está generalmente en manos del instalador, aunque ciertos tipos de luminarias de una sola lámpara se suministran y con su compensación incorporada.



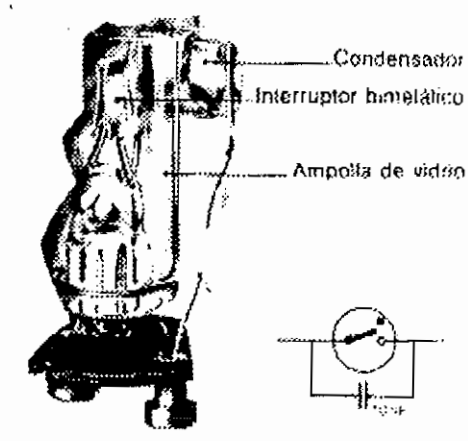
Ignición.

La resistencia interna de una lámpara fluorescente tubular fría es demasiado alta como para arrancar automáticamente cuando se aplica la tensión de suministro. Es por tanto necesario procurarle alguna ayuda para la ignición puede iniciarse. Esto implica en la práctica una o más de las siguientes soluciones:

- Precaldeo de los electrodos para facilitar la disipación de electrones
- Incorporar un conductor externo sobre o cerca del tubo de la lámpara, bien conectando a tierra o conectado a uno de los electrodos. El campo eléctrico así creado facilita la descarga inicial. Una solución alternativa es la aplicación de un recubrimiento.
- Añadir un electrodo auxiliar interior en forma de una o dos tiras metálicas dispuestas a lo largo del tubo.
- Suministrar una tensión pico suficientemente alta como para poder iniciar la descarga.

Circuitos de arranque por precaldeo.

Los circuitos de lámpara fluorescente se dividen de modo general en circuitos con y sin arrancador independiente. En los circuitos con arrancador, los electrodos se caldean previamente durante algunos segundos, a continuación se aplica un pico de tensión a través de la lámpara para iniciar la descarga. Este proceso se controla con un interruptor automático combinado con el balasto denominado cebador o arrancador.



Un arrancador consta de dos electrodos, al menos uno de ellos bimetálico, encerrados en una ampolla de vidrio rellena de gas argón/helio. Un condensador en paralelo con los electrodos evita las radio transferencias producidas por la descarga. Cuando se aplica tensión se produce una descarga luminosa entre los electrodos cuya iniciación se favorece por los electrodos libres producidos por una pequeña adición de un isótopo radiactivo, bien tritio o kriptón 85.

El calor originado en la descarga luminosa produce la curvatura de los electrodos bimetálicos de modo que entran en contacto cerrándose así el circuito eléctrico de la lámpara y permitiendo que la corriente de caldeo pase a través de los electrodos de la lámpara.

Entre tanto, la descarga en la ampolla del cebador se ha interrumpido permitiendo que los electrodos se enfríen y por tanto se desconecten. La apertura de dichos contactos interrumpe la elevada corriente que fluye a través del balasto inductivo y de los electrodos de la lámpara, dando lugar a un pico de tensión del orden de 1000 V, valor suficiente para enceder la lámpara. Si la lámpara no enciende al primer intento se repite el proceso automáticamente.

Tipos de cebadores.

Existen varios tipos de arrancadores de descarga luminosa, adecuados a las diferentes cargas. Philips fábrica los siguientes:

- S2 para lámparas con tensión máxima de arco de 60 V (lámparas de 18/20 W)
- S10 para lámparas con tensión máxima de arco de 100 V (lámparas de 58/65 W)
- S12 para lámparas de elevada potencia que trabajan a 220 V
- S16 para lámparas de elevada potencia que trabajan a 240 V

Dos lámparas en serie, que trabajen con un balasto común, necesitan dos arrancadores independientes, so pena de que se disponga de un circuito de precaldeo separado.

Arrancadores electrónicos.

Además de los arrancadores de descarga luminosa, existen también los arrancadores electrónicos. Estos proporcionan tanto la corriente de precaldeo como el impulso de arranque mediante un circuito tiristor. Los arrancadores electrónicos ejecutan sólo una muy determinada tentativa de arranque, por tanto el parpadeo durante la fase de encendido queda eliminado. Otras de las ventajas son que el arranque a bajas temperaturas es mucho más seguro y que la vida de la lámpara aumenta.

En los circuitos electrónicos de alta frecuencia, la función de arranque va incorporada en el balasto.

Circuitos precaldeados sin arrancadores.

Circuitos para lámparas con electrodos continuamente caldeados.

Por razones de simplicidad y de fiabilidad, se han diseñado circuitos de lámparas que no utilizan un cebador separado. Estos caen dentro de los grandes grupos: con o sin provisión de precaldeo de los electrodos.

Cualquier lámpara fluorescente de 38 mm de diámetro y longitud no superior a 1.2 metros (40 W), dotada de electrodos precaldeados adecuadamente, arrancará expontáneamente en redes de 220/240 V bajo condiciones óptimas de temperatura ambiente. No obstante, a fin de asegurar que el arranque estará libre de problemas en condiciones normales de trabajo, las lámparas precaldeadas sin arrancador funcionan según uno de los dos circuitos siguientes:

1. Circuito con balasto semi-resonante
2. Circuito no resonante o de arranque rápido

Circuito con balasto semi-resonante.

Aumentando la tensión de arranque aplicada a través de los electrodos desde 220 V hasta unos 260 ó 280 V, se consigue un arranque seguro dentro de un intervalo de temperaturas más amplio. El circuito semi-resonante con el que se logra este aumento consiste en un balasto inductivo único acoplado a un arrollamiento adicional con mayor número de espiras, en oposición al primero, y un condensador en serie. Cuando se conecta este circuito, se precaldean los electrodos por la corriente que fluye a través del circuito serie (aunque algunas veces se utiliza un transformador de caldeo independiente) solamente, mientras que la corriente de la lámpara circula a través del balasto. Una vez que la lámpara se ha encendido, continúa pasando la corriente de caldeo, pero a un régimen más reducido.

Utilizando electrodos especiales de baja resistencia, se reduce todavía más el consumo de energía en esta etapa: una ventaja adicional del balasto semi-resonante estriba en la eliminación de la necesidad de compensar por separado el factor de potencia, ya que el arrollamiento sobrebobinado en oposición, da lugar a una corriente capacitiva que mejora el factor de potencia total.

Circuito de arranque rápido.

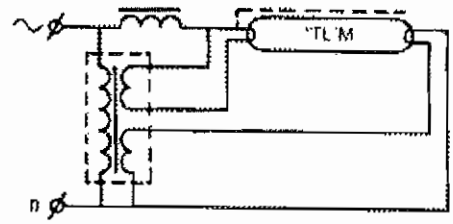
Existe también la posibilidad de encender lámparas sin precaldeo de arranque a 220 V en un circuito con balasto normal es decir no resonante, pero entonces el margen de temperatura sobre el que es posible un arranque seguro es bastante más reducido .

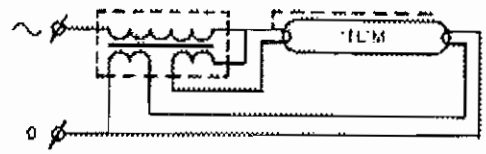
Para facilitar el proceso de ignición lo más posible, las lámparas desprovistas de caldeo previo, utilizadas en estos circuitos denominados de arranque rápido, van provistas frecuentemente de un recubrimiento conductor interno o bien de una banda exterior conductora.

El conductor está conectado a uno de los electrodos a través de una resistencia de 1 MΩ, en el caso de banda externa, para evitar accidentes cuando se manipula la lámpara bajo tensión. Las lámparas Philips de arranque rápido 'TL'M van equipadas de una banda externa de este tipo. Estas lámparas y aquellas otras destinadas para uso en circuitos sin arranque, van también provistas de un recubrimiento de silicona para evitar problemas de arranque en ambientes húmedos.

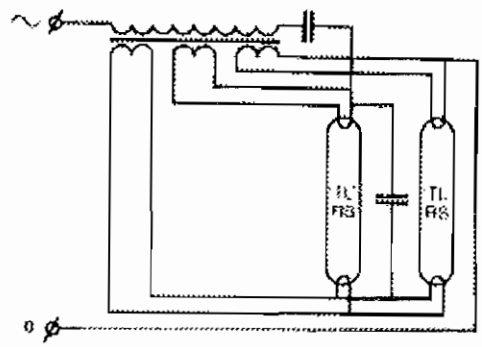
Las lámparas que no disponen de conductor de arranque - tales como los tipo Philips 'TL' RS deben instalarse no más lejos de dos centímetros de un conductor metálico puesto a tierra que puede constituir una parte de la luminaria.

En circuitos de arranque rápido la corriente de precaldeo para los electrodos la proporciona generalmente un transnformador independiente o bien un arrollamiento secundario, a modo de transformador, sobre el balasto.





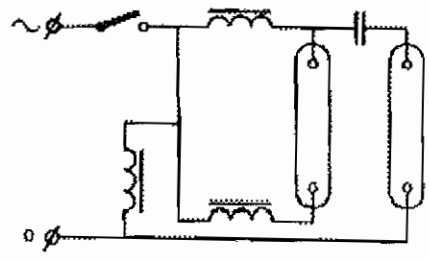
Dos lámparas de 20W pueden funcionar sin arrancador, dispuestas enserie, sobre una red de 220/240 V, con un balasto común en un circuito de arranque rápido. No obstante, es necesario disponer las cosas para que arranque una trás otra lo que se logra incorporado un condensador auxiliar en paralelo con la primera lámpara. Este se llama un circuito de arranque secuencial.



Circuitos de arranque frío.

La ignición se hace más difícil con electrodos en fríos que con electrodos caldeados. Además, los electrodos han de ser más robustos porque el material emisor se dispersa con facilidad cuando los electrodos se arrancan de los cátodos fríos.

Existe, de hecho, dos caminos para un arranque en frío seguro. El primero consiste en utilizar un balasto muy grande para producir un impulso extra - alta tensión, suficiente para arrancar la lámpara en frío. Pero un voluminoso y costoso balasto es innecesario para el funcionamiento estable, por esto siempre que es posible, dos lámparas trabajan en serie con un balasto único provisto de un circuito adecuado para que arranque una después de la otra (arranque secuencial). Esta solución es particularmente popular en países con redes de alimentación a 110/127 V.



Lámparas con banda conductora interior.

El procedimiento más común para conseguir un arranque en frío seguro consiste, sin embargo, en tomar medidas para facilitar el arranque dentro de la propia lámpara. Esto se logra empleando un electrodo auxiliar en forma de banda conductora que discurre a lo largo del interior del tubo. Un extremo de esta banda se conecta a uno de los electrodos, y el otro queda muy cerca del electrodo opuesto.

Cuando se conecta la lámpara se produce una descarga luminosa entre el electrodo auxiliar y el electrodo opuesto principal. Esta da lugar a la liberación de suficientes electrones para iniciar la descarga principal. Como la resistencia del recorrido de la descarga es mucho menor que la de la banda metálica, la descarga luminosa cesa una vez que la lámpara este trabajando.

El electrodo auxiliar se emplea, por ejemplo, en las bandas fluorescentes 'TL'S y 'TL'X de arranque en frío. Esta pueden así trabajar con balastos corrientes como los empleados en las lámparas con cebador de la misma potencia. Debido a que arrancan sin ningún retraso

apreciable ni parpadeo después de su conexión, las lámparas que arranquen en frío se denominan a menudo lámparas de arranque instantáneo.

Estabilización.

Después de la ignición transcurren dos o tres minutos antes de que el vapor de mercurio en la lámpara fluorescente alcance su presión de trabajo. Durante este periodo se incrementa gradualmente el flujo luminoso hasta un máximo. A pesar de que inicialmente el flujo es el 60% de su valor final, este incremento no será normalmente detectable.

Las lámparas de amalgama tienen más o menos el mismo tiempo de estabilización, pero aquí el flujo luminoso inicial es solo del orden del 30% del máximo. El uso de está lámparas no se recomienda por tanto por períodos de funcionamiento muy cortos, o cuando las conmutaciones sean frecuentes.

Re - ignición.

Cuando se desconecta la lámpara, la presión de vapor cae tan rápidamente que la reignición instantánea raramente o nunca plantea problema alguno. Las lámparas sin arrancador, en circuitos especiales, pueden incluso conectarse en régimen de parpadeo, procedimiento que encuentra aplicación en anuncios publicitarios.

Funcionamiento con c.a. a 110/127 V

En muchos lugares del mundo como en nuestro país las redes de energía eléctrica funcionan con tensiones de 100V a 127 V, con tensiones tan bajas, evidentemente no puede cumplirse el requisito de que la tensión de red sea al menos un 70% más elevada que la tensión de la lámpara, para garantizar un funcionamiento estable. Por está razón se emplean generalmente lámparas de mayor diámetro (38 ó 54 mm) con tensiones de trabajo inferiores, y potencias que no excedan los 40W.

Se puede emplear, no obstante, las lámparas de mayores potencias que funcionen con dicho tipo de tensiones utilizando un transformador de acoplamiento adecuado que habitualmente es de tipo autotransformador, actuando en doble función: como balasto y como alimentador de la corriente de caldeo de los electrodos.

Las lámparas que operan de esta forma son casi invariablemente del tipo sin arrancador (precaldeadas) . En aquellas partes del mundo donde las redes de distribución a 110/127V constituyen más una excepción que una regla, se utilizan normalmente transformadores de acoplamiento separados, combinados con circuitos balasto-arrancador a 220V.

Las lámparas SL* para 110/127 V van provistas de un balasto electrónico especial y de un circuito arrancador incorporados en la lámpara.

FUNCIONAMIENTO BAJO CONDICIONES AMBIENTALES ADVERSAS.

Se ha diseñado lámparas especiales, luminarias y circuitos eléctricos para ser empleados en ambientes calientes, fríos, húmedos o potencialmente explosivos.

Temperatura ambiente elevadas.

Las lámparas con amalgama y en menor grado también las lámparas rellenas de kriptón TLD no son susceptibles a la reducción de emisión de luz que experimentan las lámparas fluorescentes normales como consecuencia de temperaturas ambientes elevadas.

Cuando estas últimas trabajan con balastos inductivos pueden sobrecalentarse debido al aumento de la corriente de la lámpara como consecuencia de una temperatura de trabajo elevada.

No obstante, donde sea tolerable un descenso en la salida de luz y en la eficacia luminosa, es aceptable que la temperatura de la pared del tubo alcance los 90°C, siempre y cuando se adopten medidas para proteger el resto del circuito contra el sobrecalentamiento.

En la mayoría de los ambientes la utilización de luminarias adecuadas ventiladas evita cualquier problema de calentamiento. Provocar una corriente de aire a través de la luminaria es un método muy eficaz para extraer el calor generado por la lámpara y el balasto.

Temperaturas ambiente bajas.

En estas condiciones existen dos problemas a considerar: dificultad de arranque y comportamiento insatisfactorio de la lámpara, lo que se manifiesta de forma patente por un agudo descenso de luz emitida y de la eficacia luminosa. Bajo condiciones extremas, la lámpara podría incluso apagarse.

Se facilita el arranque a muy bajas temperaturas precaldeando los electrodos y proporcionando un impuso inicial de alta tensión para la ignición. Algunos fabricantes producen lámparas diseñadas especialmente para su utilización a bajas temperaturas. Estas trabajan con una presión de gas inferior a la normal a fin de facilitar la ignición, pero como consecuencia de esto, su vida es más corta.

La mejor forma de garantizar un comportamiento bueno y fiable de la lámpara, a muy bajas temperaturas, es conservar el propio calor generado por ella. Esto puede lograrse utilizando luminarias totalmente cerradas y bien aisladas o empleando lámparas de construcción especial con una envoltura exterior de vidrio transparente. Existen también lámparas con carga de pared muy elevada, diseñadas especialmente para ser usadas tan solo a bajas temperaturas.

Condiciones de humedad.

Determinadas condiciones de trabajo en ambientes húmedos pueden dar lugar también a problemas de arranque. Esto se subsana empleando lámparas provistas de un recubrimiento exterior de silicona repelente de humedad.

Entornos potencialmente explosivos.

Las lámparas que trabajen en zonas peligrosas donde exista riesgo de explosión, deberán cumplir dos requisitos muy importantes:

1. Incluso en caso de rotura, la construcción de la lámpara deberá ser tal que que no presente superficies calientes.

2. En segundo lugar, las conexiones eléctricas no deberán ofrecer la posibilidad de que se produzcan chispazos.

El primer requisito se satisface utilizando lámparas de arranque en frío, el segundo, mediante el empleo de casquillos y portalámparas especiales cuyas superficies de contacto eléctrico son relativamente grandes, o van completamente encerradas en pequeñas cámaras a prueba de explosiones, o bien cumplen ambas cosas. Las lámparas Philips TL X se ha diseñado especialmente para cumplir ambos requisitos.

2.3. LUMINARIAS

Según la CEI se define a la luminaria de la siguiente forma:

Aparato que distribuye, filtra o transforma la luz transmitida por una o más lámparas y que incluye todos los elementos necesarios para soportar, fijar y proteger las lámparas (pero no las lámparas propiamente dichas) y cuando se precise, los circuitos auxiliares y medios adecuados para conectarlas a la red de suministro.

Esta definición divide la luminaria en tres grupos de componentes:

1. Dispositivos eléctricos necesarios para funcionar una lámpara.
2. Elementos que distribuyen, filtran o transforman la luz, el sistema óptico.
3. Aquellos que soportan, fijan, y protegen las lámparas y carcasas.

2.3.1 Aspectos constructivos

Elementos para el control de la luz

Los sistemas de control óptico de la luz se extienden desde los que difunden la luz emitida por la lámpara o lámparas para obtener en todas direcciones una distribución de luz más o menos uniforme y no deslumbradora, hasta aquellos que recogen o focalizan la luz dentro de un haz (o haces), que se emiten en una o más direcciones bien definidas. Tales sistemas pueden servir también para colorear la luz emitida por la luminaria, apantallar las lámparas desde la zona de visión para evitar el deslumbramiento, o para ambos fines.

En cada caso, el sistema óptico utiliza para su funcionamiento uno o más de los siguientes elementos de control de la luz.

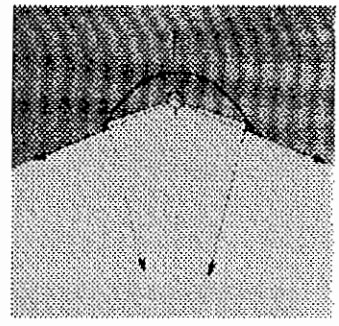
- Reflectores
- Lentes y refractores
- Difusores
- Filtros
- Dispositivos o apantallamiento

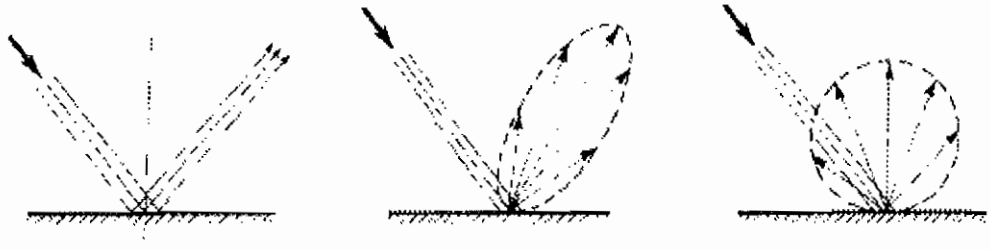
Reflectores.

La mayoría de las luminarias convencionales van provistas de un reflector de una u otra forma (a veces en conjunción con otro elemento de control de la luz) con objeto de crear una distribución de luz adecuada. Es importante tener en cuenta, sin embargo, que la emisión total de luz comprende en realidad dos sistemas de haces separados y superpuestos.

El primero está formado por la luz que emerge directamente desde la lámpara y el segundo por el haz de luz reflejada. Por tanto, el reflector raramente se diseña para crear completamente el haz.

Los tres tipos importantes de reflexión utilizados en el diseño de los sistemas ópticos para luminarias, son el especular, dispersa y difusa, se ilustran en los gráficos mostrados a continuación.





Reflectores especulares.

La reflexión especular es, por definición, aquella situación en la que se cumplen las leyes de la reflexión. Estas leyes establecen que los rayos incidente y la normal a la superficie se encuentran en el mismo plano, y que el ángulo de reflexión es igual al de incidencia.

Se utilizan reflectores especulares cuando se requiere una forma precisa o casi precisa de distribución de luz, como ocurre en las luminarias para alumbrado por proyección, de haz concentrado y público.

Materiales empleados.

Existen diferentes materiales y técnicas para conseguir un acabado especular.

El material más ampliamente utilizado es la hoja de aluminio. Es el más ligero y a su vez más barato que el popular vidrio plateado, no es frágil, y se da el espesor suficiente, tiene la robustez necesaria para constituir un reflector verdaderamente estable desde el punto de vista óptico y mecánico. Para conseguir un acabado muy especular, el aluminio debe pulirse: mecánica, química, electrolíticamente, o por combinación de estos métodos.

Puede utilizarse, alternativamente, aluminio de alta calidad comercial recubierto con una delgada capa de aluminio de elevada pureza o con plata, así se obtienen, respectivamente, acabados especulares con una reflectancia de hasta el 80 % o 90% .

Se dispone finalmente de la metalización al vacío, procedimiento que permite depositar una capa especular de aluminio sobre un substracto metálico o no metálico, convenientemente suavizado. La reflectancia de un buen recubrimiento depositado al vacío es siempre superior a la de una superficie pulida o plateada del mismo material.

El acabado especular se protege normalmente con una película dura, no corrosiva, de óxido de circonio, que se deposita mediante un proceso denominado anodizado.

Los llamados plásticos aluminizados se emplean en algunos tipos de reflectores, particularmente en los utilizados para algunos tipos de iluminación localizada en interiores. Esta superficies no son duraderas para funcionamiento al aire libre sin protección especial (tal como el recubrimiento de una capa protectora).

Las láminas de acero inoxidable y de cromo son comparativamente de baja reflectancia por lo que raramente se emplean como reflectores.

Reflectancia de los materiales especulares.

Material	Acabado	Reflectancia
Aluminio de tipo comercial	Pulido y anodizado	0.70
Aluminio con recubrimiento de aluminio super puro	Pulido y anodizado	0.80
Plata	Pulida y anodizada	0.9
Vidrio o plástico	Aluminizado	0.85 - 0.88
Cromo	Pulido	0.65
Acero inoxidable	Pulido	0.60

Con reflectores especulares, la lámpara y la forma de la superficie determinan el modo en que la luz se distribuye a través del haz reflejado. Se emplean tanto superficies planas como curvas.

Ganancia óptica.

Cuando una fuente puntual se coloca en el centro de la curvatura, los rayos incidentes sobre el reflector se reflejarán atravesando la propia fuente, como se indica en la Fig. 11. Sin no hubiese pérdidas, la intensidad de la fuente en todas las direcciones a la derecha del reflector se multiplican por dos, y el reflector tendría una ganancia óptica igual a 2.

Normalmente, la ganancia óptica de un reflector circular depende de la opacidad de la fuente y de lo bien que esté centrada. Para un filamento abierto, el incremento de intensidad es bastante efectivo. Un filamento compacto, por el contrario, interceptará una gran cantidad de la luz reflejada por el espejo, reduciendo así considerablemente la ganancia del sistema.

Adicionalmente, los rayos reflejados pueden incrementar la temperatura del filamento, con lo que aumenta la emisión de luz pero a costa de la vida de la lámpara. Por esta razón, el filamento se coloca a un lado del foco, formándose así una imagen adyacente a aquel y no sobrepuesta sobre él.

Los reflectores esféricos, es decir los reflectores circulares tridimencionales, se utilizan con profución en sistemas de proyección y luces puntuales de estudio, spots para aumentar la intensidad de la luz focalizada por el sistema de lentes. Los reflectores cilíndricos, o con forma de artesa, junto con los reflectores esféricos, se emplean con algunos tipos de lámparas tubulares incandescentes, son notables las lámparas de vitrina. Colocando la lámpara en el foco del reflector, la luz se dirige precisamente alli donde se necesita.

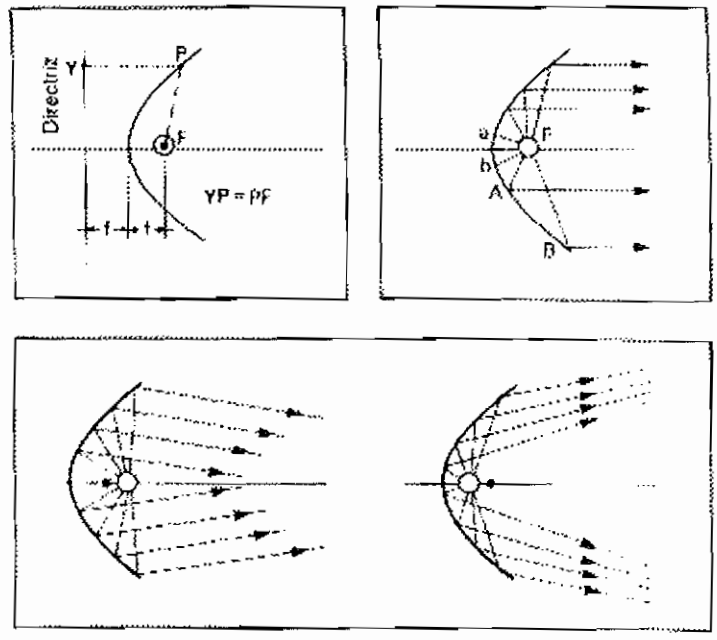
Reflector parabólico.

La parábola es el lugar geométrico de los puntos equidistantes a un punto y a una línea recta fijos. El punto fijo se denomina foco, está situado a una distancia f, distancia focal, del origen (es decir, del punto donde en lugar geométrico se cruza con el eje x). La línea recta fija, que está situada también a una distancia f del origen, se llama directriz.

La propiedad óptica más importante del espejo reflector de sección transversal parabólica consiste en que una fuente de luz puntual, situada en su foco, dará lugar a un haz paralelo de rayos reflejados según se muestra en la figura. Si esta fuente fuera de intensidad uniforme y estuviese situada en el foco de un reflector parabólico circular, el haz no produciría una mancha de luz uniforme, sino una que presentase la mayor intensidad hacia el centro. La razón para esto es que el flujo en un cono de luz dado se extiende sobre una superficie más pequeña si es reflejado desde el centro del espejo, puesto que en este caso el espejo corta el cono a una distancia más pequeña de su vértice.

Si la fuente no estuviese en el foco, sino adelante o detrás de él, los rayos reflejados ya no serían paralelos. Estos dos casos se ilustran en la Figura. En la práctica, para una fuente de diámetro finito situada en el foco, los efectos presentados en la Fig se combinan dando lugar al caso mostrado en la Fig 16. Como puede verse, la divergencia de los rayos reflejados disminuye según aumenta la distancia desde la fuente al punto de

reflexión, en otras palabras, la amplitud de la divergencia depende del tamaño de la fuente y de la distancia focal de la parábola.



Existen dos formas de reflector parabólico especular, liso y facetado. El reflector facetado está formado por cierto número de pequeños espejos contiguos, o facetas, que pueden ser planas o curvadas, y que constituyen planos tangentes al paraboloide. Como puede verse hace falta más facetas para un haz estrecho que para un haz ancho.

2.3.2 FOTOMETRIA.

Antes de proceder al diseño de una instalación de alumbrado, debe conocerse cual será el efecto luminoso producido por una determinada combinación lámpara - luminaria, por tanto deberán estar cuantificadas las características fotométricas de tal combinación. Esto se hace midiendo esas características en cuestión y presentando los resultados de las medidas de forma adecuada para que puedan utilizarse convenientemente.

Medidas fotométricas.

Se debatirán las siguientes medidas fotométricas:

- Intensidad luminosa
- Distribución de la intensidad luminosa
- Flujo luminoso

Intensidad luminosa.

La intensidad luminosa de una fuente puede definirse como el flujo luminoso radiado por ella en una determinada dirección, por unidad de ángulo sólido.

La intensidad puede medirse convirtiendo la cantidad de luz incidente sobre una fotocélula (iluminancia) en intensidad luminosa, por medio de la ley inversa del cuadrado, en donde la intensidad luminosa (I) viene dada por:

$$I = E^* d^2/\cos \alpha$$

donde:

I = Intensidad luminosa
E = Iluminancia sobre la célula
d = Distancia entre la célula y la fuente de luz
α= Angulo de incidencia de la luz que alcanza la célula.

Esta ley es solo válida para fuentes puntuales. Como en al realidad no existen fuentes puntuales, dicha ley, consecuentemente, llevará asociado en la práctica un error de cálculo. No obstante, siempre que d sea al menos diez veces la dimensión mayor de la fuente, este error será inferior al 1 por ciento.

Distribución de intensidad luminosa.

Para poder evaluar las características luminosas de una luminaria, es necesario conocer su intensidad luminosa en las distintas direcciones del espacio que rodea. Esto se denomina distribución de intensidad luminosa o de luz de la luminaria.

Este tipo de medidas fotométricas que implican direccionalidad, requieren el uso de un dispositivo que permita determinar la intensidad luminosa para un gran número de ángulos. Tal dispositivo se denomina goniofotómetro. Igualmente es necesario definir el entorno espacial, alrededor de la luminaria, sobre el que se efectúan las medidas y para ello se precisa un sistema de coordenadas.

Goniofotómetros.

Existen cuadro técnicas de medida, fundamental diferentes, para determinar la distribución total de intensidad luminosa de una luminaria.

1. Se hace girar la luminaria, generalmente alrededor de sus ejes longitudinal y transversal, mientras que la fotocélula permanece en una posición fija.

2. La luminaria adopta una posición fija, mientras que la fotocélula se mueve dentro de un campo semiesférico.

3. La luminaria gira alrededor de su eje vertical, al tiempo que la fotocélula se mueve a lo largo de un recorrido semicircular.

4. La luminaria se mueve libremente, pero de forma tal que su posición normal de trabajo se mantiene en todo momento. Su luz se dirige hacia la fotocélula fija, por medio de uno o más espejos giratorios.

En algunas lámparas, particularmente en la de descarga, tanto el flujo luminoso como la distribución de intensidad luminosa dependen de su posición de encendido, por ello, no es posible aplicar la primera técnica de medida ya que la posición de encendido de la lámpara cambiarla al girar la luminaria.

La segunda técnica, tiene la ventaja sobre la primera, de que la posición de encendido de la lámpara queda fija, aunque esto puede también considerarse como una desventaja puesto que significa que es necesario un espacio para la medida correspondiente mayor, a fin de que la fotocélula pueda moverse libremente en las tres dimensiones en lugar de permanecer fija. Por esta razón, la técnica de luminaria estacionaria sólo es aplicable en grandes laboratorios o en combinación con algún dispositivo que pliegue o comprima el camino óptico de medida.

La tercera técnica, en relación con la anterior, puede considerarse como una mejora lógica respecto a la segunda. La fotocélula se mueve, no sobre un campo semiesférico, sino solamente sobre un semicírculo en un plano que pasa por el eje vertical de la luminaria, y está gira alrededor de este eje, manteniendo su posición normal de encendido. De este modo, el camino de medida es largo solamente en un plano vertical.

La cuarta técnica, que utiliza uno o varios espejos giratorios de modo que dirijan la luz de la luminaria en movimiento hacia la fotocélula fija, tiene la ventaja importante de necesitar un camino de medida largo sólo en una dirección, es decir, desde el espejo a la fotocélula. Con éste sistema debe tenerse tres precauciones importantes:

1. La fotocélula no debe recibir la luz directamente

2. El tamaño del espejo deberá ser suficientemente grande en comparación con el de la fuente de luz.

3. Se ha de tener en cuenta la reflexión selectiva y la polarización producidas por el espejo.

Flujo luminoso.

A fin de poder llevar a cabo los cálculos de alumbrado, es necesario conocer también el flujo luminoso total producido por una fuente de luz dada. Esto se consigue de dos formas:

1. A través de medidas directas con un fotómetro de esfera.

2. Por medio del cálculo a partir de las medidas de intensidad luminosa, utilizando el denominado método de integración.

Método de medida.

La iluminacia en el punto se mide de la siguiente manera:

Se sitúa una fotocélula detrás de una pequeña abertura o ventana en la pared de la esfera. La fuente a medir se suspende en el centro de la misma. Entre la fuente y la fotocélula se coloca una pantalla opaca para garantizar que la luz procedente de la primera no alcance directamente la célula. La fotocélula deberá calibrarse antes de su utilización, anotando la lectura correspondiente a una fuente de luz patrón, de flujo luminoso conocido, suspendida en la misma esfera.

La inexactitud inherente a este método es pequeña, especialmente cuando se emplea para la calibración una fuente patrón de aproximadamente el mismo tamaño y distribución espectral que la fuente a medir.

Una vez que se conoce la iluminancia sobre al célula, puede calcularse el flujo luminoso total producido por la fuente. No obstante, en la práctica, no es posible alcanzar una proporcionalidad perfecta entre la iluminancia indirecta sobre la fotocélula y el flujo luminoso total. Las razones para ello son las siguientes:

- Es prácticamente imposible obtener una reflectancia que sea independiente de la longitud de onda
- La capa de pintura de la superficie interior de la esfera, nunca tiene la misma reflectancia en todos los puntos.
- La pantalla, la propia fuente de luz y los hilos empleados para fijar estas, influyen sobre el camino que sigue la luz esparcida.
- La fotocélua no puede ajustarse perfectamente a la curva de sensibilidad espectral del ojo.

Método de Integración.

Si se conoce la distribución espacial de intensidad luminosa, puede calcularse el flujo luminoso integrando aquella sobre la superficie total de una esfera imaginaria que rodee la fuente. El trabajo de cálculo que esto implica se hizo primeramente, como es natural, sin la ayuda de un computador, pero la aparición de éstos sirvió para incrementar enormemente la popularidad del método. El error cometido en este caso, depende principalmente del número de puntos (medidas) utilizado para determinar la distribución espacial de luz de la fuente.

Datos fotométricos.

El tipo de datos fotométricos que necesita el diseñador luminotécnico, dependerá en primer lugar de que se trate de una aplicación de alumbrado interior o exterior, y en segundo lugar, del tipo de luminaria empleado.

Alumbrado interior.

Las luminarias empleadas en alumbrado interior se pueden agrupar en tres categorías principales.

Luminarias de aplicación general .- Son las que están destinadas a proporcionar alumbrado general y localizado, dentro de un espacio determinado (ejemplo una oficina o un taller).

Proyectores de acentuación .- En general son aquellos proyectores utilizados para acentuar la iluminación (ejemplo en una tienda o almacén), aunque también pueden usarse como luces de trabajo para suplementar el nivel general de alumbrado (ejemplo en una oficina).

Luminarias decorativas .- Se trata de luminarias con un acusado aspecto decorativo. Se ha diseñado pensando más en su atractivo estético que en su capacidad para conseguir una distribución de luz específica. Proporcionan una iluminación caprichosa (ejemplo en interiores domésticos), y en ocasiones también luz para trabajar o para leer (ejemplo en una oficina de cuarto estandar).

Luminarias de aplicación general.

Las luminarias de aplicación general se utilizan donde se requiera un nivel específico de iluminación sobre una determinada zona. Aquí, el proyectista de alumbrado necesita conocer, sobre todo, la distribución espacial de luz de la luminaria.

Esta distribución puede medirse con un fotogoniómetro, como el que se descubrió con anterioridad. El número de planos requeridos para definir adecuadamente la distribución de luz, dependerá del grado de simetría involucrado. Por ejemplo, para una luminaria que presente una simetría rotacional sólo se requerirá un plano, mientras que con una luminaria asimétrica pueden ser necesarios siete planos.

La tabla adjunta da el número de planos de medida recomendados para diferentes tipos de luminaria, así como el ángulo entre dos planos adyacentes.

El incremento angular de las medidas dentro de un plano dado suele establecerse entre 5 y 10 grados, aunque pueden emplearse incrementos menores, en aquellos casos en que deban presentarse discontinuidades abruptas en la distribución de luz.

Tipo de luminaria	Número de planos	Angulo entre planos adyacentes	Orientación de los planos
Rotacionalmente simétricas	1	0 °	
Simétricas en dos planos	2	90 °	
Equipadas con difusor con celosía	3	45 °	
Equipadas con espejo reflector	4	30 °	
Muy asímetricas	7	30 °	

La intensidad luminosa no se especifica en términos absolutos para cada lámpara particular, sino que se expresa como número de candelas por 1000 lúmenes. Así para conocer la intensidad real en una dirección determinada, se deberá multiplicar la correspondiente intensidad específica en el diagrama por la emisión en kilo - lúmenes de la lámpara que vaya a utilizarse.

La razón de esto se debe a que así es posible utilizar el mismo diagrama a pesar de las variaciones de flujo luminoso de la lámpara debidas a modificaciones de diseño, o a la reducción de mismo a lo largo de la vida de una determinada lámpara. De esta forma se puede predecir cual será la emisión de luz combinada lámpara - luminaria después de un cierto periodo de uso.

Conviene hacer notar que la hoja de datos puede emplearse para cualquiera que sea la versión de color de la lámpara seleccionada, sólo tiene importancia que sea correcto el flujo de la lámpara.

2.4. OTROS SISTEMAS DE AHORRO DE ENERGIA.

Sistemas de Control .

Los sistemas de control de iluminación se dividen en tres categorias amplias:

- Control manual
- Control automático (no inteligente)
- Control computarizado (inteligente)

Control manual.

Un sistema manual de control de iluminación con llave de encendido o regulación o con ambas, puede ser diseñado de manera tal que permita a los usuarios el nivel de iluminación local de acuerdo con sus necesidades individuales. En una área pequeña iluminada (ejemplo una oficina privada) se pueden utilizar controles de iluminación ubicados en la pared, mientras que en un interior grande con lugares de trabajo individuales (ejemplo una área de oficinas de planta libre) serán más convenientes las unidades personales de control remoto manual.

Una de las mayores desventajas de los métodos manuales es que si bien los ocupantes pueden darse cuenta de que la luz natural es insuficiente y prender las luces, no hay nada que les indique que deben apagarlas si la luz natural es adecuada. Además, se gasta una cantidad de energía considerable cuando las luces quedan encendidas después del horario de trabajo.

Control automático.

Los sistemas de control automático con control de relojes de tiempo o fotocélulas, o con ambos, se puede emplear para encender o regular grupos determinados de lámparas. El reloj se puede emplear para eliminar la pérdida que resulta de las luces que quedan encendidas cuando no se usa el interior mientras que la fotocélula puede monitorear los niveles de luz natural y apagar (o graduar) aquellas luminarias adyacentes a las ventanas cuando los niveles de luz natural son altos.

Los sistemas automáticos están generalmente equipados con un sistema manual de funcionamiento extra para circunstancias inusuales (trabajo fuera de horario) o para actividades planificadas (limpieza de rutina). Alternativa, es posible captar la presencia de los ocupantes a través de detectores de presencia que reaccionen al movimiento o al sonido.

Control computarizado

Un sistema de control de iluminación computarizado puede coordinar en grupo de subsistemas y así aumentar la eficiencia y la flexibilidad total de la instalación de luz. La computadora puede a la vez formar parte de un sistema de computación mayor utilizado para controlar otros servicios del edificio tales como ascensores o aire acondicionado en el sistema de funcionamiento integrado, computarizado, Philips (Fig 4.6), una computadora central o mini central de control (MCU) está programada para encender la luz del edificio de acuerdo con un horario pre establecido. Además, unidades locales (hasta 100 por MCU en el sistema ilustrado) cada una con el control de un grupo de luminarias, reaccionan a comandos de encendido que provienen de sensores (luz natural u otros) y a unidades de control remoto infrarrojas colocadas en distintas partes del edificio. Dicho sistema es no solo muy eficaz en la administración de energía de la iluminación si no también extremadamente flexible. Por ejemplo, si se cambia la

distribución de las estaciones de trabajo (posiblemente al agregar paredes divisorias), sistema de control de iluminación se puede re programar con rapidez y facilidad.

CAPITULO 3

DISEÑO DE ILUMINACION DE OFICINAS

3.1. CONCEPTOS BASICOS DE USO EN ILUMINACION.

3.1.1. Flujo luminoso (Φ).

El Flujo luminoso se designa por el símbolo Φ y expresa la cantidad total de luz emitida por una fuente por segundo, la unidad es el lumen **(lm).**

3.1.2. Eficiencia luminosa (lm/W).

Se denomina eficacia luminosa al cociente entre el flujo luminoso (lm) y la potencia de la fuente de luz y se expresa en **lm/w.**

3.1.3. Intensidad luminosa (I)

La intensidad luminosa puede definir como el flujo luminoso en una cierta dirección radiado por unidad ángulo sólido[1], se designa por el símbolo **I** y su unidad de medida es la candela **(cd).**

3.1.4 Iluminancia (lux)

La iluminancia puede definirse como el cociente entre el flujo luminoso que incide sobre una superficie y el área de dicha superficie.

La iluminancia es la cantidad de luz o flujo luminoso, que incide sobre la unidad de superficie, se designa por el símbolo E. La unidad es el lux (lx).

Un lux es igual a un lumen por metro cuadrado (lm/m^2).

$$E = \Phi/A$$

donde:

Φ = Flujo luminoso

A = área de la superficie iluminada

[1] Angulo sólido es aquella porción del espacio en torno a un punto abarcado por la superficie de un cono cuyo vértice coincide con el punto respecto al que se establece el ángulo sólido.

3.1.5. Luminancia (L).

La luminancia puede definirse como el cociente entre la intensidad luminosa procedente de una superficie, en una dirección dada y el área aparente[2] de dicha superficie.

La luminancia es el concepto que representa la intensidad luminosa emitida por una superficie en una dirección específica, la superficie puede ser autoemisora de luz o transmisora o también puede reflejar la luz procedente de otra fuente.

La luminancia se designa por el símbolo **L** y su unidad es la candela por metro cuadrado (cd/m^2).

$$L = I/A$$

donde:

I = Intensidad luminosa (Φ).

A = área aparente de dicha superficie (m^2).

3.1.6. Brillo

La luminancia produce una sensación de brillo, sin embargo la luminancia es una medida objetiva, mientras el brillo es una evaluación subjetiva realizada por el observador.

El brillo depende directamente de la luminancia de la superficie, pero también de otros factores tales como la distribución de la luminancia total en el campo de visión.

3.2. REVELACIONES ENTRE MAGNITUDES FOTOMETRICAS.

3.2.1. Relación entre flujo luminoso e intensidad luminosa.

La intensidad luminosa en cualquier dirección de la fuente cuya distribución de luz sea uniforme en todas direcciones, es igual al flujo divido por $4/\pi$.

$$I = \Phi/4\pi$$

Esta ecuación es válida para fuentes de luz que radien con igual intensidad luminosa en todas direcciones.

---

[2] Se entiende por superficie aparente, a un área real a la proyección de cualquier zona de la superficie real en cuestión, sobre un plano perpendicular a la dirección de la visión.

3.2.2. Relaciones entre flujo luminoso e iluminancia.

La iluminancia media de una superficie es igual al flujo luminoso incidente sobre una superficie dividido por el área de la misma.

Así:

$$Eav = \Phi inc/A$$

donde:

Φinc : Flujo incidente sobre esa superficie

A : área de la superficie iluminada

3.2.3. Relación entre intensidad luminosa e Iluminancia.

La iluminancia sobre un punto en un plano perpendicular a la dirección de la luz incidente es igual a la intensidad luminosa en la dirección de dicho punto, dividida por el cuadrado de la distancia entre la fuente de luz puntual y el punto en cuestión. Si llamamos d a esta distancia se verificará que:

$$Ep = Id^2$$

Esta relación se conoce como ley de la inversa del cuadrado y es válida solamente para fuentes de luz puntuales. Sin embargo, en la práctica se cumple con bastante aproximación siempre que la distancia entre la fuente de luz y el punto de cálculo o medida sea superior a tres veces la dimensión mayor de la fuente de luz. No obstante, para efectuar medidas de laboratorio sobre luminarias, la distancia deberá ser al menos entre cinco y diez veces la dimensión mayor de la luminaria

Ley del Coseno

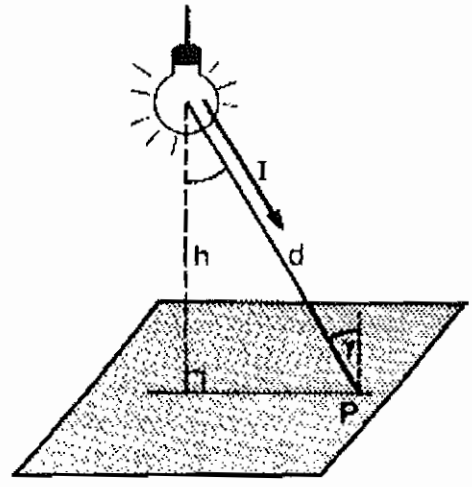
La iluminancia en un punto sobre el plano no perpendicular ala dirección de la intensidad luminosa es igual a la intensidad luminosa en la dirección del punto, dividida por el cuadrado de la distancia entre la fuente de luz y el punto en cuestión, multiplicando por el coseno del ángulo γ que la dirección de luz incidente forma con la normal al plano.

Así tenemos:

$$Ep = I*\cos\gamma / d^2$$

Iluminancia Horizontal

Para superficies horizontales, resultará a menudo más práctico modificar la fórmula anterior sustituyendo la distancia (d) entre la fuente de luz y el punto objeto de cálculo por la altura vertical (h) de la fuente de luz sobre la superficie.



El resultado se denomina iluminancia horizontal en el punto y la fórmula es

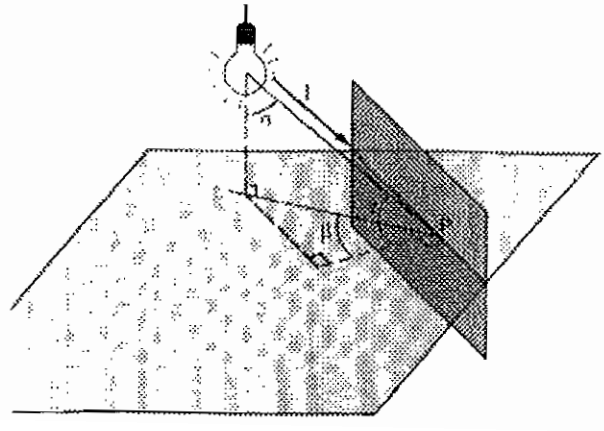
$$E_{hor,p} = I * \cos^3\gamma / h^2$$

Iluminancia Vertical

Por rotación del sistema de ilumiancia horizontal con un ángulo de 90 grados se obtiene la iluminancia sobre superficie vertical. Así se tiene:

$$E_{vert,p} = I * \cos\gamma / d^2$$

Llamada iluminancia vertical en el punto.



Por razones prácticas, esta fórmula se transforma con frecuencia en la que sigue, sustituyendo el ángulo γ formado por el haz incidente y al normal a la superficie vertical, por el ángulo vertical α definido por la dirección de la luz incidente y la normal a la superficie horizontal y por el ángulo horizontal β que marca la orientación de la superficie vertical con respecto al plano de incidencia de la luz.

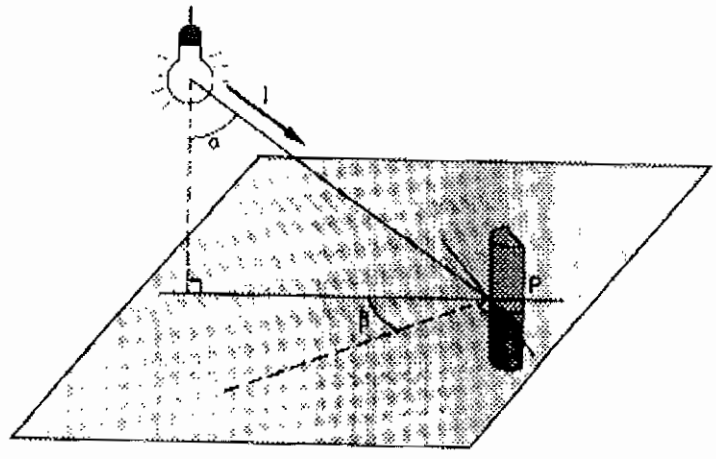
Así se tiene:

$$Evert = I*Sen\alpha*Cos^2\alpha * Cos\beta / h^2$$

Iluminancia Semicilíndrica

La iluminancia sobre la superficie curvada de un semicilíndro vertical infinitamente pequeño puede expresarse como sigue:

$$Esemicil = I*Sen\alpha*Cos^2\alpha*(1 + Cos\beta)/\pi h^2$$



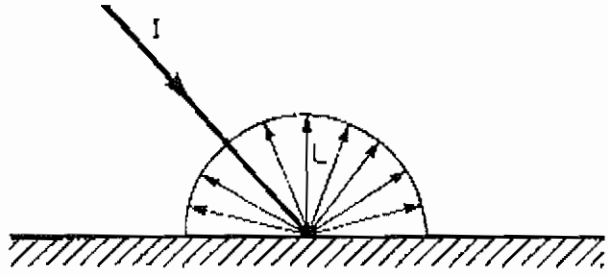
3.2.4. Relación entre intensidad luminosa y luminancia.

La luminancia superficial de una fuente de luz o de una superficie reflectora de luz es igual a la intensidad luminosa (I) dividida por el área aparente (Aa) de la superficie, es decir:

$$L = I/Aa$$

3.2.5. Relación entre Iluminancia E y luminancia L.

En el caso de una superficie reflectante de luz, su intensidad luminosa se desconoce en general, pero muy a menudo se conoce su iluminancia. Para superficies perfectamente difusoras existe una relación entre iluminancia (E) sobre la superficie, su reflectancia (p) y la luminancia (L) de la misma.



Así se tiene:

$$L = p*E / \pi$$

Tengamos por ejemplo una hoja de papel mate iluminada de forma que reciba una iluminancia de 500 lux y que la reflectancia de su superficie sea de 0.7 (70%). La luninancia de la hoja de papel en todas direcciones será igual a:

$$L = 0.7 * 500/\pi$$

$$L = 111 \text{ cd/ m}^2$$

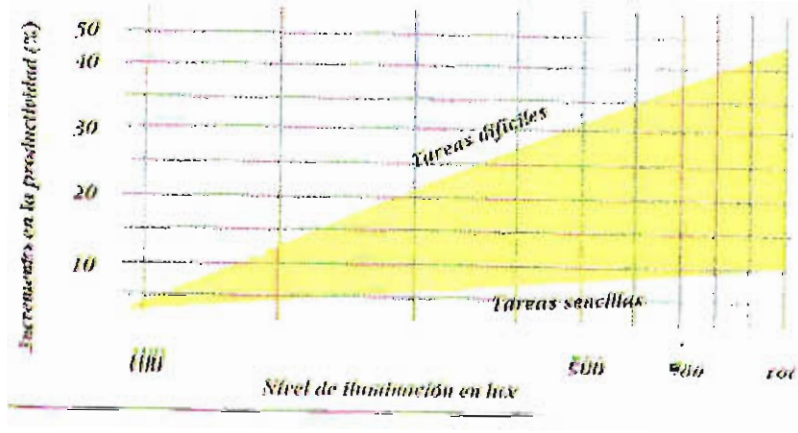
Esta ecuación es válida para superficies mate perfectamente difusoras que presenten una luminancia igual en todas direcciones cualquiera que sea la dirección de observación. La fórmula no es válida para superficies especulares y para superficies que presentan una reflexión compuesta tales como superficies de calzadas cuando se observa desde la dirección de la componente especular.

3.3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

3.3.1. Rendimiento visual

El rendimiento visual tiene que ver tanto con la velocidad con que funciona la vista, como con la exactitud con que se realiza un esfuerzo visual.

La productividad de una empresa yace en al capacidad de cada uno de sus empleados para trabajar efectivamente, es así, que en la actualidad se pone mucha atención en el uso de muebles ergonómicos, computadoras, sistemas telefónicos, faxes, calculadoras, fotocopiadoras diseñadas para mejorar el rendimiento.



Este valor de rendimiento visual depende directamente de la iluminación hasta un cierto nivel, sin embargo también existen otros factores que influyen significativamente en el rendimiento visual como son:

- El tamaño aparente del objeto sobre el cual se está realizando la tarea visual.
- La distancia de la tarea visual.
- Los contrastes de color y luminancia en el área de trabajo visual.
- El tiempo de percepción de la tarea visual.
- Edad del trabajador, investigaciones nos indican que un trabajador de 60 años requiere 10 veces el nivel de iluminación de uno de 20 años.

En general, la cantidad de luz necesaria aumenta el hacerlo la velocidad de presentación de la información y también cuando disminuye el tamaño del objeto que se está observando.

3.3.2. Comodidad y agradabilidad visual.

Básicamente un sistema de iluminación puede considerarse como bueno si crea un ambiente luminoso que alcance el equilibrio correcto entre las necesidades de comportamientos visual por un lado y la satisfacción visual por otro.

Una buena relación de luminancia y un rendimiento de color adecuado desempeñan un importante rol para que el ambiente laboral sea cómodo y productivo, las diferencias entre los niveles de iluminación y sus alrededores pueden causar fatiga visual debido a problemas de adaptación ocular.

Una relación de luminancia recomendada generalmente entre muros, escritorios y áreas de trabajos de 2:5:10 creará un ambiente de iluminación bien equilibrado.

Cuando buscamos una solución práctica a un problema de iluminación debemos comenzar por considerar las necesidades de la persona o personas que trabajan o descansan el espacio considerado. Estudios **ergonómicos**[3] demuestran que el trabajo se efectúa específicamente cuando existe un equilibrio entre las necesidades técnicas del trabajador y sus necesidades personales.

En oficinas a menudo hoy en día equipadas con terminales de pantalla de video como instrumentos de trabajo y salas de dibujo y fábricas, el alumbrado será principalmente funcional con la suficiente flexibilidad de colocación para permitir cambios de ordenación de mobiliario. En el hogar, tiendas y lugares que deben dar cierta imagen, por el contrario, el acento recaerá más sobre los elementos decorativos. Pero el objetivo principal en todos los casos, tanto en negocios como en lugares de ocio es que la iluminación ayude a crear una atmósfera agradable.

La iluminación de seguridad también juega un papel importante en los niveles de bienestar y confort de los empleados por el hecho de sentirse seguros en caso de emergencia.

3.3.3. Ambiente

La iluminación utilizada en una oficina puede determinar o cambiar la percepción del espacio y la imagen que se le quiera dar, esto influye en la percepción y respuesta emocional de las personas.

La temperatura o apariencia de color es importante para establecer el ambiente, en general las temperaturas de color sobre 3500°K crea una apariencia de color óptima en oficinas con niveles de iluminación superiores a 700 lux. En oficinas privadas o áreas de recepción son apropiadas las lámparas con temperatura de color baja (menos de 3500 °K).

Las oficinas abiertas pueden beneficiarse de un ambiente frío, tipo empresarial para fomentar la eficiencia y la producción. Las áreas de recepción y los despachos privados, al contrario, podrían proyectar una imagen cálida, íntima hogareña.

---

[3] La ergonomía estudia el trabajo en relación con el ambiente en que se realiza y las personas que no llevan a cabo y aplica el conocimiento científico a la mejora de la eficiencia a la vez que trata de evitar excesivos o innecesarios esfuerzos del trabajador.

Otra técnica para reforzar el ambiente es el uso de iluminación acentuada en áreas de recepción o en despachos privados a fin de destacar obras de arte, exhibiciones o plantas.

3.3.4. Eficacia en energía y costos.

En la actualidad ninguna empresa puede darse el gusto de realizar una inversión o mantener un sistema existente sin analizar la relación entre costos y efectividad.

El objetivo de una buena iluminación, es proveer calidad y cantidad esto se debe tener en cuenta los siguientes puntos.

- Utilizar la fuente de luz más eficaz para el caso.
- Utilizar el flujo luminoso de la lámpara eficazmente.
- Dar mantenimiento a fin de tener el equipo de alumbrado en buen estado.
- Utilizar diseños de iluminación eficientes y de ahorro de energía.
- Controlar el uso y conexiones de la instalación.
- Considerar el efecto de la iluminación circundante, utilizar alumbrado decorativo donde sea apropiado.

En resumen eficacia energética y bajo costo del sistema de iluminación implica una selección del equipo y una instalación que aseguren:

La iluminación correcta, en el lugar idóneo, durante el tiempo adecuado, al precio justo.

3.4. CRITERIOS DE DISEÑO.

Un buen sistema de iluminación permite al ser humano percibir lo que está ocurriendo en su entorno este repercute en su comportamiento físico y psicológico. El papel que juega la luz respecto del contacto del hombre con su entorno difícilmente puede sobrestimarse, existe una estrecha relación entre la forma que se nos presenta la escena visual y la capacidad del ojo humano para realizar una función adecuadamente.

Cinco condiciones que se deben satisfacer para lograr que el ojo funcione adecuadamente son las siguientes:

- El detalle debe tener un tamaño mínimo.

- El detalle en sí deberá tener una cierta luminancia mínima que revele su textura.

- No deberá tener un excesivo deslumbramiento.

- El detalle bajo observación deberá tener un cierto contraste mínimo con respecto a su entorno. Esto se logra en general por una combinación de brillo y contraste de color.

- El objeto deberá permanecer bajo el campo de visión durante un cierto período de tiempo mínimo.

A pesar de que se cumplan estos requisitos visuales y el ojo perciba los detalles del objeto en cuestión, el sistema de iluminación deberá cumplir ciertos criterios de diseño, los cuales sirven tanto como para luz del día como iluminación artificial o una combinación de ambos.

Los principales criterios que se deben tomar en cuenta en instalación de iluminación, basados en función del espacio o superficie a iluminar, y en relación con la percepción visual son:

- Nivel de iluminación.
- Distribución de luminancia en el campo de visión (uniformidad de las luminancias).
- Limitación del deslumbramiento.
- Orientación de la luz y sombras.
- Color de la luz, apariencia de color y rendimiento.

Estos cinco criterios, los que se pueden añadir la calidad de estética de la instalación de alumbrado, definen lo que vagamente se denomina calidad de la iluminación.

Es importante que los criterios antes mencionados no se consideren aisladamente ya que cada uno de ellos depende y está influenciado por los demás.

3.4.1. Nivel de iluminación

Una de las primeras decisiones que se consideran al diseñar un sistema de alumbrado es el nivel de iluminación, normalmente se especifica en términos de iluminancia promedio.

En interiores la iluminación se mide generalmente sobre el plano de trabajo, normalmente se considera como una superficie horizontal imaginaria a unos 80 cm sobre el nivel del suelo.

La elección del nivel de iluminación depende de factores como la duración del trabajo, constante de la tarea, riesgo de cometer errores, edad del operario y cantidad de luz presente.

3.4.2. Distribución de luminancia en el campo de visión

Como ya mencionamos anteriormente luminancia es la expresión técnica empleada en iluminación para definir objetivamente la luminosidad, constituyendo una medida de la densidad de radiación emitida por una superficie luminosa vista desde una dirección específica. Por tanto, cuanto mayor sea la luminancia de una superficie, más luminoso será su aspecto para el ojo humano.

En conclusión a pesar que la iluminancia sea la apropiada para la tarea visual a realizar, ello no significa que el balance de luminancias en el campo de visión sea el correcto, esto se debe a que el ojo no percibe realmente iluminancias sino luminosidad, que depende de al magnitud medible llamada luminancia. En otras palabras nosotros no vemos la luz que alcanza un objeto procedente de una fuente luminosa sino más bien la luz reflejada por aquel hacia nuestros ojos, y debido a que las superficies de reflexión en una habitación pueden variar considerablemente entre sí, la distribución de luminancias percibidas pueden

presentar fuetes contrastes. Si estas diferencias son considerables la percepción puede hacerse difícil, produciéndose cansancio e inclusive fuertes dolores de cabeza.

En una oficina es preferible evitar contrastes fuertes de luminancia o color, ya que estos tienden a atraer la atención y por ello perturbar la concentración en el trabajo.

3.4.3. Deslumbramiento

La calidad de una instalación de iluminación está fuertemente influenciada por la calidad de deslumbramiento presente, las fuentes deslumbradoras pueden ser naturales o artificiales, las cuales dan lugar a una sensación de incomodidad, en caso extremos el deslumbramiento puede conducir incluso a un deterioro de la visión.

Se produce deslumbramiento si las lámparas, luminarias, ventanas u otras áreas son excesivamente brillantes en comparación con la luminancia general en el interior.

Deslumbramiento producido por luminarias.-

En cuanto a la cuestión de las luminarias que causan deslumbramiento existen actualmente técnicas para evitar que esto ocurra. Ello es importante porque muy a menudo son las luminarias las que provocan la luminancia dentro del campo de visión, produciéndose un fuerte contraste con el relativamente oscuro fondo del techo.

Podría aparecer deslumbramiento sin que esto implique necesariamente que la luminaria propiamente dicha sea la culpable, simplemente significa que en esta situación en particular la luminaria presenta una luminancia inaceptable elevada en la dirección de visión del observador y no es realmente adecuado su empleo de esta forma. En otras palabras, necesitamos una información que nos diga donde una luminaria particular puede colocarse.

Para poder decir si una luminaria determinada es adecuada o no para su empleo en una cierta estancia, habrán de tenerse en cuenta los siguientes factores:

- nivel de iluminación
- distribución de luz de la luminaria
- disposición de las luminarias
- tamaño de la estancia
- naturaleza de la tarea visual

3.4.4. Modelado

La experiencia general de un local se mejora cuando sus contornos estructurales y las personas y objetos dentro del mismo se iluminan de manera que las formas y texturas destacan nítida y agradablemente. El alumbrado no debe ser demasiado direccional, ya que producirá sombras excesivas, ni deben ser demasiado difuso, por que provocaría la pérdida totalmente la sensación de relieve.

La dirección del flujo de luz y las sombras producidas, influyen en la forma en que percibimos el mundo tridimensional que nos rodea. Sentimos la iluminación como natural cuando nos llega predominantemente de arriba.

3.4.5. Color y rendimiento de color.

Las personas tienden a juzgar los colores bajo la iluminación que consideran ser natural, la luz natural se usa a menudo equivocadamente para estos fines. Pero los colores bajo la luz de un día soleado pueden resultar muy diferentes a como se ve en un día totalmente nublado ya que la distribución espectral de la luz varia continuamente de hora en hora y de estación en estación. Lo correcto para estimar los colores, es por supuesto, evaluarlos, en la zona en donde serán finalmente observados.

Así por ejemplo: un vestido de noche deberá elegirse bajo una fuente incandescente por ser está clase de iluminación la más utilizada en funciones de noche donde lo llevará puesto.

De modo similar la gama de colores a utilizar en una oficina deberá seleccionarse preferentemente bajo idéntica iluminación a la que más tarde será allí instalada.

El color de una fuente de luz depende de la composición especial de la luz emitida por ella. Por otra parte, la apariencia de color de una superficie reflectora de luz está determinada por dos caracteres: la composición espectral de la luz que ilumina y las propias características de reflectancia espectral de una superficie.

La forma en que se percibe el color alrededor nuestro tiene una considerable influencia sobre nuestro estado de ánimo y sensación de bienestar. Aparte de esto, el rendimiento en color es de particular importancia, en un estricto sentido práctico, cuando ciertos objetos deben ser vistos en un verdadero color. Generalmente hablando, la iluminación usada en un interior deberá seleccionarse de forma que los objetos familiares y sobre todos los colores de la piel, sean agradables y naturales.

3.4.6. Estética del equipamiento

Equipos agrupados

Vista individualmente, una luminaria se evalúa en virtud de su forma, color y grado de sofisticación, esta evaluación de una unidad aislada se traslada al resto de luminarias de que consta la instalación, y cualquier defecto en una se supone que está presente en todas las demás. Pero las luminarias se perciben invariablemente como constitutivas de un grupo cuya forma puede acentuar o no la estructura del espacio.

3.4.7. Calidad de la iluminación y economía

En muchos proyectos resulta con frecuencia que la iluminación es considerada como último punto a analizar, esto da lugar a que en la decisión se haya tomando el más bajo precio para cumplir con el presupuesto. Como consecuencia de ello, la instalación puede echar a perder el ambiente, reducir el rendimiento, incrementar accidentes etc.

Es por esto primordial considerar ya en la fase de diseño del proyecto (ejemplo un Banco), la necesidad de iluminación adecuada, y que los presupuestos se realicen teniendo en cuenta desde el principio de la inversión. Los costos de inversión en mantenimiento son también muy importantes por lo que deben también ser tomados en cuenta en la fase de diseño.

Costos de Inversión.

Los costos de inversión para una determinada instalación se pueden dividir como sigue:

- Costos de luminarias, incluido el equipo eléctrico auxiliar, y muy a menudo también los costos iniciales de la lámpara.
- Sistemas de control de la iluminación (por ejemplo dimmers).
- Accesorios de montaje.
- Cableado eléctrico.
- Costes de instalación.

3.5. RECOMENDACIONES OFICINAS TIPO.

La mayoría de los edificios de oficinas tienen plantas abiertas, oficinas privadas, oficinas ejecutivas, salas de dibujo, salas de conferencia, área de recepción, vestíbulos y pasillos.

Estas áreas se diferencian por las actividades visuales que allí se realizan que van desde tareas intensas a labores de menor requerimiento visual.

3.5.1. Planta abierta general

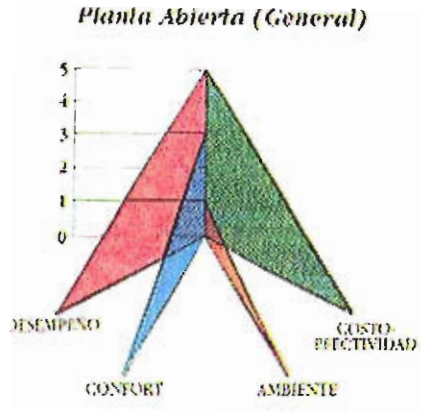
Llamamos una planta abierta a un espacio compartido por muchas personas. La oficina abierta tiene como propósito soportar los objetivos generales de la corporación en manera eficiente.

Generalmente en éstas áreas las personas que trabajan tienen un común la función de trabajo, separados por divisiones modulares, el tipo de trabajo que aquí se realiza tiene com características ser típico y repetitivo tales como leer, escribir, hablar por teléfono, uso de computadora.

En oficinas de planta abierta, los niveles promedio de iluminación general oscilan entre 300 y 700 lux, y en las áreas de trabajo alrededor de 500 lux, la temperatura recomendada para las lámparas se encuentra entre 3500°K y 1400°K y un índice de reproducción de color mayor a 70.

La uniformidad (E mínimo/E promedio) de la iluminación en ese espacio debe ser ≥ 0.6 para las áreas generales y ≥ 0.8 para las áreas de tarea.

En cuanto a la **probabilidad de confort visual (VCP) medida que expresa el porcentaje de personas que se siente cómodas en un ambiente iluminado por una luminaria específica,** se recomienda VCP mayor a 80.

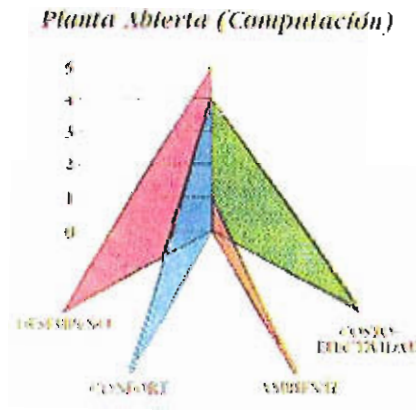


3.5.2 Planta abierta computación

En las dos últimas décadas se ha ido reemplazando las máquinas de escribir y otros equipos por computadoras, así en éstos días casi todos los puestos de trabajo tienen uno de éstos equipos, éstas oficinas requieren especial atención en cuanto a mobiliario y equipo de iluminación debido al problema de deslumbramiento producido por las pantallas al reflejar la luz de las fuentes de iluminación.

Para evitar este deslumbramiento se recomienda el uso de luminarias con VCP de *90 o mayor.

Los niveles de iluminación oscilan entre los 300 y 500 lux, una apariencia de color de por lo menos 70 y niveles de uniformidad entre 0. para iluminación genera y 0.8 para las áreas de trabajo.



3.5.3. Oficinas Privadas

Estos espacios de trabajo privados encerrados por paredes, se les asignan a la gerencia media y constituyen el centro de distribución de las actividades de una oficina tanto desde el punto de visto de trabajo como las de comunicaciones.

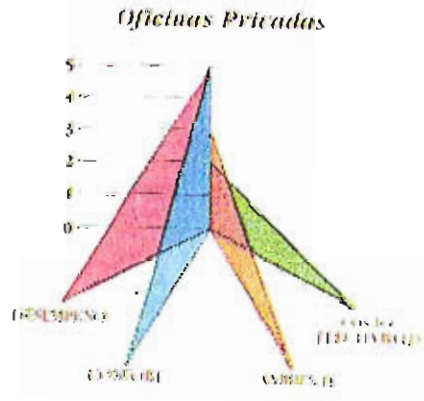
La función principal de las personas que allí trabajan es supervisar que sus empleados pongan en práctica las decisiones y políticas formuladas por la alta gerencia.

En estas áreas se realizan tareas como leer, escribir informes, hacer llamadas telefónicas y realizar pequeñas reuniones, como equipo común también se encuentra la pantalla de un computador.

Las oficinas privadas deben tener un ambiente acogedor que transmitan una imagen de la compañía.

En las oficinas privadas el nivel general de iluminancia promedio recomendado oscila entre 300 y 500 lux, en las áreas de tarea, sin embargo se recomienda un mínimo de 500 lux una apariencia de color de 3000°K a 3500°K y un índice de reproducción de color mayor o igual a 70 que harán que este ambiente sea agradable y cómodo.

Se recomienda el uso de luminarias con un VCP de más de 70, y relaciones de uniformidad de 0.6 para iluminación general o 0.8 para áreas de tarea.

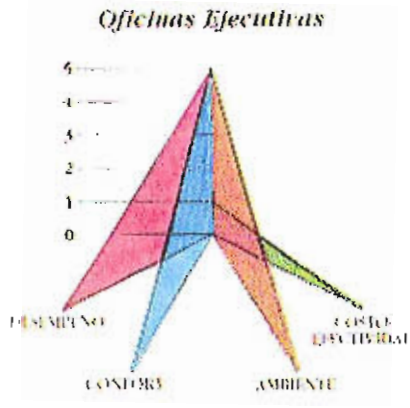


3.5.4. Oficinas Ejecutivas.

Las oficinas de los altos gerentes o ejecutivos a menudo reflejan su gusto y personal individual, en éstas oficinas generalmente existen muebles de alta calidad, obras de arte y accesorios que proyectan una imagen de distribución.

En las oficinas ejecutivas se recomienda un nivel de iluminancia general entre 100 y 300 lux y sobre las áreas de trabajo un mínimo de 500 lux, una apariencia de color de 3000°K y un índice de rendimientos de color de al menos 80% para producir un ambiente cómodo y agradable, la uniformidad general en este tipo de oficinas no tiene una importancia

significativa, sin embargo en el área de tareas la uniformidad de 0.8 en la recomendada, se recomienda también que la luminaria tenga VCP mayor 70.

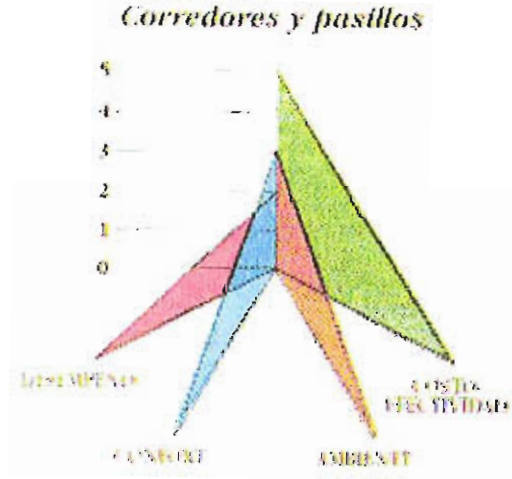


3.5.5. Corredores y pasillos.

Estas áreas públicas se utilizan para transitar entre los distintos departamentos o edificios. Los pasillos y corredores también se pueden usar para exponer obras o premios de la compañía.

Como en éstos pasillos no se realizan trabajos visuales exigentes, representan una buena oportunidad para economizar en el diseño de alumbrado, aún siguiendo las normas de seguridad.

El nivel general de iluminación promedio está entre 100 y 200 lux, con un requisito de relación de uniformidad superior a 0.6 y una luminaria con un VCP mayor de 70. La impresión de colores puede oscilar entre 3000 y 3500K y el índice de rendimiento de color debería ser mayor de 70.



3.6. CONTROL DE LA ILUMINACIÓN

Un parte importante de los gastos corrientes de una instalación de iluminación está integrada por los gastos de energía. El ahorro en estos gastos de energía es posible controlando la iluminación de manera tal que su nivel sea siembre el que realmente se necesita.

Otra razón para ejecutar un control de iluminación tiene que ver con la eficiencia y el confort de las personas, que se pueden mejorar si aquellos afectados por la iluminación puede graduare según sus necesidades y preferencias personales.

3.6.1. Técnicas de Control

El nivel de iluminación de un habitación se puede controlar de diferentes maneras:

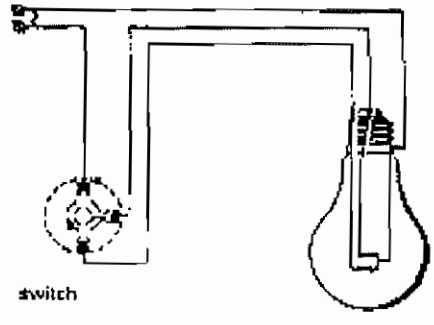
- Encendidos parciales.
- Control continuo o regulación.
- Combinación de encendidos parciales y regulares.

Encendidos Parciales

Con este método de emisión de luz de una instalación se puede regular gradualmente hacia el nivel requerido. En lo que respecta a la iluminación de interiores, existen tres técnicas de encendido: en la lámpara, en la luminaria y entre luminarias.

Encendido de la lámpara

Solo apropiado para uso en el hogar, se hace utilizando lámparas incandecentes especiales, aquellas llamadas lámparas de tres luces (Fig. 44) Estas tienen dos filamentos de distintas potencias, que están concentrado a la alimentación por un casquillo especial, de triple contacto. Utilizando los filamentos individualmente o en paralelo por medio de una llave se puede obtener tres niveles de iluminación con la misma lámpara.



Encendido en la luminaria

El control gradual también es posible si se encienden individualmente las lámparas en una luminaria de varias lámparas. Sin embargo, una consecuencia de este método, es que el cableado se hace mucho más complicado. En lugar de simplemente conectar todas las lámparas de la luminaria en el mismo punto de alineación, cada una debe tener su propio cable.

La cantidad de niveles de iluminación que se pueden obtener de está manera depende del número de lámparas por luminaria. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el área de emisión de luz de la luminaria se puede cambiar apagando una o más lámparas. Por ejemplo: en una luminaria de lámparas fluorescentes equipadas con un louver de espejo la parte del louver debajo de una lámpara que no esté en funcionamiento parecerá un agujero negro que especialmente en la iluminación de oficinas, se considera inaceptable por razones estéticas. Una solución en éstos casos es emplear luminarias de tres lámparas equipadas por un panel difusor o luminarias con dos lámparas colocadas una sobre la otra.

Encendido por grupo de luminarias.-

Con este tipo de control de iluminación, se puede reducir la emisión de luz de toda una instalación, apagar una parte por completo (ejemplo luminarias adyacentes a ventanas), o dejar determinadas luminarias encendidas para proporcionar una iluminación localizada. Esto se puede obtener a costo de una pequeña extensión del trazado de la alimentación. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la uniformidad de la iluminación puede resultar afectada.

Regulación

En este tipo de control de iluminación el nivel de la misma varía constantemente. Los dimmers actuales utilizan circuitos de control de frases para modificar el período de conductividad de cada medio ciclo de corriente de la lámpara (Fig. 4.5) y así variar la emisión de luz. Dichos circuitos son simples y económicas y a diferencia de los antiguos dimmers a resistencia, están virtualmente exentos de pérdidas de energía.

Encendido y regulación combinados

Cuando los niveles de iluminación son relativamente altos es posible reducir el costo del sistema de control de iluminación obtando por encendido en combinación con regulación parcial. La razon de esto es que en niveles de iluminación altos un cambio gradual en la iluminación más altos las lámparas en una instalación de lámparas múltiples se pueden simplemente apagar, estando solo aguas de luminarias equipadas con dimmers para proporcioanar un control continuo en niveles más bajos.

3.6.2. Sistemas de Control

Los sistemas de control de iluminación se dividen en tres categorías amplias:

- Control manual
- Control automático (no inteligente).
- Control computarizado (inteligente).

Control manual

Un sistema manual de control de iluminación con llave de encendido o regulación o con ambas, puede ser diseñado de manera tal que permita a los usuario escoger el nivel de iluminación local de acuerdo con sus necesidades individuales. En un área pequeña iluminada (ejemplo una oficina privada) se pueden utilizar controles de iluminación ubicados en la pared, mientras que en un interior grande con lugares de trabajo individuales (ejemplo un área de oficina de planta libre) serán más convenientes las unidades personales de control remoto manual.

Una de las mayores desventajas de los métodos manuales es que si bien los ocupantes pueden darse cuenta de que la luz natural es insuficiente y prender las luces, no hay nada que les indique que deben apagarlas si la luz natural es adecuada. Además, se gasta una cantidad de energía considerando las luces quedan encendida después del horario de trabaja.

Control automático

Los sistemas de control automático con control de relojes de tiempo o fotocélulas, o con ambos, se pueden emplear para encender o regular grupos determinados de lámparas. El reloj se puede emplear para eliminar la pérdida que resulta de las luces que quedan encendidas cuando no se usa el interior mientras que la fotocélula puede monitorear los niveles de luz natural y apagar (o graduar) aquellas luminarias adyacentes a las ventanas cuando los niveles de luz natural son altos.

Los sistemas automáticos están generalmente equipados con un sistema manual de funcionamiento extra para circunstancias inusuales (trabajo fuera de horario) o para actividades planificadas (limpieza de rutina). Alternativa, es posible captar la presencia de los ocupantes a través de detectores de presencia que reaccionen al movimiento o al sonido.

Control Computarizado

Un sistema de control de iluminación computarizado puede coordinar un grupo de subsistemas y así aumentar la eficiencia y la flexibilidad total de la instalación de luz. La computadora puede a la vez formar parte de un sistema de computación mayor utilizado para controlar otros servicios del edificio tales como ascensores o aire acondicionado en el sistema de funcionamiento integrado, computarizado, Philips (Fig.4.6), una computadora central o mini central de control (MCU) está programada para encender la luz del edificio de acuerdo con un horario preestablecido. Además, unidades locales (hasta 100

por MCU) en el sistema ilustrado) cada una con el control de un grupo de luminarias, reaccionan a comandos de encendido que provienen de sensores (luz natural u otros) y a unidades de control remoto infrarrojas colocadas en distintas partes del edificio. Dicho sistema es no solo muy eficaz en la administración de energía de las iluminación si no también extremadamente flexible. Por ejemplo, si se cambia la distribución de las estaciones de trabajo (posiblemente al agregar paredes divisorias). Sistema de control de iluminación se puede reprogramar con rapidez y facilidad.

3.7. INTEGRACION DE LA LUZ NATURAL Y LA LUZ ELECTRICA COMO MEDIO PARA AHORRAR ENERGIA.

Se puede mejorar la eficacia en el uso de energía de un edificio mediante la combinación de luz natural y luz eléctrica.

3.7.1. Luz eléctrica y luz natural.

Algunas de las razones que justifican el uso de la luz natural como fuente de luz en un edificio son:

- Calidad de la luz.
- Importancia de la luz natural como elemento de diseño por su influencia en el ambiente y entorno.
- Vista hacia el exterior como necesidad psicológica.
- Ahorro de energía, siempre que haya una cantidad suficiente, permite reducir el nivel de la luz eléctrica lo que produce un ahorro de energía.

La calidad de la luz natural, según lo indica su temperatura de color correlativa y su índice de reproducción de calor, depende de la posición del sol y de las condiciones atmosféricas la primera puede variar entre 4000K (sol directo) 100000 K (ciclo azul), despejando, mientras que el último generalmente es de por lo menos 95.

3.7.2. Porcentaje de la luz natural

La cantidad de la luz natural que entra a un edificio está determinada en parte por la potencia de la luz natural en un determinado momento en el tiempo, pero también por el tamaño y la posición de las ventanas y por la presencia de obstrucciones (dentro o fuera) en el flujo de la luz natural.

La medida fundamenta de la cantidad de luz natural en un punto dentro de un edificio, es el factor de la luz natural, es la razón entre la iluminancia de la luz natural (generalmente horizontal) en el punto y la iluminancia horizontal que existe simultáneamente bajo un hemisferio de cielo sin obstrucción, por lo general se expresa como un porcentaje y no como una fracción. El sol directamente queda excluido de ambos valores de iluminancia.

El factor de luz natural está compuesto por tres contribuciones diferentes de luz natural a al habitación: el componente del cielo (es decir, la luz recibida en el punto de diseño directamente desde el cielo); el componente reflejado desde el exterior (es decir la luz reflejada hacia el punto de diseño desde superficies externas ala habitación); y el componente reflejado desde el interior (es decir, luz reflejada el punto de diseño desde superficies del interior de la habitación).

El factor de luz natural depende del tipo de cielo pero generalmente se toma como uno de cielo nublado.

3.7.3. Encendido y Graduación.

La clave para el diseño de un sistema de luz integrado (luz natural + luz eléctrica) reside en la estrategia de control de iluminación eléctrica, a pesar de que puede haber momentos en que los niveles de luz natural también necesitan ser reducidos.

Se puede tener un ahorro de energía sustancial encendiendo o graduando automáticamente la instalación de luz de acuerdo con la cantidad de luz natural disponible.

El encendido se puede realizar a través de simples controles de fotocélulas, mientras que para la regulación se necesitan unidades electrónicas mas refinadas. Pero cualquiera que sea el sistema que se adopte, la luz eléctrica no debe ser reducida a menos que la iluminancia total en cualquier estación de trabajo exceda la iluminación de diseño en un factor determinado, por ejemplo 1.5. Además, siempre se deben proporcionar a los ocupantes los medios para modificar el funcionamiento del control automático según las necesidades del momento.

El encendido automático es la solución más simple desde el punto de vista técnico, pero deben realizarse en etapas para evitar cambios excesivamente grandes en la iluminancia, que inevitablemente resultarán molestos. La regulación de la luz tiene menos desventajas con respecto a esto, pero es más cara de implementar.

Las soluciones más avanzadas al problema de cómo integrar la iluminación artificial con la luz natural, con la mínima molestia el máximo beneficiario para todos aquellos a quienes les concierne, comprenden sofisticados sistemas computarizados de administración de la iluminación, estos están por lo general instalados en grandes edificios complejos, donde se logra la máxima eficiencia del sistema.

Reducción de los niveles de luz natural.

En algunas circunstancias es necesaria la reducción del nivel de luz, por ejemplo cuando deben tomarse medidas que hacen la conservación o a la restricción de deslumbramiento. Las persianas o celosías de luz natural empleadas con este propósito en general se operan manualmente, pero cada vez se usan más los sofisticados sistemas computarizados.

También se debe considerar el uso de cortinas o persianas durante la noche: puede contribuir a lograr una mejor distribución de luminancia eliminando el efecto de espejo negro que puede hacer que aparezcan imágenes de luminarias con brillo en el campo de visión.

3.8 MANTENIMIENTO

La iluminancia proporcionada inicialmente por una instalación de iluminación disminuirá de manera gradual durante el uso debido a una reducción en los lúmenes de la lámpara, a lámparas que se quemen, y a la acumulación de suciedad en la lámpara, luminarias y superficies de la habitación. Sin embargo, es posible mantener la iluminación en o sobre el mínimo del valor permitido limpiando el equipo de iluminación y las superficies de la habitación y cambiando las lámparas quemadas o gastadas a intervalos adecuados de acuerdo a un programa de mantenimiento previamente acordado.

Un programa de mantenimiento bien diseñado y operado presentará los siguientes beneficios:

- Mantendrá los niveles de iluminación en o sobre los valores recomendados
- Reducirá los gastos de capital y de funcionamiento
- Asegurará que la instalación misma y el interior en general tengan una apariencia satisfactoria.

Pero aún con un programa de mantenimiento bien diseñado y operado es inevitable cierta pérdida en la iluminación. Por esto, al diseñar la instalación de iluminación se debe considerar cualquier depreciación en la emisión de luz proporcionando una iluminación superior a la requerida. La cantidad extra dependerá del factor de mantenimiento aplicado a los cálculos de la iluminación.

El intervalo más económico para la limpieza de una instalación de iluminación determinada dependerá del tipo de luminaria, la velocidad a la cual se acumule la suciedad, el costo de la limpieza. Para obtener la máxima ventaja económica, el intervalo de limpieza de las luminarias debe estar relacionado con el intervalo de reposición de las lámparas.

Las lámparas pueden cambiarse individualmente a medida que se quemen (recambio individual) o se pueden cambiar las lámparas de toda la instalación de una vez, lo que denominan recambio grupal. Lo más común es adoptar una combinación de ambos sistemas.

En términos generales, en el caso de instalaciones grandes, se ahorra más dinero a través de un eficiente recambio grupal organizado que remplazando las lámparas individualmente. Además, se puede aplicar un factor de mantenimiento más alto.

Debido a que el cálculo de la instalación de iluminación depende del conocimiento del programa de mantenimiento planificado, este último se debe cumplir si se quieren mantener los niveles de iluminación calculados.

3.8.1. Depreciación de la emisión de luz

Suciedad en lámparas y luminarias.-

La mayor parte de pérdidas de luz se puede atribuir a la suciedad que se acumula en las lámparas y en las superficies de control de luz (reflejada, refractada o difusa) de las luminarias.

La velocidad de depreciación causada por la suciedad que se deposita en las superficies de control de la luz es afectada por el ángulo de inclinación, la terminación y la temperatura de la superficie, por el grado de ventilación o hermetismo de la luminaria, y por el grado de contaminación de la atmósfera que rodea la luminaria.

La depreciación en la emisión de luz puede ser reducida seleccionando luminarias apropiadas para cada lugar determinado. Las luminarias de bases abiertas y superficies cerradas acumulan suciedad a mayor velocidad que aquellas que tienen ventilación. En las luminarias ventiladas, la corriente de convección saca el polvo y la suciedad hacia fuera a través de agujeros o ranuras en el dosel o reflector y los llevan fuera de las superficies de

reflexión. En atmósferas altamente contaminadas es preferible utilizar luminarias herméticas o a prueba de polvo, algunas de las cuales tienen un filtro interior que permite se lleve a cabo la respiración necesaria.

Suciedad sobre superficies de la habitación.

La suciedad acumulada en cielo raso y paredes reduce el valor de reflectancia de los mismos y por lo tanto la cantidad de luz reflejada. La relación que esto tenga con el cálculo de iluminación obviamente dependerá del tamaño de la habitación de que se trate y de la distribución de luz de las luminarias. El efecto será más pronunciado en habitaciones chicas o cuando haya luminarias con un gran componente directo.

Depreciación del lumen de la lámpara.

El rendimiento luminoso de todas las lámparas disminuye con el uso, pero la velocidad de dicha disminución varía ampliamente según los tipos de lámparas y los fabricantes, Los cálculos para la iluminación deben, por lo tanto, tener en cuenta la depreciación específica en el rendimiento luminoso de cada lámpara en particular.

Falla de la lámpara.

El promedio de vida de la lámpara utilizado y, en el caso de lámparas de descarga, del ciclo de encendido. Las fallas en las lámparas causan no solo una reducción en los niveles de iluminancia, sino que también pueden ocasionar una reducción inaceptable en el grado de uniformidad de la iluminación.

3.8.2. Factor de mantenimiento (factor de pérdida de luz en E.E.U.U).-

Cuando se determina el número de lámparas y luminarias necesarias para proporcionar la iluminancia requerida para una instalación de iluminación en particular, es usual aplicar un factor de mantenimiento a los cálculos. Este factor es la relación entre la iluminación producida por el sistema de iluminación al final del periodo de mantenimiento y la iluminancia producida por el sistema cuando es nuevo.

El factor de mantenimiento (MF) toma en cuenta la depreciación total causada por los distintos factores ya descritos en está relación, a saber:

$$MF=LLMF*LSF*LMF*RSMF$$

donde:

LLMF = factor de mantenimiento del flujo de la lámpara
LSF = factor de supervivencia de la lámpara (sólo programas de reposición grupal)
LMF = factor de mantenimiento de la luminaria
RSMF = factor de mantenimiento de la superficie de la habitación

Estos diferentes factores se pueden obtener a partir de las siguientes tablas

Factores de mantenimiento del flujo de la lámpara (LLMF) y la supervivencia de la lámpara (LSF).

Horas de funcionamiento	**(x1000)**	**0.1**	**1.0**	**2.0**	**4.0**	**6.0**	**12.0**	**18.0**	**24**
Incandescente	LLMF	1.00	0.93						
(GLS)	LSF	1.0	0.5						
Fluorescente	LLMF	1.0	0.96	0.94	0.91	0.87	0.84		
Tri fósforo (TL)	LSF	1.0	1.0	1.0	1.0	0.99	0.75		
Fuorescente	LLMF	1.0	0.94	0.89	0.83	0.80	0.74		
Estándar (TL)	LSF	1.0	1.0	1.0	1.0	0.99	0.75		
Mercurio	LLMF	1.0	0.97	0.93	0.87	0.80	0.68	0.58	0.52
(HPL)	LSF	1.0	1.0	0.99	0.98	0.97	0.88	0.75	0.50
Mercurio halogenado	LLMF	1.0	0.93	0.87	0.78	0.72	0.63	0.52	
(HPI)	LSF	1.0	0.97	0.95	0.93	0.91	0.17	0.5	
Sodio de alta presión	LLMF	1.0	0.98	0.96	0.93	0.91	0.87	0.83	0.80
(SON)	LSF	1.0	1.0	0.99	0.98	0.96	0.89	0.75	0.50

Factores de mantenimiento de la luminaria (LMF)

Tiempo transcurrido entre los ciclos de limpieza años	0		0.5			1.0			2.0			3.0	
Ambiente	cualquiera	C	N	D	C	N	D	C	N	D	C	N	D
Tipo de luminaria													
Lámpara desnuda canal	1	0.95	0.92	0.88	0.93	0.89	0.83	0.89	0.84	0.78	0.85	0.79	0.73
Reflector con superficie abierta	1	0.95	0.91	0.88	0.90	0.86	0.83	0.84	0.80	0.75	0.79	0.74	0.68
Reflector con superficie cerrada	1	0.93	0.89	0.83	0.89	0.81	0.72	0.80	0.69	0.59	0.74	0.61	0.52
Cerrado	1	0.92	0.87	0.83	0.88	0.82	0.77	0.83	0.77	0.71	0.79	0.73	0.65
A prueba de polvo	1	0.96	0.93	0.91	0.94	0.90	0.86	0.91	0.86	0.81	0.90	0.84	0.79
Hacia arriba (indirecta)	1	0.92	0.89	0.85	0.86	0.81	0.74	0.77	0.66	0.57	0.70	0.55	0.45

Factor de mantenimiento de la superficie de la habitación (RSMF).

Tiempo transcurrido entre los ciclos de limpieza (años)			0.5			1.0			2.0			3.0	
Tamaño de la habitación K2	Ambiente 1 Fracción del flujo de la luminaria	C	N	D	C	N	D	C	N	D	C	N	D
Pequeña 0.7	Directa	0.97	0.96	0.95	0.97	0.94	0.93	0.95	0.93	0.90	0.94	0.92	0.88
	Directa/indirecta	0.94	0.88	0.84	0.90	0.86	0.82	0.87	0.82	0.78	0.84	0.79	0.74
	Indirecta	0.90	0.84	0.80	0.85	0.78	0.73	0.81	0.73	0.66	0.75	0.68	0.59
Mediana	Directa	0.98	0.97	0.96	0.98	0.96	0.95	0.96	0.95	0.94	0.96	0.95	0.94
	Directa/indirecta	0.95	0.90	0.86	0.92	0.88	0.85	0.89	0.85	0.81	0.86	0.82	0.78
	Indirecta	0.92	0.87	0.83	0.88	0.82	0.77	0.84	0.77	0.70	0.78	0.72	0.64
Grande	Directa	0.99	0.97	0.96	0.98	0.96	0.95	0.96	0.95	0.94	0.96	0.95	0.94
	Directa/indirecta	0.95	0.90	0.86	0.94	0.88	0.85	0.89	0.85	0.81	0.86	0.82	0.78
	Indirecta	0.92	0.87	0.83	0.88	0.82	0.77	0.84	0.77	0.70	0.78	0.72	0.65

C: limpio
N: normal
D: sucio
* atmósfera en la que operan las luminarias.

CAPITULO 4

DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACION EDIFICIO BANCO DEL PICHINCHA SUCURSAL MAYOR

4.1. ANTECEDENTES.

El edificio Sucursal Mayor del Banco del Pichincha se encuentra localizado en la ciudad de Quito, en las calles 10 de agosto y Bogotá esquina. Es un edificio perteneciente a una entidad comercial con una área de construcción equivalente a 10.500 m^2 distribuidos en seis plantas y un subsuelo.

En la planta baja, funcionan las cajas de servicio al cliente, donde se realizan las transacciones comunes como son depósitos, retiros, cobro de cheques etc., en este mismo piso existen también estaciones de trabajo (llamaremos estaciones de trabajo al sitio compuesto por un escritorio, silla e implementos de oficina) de atención al cliente, contabilidad, y secretariado.

A partir del Mezzanine hasta el tercer piso existen oficinas abiertas, es decir oficinas comunes separadas únicamente por módulos que no van del piso al techo sino una altura aproximada de 1,50 metros, también existen oficinas privadas totalmente independientes, oficinas ejecutivas, pasillos y corredores éstas oficinas son en su mayoría usadas en contabilidad, administración y financieras.

El edificio Sucursal Mayor a partir del mes de agosto de 1996 ha entrado en un proceso de remodelación tanto de la parte arquitectónica y decorativa así como de las instalaciones eléctricas. Esté proceso de cambio finalizó a fines del mes de diciembre. Cabe indicar que la remodelación total del Banco también incluye la instalación de un programa automático de control de uso eficiente de energía, el cual tubo un retraso en su entrada a funcionamiento hasta mediados del mes de marzo de 1997.

4.2. OBJETIVO.

El objetivo del presente diseño, es el proporcionar un ahorro de energía en el sistema de iluminación mediante la utilización de fuentes de luz que proporcionen niveles de iluminación adecuados para un normal funcionamiento del tipo de trabajo, con un consumo de energía menor.

Es decir obtener el nivel de iluminación adecuado, donde sea necesario y con el menor consumo de energía.

4.3. DECISIONES BASICAS TOMADAS EN EL DISEÑO.

En primer lugar realizaremos un estudio de los diferentes factores que influirán en el diseño, como son tipo de trabajo allí realizado, horas del día en que se realiza este trabajo, posición del puesto de trabajo en el edificio, contribución de iluminación externa y presupuesto. Para luego proceder al diseño mismo. Este primer punto es muy importante y es la primera decisión entre muchas que se debe tomar en cuenta respecto al diseño.

Daremos gran importancia a los requerimientos del usuario, así, como también trataremos de establecer una muy buena relación y coordinación de trabajo con todos implicados en la realización del proyecto, como son por ejemplo: Arquitectos, decoradores de interiores, personas encargadas de la instalación del aire acondicionado en la etapa de diseño misma, a fin de no tener problemas en el proceso de instalación.

Los factores más importantes dictados por el cliente que influirán en nuestro diseño de iluminación son los siguientes:

- Función del espacio
- Dimensiones y detalles del espacio
- Mobiliario y disposición
- Estilo (estética)
- Decoración
- Presupuesto de iluminación

El punto de partida para cualquier diseño de iluminación es la función asignada al espacio en cuestión. Este puede ser un área de esparcimiento, como una sala de espera, donde pondremos énfasis en el confort visual del ambiente o también, puede ser una área de trabajo, como una oficina, en cuyo caso consideraremos la naturaleza de la tarea visual.

Los diferentes tipos de oficinas y áreas existentes en el edificio pueden ser clasificados de la siguiente manera.

Oficina Ejecutiva
Oficina Privada
Oficina abierta computación.
Oficina abierta general.
Pasillos.
Recepción.
Sala de conferencias.

Vamos a tomar como nivel de iluminación los recomendados internacionalmente para interiores según la guía basada en las recomendaciones establecidas en el reporte No. 29 de la CIE, que además nos indica que clase de luminaria utilizar para la limitación del deslumbramiento.

En ésta guía se determina además un término denominado clase de calidad que se refiere a las características que deben tener las luminarias para el control del deslumbramiento.

Tipo de oficina		Niveles de iluminación (Lux)	Relación de uniformidad Emín/Eprom
Ejecutiva	General	100-300	N/A
	Tareas	≥500	U≥0.8
Privada	General	300-500	U≥0.6
	Tareas	≥500	U≥0.8
Planta abierta (computación)	General	300-500	U≥0.6
	Tareas	≥500	U≥0.8
Planta abierta (General)	General	300-700	U≥0.6
	Tareas	≥500-700	U≥0.8
Pasillos	General	100-200	U≥0.6
	Tareas	≥100-200	U≥0.6
Recepción / Vestíbulo	General	200-500	N/A
	Tareas	≥500	U≥0.8
Sala de conferencias	General	100-700	U≥0.8
	Tareas	100-700	U≥0.8

Con el objeto de poder especificar el sistema de iluminación más apropiado para un lugar determinado, los tipos de luminarias que se utilizarán, su ubicación y el lugar hacia el que serán dirigidas, se solicitó un plano de la distribución aproximada del mobiliario y disposición de las mesas de trabajo.

El Banco nos proporcionó éste plano a escala que muestre el espacio a iluminar de los diferentes puestos de trabajo con las posiciones de los muebles dimensiones, localización de ventanas y puertas, altura del cielo raso, espacio disponible entre éste y el techo. Lamentablemente no se pudo contar con detalles de la posición del cielo raso falso en la construcción, solamente se tubo como dato que el tipo a instalarse era modular de 60cm x 60 cm, por lo cual se asumió una posición que podía variar en el momento de la instalación misma.

Un compromiso con el departamento de arquitectura es el poner atención a la estética según las formas, y tamaños de los lugares a iluminar.

Todos éstos criterios tendrán como gran limitante el presupuesto de iluminación que el Banco tenga en mente invertir que determinará el alcance del diseño en búsqueda de la mejor solución posible para la iluminación.

Integración de la luz natural con la luz eléctrica

Como el objetivo principal del cambio de sistema de iluminación es el obtener un ahorro de consumo de energía, no podemos dejar de considerar la integración de la luz natural como una contribución al nivel de iluminación en el puesto de trabajo.

La luz natural, permite reducir el nivel de la luz eléctrica lo que implica un ahorro de energía. Pero la luz natural tiene una característica adicional a la que tiene la luz eléctrica y es la fuerte dependencia que tiene de la hora del día (posición del sol), condiciones atmosféricas (clima), es decir los parámetros referentes a temperatura de color, reproducción de color, son dinámicos y variables en el día.

El factor de luz natural depende del tipo de cielo, pero generalmente se toma como uno de cielo nublado, para determinar la contribución externa que se tiene, hemos tomado una oficina tipo por cada fachada que tiene ventanales las mediciones de iluminancia las hemos tomado en un día nublado para diferentes horas del día.

Luego de éstas medidas se han obtenido los siguientes resultados en las mesas de trabajo.

PISO	Nivel Promedio (lux)
Planta Baja	90
Mezzanine	92
Primer piso	92
Segundo piso	100
Tercer piso	110
Cuarto piso	115

Con lo que obtenemos un nivel promedio de contribución externa de 100 lux para todo el edificio.

Determinación del Factor de Mantenimiento

El nivel de iluminación proporcionado inicialmente por una instalación de iluminación disminuye de manera gradual durante el uso debido a una reducción en los lúmenes de la lámpara, lámparas que se quemen, y a la acumulación de suciedad en la lámpara, luminarias y superficies de la habitación.

Al diseñar la instalación de iluminación se debe considerar cualquier depreciación en la emisión de luz proporcionando una iluminación superior a la requerida. La cantidad extra dependerá del factor de mantenimiento aplicado a los cálculos de la iluminación.

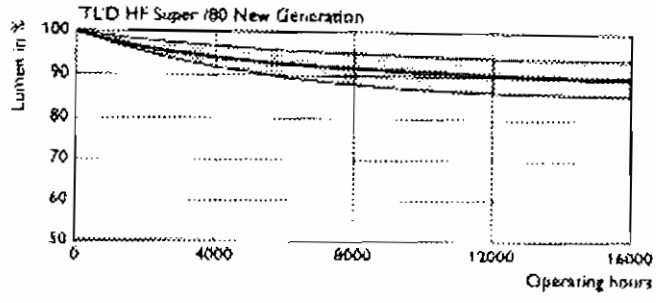
La cantidad de luminarias a utilizarse dependerá inversamente de éste factor de mantenimiento, por lo que trataremos de llegar a un acuerdo a fin que éste no sea demasiado bajo lo que implicaría un costo de la instalación mayor así como un ahorro de energía menor.

Por tanto, un programa de mantenimiento bien diseñado y operado presentará los siguientes beneficios:

- Mantendrá los niveles de iluminancia en o sobre los valores recomendados
- Reducirá los gastos de capital y de funcionamiento
- Asegurará que la instalación misma y el interior en general tenga una apariencia satisfactoria.

Factor de mantenimiento del flujo luminoso de la lámpara .

El tipo de lampara fluorescente que utilizaremos es el denominado TLDSuper 80 de marca Philips que según código americano es el denominado F17T8TL841, este tubo fluorescente tiene como características según curva adjunta tener una baja depreciación del flujo luminoso de la lámpara. Por lo que tomaremos para nuestro diseño un factor de mantenimiento del flujo luminoso de la lámpara de 0.9.



Programa de mantenimiento

El intervalo más económico para la limpieza de una instalación de iluminación determinada dependerá del tipo de luminaria, la velocidad a la cual se acumule la suciedad, el costo de la limpieza. Para obtener la máxima ventaja económica, el intervalo de limpieza de las luminarias debe estar relacionado con el intervalo de reposición de las lámparas.

Las lámparas pueden cambiarse individualmente a medida que se queman (recambio individual) o se pueden cambiar las lámparas de toda la instalación de una vez, lo que denominan recambio grupal. Lo más común es adoptar una combinación de ambos sistemas. En términos generales, en el caso de instalaciones grandes, se ahorra más dinero a través de un eficiente recambio grupal organizado que remplazando las lámparas individualmente. Además, se puede aplicar un factor de mantenimiento más alto.

Debido a que el cálculo de la instalación de iluminación depende del conocimiento del programa de mantenimiento planificado, este último se debe cumplir si se quieren mantener los niveles de iluminancia calculados.

El nivel de suciedad en el ambiente del Banco es casi nulo, se realiza limpieza en los lugares de trabajo, todos los días, además la calidad del aluminio del reflector es alta por lo que el índice de refracción se mantendrá constante. Debido a estos parámetros se toma 0.9 como factor de mantenimiento de la luminaria, considerando además que se hará limpieza a los louvers por lo menos cada dos años.

Elección del Sistema de Iluminación

La función de la habitación, su ocupación, las tareas visuales que se llevarán a cabo alli, la eficiencia de la luminaria y el estilo de la decoración influyen en la elección del sistema de iluminación a utilizar, considerando todos éstos criterios se ha decidido la utilización de luminarias modelo TBS300-3x17WHF de marca Philips como la recomendada para ser utilizada en la iluminación general del edificio en mención, adicionalmente para corredores, baños entre otros utilizaremos ojos de buey para uno o dos fluorescentes compactos de 13W, los catálogos de todas luminarias utilizadas en el diseño se muestran en el anexo 2.

Las dos luminarias más utilizadas tienen las siguientes características.

Material de la Carcaza:

Lámina total de 0.7 mm de espesor, pintado al horno en color blanco directo con una reflactancia de 0.85.

Sistema óptico:

Tipo M2, formado por espejos parabólicos en el sentido longitudinal de los tubos fluorescentes y aluminio facetado en sentido transversal a los mismos, la rejilla forma un total de 18 celdas, 6 por cada tubo fluorescente.

Material del sistema óptico:

Los espejos parabólicos son aluminio de alta pureza electroabrillantados, las láminas transversales son de aluminio facetado.

Características del Balasto:

Tipo:	SSB2-120-3/17 IS LH
Tipo de lámpara:	F17T8
Número de lámparas:	3
Voltaje nominal:	120V
Frecuencia de entrada:	60Hz
Ballast factor:	1.06
THD(%):	<20
Factor de potencia:	>0.98
Mínima temperatura de funcionamiento:	10°C
Consumo del sistema:	52 W
Corriente nominal:	0.44 A
Peso:	1.1 Kg.
Norma de fabricación:	UL876FListed

Protección: Protección técnica integrada

Características del Tubo Fluorescente:

Tipo:	F17T8/TL841 (Código americano)
Familia:	TLDSuper 80 New Generación.17T8
Lúmenes iniciales:	1400
Lúmenes de diseño:	1300
Temperatura de color:	4100°K
Rendimiento de color CRI:	85%
Largo (cm):	61 cm
Diámetro (mm):	26 mm
Vida útil (horas):	20.000

Las características del ojo de buey para un fluorescente compacto de 13W se muestra a continuación.

Material de la Carcaza:

Aluminio electroabrillantado que a la vez sirve como sistema óptico.

Sistema óptico:

Formado por un espejo tipo casco que cubre a toda la lámpara.

Características del Balasto:

Tipo:	BPL-13W
Tipo de lámpara:	PL13W
Número de lámparas:	1
Voltaje nominal:	120V
Frecuencia de entrada:	60Hz
THD(%):	<20
Factor de potencia:	>0.98
Mínima temperatura de funcionamiento:	0°C
Consumo del sistema:	17 W

Características del Fluorescente compacto:

Tipo:	PL13W
Familia:	Fluorescentes Compactos
Lúmenes iniciales:	900
Lúmenes de diseño:	1300
Temperatura de color:	4100°K
Rendimiento de color CRI:	85%
Vida útil (horas):	8.000

CALCULOS DE ILUMINACION

Para realizar los cálculos de número de luminarias ha utilizar y los niveles de iluminación que se tendrán emplearemos el programa computacional denominado CALCULUX FOR WINDOWS desarrollado por Philips Lighting B.V., que trabaja con el método denominado punto a punto que se basa en la utilización de la fotometría de la luminaria.

Método de cálculo del programa Calculux For Windows.

Contribución directa.

La iluminancia horizontal en el punto P se consigue por medio de la fórmula descrita en el capítulo 3.

$$Ehor,p = I*Cos^3\gamma/H^2$$

Donde:

Ehor,p	=	Iluminancia en el punro P (en el plano x, y).
I	=	Itensidad luminosa (cd) de la fuente en la dirección P.
γ	=	Angulo que forma la luz incidente con la normal al plano.
H	=	Altura (m) de la luminaria por encima del plano horizontal que contiene P.
R	=	La distancia entre la fuente de luz y el punto.

Esta fórmula supone que la luminaria es una fuente de luz puntual. Para la mayoría de las luminarias fluorescentes no es válido. Calculux Indoor tiene una función incoporporada que soluciona el problema. Cuando la distancia entre la luminaria y el punto P es corta en comparación con las dimensiones de la luminaria, se considera que la luminaria está constituida por un número de luminarias más pequeñas con la misma distribución de luz, pero con un flujo de luz proporcionalmente más pequeño.

Contribución indirecta.

La cantidad de luz que llega a un punto depende de la contribución directa de las luminarias y de la contribución indirecta reflejada por las superficies del local. Calculux Indoor calcula la contribución indirecta dividiendo las superficies del local en varias superficies, consideradas como fuentes de luz de áreas de radiancia uniforme.

El número de superficies se establece utilizando el nivel de precisión de interreflexión situado en el cuadro de diálogo Local. Dado que la iluminancia total en el punto incluye la contribución directa más la contribución de las superficies, cuantas más superficies tenga, más exactos serán los resultados.

La contribución directa en cada superficie se calcula colocando una rejilla en cada superficie y derivando la iluminancia incidente de cada luminaria según la ecuación anterior. Los valores individuales se suman y se saca la media para ofrecer la iluminancia media total en la

superficie. A partir de está contribución directa media, se soluciona la matriz de interreflexión completa para calcular la radiancia total media en cada superficie.

Cuando las superficies del local no están divididas en superficies más pequeñas, tenemos el denominado modelo de interreflexión de seis planos que corresponde a un nivel de precisión de interreflexión normal establecido en el cuadro de diálogo Local.

Estimación rápida.

Si lo desea puede introducir un valor para el nivel de iluminancia requerido del local en este campo, por ejemplo: 500 lux. Posteriormente, cuando seleccione una luminaria para su diseño de iluminación, utilizando el cuadro de diálogo. Añadir luminaria, se proporcionará una estimación del número necesario de estas luminarias para proporcionar el nivel de iluminancia requerido.

Calculux Indoor realiza este cálculo en función del método de UF (Factor de utilización) descrito en los informes 40 y 52 de la CIE. Este cálculo se realiza para cada luminaria individualmente.

$$N = \frac{E \times L \times W}{NL \times \phi \times MF \times UF}$$

Donde:

E	=	Iluminancia requerida.
L	=	Longitud del local.
W	=	Anchura del local.
NL	=	Número de lámparas en cada luminaria.
N	=	Número de luminarias.
MF	=	Factor de mantenimiento de las luminarias.
UF	=	Factor de utilización

Factor de utilización.

Cuando añada una luminaria de un archivo de base de datos o PHILUM, el número de luminarias necesarias para proporcionar el nivel de iluminación requerido, como se introdujo en el cuadro Local, se calcula y se visualiza de forma automática. El cálculo se realiza con el método de factor de utilización (UF) descrito en los informes 40 y 52 de la CIE. Si introduce un número de luminarias diferente y elige Generar, el programa la sitúa una vez más en función del método del factor de utilización. Si no se puede encontrar una solución, Calculux Indoor le indica, por ejemplo, si el número de luminarias no se adapta al local.

En algunos casos, la base de datos contiene la información sobre las relaciones máximas recomendables entre la separación y la altura de las luminarias, para proporcionar una excelente uniformidad. Si el número de luminarias calculado es usando el método del factor de utilización no cumple con estas proporciones, Calculux Indoor añadirá luminarias adicionales hasta que se cumplan.

El factor de utilización (UF) se calcula en función del método de lúmenes descrito en los informes 40 y 52 de la CIE. Este método utiliza el código de flujo CIE de la luminaria, las dimensiones del local y las propiedades de reflexión de sus superficies para realizar el cálculo.

Comprobación de Uniformidad.

En algunos casos, la base de datos contiene la información sobre la relación máxima recomendable entre separación y altura de las luminarias, que proporcionará una buena uniformidad. Estos valores se toman en cuenta y aveces conducen a un número de luminarias mayor que el solicitado por la ecuación de estimación rápida.

La comprobación de uniformidad está restringida a comprobar los números mínimos en longitud y en anchura. Esto sólo se realiza si la relación máxima entre separación y altura de las luminarias se ofrece en la base de datos.

La comprobación de la uniformidad se basa en los valores proporcionados en la base de datos. Estos valores se pueden calcular para una rejilla de 4x4 luminarias y la uniformidad se calcula en cuadro de las cuatro luminarias centrales. Por supuesto, en situaciones prácticas no siempre se cumplen las anteriores condiciones. También es posible que las relaciones entre separación y altura máxima nos se ofrezca en la base de datos.

4.4. RESULTADOS DE LOS CALCULOS DE ILUMINACION

En el diseño tomaremos oficinas tipo ya que el resto de oficinas pueden ser comparadas con éstas en cuanto a dimensiones y naturaleza del trabajo que allí se realiza.

Los resultados obtenidos por el programa Calculux for Windows para estas oficinas tipo, se muestran en el anexo 3.

4.5. CONTROL DE LA ILUMINACION

Como el objetivo principal de este proyecto es el obtener un ahorro en el gasto de energía, será de suma importancia controlar la iluminación de manera tal que su nivel sea el que realmente se necesita y en el momento en que se la necesita.

Un método utilizado para obtener un ahorro de consumo de energía es el de controlar la emisión de luz de una instalación, esto se puede lograr regulando gradualmente el flujo luminoso de la lámpara hacia el nivel requerido. Las lámparas fluorescentes para lograr éste control del nivel de flujo luminoso por su característica de funcionamiento requiere de un balasto de características especiales, que permitan ser dimerisable, lamentablemente, los costos de éste balasto son demasiados altos y se encuentran por lo tanto fuera del alcance del presupuesto del proyecto. Este inconveniente obligó a que se implante un control de encendido de la luminaria.
Existen dos formas de controlar niveles de iluminación por encendido de la luminaria:

Existen dos formas de controlar niveles de iluminación por encendido de la luminaria:

- El un método es el control del encendido de las diferentes lámparas que conforman una luminaria éste método no puede ser aplicado en nuestro caso, porque una lámpara apagada daría la apariencia de un agujero negro, que estaria en contra de la estética y además atraería la atención de las personas que normalmente allí trabajan.

- El otro método es el control de encendido por grupo de luminarias, con este tipo de control de iluminación, se puede reducir la emisión de luz de toda una instalación, apagando una parte por completo (ejemplo luminarias adyacentes a ventanas), o dejar determinadas luminarias encendidas para proporcionar una iluminación localizada. Este control necesita lógicamente una extensión del cableado de la alimentación.

Hay que prestar mucha atención al aplicar éste método en lo relacionado con la uniformidad, que podría reducirse a valores muy por debajo de los recomendados, para esto se debe tener en cuenta cual es la categoría de trabajo que se realiza en ese lugar.

Tomando en cuenta éste método de control, se han instalado sensores de movimiento en las escaleras de acceso, se está implantando un programa de concientización del uso adecuado de la energía, en lo referente al encendido de luminarias especialmente en las oficinas que tienen contribución del medio externo, ya que en algunas horas del día, no requieren tener iluminación artificial o por lo menos no requieren tener encendidas todas las luminarias, así como el apagado de la iluminación a la hora de salida o cuando no se vaya ha utilizar la oficinas por un largo tiempo ya que se pudo observar que generalmente la iluminación se mantenía encendida luego del horario normal de trabajo por no haber sido apagada antes de salir, adicionalmente se implantará a futuro un control automático programado de encendido.

CAPITULO 5

ANALISIS TECNICO
SISTEMA DE ILUMINACION IMPLEMENTADO
Y EL SISTEMA TRADICIONAL EQUIVALENTE

5.1 RESULTADOS LUMINICOS

Se realizaron mediciones de niveles de iluminación antes y después del cambio en varios sitios del edificio en estudio, dando más énfasis a los puestos de trabajo, sin embargo para poder hacer una comparación más exacta entre un tipo de sistema y otro, se instalo en iguales circunstancias los dos tipos de luminarias y se realizaron medidas para una cuadrícula determinada.

5.1.1 Sistema tradicional.

Nivel de iluminación existente

Se instaló una luminaria fluorescente de dos tubos de 40W de las que se encontraban instaladas y se procedió a medir niveles de iluminación en una rejilla determinada equivalente a un escritorio tipo.

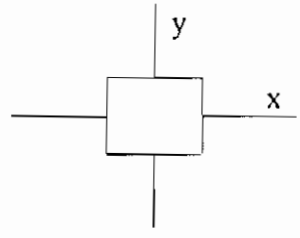


Tabla. 5.1 Medición del nivel de iluminación de una luminaria tradicional en (lux).

	-60cm	-30cm	0cm	30cm	60cm
-30cm	135	185	220	205	150
0cm	140	200	240	215	160
30cm	125	180	220	205	155

Reducción del nivel de iluminación por efecto del acrílico.

Tabla. 5.2 Medición del nivel de iluminación de una luminaria tradicional sin acrílico en (lux).

	-60cm	-30cm	0cm	30cm	60cm
-30cm	210	310	310	300	240
0cm	220	300	340	310	250
30cm	210	285	300	280	250

Tabla. 5.3 Reducción del nivel de iluminación de una luminaria tradicional por efecto del acrílico en (lux).

	-60cm	-30cm	0cm	30cm	60cm
-30cm	75	125	90	95	90
0cm	80	100	100	85	90
30cm	85	105	100	75	95

Tabla. 5.4 Reducción del nivel de iluminación de una luminaria tradicional por efecto del acrílico en porcentaje.

	-60cm	-30cm	0cm	30cm	60cm
-30cm	36%	40%	29%	32%	38%
0cm	36%	33%	29%	27%	36%
30cm	40%	37%	33%	27%	38%

Reducción del nivel de iluminación por efecto del polvo.

Tabla. 5.5 Medición del nivel de iluminación de una luminaria tradicional sin mantenimiento de limpieza de polvo en (lux).

	-60cm	-30cm	0cm	30cm	60cm
-30cm	130	180	215	200	150
0cm	140	200	240	215	155
30cm	120	180	220	200	150

Tabla. 5.6 Reducción del nivel de iluminación por efecto de la acumulación del polvo y ollín en (lux).

	-60cm	-30cm	0cm	30cm	60cm
-30cm	5	5	5	5	0
0cm	0	0	0	0	5
30cm	5	0	0	5	5

5.1.2 Sistema de Alta eficiencia ahorro de energía.

El sistema de alta eficiencia está compuesto principalmente por luminarias fluorescentes de dos tubos de tres tubos 17W en y balasto electrónico, se realizaron medidas de nivel de iluminación existente para varias oficinas, los resultados obtenidos fueron:

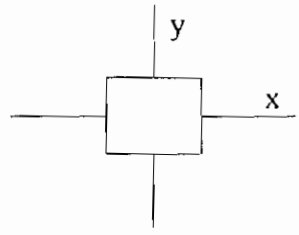


Tabla. 5.7 Medición del nivel de iluminación de la luminaria ahorro de energía en (lux).

	-60cm	-30cm	0cm	30cm	60cm
-30cm	340	370	360	350	330
0cm	340	380	380	380	340
30cm	320	340	340	350	320

Reducción del nivel de iluminación por efecto de quitar el difusor parabólico.

Tabla. 5.8 Medición del nivel de iluminación de una luminaria ahorro de energía sin difusor parabólico en (lux).

	-60cm	-30cm	0cm	30cm	60cm
-30cm	250	340	360	320	240
0cm	260	340	380	330	270
30cm	260	320	340	330	270

Tabla. 5.9 Reducción del nivel de iluminación de una luminaria tradicional por efecto de quitar el difusor parabólico en (lux).

	-60cm	-30cm	0cm	30cm	60cm
-30cm	90	30	0	30	90
0cm	80	40	0	50	70
30cm	60	20	0	20	50

Tabla. 5.10 Reducción del nivel de iluminación de una luminaria tradicional por efecto de quitar el difusor parabólico en porcentaje.

	-60cm	-30cm	0cm	30cm	60cm
-30cm	26%	11%	0%	9%	27%
0cm	24%	11%	0%	13%	21%
30cm	19%	6%	0%	6%	16%

Reducción del nivel de iluminación por efecto del polvo.

Esta medición se realizó en una oficina que cumplía una función similar a la del Banco, con un tiempo de encendido similar y en donde se realizaba limpieza diaria del local, ésta luminaria había sido instalada un año y medio antes de la medición y no se le había realizado limpieza alguna ni cambio de tubos.

Tabla. 5.11 Medición del nivel de iluminación de una luminaria ahorro de energía sin mantenimiento de limpieza de polvo en (lux).

	-60cm	-30cm	0cm	30cm	60cm
-30cm	275	320	350	310	260
0cm	295	345	370	345	300
30cm	280	310	340	310	290

Tabla. 5.12 Reducción del nivel de iluminación por efecto de la acumulación del polvo y ollín en (lux).

	-60cm	-30cm	0cm	30cm	60cm
-30cm	65	50	10	40	70
0cm	45	35	10	35	40
30cm	40	30	0	40	30

Tabla. 5.13 Reducción del nivel de iluminación por efecto de la acumulación del polvo y ollín en porcentaje.

	-60cm	-30cm	0cm	30cm	60cm
-30cm	24%	16%	3%	13%	27%
0cm	15%	10%	3%	10%	13%
30cm	14%	10%	0%	13%	10%

5.1.3. Comparación entre los dos sistemas.

De la tabla 5.1 y 5.2, podemos observar un incremento del nivel de iluminación con el cambio de luminarias, el valor del incremento se lo tabula en la tabla 5.3 y en la tabla 5.4 se lo representa en porcentaje considerando la misma rejilla de cálculo.

Tabla. 5.14 Incremento del nivel de iluminación con el cambio de luminarias en (lux).

	-60cm	-30cm	0cm	30cm	60cm
-30cm	205	185	140	145	180
0cm	200	180	140	165	180
30cm	195	160	140	145	165

Tabla. 5.15 Porcentaje del incremento del nivel de iluminación, con el cambio de luminarias.

	-60cm	-30cm	0cm	30cm	60cm
-30cm	152%	100%	64%	71%	120%
0cm	143%	90%	58%	77%	113%
30cm	156%	89%	55%	71%	106%

Se observa un gran incremento en el nivel de iluminación, esto se debe principalmente a la gran pérdida de iluminación en el acrílico de la luminaria tradicional, principalmente por el uso del acrílico como sistema difusor así como también la mayor depreciación de lúmenes por parte del tubo fluorescente en relación a los de nueva generación.

También se observa de los resultados tomados, que existe un mayor incremento de iluminación hacia los extremos en el sistema propuesto. La razón de este mayor incremento es el control del haz de luz que permiten los espejos parabólicos de aluminio utilizados, a diferencia del acrílico que nos permite una proyección difusa del haz y por lo tanto no dirigida hacia el lugar de trabajo objetivo de su instalación. El efecto del espejo parabólico en la difusión de luz, también se puede observar al quitarlo de la luminaria, esta variación esta tabulada en las tablas 5.8, 5.9, 5.10.

Debido a este direccionamiento de luz, podemos observar que el efecto de la acumulación de polvo en la luminaria propuesta es en porcentaje mayor hacia los extremos, mientras que el sistema tradicional afecta casi por igual a todos los puntos.

De las tablas 5.2, 5.3, 5.4 presentadas se observa que el principal causante de pérdida de iluminación en la luminaria tradicional es el acrílico, ya sea por ser un mal difusor de luz o por envejecimiento del mismo.

5.2. POTENCIA INSTALADA.

5.2.1 Sistema tradicional.

Luego de hacer un censo de carga en las diferentes plantas que conforman el edificio del Banco del Pichincha sucursal Quito se obtuvieron los resultados que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5.16. Censo de luminarias, agencia Banco del Pichincha sucursal Quito.

LUMINARIA	SUBSUELO	PLANTA BAJA	MEZZANINE	PRIMER PISO	SEGUNDO PISO	TERCER PISO	CUARTO PISO
Luminaria fluorescente de dos tubos de 40W en U y un balasto electromagnético. La luminaria lleva un acrílico opal	-	136	192	210	275	198	21
Luminaria fluorescente de cuatro tubos de 40W T12 y dos balastos electromagnéticos. La luminaria lleva un acrílico prismático lechoso.	-	42	-	-	-	6	5
Luminaria fluorescente de dos tubos de 32W tipo T12 y un balasto electromagnético. La luminaria es tipo industrial.	104	-	-	-	-	-	-
Luminaria tipo reflector con lámpara incandescente de 60W.	-	60	10	-	4	36	8
Reflector de cuarzo de 1000W	-	4	-	-	-	-	-
Reflector de cuarzo de 500W.	-	-	-	-	-	3	-

TOTAL DE LUMINARIAS

LUMINARIA	TOTAL
Luminaria fluorescente de dos tubos de 40W en U y un balasto electromagnético. La luminaria lleva un acrílico opal	1032
Luminaria fluorescente de cuatro tubos de 40W T12 y dos balastos electromagnéticos. La luminaria lleva un acrílico prismático lechoso.	53
Luminaria fluorescente de dos tubos de 40W tipo T12 y un balasto electromagnético. La luminaria es tipo industrial.	104
Luminaria tipo reflector con lámpara incandescente de 60W.	118
Reflector de cuarzo de 1000W	4
Reflector de cuarzo de 500W	3

POTENCIA DE LAS LUMINARIAS

LUMINARIA	POTENCIA (W)
Luminaria fluorescente de dos tubos de 40W en U y un balasto electromagnético. La luminaria lleva un acrílico opal	100
Luminaria fluorescente de cuatro tubos de 40W T12 y dos balastos electromagnéticos. La luminaria lleva un acrílico prismático lechoso.	200
Luminaria fluorescente de dos tubos de 40W tipo T12 y un balasto electromagnético. La luminaria es tipo industrial.	100
Luminaria tipo reflector con lámpara incandescente de 60W.	60
Reflector de cuarzo de 1000W	1000
Reflector de cuarzo de 500W	500

TABLA DE POTENCIA INSTALADA POR PLANTA (W)

LUMINARIA	SUBSUELO	PLANTA BAJA	MEZZANINE	PRIMER PISO	SEGUNDO PISO	TERCER PISO	CUARTO PISO
Luminaria fluorescente de dos tubos de 40W en U y un balasto electromagnético. La luminaria lleva un acrílico opal	-	13.600	19.200	21.000	27.500	19.800	2.100
Luminaria fluorescente de cuatro tubos de 40W T12 y dos balastos electromagnéticos. La luminaria lleva un acrílico prismático lechoso.	-	8.400	-	-	-	1.200	1.000
Luminaria fluorescente de dos tubos de 32W tipo T12 y un balasto electromagnético. La luminaria es tipo industrial.	10.400	-	-	-	-	-	-
Luminaria tipo reflector con lámpara incandescente de 60W.	-	3.600	600	-	240	2.160	480
Reflector de cuarzo de 1000W	-	4.000	-	-	-	-	-
Reflector de cuarzo de 500W.	-	-	-	-	-	1.500	-

PISO	POTENCIA (W)	POTENCIA (KW)
SUBSUELO	10.400	10.4
PLANTA BAJA	29.600	29.6
MEZZANINE	19.800	19.8
PRIMER PISO	21.000	21.0
SEGUNDO PISO	27.740	27.74
TERCER PISO	24.660	24,66
CUARTO PISO	3.580	3.58
TOTAL	**136.780**	**136,78**

5.2.2 Potencia total instalada del sistema nuevo.

Al tomar en cuenta la ubicación real de los puestos de trabajo, la contribución externa, el número total de luminarias utilizadas difiere de las propuestas en el diseño, sin embargo esta variación no es considerable.

La cantidad real de luminarias utilizadas se resume en la siguiente tabla:

LUMINARIA	SUBSUELO	PLANTA BAJA	MEZZANINE	PRIMER PISO	SEGUNDO PISO	TERCER PISO	CUARTO PISO
TBS300-3X17WHF	29	118	149	159	160	156	34
Ojo de buey PL13w	3	23	26	32	39	36	-
Ojo de buey 2xPL13W	5	-	14	30	20	22	-
TMS018-2x32W	119	10	1	1	20	22	-
Tubin 1x32w	-	64	2	3	-	-	-
Incandescente de 60W	1	2	5	1	1	1	6
MBS145-150W	-	3	-	-	-	-	-
Spot incandescente	-	-	-	-	-	8	-
FGC505-2xPL13W	-	16	-	-	-	-	-
MNF100-150W	-	-	-	-	1	-	-

TOTAL DE LUMINARIAS

LUMINARIA	TOTAL
TBS300-3X17WHF	805
Ojo de buey PL13w	159
Ojo de buey 2xPL13W	91
TMS018-2x32W	138
Tubin 1x32w	69
Incandescente de 60W	17
MBS145-150W	3
Spot incandescente 40w	8
FGC505-2xPL13W	16
MNF100-150W	1

POTENCIA DE LAS LUMINARIAS

LUMINARIA	POTENCIA (W)
TBS300-3X17WHF	52
Ojo de buey PL13w	17
Ojo de buey 2xPL13W	34
TMS018-2x32W	58
Tubin 1x32w	29
Incandescente de 60W	60
MBS145-150W	170
Spot incandescente 40w	40
FGC505-2xPL13W	34
MNF100-150W	170

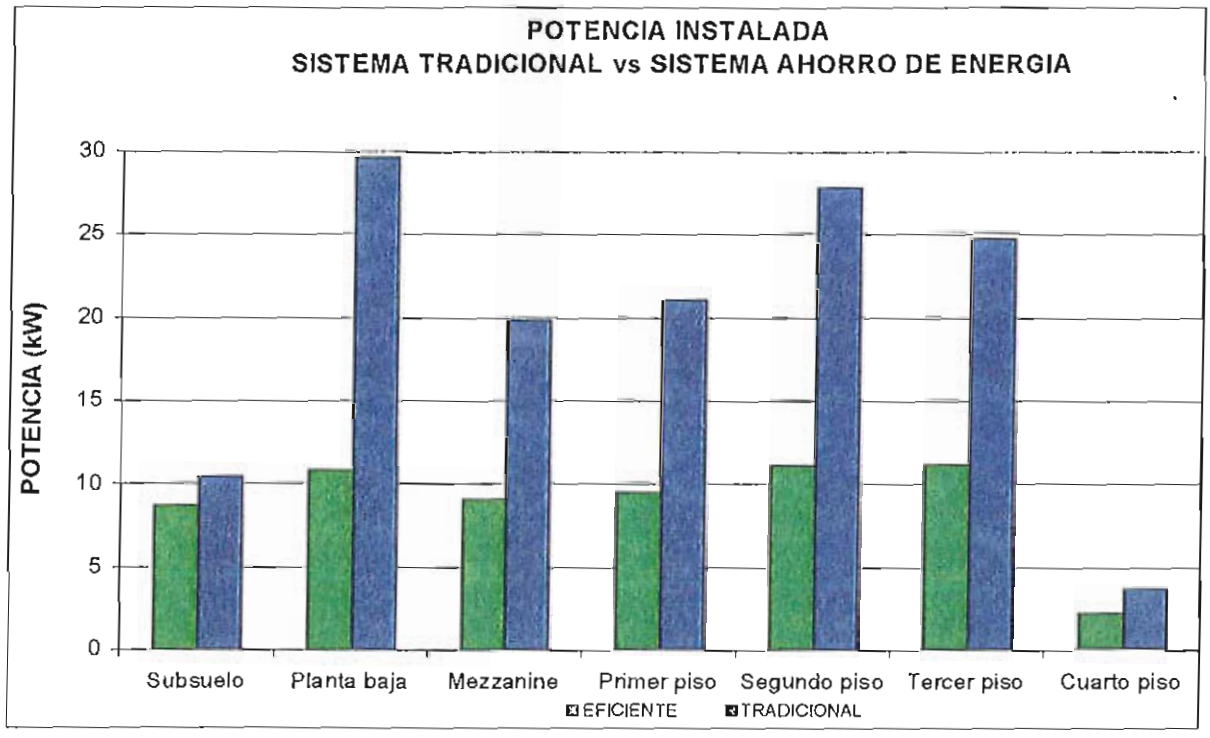
TABLA DE POTENCIA INSTALADA POR PLANTA (W)

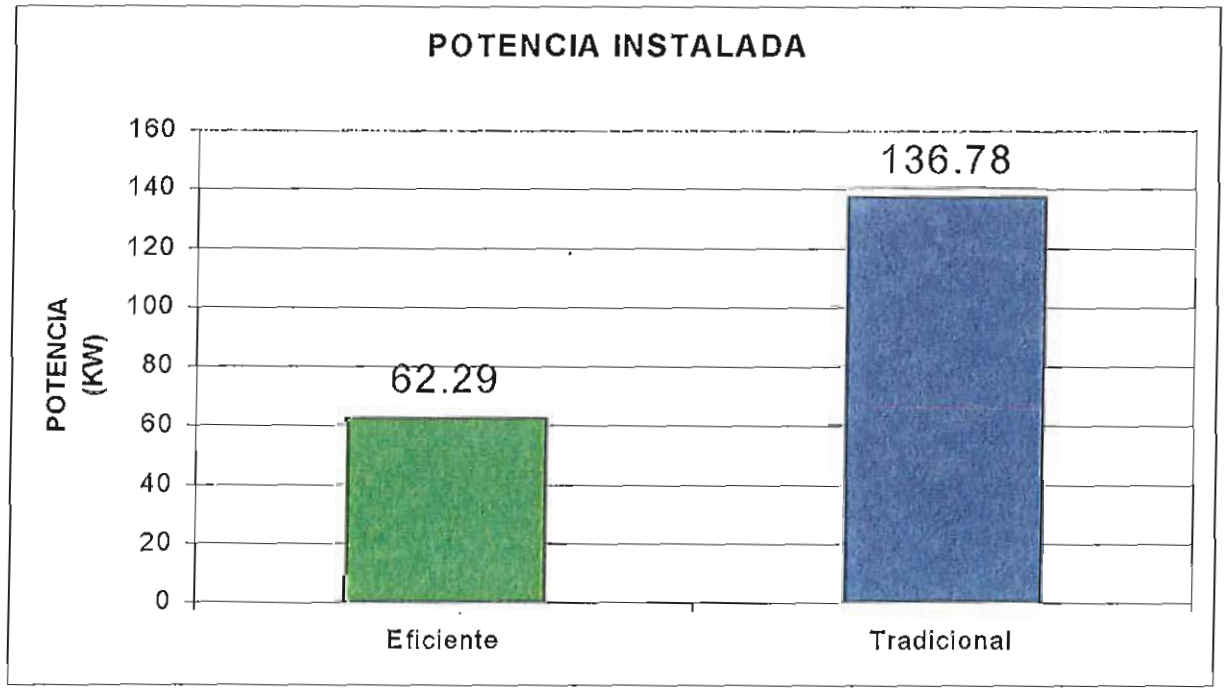
LUMINARIA	SUBSUELO	PLANTA BAJA	MEZZANINE	PRIMER PISO	SEGUNDO PISO	TERCER PISO	CUARTO PISO
TBS300-3X17WHF	1.508	6.136	7.748	8.268	8.320	8.112	1.768
Ojo de buey PL13w	51	391	442	544	663	612	-
Ojo de buey 2xPL13W	170	-	476	420	680	704	-
TMS018-2x32W	6.902	580	58	58	1.160	1.276	-
Tubin 1x32w	-	1.856	58	87	-	-	-
Incandescente de 60W	60	120	300	60	60	60	360
MBS145-150W	-	510	-	-	-	-	-
Spot incandescente 40W	-	-	-	-	-	320	-
FGC505-2xPL13W	-	1.224	-	-	-	-	-
MNF100-150W	-	-	-	-	170	-	-
TOTAL	8.691	10.817	9.082	9.437	11.053	11.084	2.128

PISO	POTENCIA (W)	POTENCIA (KW)
SUBSUELO	8.691	8,691
PLANTA BAJA	10.817	10, 817
MEZZANINE	9.082	9,082
PRIMER PISO	9.437	9,437
SEGUNDO PISO	11.053	11,053
TERCER PISO	11.084	11,084
CUARTO PISO	2.128	2,128
TOTAL	**62.292**	**62,292**

5.2.3. Comparación de la potencia instalada en los dos sistemas.

PISO	POTENCIA SISTEMA TRADICIONAL (KW)	POTENCIA SISTEMA AHORRO DE ENERGIA (KW)
SUBSUELO	10.4	8,69
PLANTA BAJA	29.6	10, 82
MEZZANINE	19.8	9,08
PRIMER PISO	21,0	9,44
SEGUNDO PISO	27.74	11,05
TERCER PISO	24,66	11,08
CUARTO PISO	3,58	2,13
TOTAL	**136,78**	**62,29**


POTENCIA INSTALADA
SISTEMA TRADICIONAL vs SISTEMA AHORRO DE ENERGIA
POTENCIA (kW)
30
25
20
15
10
5
0
Subsuelo
Planta baja
Mezzanine
Primer piso
Segundo piso
Tercer piso
Cuarto piso
EFICIENTE
TRADICIONAL


POTENCIA INSTALADA
POTENCIA (KW)
160
140
120
100
80
60
40
20
0
62.29
136.78
Eficiente
Tradicional

5.3. CONSUMO DE ENERGIA DE LOS SISTEMAS.

Debido a que los circuitos de alimentación del edificio no son totalmente independientes no se pudo obtener el consumo de energía eléctrica del edificio en cuanto a iluminación solamente, sin embargo la cantidad de puestos de trabajo y equipos eléctricos exceptuando los de iluminación no han sufrido cambios considerables, por lo que podemos considerar sin temor a caer en un error considerable que el ahorro de energía obtenido corresponde básicamente al cambio de sistema de iluminación.

5.3.1 Consumo de energía sistema tradicional.

De las planillas de facturación de energía de la Empresa Eléctrica Quito, se ha tomado los cinco primeros meses del año para analizar los consumos de energía, en estos meses no se realizó ningún cambio ni remodelación por lo que se asume que está era la situación que normalmente tenía el edificio en el sistema tradicional.

Tabla 5.15 Consumo de energía mensual sistema tradicional.

Mes	Consumo (KWH)	Demanda (KW)
Enero - 96	124.106	289
Febrero - 96	119.361	284
Marzo - 96	120.861	289
Abril – 96	126.233	289
Mayo - 96	119.415	245

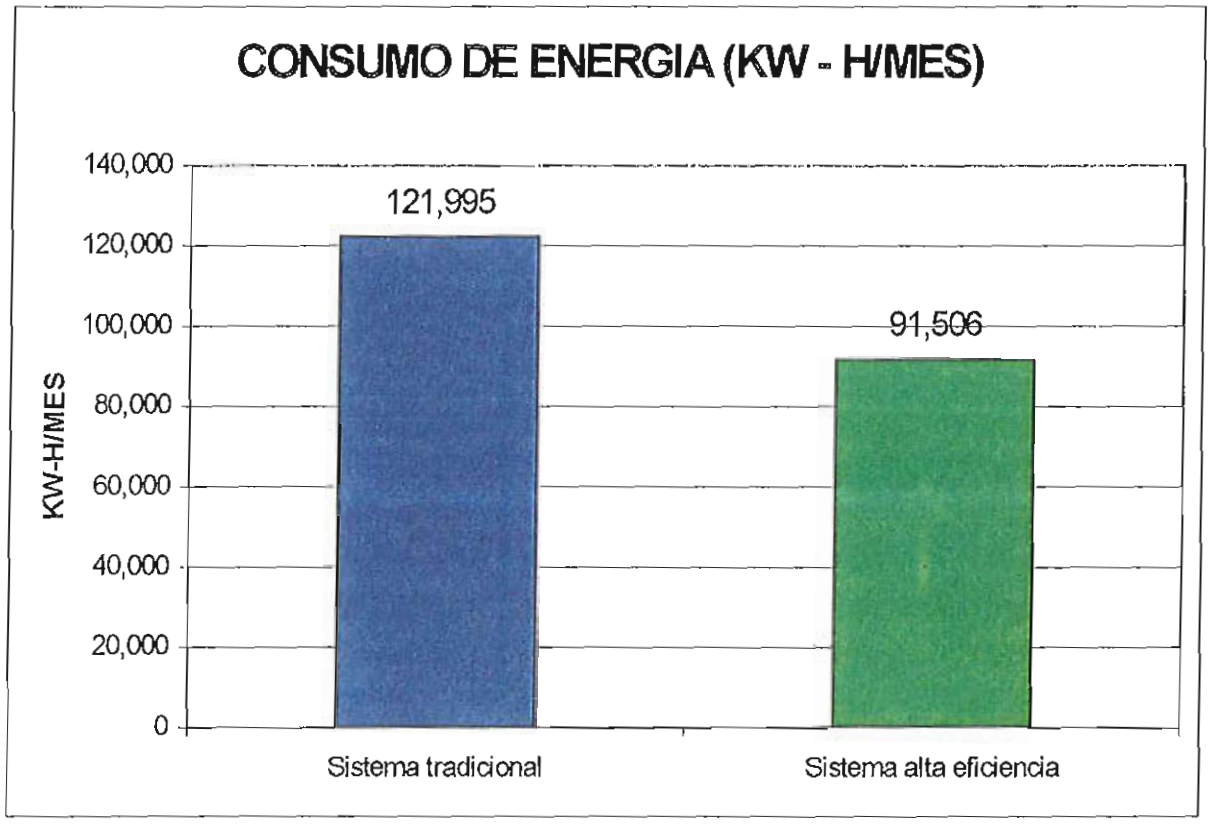
5.3.2 Consumo de energía sistema ahorro de energía.

Para determinar el consumo de energía obtenido por el cambio de luminarias, igualmente hemos recurrido a planillas de facturación de la Empresa Eléctrica Quito, para este análisis hemos tomado el período comprendido entre los meses de diciembre y abril, período en el cual la remodelación del Banco y el cambio de luminarias estaba totalmente realizado.

Tabla 5.16. Tabla consumo de energía sistema alta eficiencia.

Mes	Consumo (KWH)	Demanda (KW)
Enero – 97	90.763	203
Febrero – 97	72.611	193
Marzo – 97	92.249	193
PROMEDIO	85.208	196

5.3.3. Comparación del consumo de energía mensual en las diferentes etapas de la instalación.



5.4. DEMANDA DE LOS SISTEMAS.

En base a la demanda máxima mensual registrada, analizaremos la variación de esta para las diferentes etapas de instalación del edificio.

5.4.1. Demanda pico mensual sistema tradicional.

De las planillas de facturación de energía de la Empresa Eléctrica Quito, se ha tomado los valores pico de demanda mensual registrados en el registrador de carga para los cinco primeros meses del año 1996, en estos meses no se realizó ningún cambio ni remodelación por lo que se asume que ésta era la situación que normalmente tenía el edificio en el sistema tradicional.

Tabla 5.17 Demanda máxima mensual sistema tradicional.

Mes	Demanda (KW)
Enero - 96	289
Febrero - 96	284
Marzo - 96	289
Abril – 96	289
Mayo - 96	245
PROMEDIO	**279**

5.4.2. Demanda pico mensual sistema ahorro de energía.

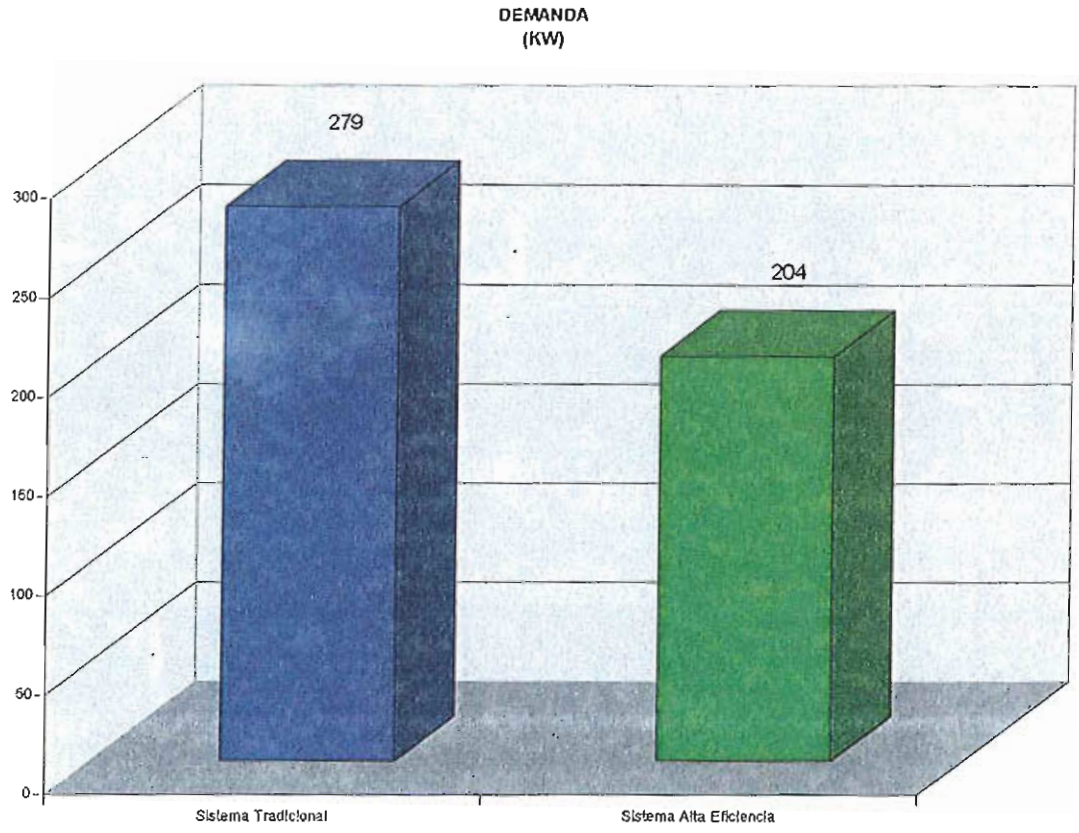
Para este análisis hemos tomado el período comprendido entre los meses de diciembre y abril, período en el cual la remodelación del Banco y el cambio de luminarias estaba totalmente realizado.

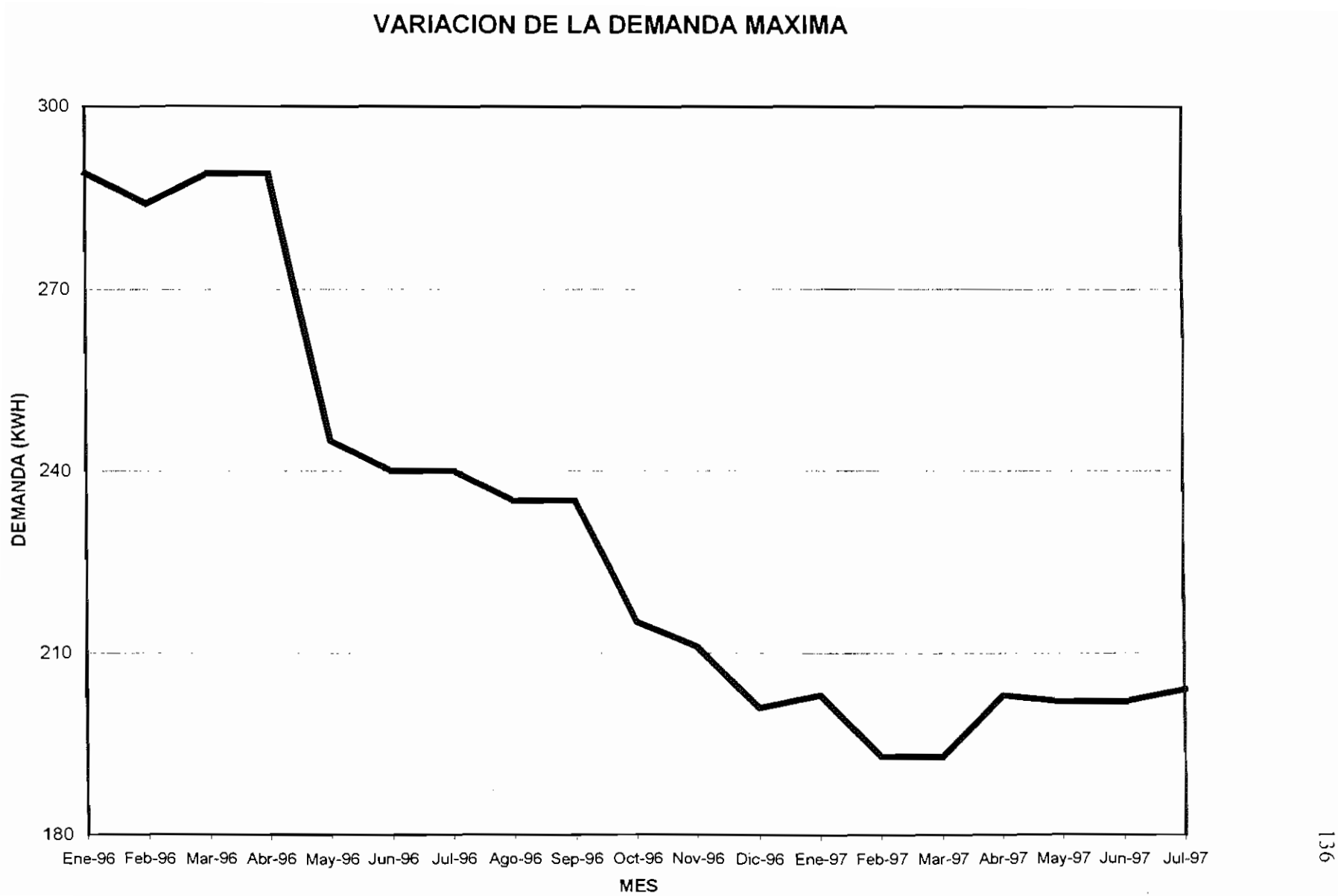
Tabla 5.18. Demanda máxima mensual sistema de alta eficiencia.

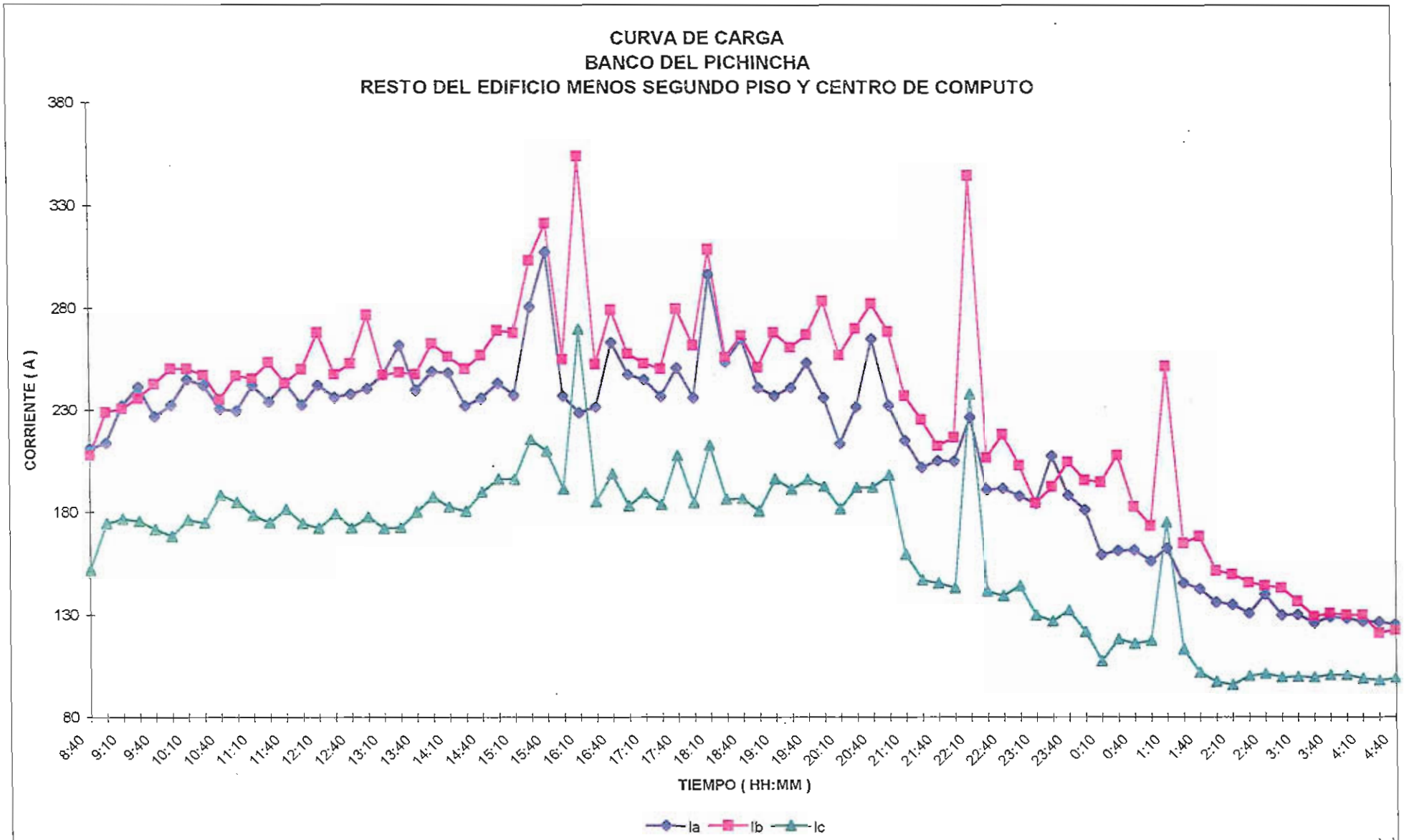
Mes	Demanda (KW)
Enero – 97	203
Febrero – 97	193
Marzo – 97	193
PROMEDIO	196

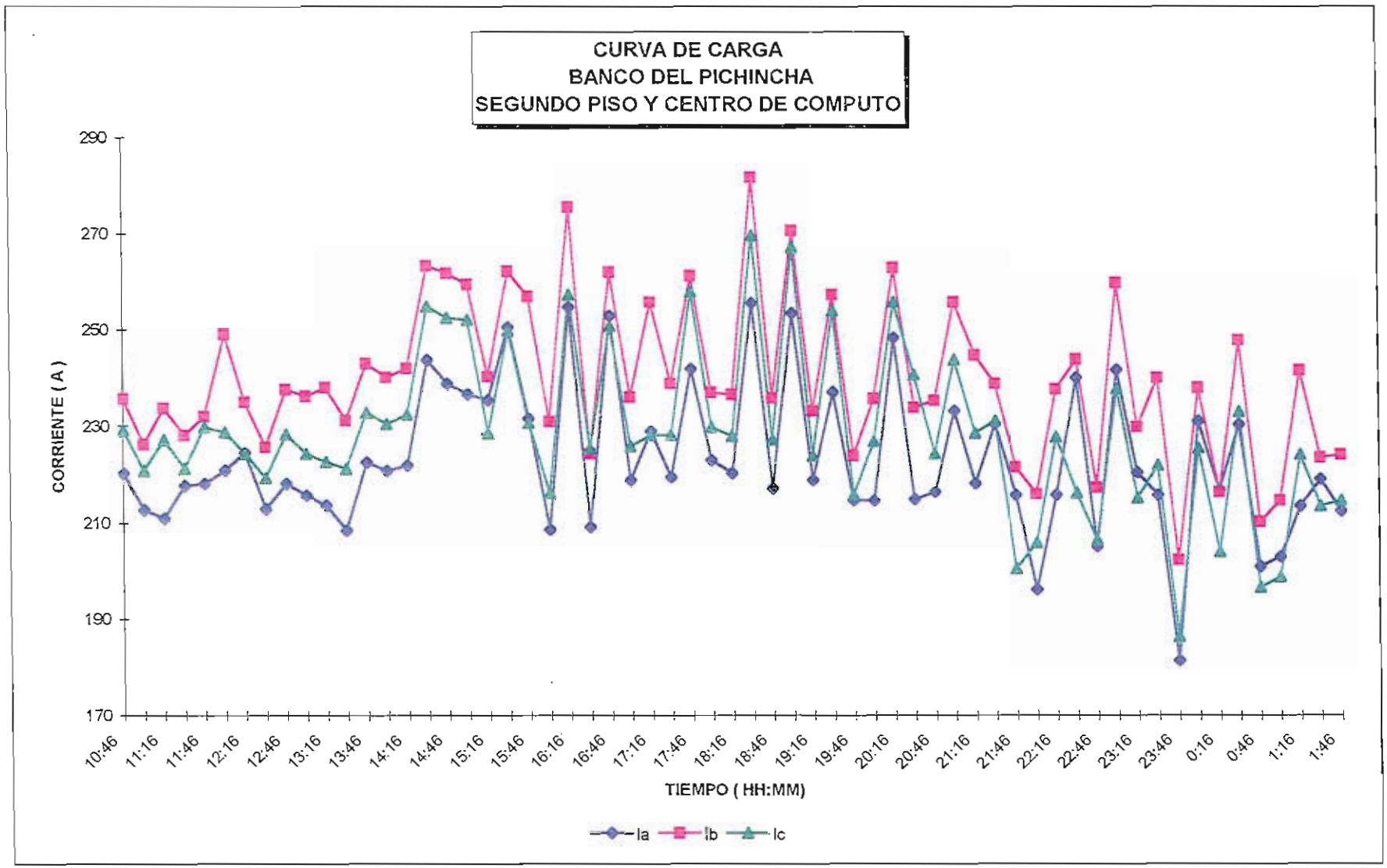
5.4.3. Comparación de la demanda máxima mensual en las diferentes etapas de la instalación.

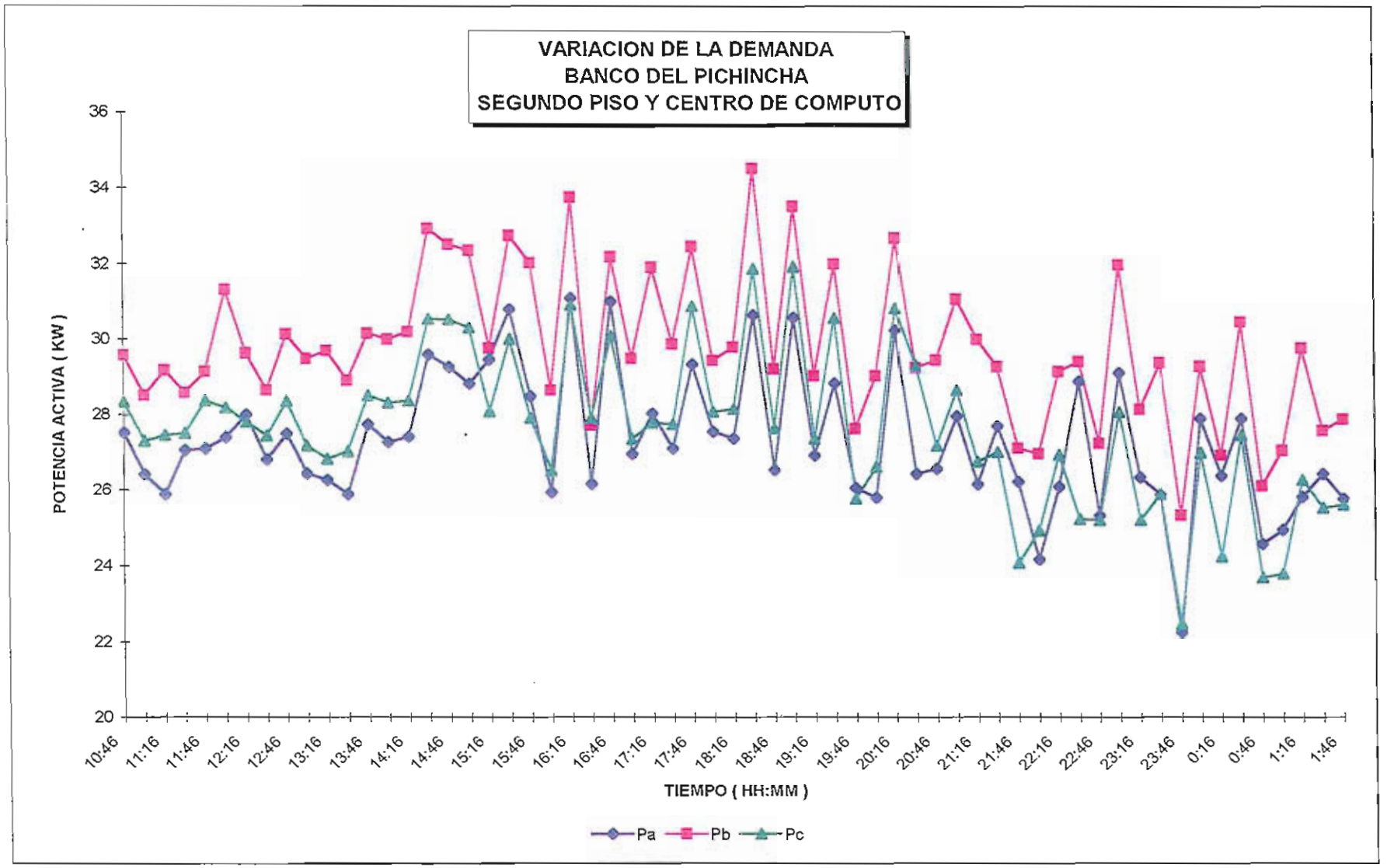
Como podemos ver en el gráfico, existe una reducción de la demanda de aproximadamente el 25%, esto se debe principalmente al cambio de luminarias ya que lo que se refiere al consumo de computación y otros permaneció casi invariable.

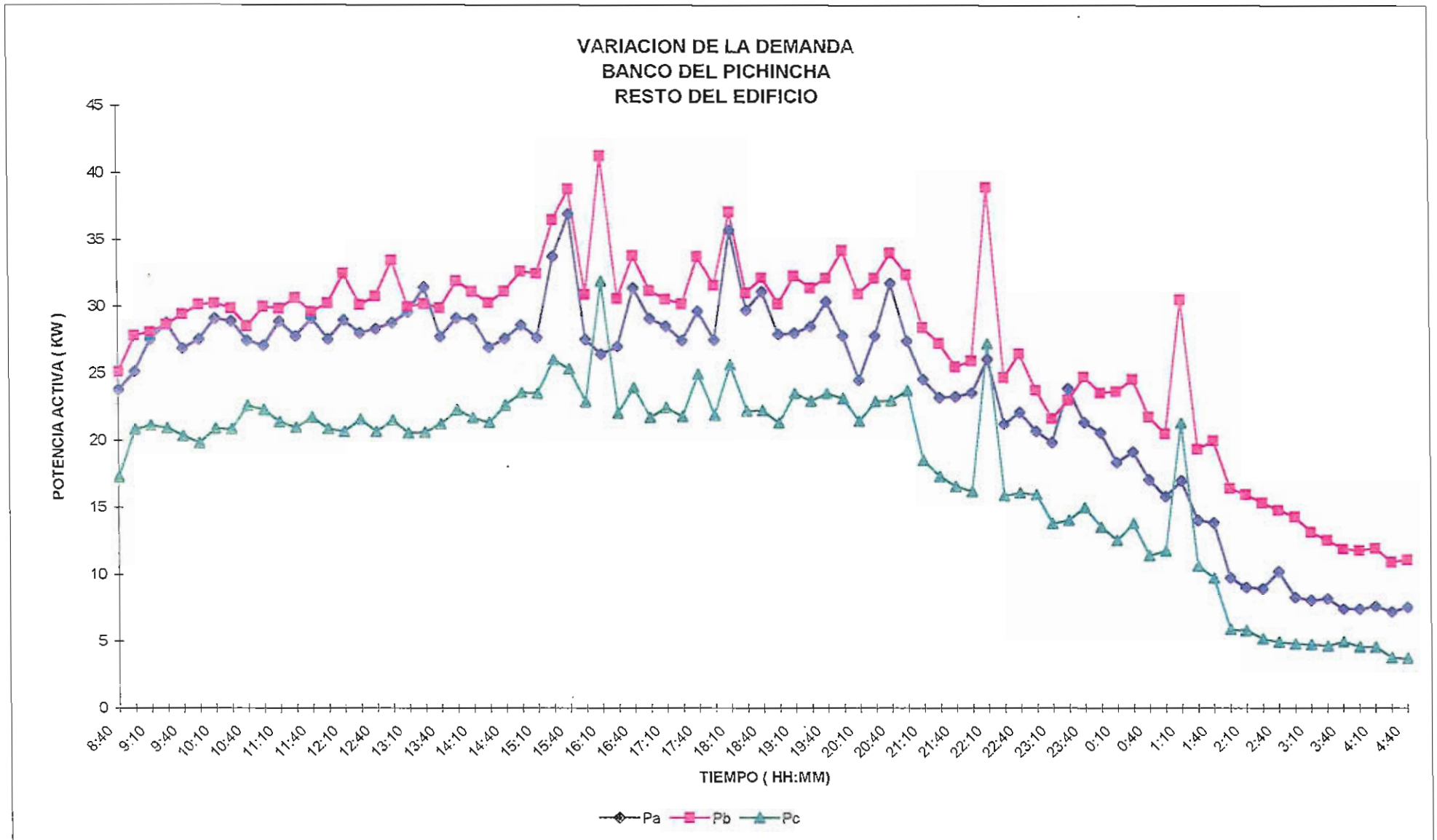



VARIACION DE LA DEMANDA MAXIMA
DEMANDA (KWH)
300
270
240
210
180
Ene-96
Feb-96
Mar-96
Abr-96
May-96
Jun-96
Jul-96
Ago-96
Sep-96
Oct-96
Nov-96
Dic-96
Ene-97
Feb-97
Mar-97
Abr-97
May-97
Jun-97
Jul-97
MES


CURVA DE CARGA
BANCO DEL PICHINCHA
RESTO DEL EDIFICIO MENOS SEGUNDO PISO Y CENTRO DE COMPUTO
CORRIENTE (A)
380
330
280
230
180
130
80
8:40
9:10
9:40
10:10
10:40
11:10
11:40
12:10
12:40
13:10
13:40
14:10
14:40
15:10
15:40
16:10
16:40
17:10
17:40
18:10
18:40
19:10
19:40
20:10
20:40
21:10
21:40
22:10
22:40
23:10
23:40
0:10
0:40
1:10
1:40
2:10
2:40
3:10
3:40
4:10
4:40
TIEMPO (HH:MM)
Ia
Ib
Ic


CURVA DE CARGA
BANCO DEL PICHINCHA
SEGUNDO PISO Y CENTRO DE COMPUTO
CORRIENTE (A)
290
270
250
230
210
190
170
10:46
11:16
11:46
12:16
12:46
13:16
13:46
14:16
14:46
15:16
15:46
16:16
16:46
17:16
17:46
18:16
18:46
19:16
19:46
20:16
20:46
21:16
21:46
22:16
22:46
23:16
23:46
0:16
0:46
1:16
1:46
TIEMPO (HH:MM)
Ia
Ib
Ic


VARIACION DE LA DEMANDA
BANCO DEL PICHINCHA
SEGUNDO PISO Y CENTRO DE COMPUTO
POTENCIA ACTIVA (KW)
36
34
32
30
28
26
24
22
20
10:46
11:16
11:46
12:16
12:46
13:16
13:46
14:16
14:46
15:16
15:46
16:16
16:46
17:16
17:46
18:16
18:46
19:16
19:46
20:16
20:46
21:16
21:46
22:16
22:46
23:16
23:46
0:16
0:46
1:16
1:46
TIEMPO (HH:MM)
Pa
Pb
Pc


VARIACION DE LA DEMANDA
BANCO DEL PICHINCHA
RESTO DEL EDIFICIO
POTENCIA ACTIVA (KW)
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
8:40
9:10
9:40
10:10
10:40
11:10
11:40
12:10
12:40
13:10
13:40
14:10
14:40
15:10
15:40
16:10
16:40
17:10
17:40
18:10
18:40
19:10
19:40
20:10
20:40
21:10
21:40
22:10
22:40
23:10
23:40
0:10
0:40
1:10
1:40
2:10
2:40
3:10
3:40
4:10
4:40
TIEMPO (HH:MM)
Pa
Pb
Pc

CAPITULO 6

ANALISIS DE LOS RESULTADOS COSTO - BENEFICIO

6.1 INVERSION INICIAL

Para la readecuación y remodelación de las instalaciones de la Sucursal Mayor del Banco del Pichincha se necesita de una inversión inicial que cubra los diferentes rubros y etapas que involucran dicho cambio.

Vale aclarar que el cambio de luminarias, es parte de esta remodelación y no causante de la misma, es decir la readecuación, remodelación y embellecimiento de las oficinas era necesario y obligatorio y se aprovechó de este readecuación para instalar equipos de iluminación de alta eficiencia y última tecnología en lugar de adquirir los convencionales.

El monto inicial total invertido por el Banco en la remodelación de su agencia se lo puede dividir en tres rubros principales que son:

1. costo de luminarias

2. costo de instalación (mano de obra).

3. costo de materiales (cable, tubería, cajetines, interruptores, etc.)

La razón de dividir la inversión inicial en sus distintos componentes, es ver la influencia de estos en la inversión total.

6.1.1. Costo de las luminarias.

Después de realizar un censo final de todas las luminarias utilizadas en la iluminación del edificio del Banco los resultados se resumen en la siguiente tabla.

LUMINARIA	SUBSUELO	PLANTA BAJA	MEZZANINE	PRIMER PISO	SEGUNDO PISO	TERCER PISO	CUARTO PISO
TBS300-3X17WHF	29	118	149	159	160	156	34
LI629/1xPLC13W	3	23	26	32	39	36	-
LI528/2xPLC13W	5	-	14	30	20	22	-
TMS018-2x32W	119	10	1	1	20	22	-
Tubin 1x32w	-	64	2	3	-	-	-
Ojo de buey Incandescente de 60W	1	2	5	1	1	1	6
MBS145-150W	-	3	-	-	-	-	-
Spot incandescente de 40W.	-	-	-	-	-	8	-
FGC505-2xPL13W	-	16	-	-	-	-	-
MNF100-150W	-	-	-	-	1	-	-

TOTAL DE LUMINARIAS

LUMINARIA	TOTAL
TBS300-3X17WHF	805
LI629/1xPLC13W	159
LI528/2xPLC13W	91
TMS018-2x32W	138
Tubin 1x32W	69
Ojo de buey incandescente de 60W	17
MBS145-150W	3
Spot incandescente 40W	8
FGC505-2xPL13W	16
MNF100-150W	1

Costos Unitarios y totales de las luminarias utilizadas.

Las luminarias instaladas en el edificio Sucursal Mayor, fueron adquiridas a la Compañía Philips y los costos unitarios y totales a enero de 1996, fecha de pago de las luminarias se resumen en la siguiente tablas.

Cantidad	Tipo de Luminaria	Valor unitario (dólares)	Valor Total (dólaress)
805	Luminaria modular fluorescente de tres tubos de 17W tipo T8 apariencia de color cool white deluxe y un Ra = 85%, y un balasto electrónieo no dimerisable para los tres tubos a 120V y 60Hz. El sistema óptico de la luminaria está formado por espejos de aluminio de alta reflectaneia para mayor efieiencia de la luminaria. Código Philips: TBS300-3x17WHF	56.1	45.160,50
159	Luminaria tipo ojo de buey con una lámpara fluorescente compacta de 13W tipo Philips PLC-13W y balasto electromagnético a 120V y 60Hz. Código Philips:	23.1	3.672,90
91	Luminaria tipo ojo de buey con dos lámparas fluorescentes compactas de 13W tipo Philips PLC-13W y dos balastos electromagnéticos a 120V y 60Hz. Código Philips:	46.2	4.204,20
138	Luminaria fluorescente tipo industrial abierta con dos tubos fluoreseentes de 32W tipo T8apariencia de color cool white deluxe, un Ra = 85%, y un balasto electromagnético no dimerisable para los dos tubos a 120V y 60 Hz. Código Philips: TMS018-3x32WHF	31.9	4.402,20
17	Luminaria incandescente tipo spot con una lámpara incandescente reflector de 60W a 120V y 60Hz.	Luminaria existente Re - utilizada	
3	Luminaria tipo ojo de buey para lámpara de mercurio halogenado de 150W tipo MHN-TD150W con equipo eleetromagnético incorporado. Código Philips: MBS145-150W	77	231,00
8	Luminaria incandescente tipo spot con una lámpara incandescente reflector de 40W a 120V y 60Hz.	Luminaria existente Re – utilizada	
16	Luminaria fluorescente para loza con dos lámparas fluorescentes compactas de 13W tipo PL-13W y dos balastos electromagnéticos a 120V y 60Hz. Código Philips: FGC505-2xPL13W	27.5	440,00
1	Luminaria fluorescente tipo reflector con una lámpara de mercurio halogenado de 150W tipo MHN-TD150W con equipo electromagnético incorporado. Código Philips: MNF100-150W	156.2	156.2
		***TOTAL**	**58.267,00**

* **Estos precios incluyen el valor del I.V.A.**

El valor total invertido en luminarias es de cincuenta y ocho mil doscientos sesenta y siete 00/100 dólares.

6.1.2 Costos de mano de obra.

El costo total de la instalación por luminaria fue de USD. 6.11 divididos en los siguientes rubros.

USD. 4.44, por instalación de la luminaria en el cielo falso y USD. 1.67, por conexión de la luminaria.

Si consideramos que el número total de luminarias instaladas fueron de 1.307 (mil trescientos siete), tenemos un costo total de instalación de USD. 7.987,22 (Siete mil novecientos ochenta y siete 22/100 dólares).

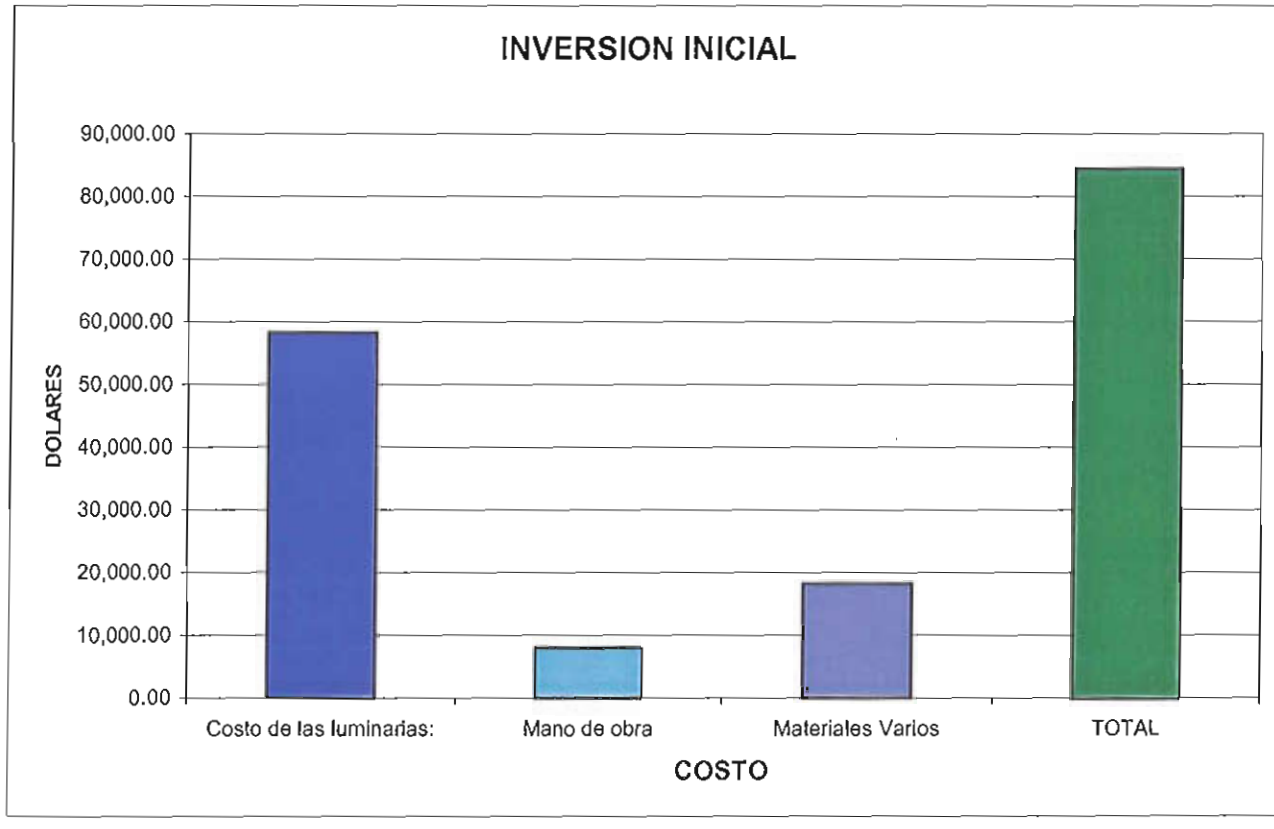
6.1.3. Costo de Materiales.

El costo correspondiente al rubro de materiales tiene que ver con la compra de cable, tubería, cajas de revisión y demás materiales diferentes de las luminarias involucrados en las instalaciones eléctricas.

Según datos del departamento de mantenimiento eléctrico el costo total invertido en materiales es de USD. 18.180,56 lo que equivale aproximadamente a un valor de USD. 13,89 por luminaria instalada.

6.1.4. Resumen de la inversión inicial

Rubro	Costo (dólares)
Luminarias (P1)	58.267,00
Mano de obra (P2)	7.987,22
Materiales varios (P3)	18.180,56
Total (P1+P2+P3)	**84.434,78**


INVERSION INICIAL
90,000.00
80,000.00
70,000.00
60,000.00
50,000.00
40,000.00
30,000.00
20,000.00
10,000.00
0.00
DOLARES
Costo de las luminarias:
Mano de obra
Materiales Varios
TOTAL
COSTO

6.2 FACTURACION MENSUAL.

Para nuestro análisis económico usaremos el valor de la planilla mensual que paga la agencia por el servicio de energía a la Empresa Eléctrica Quito S.A.. Este valor de planilla nos provee de una valor exacto y confiable sobre el ahorro mensual en energía y en dinero, por lo que nuestro análisis económico de retorno de capital será bastante exacto.

6.2.1 Costos por consumo de energía mensual.

Para la comparación entre los sistemas, lo calcularemos con la tarifa de energía eléctrica vigente.

Sistema Tradicional

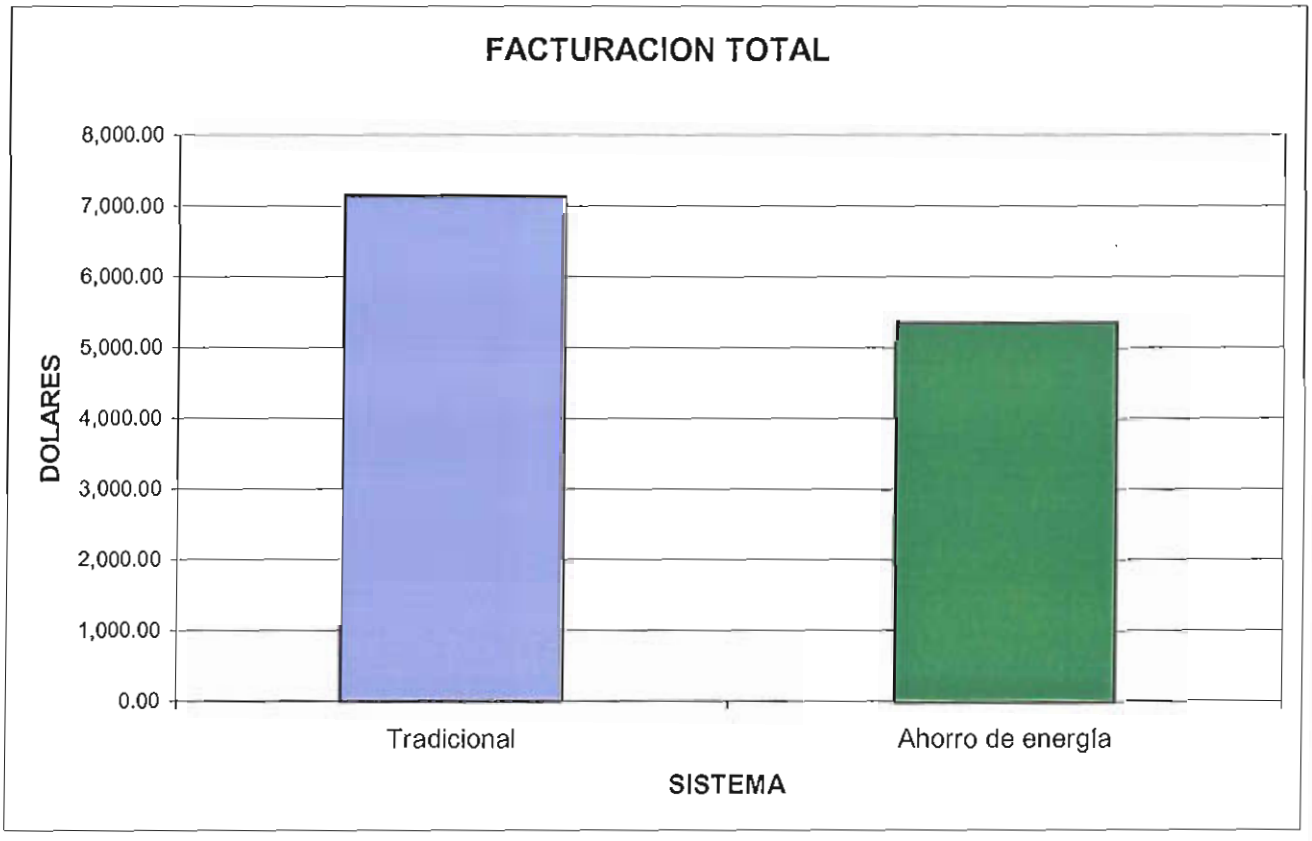
Mes	Consumo (KWH)	Valor energía (Dólares) *
Enero – 96	124.106	7.272,61
Febrero - 96	119.361	6.994,55
Marzo - 96	120.861	7.082,45
Abril – 96	126.233	7.397,25
Mayo - 96	119.415	6.997,72
PROMEDIO	121.995	7.148,92

* Estos valores corresponden únicamente al consumo de energía sin tomar en cuenta, impuestos y pagos adicionales como: bomberos, alumbrado público, Ferum, recolección de basura.

Sistema Alta Eficiencia

Mes	Consumo (KWH)	Valor energía (Sucres) *
Enero – 97	90.763	21'329.305
Febrero – 97	72.611	17'062.446
Marzo – 97	92.249	21'678.515
PROMEDIO	**91.506**	21'503.910

* Estos valores corresponden únicamente al consumo de energía sin tomar en cuenta, impuestos y pagos adicionales como: bomberos, alumbrado público, Ferum, recolección de basura. El mes de febrero no lo consideramos en el promedio por ser un mes irregular y pequeño.


FACTURACION TOTAL
8,000.00
7,000.00
6,000.00
5,000.00
4,000.00
3,000.00
2,000.00
1,000.00
0.00
DOLARES
Tradicional
Ahorro de energía
SISTEMA

6.2.2 Costos por la demanda mensual.

Para la comparación entre los sistemas, lo calcularemos con la tarifa de energía eléctrica vigente.

El sistema para determinar el valor de la demanda que utiliza el banco es con el uso de un registrador de demanda, que determina la máxima demanda registrada en los últimos doce meses, incluido el de facturación.

Sistema Tradicional

Mes	Demanda medida (KW)	Demanda a pagar (KW) **	Valor de la demanda (Dólares) *
Enero – 96	289	300	1.273,20
Febrero – 96	284	300	1.273,20
Marzo – 96	289	300	1.273,20
Abril – 96	289	300	1.273,20
Mayo – 96	245	300	1.273,20
PROMEDIO	279	300	1.273,20

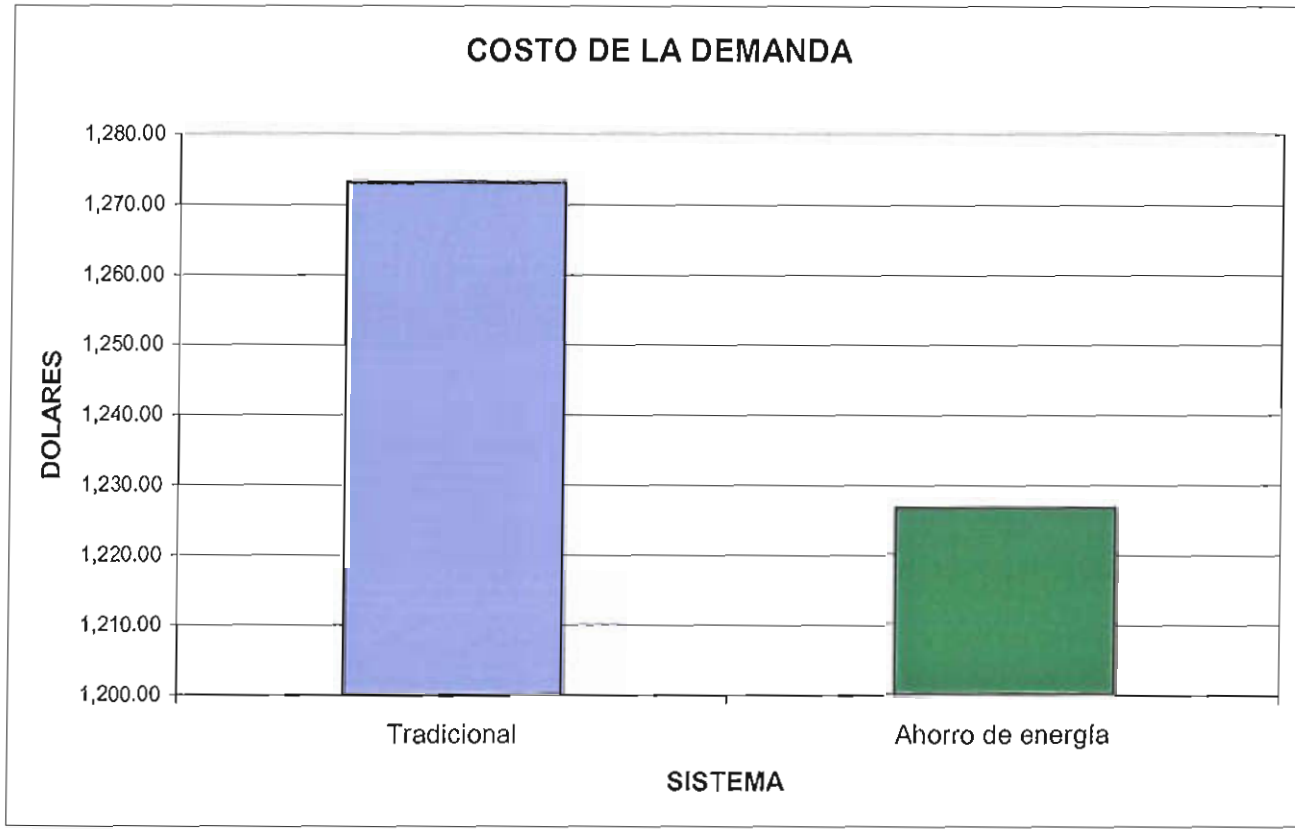
* Estos valores corresponden únicamente a la demanda de energía sin tomar en cuenta, impuestos y pagos adicionales como: bomberos, alumbrado público, recolección de basura.

** Este valor corresponde a la demanda máxima registrada en los últimos 12 meses incluido el de medida.

Sistema Alta Eficiencia

Mes	Demanda (KW)	Demanda a pagar (KW)**	Valor de la demanda (Sucres)
Enero – 97	203	289	1.226,52
Febrero – 97	193	289	1.226,52
Marzo – 97	193	289	1.226,52
PROMEDIO	196	289	1.226,52

** Este valor corresponde a la demanda máxima registrada en los últimos 12 meses incluido el de medida. Para el cálculo de retorno de capital tomaremos un valor promedio de 289 KW que es el valor al que tiende la demanda con el sistema tradicional nuevo.

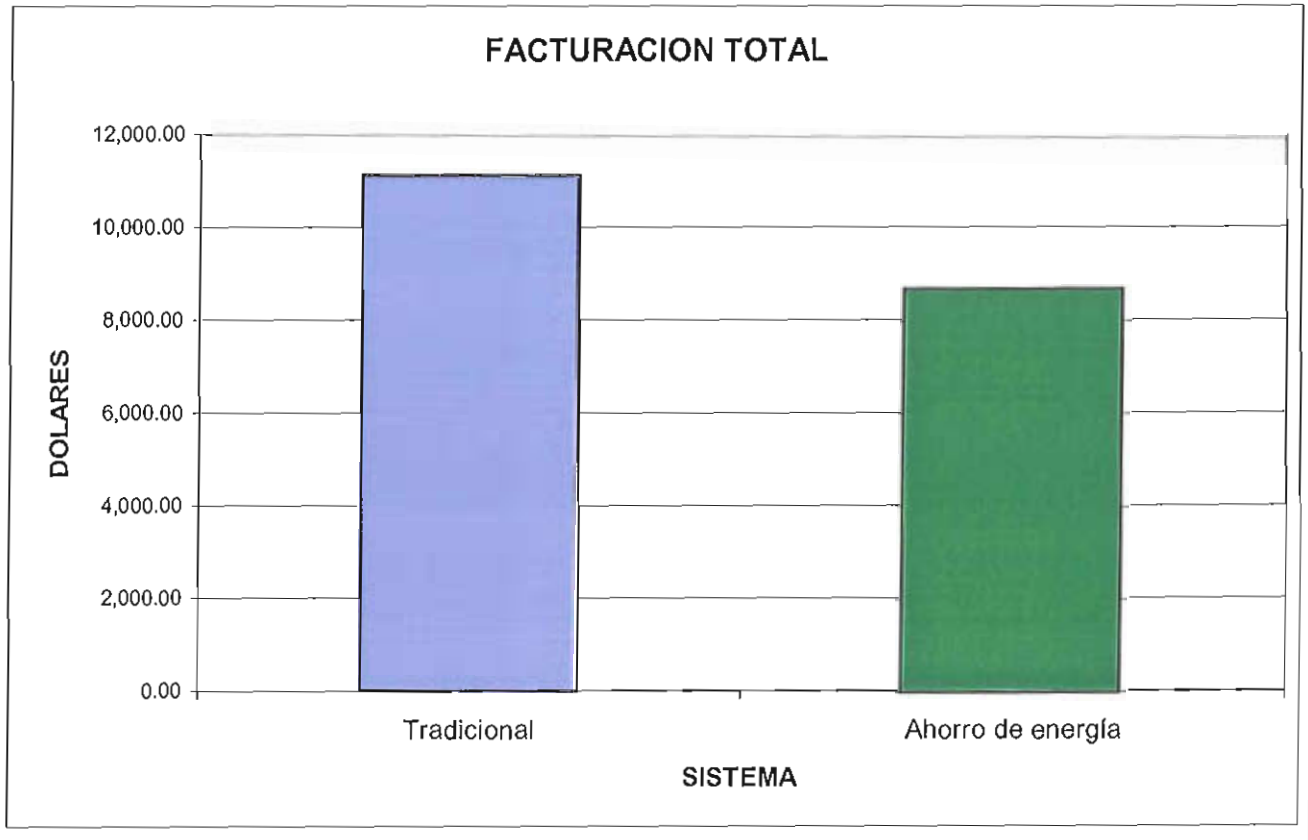

COSTO DE LA DEMANDA
1,280.00
1,270.00
1,260.00
1,250.00
1,240.00
1,230.00
1,220.00
1,210.00
1,200.00
DOLARES
Tradicional
Ahorro de energía
SISTEMA

Impuestos y pagos adicionales

Bomberos	USD. 0.24
Alumbrado público	10.4% (Consumo + Demanda)
F.E.R.U.M.	10% (Consumo + Demanda)
Tasa de recolección de basura	10% (Consumo + Demanda)
Total impuestos	30.4% (Consumo + Demanda)

Facturaciónu total

Sistema	Valor (consumo + demanda) (Sucres)	Impuestos (32%)	Valor energía Incluido impuestos (Dólares)
Tradicional	8.422,12	30.4 %	11.117,20
Alta eficiencia	6.588,77	30.4 %	8.697,17


FACTURACION TOTAL
12,000.00
10,000.00
8,000.00
6,000.00
4,000.00
2,000.00
0.00
DOLARES
Tradicional
Ahorro de energía
SISTEMA

6.3. EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO.

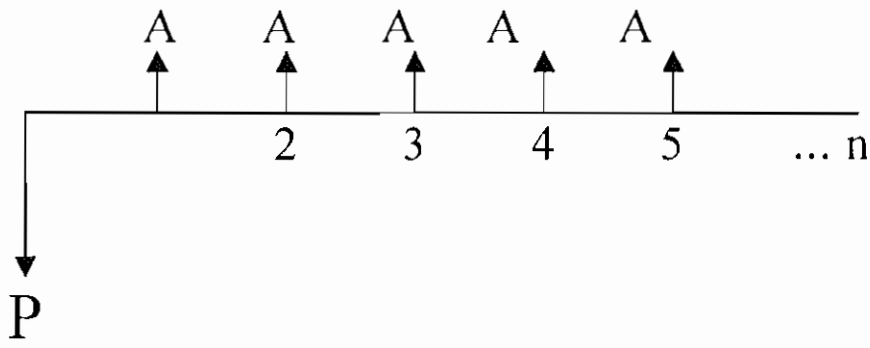
Para realizar la evaluación económica del proyecto usaremos tres criterios económicos que son:

- Valor presente
- Tasa interna de retorno
- Relación Beneficio – Costo.

6.3.1. Valor presente (Vp)

El valor presente neto representa la suma del valor actualizado del flujo de beneficios mensuales por ahorro de energía menos la inversión inicial.

Un valor presente positivo nos indica que los ingresos en el período de análisis exceden los egresos de inversión e intereses, cuando mayor sea este valor el proyecto será más rentable.



Vp = P – Vpa (Ec. 6.1)

Donde:

Vp = Valor presente del proyecto
P = Inversión inicial.
Vpa = Valor presente de los ahorros mensuales.

$$Vpa = A * \frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \qquad \text{(Ec. 6.2)}$$

Donde:

n = tiempo de recuperación.

A = Ahorro económico por planilla mensual

P = Inversión inicial

i = Interés

6.3.2. Recuperación de capital

Para determinar el tiempo de recuperación del capital despejamos de la ecuación del valor presente n y consideramos una tasa de interés constante y un ahorro mensual constante.

Despejando, la ecuación del tiempo de recuperación sería.

$$n = \frac{\log A - \log(A - iP)}{\log(1+i)} \qquad \text{(Ec. 6.3)}$$

Tiempo de recuperación para el sistema de alta eficiencia.

Vamos a determinar el período de recuperación de la inversión inicial para el sistema de alta eficiencia, como hemos denominado a la instalación solamente con el cambio de luminarias.

Los parámetros del sistema de alta eficiencia, necesarios para determinar el período de recuperación son:

Período de cálculo:

El cálculo lo realizaremos para períodos mensuales, debido a que los datos de ahorro están basados en las planillas de consumo mensual proporcionados por la Empresa Eléctrica Quito S.A.

Interés:

La tasa de interés con la cual trabajaremos es la activa referencial para operaciones en dólares proporcionado por el Banco Central, utilizaremos el promedio entre los meses de abril de 1997 y diciembre de 1998 y lo consideraremos invariable para nuestro cálculo.

Mes	**Interés activo referencial anual(%)**
Abril	13.78
Mayo	15.95
Junio	14.42
Julio	12.68
Agosto	12.55
Septiembre	13.49
Octubre	12.55
Noviembre	12.87
Diciembre	12.89
Enero	12.37
Febrero	12.23
Marzo	12.24
Abril	13.40
Mayo	13.42
Junio	12.51
Julio	12.45
Agosto	12.22
Septiembre	13.51
Octubre	15.59
Noviembre	15.71
Diciembre	15.23
Promedio	**13.43**

Por lo tanto la tasa de interés mensual será de: 1.12%

Inversión Inicial (P)

Rubro	Costo (sucres)
Luminarias (P1)	58.267,00
Mano de obra (P2)	7.987,22
Materiales varios (P3)	18.180,56
Total (P1+P2+P3)	**84.434,78**

Ahorro total mensual

Ahorro mensual =Valor planilla sistema tradicional – Valor planilla sistema eficiente

= USD. 11.117,20 – USD. 8.697,17

= USD. 2420,02

Dolarización:

Debido a la inestabilidad de nuestro economía se ha creído oportuno trabajar los cálculos de retorno de capital en dólares. La economía ecuatoriana es inestable lo cual se refleja en la devaluación e inflación a la que constantemente esta sometida nuestra moneda, debido a lo cual los precios no presentan continuamente una variación, por esta razón el análisis siguiente se hace en dólares, ya que se considera esta moneda como un valor constante.

Remplazando en la ecuación 6.3

$$n = \frac{\log(2.420,02) - \log(2.420,02 - 0.0112 * 84.434,78)}{\log(1+0.0112)}$$

n = 44.4

n = 3 años, 8 meses

6.3.3 Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno es aquella tasa de interés con la cual el valor presente del flujo de beneficios (ahorro mensual en la factura de energía eléctrica) es exactamente igual al valor presente del flujo de costos (para nuestro caso la inversión inicial), es decir un beneficio neto de cero.

Mediante un proceso de ensayo y error y partiendo de la ecuación 6.4 determinamos el valor TIR para varios períodos de cálculo.

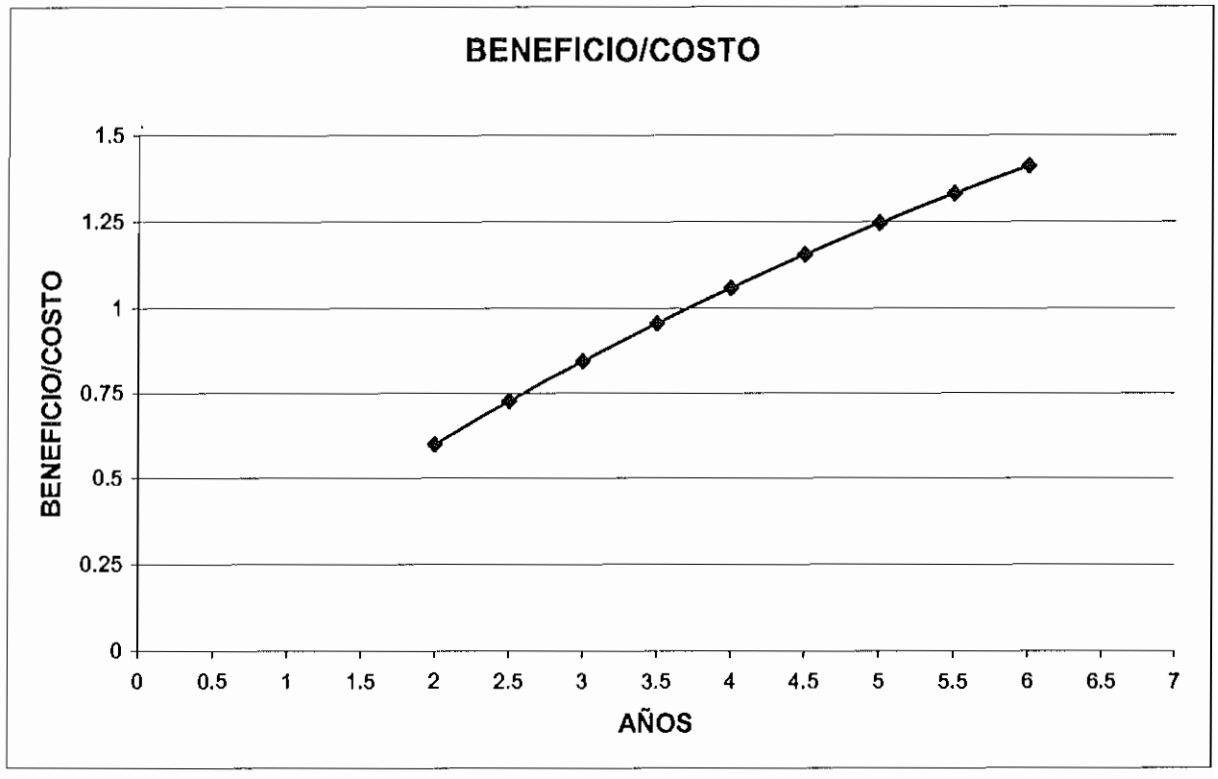
$$P = A * \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \qquad \textbf{(Ec. 6.4)}$$

n (años)	TI anual (%)
3	2.04
4	16.6
5	23.8
6	27.7

6.3.4 Relación Beneficio Costo (B/C)

Partiendo de la ecuación (Ec. 6.5), determinamos la relación beneficio costo del proyecto en función de n y considerando una tasa de interés fija, tomada como promedio de las estadísticas del Banco Central.

$$\frac{BENEFICO}{COSTO} = \frac{A * \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}}{P}$$



Análisis

Si comparamos los resultados del análisis del valor presente, TIR, y relación costo beneficio, observamos que la inversión se recupera a los tres años, 8 meses, es decir que a partir de esta fecha, el ahorro obtenido es ganancia pura, la misma conclusión se puede ver también se analizamos el valor del TIR y la relación costo beneficio.

Además para estos cálculos no se ha tomado en cuenta el valor de reposición de lámparas y balastos, debido a que la vida útil de estos equipos sobrepasan de largo, los tres años y dos meses, que se estima para la recuperación de capital.

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES.

- El sector comercial al que pertenece el Banco del Pichincha se presenta como un consumidor importante de energía, y es en este sector donde se puede obtener un mayor ahorro de energía y por ende de dinero por el impacto que tiene la iluminación en su planilla de consumo.

- El Banco entró en una remodelación total de sus instalaciones, por lo que requerían inebitablemente de fuentes de luz para iluminar sus puestos de trabajo, la alternativa de luminarias de alta eficiencia se presentó como un proyecto interesante para obtener los niveles deseados que no los tenían antes y reducir los costos mensuales por pago de energía que cada vez se hacían mayores por los incrementos de tarifa a los que estaban espuestos.

- Del valor de las planillas proporcionadas por la Empresa Eléctrica Quito S.A., y considerando que los equipos eléctricos (Fax, cafeteras, computardores etc..) fueron re utilizados y por lo tanto la variación de su consumo energético es despreciable, podemos concluir que después del cambio de luminarias tradicionales por las de alta eficiencia se logro bajar el consumo de energía mensual de 119.415 KWh a 85.208 KWh, es decir una reducción de aproximadamente 34.207 KWh, que representa un 28.6% de ahorro.

- La variación de la demanda máxima fue de 245 KW a 196 KW que representa un 20% de reducción, lo que a la postre implicará una disminución del valor de la planilla eléctrica.

- La potencia instalada se redujo de 136,78 KW a 62,29 KW que representa una reducción de aproximadamente un 54%, con lo cual la potencia disponible del transformador se incrementará. En proyectos nuevos esta diferencia implicaría la compra de un transformador de menor capacidad y por lo tanto de menor costo.

- En cuanto al factor de potencia, debido a que se usaron luminarias con valores superiores al 0.98 este parámetro seguía manteniéndose dentro de los valores permisibles, cabe anotar que el factor de potencia que tenía el Banco del Pichincha

antes del cambio de luminarias era de un valor superior al 0.95, por lo que el cambio no produjo mucha variación.

- Estos cambios a más de proporcionar una reducción en el consumo de energía y demanda máxima, también proporcionaron una aumento del nivel de iluminación el cual no es uniforme por la naturaleza de la luminaria y depende de la distribución en el campo de visión de las mismas, por lo cual para poder cuantificar este incremento se colocó una luminaria sola de cada tipo, y los resultados obtenidos fueron un promedio de 168 lux de incremento, que representa un 97% de mejora en el nivel de iluminación.

- La posibilidad de la luminaria de alta eficiencia de proyectar la luz hacia los sectores que realmente la necesitan y la correcta disposición de éstas, ocasionaron una reducción en el número de luminarias para las áreas generales. Los ojos de buey fueron una muy buena alternativa para lugares como pasillos y baños en donde el área a iluminar es más reducida, los niveles son inferiores y la ubicación de una luminaria TBS300-3X17WH causaba un desperdicio de luz, energía y dinero. Es decir la utilización de la luminaria correcta para cada tipo de aplicación, ocasiona también un ahorro de energía y recursos económicos.

- El cambio del tubo fluorescente convencional por los de nueva generación influyó directamente en el incremento del nivel de iluminación, así como también en la disminución del consumo de energía, esto básicamente por la diferencia entre la eficiencia (Lm/W) entre el uno y el otro tipo, es así que un tubo de 40W tiene 62,5 de eficiencia , uno de 32W tiene un eficiencia de 93,7 Lm/W y uno de 17W tiene una eficiencia de 76,5 Lm/W.

- Otro parámetro importante entre un tubo convencional y un tubo de nueva generación es que éstos últimos poseen una depreciación muy baja del flujo luminoso, lo que incrementa el valor del factor de mantenimiento que a la postre representa una disminución del número de luminarias a ser instaladas.

- La mayor vida útil de todos los componentes que conforman las luminarias reduce notablemente los costos de reposición y mantenimiento, haciendo aún más atractivo el proyecto.

- La luminaria tradicional de acrílico por la naturaleza de su difusor, provee un nivel de iluminación baja con una uniformidad excelente, las luminarias de alta eficiencia proveen de nivel de iluminación mucho más altos pero la uniformidad depende de la distribución de luminarias, por lo cual es muy importante en el diseño considerar la ubicación de éstas en el campo de visión.

- El uso de espejos parabólicos de aluminio nos permite reducir la depreciación del nivel de iluminación por efecto de la acumulación de polvo y por el amarillamiento del acrílico por efecto de los rayos ultravioletas, es así como al hacer la prueba de esta disminución del nivel de iluminación por efecto del acrílico a las luminarias que se encontraban instaladas anteriormente, pudimos observar que este acrílico producía una reducción en promedio de un 34%, este valor depende principalmente del tipo y el tratamiento químico que se le de el acrílico en su fabricación. Esta reducción es irreversible y se va incrementando con el transcurso de los años, con lo cual la única solución para disminuirla es el cambio periódico del acrílico lo que implica un incremento de los costos de mantenimiento.

- Del análisis económico de recuperación del capital por el análisis de valor presente, se concluye que la inversión se recupera a los tres años y ocho meses, la misma conclusión se puede observar si analizamos el valor de la tasa interna de retorno (TIR) y la relación costo beneficio, estos datos son reales ya que se trabajo con las planillas de EEQSA.

- El programa Calculux desarrollado por Philips proporciona valores próximos a los reales al trabajar con la fotometría exacta de la luminaria, esto también nos permite ver los efectos que se tienen al variar de posición o rotar una o varias luminarias en cuanto a nivel y uniformidades.

7.1 RECOMENDACIONES.

- Con el fin de incrementar el valor del factor de mantenimiento en el cálculo de las luminarias y por ende no elevar exageradamente la cantidad de las mismas, es recomendable aplicar un correcto programa de mantenimiento de limpieza del sistema óptico. Para lo cual, se sugiere la limpieza de los espejos parabólicos en períodos de uno o máximo dos años.

- La limpieza es muy fácil debido al sistema de sujeción del espejo parabólico, solo se debe alar hacia abajo y los clips de sujeción colgarán fácilmente, posteriormente se procede a la limpieza con un paño húmedo a los espejos y al tubo para luego volver a empujar y colocar los clips en la posición de cerrado. Debido a que el material del sistema óptico es aluminio estos no se oxidan por lo cual no se necesita de líquidos especiales, sin embargo si se le quiere dar un mejor acabado a la limpieza se los puede usar.

- Debido a la naturaleza de distribución fotométrica de la luminaria se podrían presentar problemas de valores de uniformidad bajos, por lo cual se recomienda utilizar una correcta ubicación de las luminarias en el campo de visión para obtener valores dentro de los recomendados para el área a ser iluminada.

- La forma modular de la luminaria (60x60cm) nos permite rotarla indistintamente en el cielo falso, es recomendable utilizar esta característica para acentuar la iluminación en los lugares más necesitados o disminuir efectos de deslumbramiento especialmente en computadores y superficies brillosas.

- Se recomienda utilizar la luminaria más óptima según las necesidades del área a iluminar, para evitar excesos y desperdicios de luz.

- Se recomienda hacer cambios grupales de tubos fluorescentes cuando éstos se acercan al final de su vida útil a fin de mantener los niveles de iluminación dentro de los requeridos.

- Se recomienda usar balastos electrónicos con distorsión armónica menor al 20% según norma, factores de potencia elevados, para evitar problemas de funcionamiento en equipos electrónicos especialmente en edificios como el de presente estudio, así como balastos estables y de funcionamiento independiente por tubo, con el fin de que algún problema en uno de ellos no afecte el correcto funcionamiento de los otros.

- No se recomienda usar luminarias fluorescentes con dimers o sensores de movimiento a menos que sean balastos diseñados expresamente para esta aplicación, porque la vida de los tubos fluorescentes se reduce considerablemente lo que implica costos de mantenimiento elevado.

- Finalmente se recomienda implantar un programa de concientización del uso racional de la energía entre los empleados para que enciendan y apaguen la luz deacuerdo a sus necesidades de trabajo.

BIBLIOGRAFIA

1. PHILIPS LIGHTING B.V, Curso de alumbrado, Holanda, 1988.

2. PHILIPS LIGHTING B.V, The Lighting Desing Course, Holanda, 1992.

3. PHILIPS LIGHTING B.V, International lighting review, Holanda, 1996-1999.

4. PHILIPS LIGHTING B.V, Iluminación de oficinas, USA, 1996.

5. PHILIPS LIGHTING B.V, Manual de iluminación, Argentina, 1995.

6. PHILIPS LIGHTING B.V, C.D Product Information, Holanda, 1999.

7. PHILIPS LIGHTING B.V, C.D Indoor and Architectural Lighting Catalogue , Holanda, 1998.

8. PHILIPS LIGHTING B.V, C.D O.E.M. Lighting Presentations, Holanda, 1998.

9. DÉRIBÉRÉ M., Técnica del alumbrado, principios fundamentales, Madrid, Cometa S.A. 1967.

10. CARRANZA E., Luminotecnia y sus aplicaciones, México, Editorial Diana, 1981.

11. DUTRA DE TOLEDO E., OSSE A., Luminotécnica, Sao Paulo, Editorial Gremio Politécnico, 1975.

12. WESTINGHOUSE, Manual de Alumbrado, 4ta. Edición, Madrid, Editorial Dossat S.A., 1989.

13. WEIGEL R. G., Luminotécnia sus principios y aplicaciones, Tercera Edición, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1973.

14. FABRICA ELECTROTECNICA JOSA S.A., Luminotécnia principios y aplicaciones, Editorial Josa, 1979.

15. HAGLER, BAILLY & COMPANY, Manual de Auditoría Energética, Tomo 1, Ecuador INE, 1990.

16. IEEE, Administración de la Energía Eléctrica, New York USA, 1992.

17. FRED S, DUBIN and CHARLES G., LONG Jr., Energy Conservation Standards for Building Design, Construction and Operation, USA, 1987.

18. JOHANSSON T., BOLDMAD B. and WILLIAM R., Efficient End-Use and New Generation Technologies and Their Planning Implications, 1989.

19. IEEE, Recommended Practice for Energy Conservation and Cost- Effective Planning in Industrial Facilities, USA, 1983.

20. INECEL, Manual de Economía de Energía Eléctrica en el Hogar, Quito Ecuador 1986.

21. EEQSA, Pliego Tarifario (vigente a marzo de 1997), Quito Ecuador, 1997.

22. EEQSA, Facturas de Consumo Eléctrico del Edificio Casa Matriz del Banco del Pichincha, Quito Ecuador, 1996-1997.

23. LUIS FERNANDO GUTIERREZ MARULANDA. Decisiones financieras y costo del dinero, Editorial Norma, Colombia, 1985.

24. E.P.N, Apuntes de Ingeniería Económica, Quito Ecuador, 1995.

ANEXOS

ANEXO 1

Resultados del analizador de carga antes y después del cambio de luminarias para algunos de los circuitos eléctricos del Banco del Pichincha sucursal mayor.

ANEXO 2

Catálogo de las luminarias utilizadas en le proyecto.

ANEXO 3

Resultados del diseño de iluminación, proporcionados por el programa CALCULUX

ANEXO 1

Resultados del analizador de carga antes y después del cambio de luminarias para algunos de los circuitos eléctricos del Banco del Pichincha sucursal mayor.

Resultados del analizador de carga antes del cambio de luminarias para uno de los circuitos.

FASE T

Hora	Potencia	Fact. Potencia	Corriente	Voltaje	Frecuencia
6:05:01	31.5	0.98	87	213	59.9
6:15:01	42.1	0.99	115	214	59.9
6:25:01	78.3	0.99	139	212	60
6:35:01	47.9	1	131	212	60
6:45:01	51.8	1	142	214	59.9
6:55:01	48.9	1	134	212	59.9
7:05:01	49.2	0.99	136	211	60
7:15:01	58.3	1	162	209	59.9
7:25:01	58.7	1	251	208	59.9
7:35:01	55.6	1	157	207	59.9
7:45:01	70	1	196	207	59.9
7:55:01	81.2	0.98	229	205	59.9
8:05:01	74.3	1	211	205	59.9
8:15:01	78.4	1	216	206	59.9
8:25:01	93.5	0.98	276	207	59.9
8:35:01	97.1	1	272	206	59.9
8:45:01	116	1	319	205	59.9
8:55:01	111	1	308	206	59.9
9:05:01	145	1	370	203	59.9
9:15:01	139	1	377	205	59.9
9:25:01	159	1	382	204	59.8
9:35:01	136	0.99	398	203	59.9
9:45:01	142	0.98	425	203	59.9
9:55:01	150	0.99	408	203	59.9
10:05:01	137	1	475	201	59.9
10:15:01	143	1	462	202	59.8
10:25:01	143	0.99	420	201	59.9
10:35:01	136	1	474	200	60.1
10:54	187	0.99	434	203	59.9
11:04:01	165	1	411	204	59.9
11:14:01	146	0.98	446	206	60
11:24:01	141	1	390	206	60
11:34:01	155	1	450	205	59.9
11:44:01	152	1	417	205	59.9
11:54:01	174	1	432	204	59.9
12:04:01	147	0.99	436	206	60
12:14:01	157	0.98	498	204	60
12:24:01	148	1	465	206	60
12:34:01	157	1	430	203	60
12:44:01	145	1	433	202	60
12:54:01	141	1	402	203	59.9
13:04:01	152	1	412	204	60
13:14:01	159	1	406	205	60.1
13:24:01	147	1	409	205	60
13:34:01	148	1	493	203	60
13:44:01	144	1	400	205	60

13:54:01	151	1	519	204	60
14:04:01	146	1	393	204	60.1
14:14:01	128	1	371	205	59.9
14:24:01	131	1	367	202	60
14:34:01	143	1	477	201	60
14:44:01	142	1	387	204	59.8
14:54:01	133	1	446	205	59.9
15:04:01	137	1	373	205	59.9
15:14:01	135	1	375	205	59.9
15:24:01	124	1	440	203	59.9
15:34:01	132	1	391	202	60
15:44:01	129	1	350	204	59.9
15:54:01	121	1	442	203	59.9
16:04:01	121	1	340	206	59.9
16:14:01	127	1	356	206	59.9
16:24:01	128	0.98	365	206	60
16:34:01	129	1	372	206	60.1
16:44:01	126	1	411	206	60
16:54:01	115	1	414	208	60
17:04:01	115	1	347	207	60
17:14:01	114	1	387	206	60
17:24:01	147	1	311	206	60
17:34:01	112	0.99	326	206	59.9
17:44:01	113	1	298	205	59.9
17:54:01	104	1	293	206	59.8
18:04:01	99.9	1	277	207	60
18:14:01	99.6	1	280	206	59.9
18:24:01	95.2	1	267	206	59.9
18:34:01	112	0.99	282	205	59.9
18:44:01	115	1	282	208	59.9
18:54:01	99.8	1	277	208	59.9
19:04:01	104	1	290	207	59.9
19:14:01	98.5	1	267	209	59.9
19:24:01	97.4	1	269	209	60
19:34:01	96.6	1	267	209	59.9
19:44:01	94.8	1	262	209	59.9
19:54:01	85.6	1	236	210	59.9
20:04:01	68.4	0.99	195	212	60
20:14:01	60.4	0.91	190	209	59.9
20:24:01	65.2	0.98	181	210	59.9
20:34:01	59.8	0.99	164	211	59.9
20:44:01	53.4	0.91	159	209	59.9
20:54:01	56.2	0.99	150	211	59.9
21:04:01	53.4	0.99	149	209	60
21:14:01	57.2	0.99	144	209	60
21:24:01	47.3	1	130	210	60
21:34:01	54.2	0.99	150	210	59.9
21:44:01	56.8	0.99	156	212	60
21:54:01	53.1	0.99	145	213	60.1
22:04:01	49.3	1	136	209	59.9
22:14:01	52.5	0.99	145	210	59.9
22:24:01	50.2	0.99	139	210	60
22:34:01	54.9	0.95	137	210	59.9
22:44:01	49.4	0.99	135	212	60

22:54:01	45.7	0.99	124	210	59.9
23:04:01	44.6	0.99	123	212	60
23:14:01	44.4	0.99	122	212	59.9
23:24:01	44.4	0.99	122	213	60
23:34:01	42.2	0.99	115	213	60
23:44:01	44.1	0.99	121	213	60
23:54:01	43.8	0.99	120	213	59.9
0:05:01	44.1	0.99	120	215	60
0:15:01	44.4	0.99	121	214	60
0:25:01	34.3	0.98	94	215	60
0:35:01	23	0.96	65	216	60
0:45:01	23.1	0.97	64	216	60
0:55:01	26.3	0.95	74	216	60
1:05:01	25.9	0.95	73	216	60
1:15:01	25.9	0.95	73	216	60
1:25:01	26	0.95	73	216	60
1:35:01	25.9	0.95	73	217	59.9
1:45:01	23.7	0.96	65	217	60
1:55:01	23.4	0.96	65	217	59.9
2:05:01	26.1	0.95	65	216	60.1
2:15:01	23.4	0.96	65	215	59.9
2:25:01	25.7	0.97	64	216	60
2:35:01	25.7	0.95	73	215	60
2:45:01	25.7	0.95	72	215	60
2:55:01	22.9	0.97	83	215	59.9
3:05:01	26	0.95	74	215	59.9
3:15:01	26.1	0.95	74	216	59.9
3:25:01	26.6	0.94	75	216	59.9
3:35:01	23.5	0.96	65	216	59.9
3:45:01	23	97	64	216	60
3:55:01	23.1	0.96	64	216	59.9
4:05:01	23.1	0.97	64	216	59.9
4:15:01	23	0.97	64	216	60
4:25:01	23	0.96	64	216	60
4:35:01	23.2	0.96	65	216	59.9
4:45:01	23.7	0.96	66	215	60
4:55:01	23.4	0.96	65	215	59.9
5:05:01	22.9	0.97	64	216	59.9
5:15:01	22.9	0.97	63	215	60
5:25:01	22.8	0.97	63	215	60
5:35:01	22.7	0.97	64	214	59.9
5:45:01	22.7	0.97	63	213	59.9
5:55:01	22.6	0.97	64	213	60.1

ANEXO 2

Catálogo de las luminarias utilizadas en el proyecto

LUMINARIA FLUORESCENTE
TBS-300 2x32 W, 3x32 W y 2x40 W

DESCRIPCION

La luminaria fluorescente TBS-300 2x32 W, 3x32 W o 2x40 W es un sistema eficiente para iluminación de ambientes con cielo falso, el cual consta de varios elementos que le dan un alto rendimiento:

- Tubos fluorescentes ahorradores de energía, tipo T8, de 32 W, con un CRI=85, o tubos tipo T12, de 40 W, en diferentes temperaturas de color.
- Balasto electrónico de alto factor de potencia y distorsión armónica menor al 20% o al 10% de 2x32 W o 3x32 W, o balasto magnético rapid start de 2x40 W.
- Difusor parabólico de aluminio de alta pureza, tipo M2, compuesto por dos reflectores longitudinales facetados por cada tubo y 14 láminas transversales para el apantallamiento de los mismos. El conjunto proporciona una excelente distribución de la luz, un elevado control de deslumbramiento y brillo junto a una alta eficiencia lumínica.
- Carcaza fabricada en tol de 0,5 mm de espesor de color blanco pintada al horno.

OPTICA M2

El controlador óptico está fabricado en plancha de aluminio anodizado especular de alta reflexión y baja depreciación en el tiempo, siendo las láminas y el reflector longitudinal facetado fabricados en aluminio.

APLICACIONES

- Oficinas
- Salas de reunión
- Bibliotecas
- Halls
- Salas de conferencia
- Salas de lectura
- Salas de dibujo
- Salas de computación

BENEFICIOS

- Adecuada luz en el sitio de trabajo
- Ambiente agradable y de distinción
- Más productividad y confort
- Ahorro de cerca del 50% en su consumo de luz
- Mayor duración de los componentes
- Menor y más fácil mantenimiento
- Operación más silenciosa
- Encendido rápido y eficaz
- Instalación más fácil

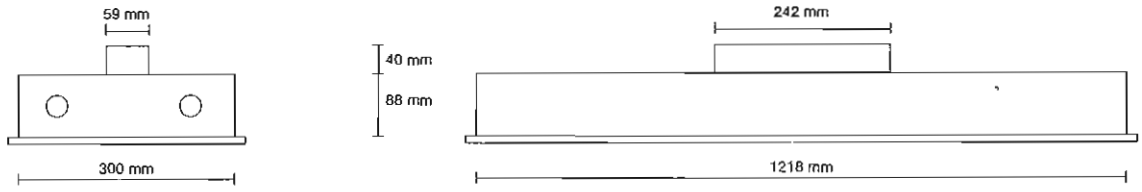
GRADOS DE PROTECCION

- Protección eléctrica: clase 1 (por razones de seguridad es necesario aterrizar la luminaria). Normas de acuerdo a IEC 598.

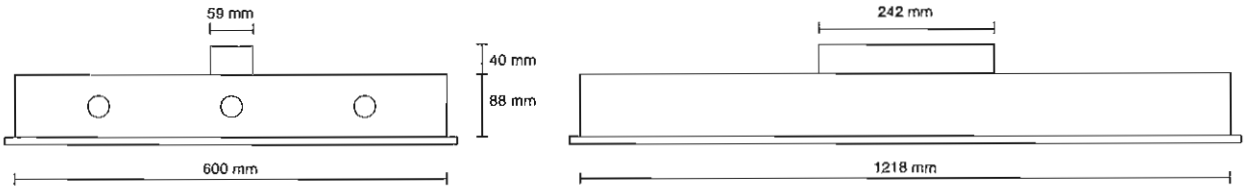
DATOS TECNICOS (SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO)

MEDIDAS

TBS 300 - 2 x 32W, 2 x 40W

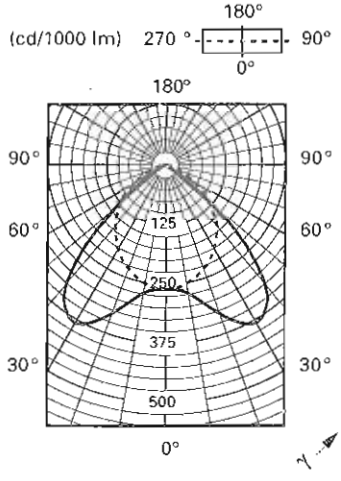


TBS 300 - 3 x 32W

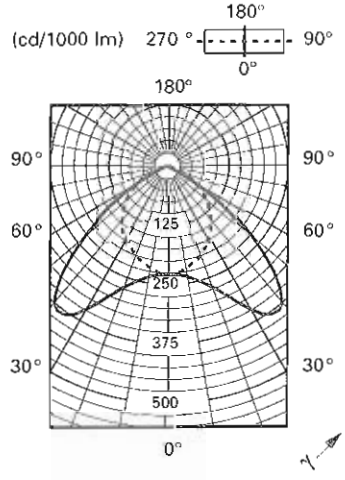


INFORMACION FOTOMETRICA

TBS 300 2X32W



TBS 300 3X32W



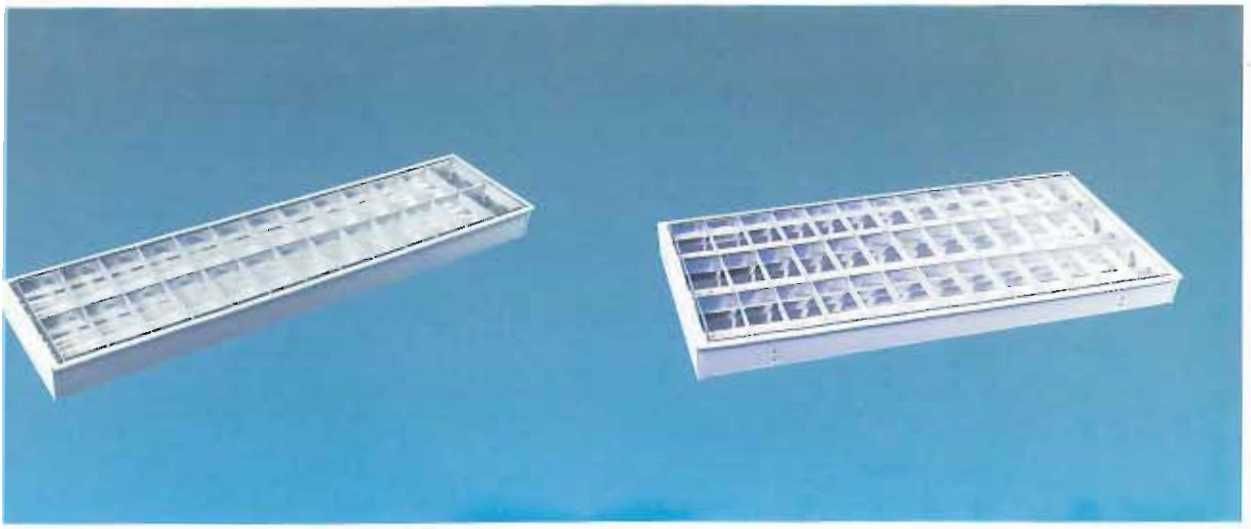
CARACTERISTICAS TECNICAS

CODIGO LUMINARIA	NUMERO Y TIPO DE LAMPARA	POTENCIA LAMPARA (W)	VOLTAJE (V)	FLUJO (1) LUMINOSO (LM)	EFICIENCIA (2) LUMINARIA (LM/W)	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA LUMINARIA
TBS300-2X32 W	2XTLD32	32	120	3.000	103	>0.95	52
TBS300-3X32 W	3XTLD32	32	120	3.000	102	>0.95	88
TBS300-2X40 W	2XTL40	40	120	2.880	58	>0.95	100

NOTAS: (1) El flujo luminoso es por cada lámpara.
(2) Para este cálculo se considera el consumo total en vatios de la luminaria, esto es el consumo de la lámpara más las pérdidas en el balasto.

Let's make things better.
PHILIPS

LUMINARIA FLUORESCENTE
TBS-300 2x32 W, 3x32 W y 2x40 W



RIPCION

inaria fluorescente TBS-300 2x32 W, 3x32 W
W es un sistema eficiente para iluminación
bientes con cielo falso, el cual consta de
elementos que le dan un alto rendimiento:

os fluorescentes ahorradores de energía,
T8, de 32 W, con un CRI=85, o tubos tipo
de 40 W, en diferentes temperaturas de color.
sto electrónico de alto factor de potencia y
orsión armónica menor al 20% o al 10% de
2 W o 3x32 W, o balasto magnético rapid
t de 2x40 W.
sor parabólico de aluminio de alta pureza,
M2, compuesto por dos reflectores
gitudinales facetados por cada tubo y 14
inas transversales para el apantallamiento
los mismos. El conjunto proporciona una
elente distribución de la luz, un elevado
trol de deslumbramiento y brillo junto a
alta eficiencia lumínica.
caza fabricada en tol de 0,5 mm de espesor
color blanco pintada al horno.

A M2

trolador óptico está fabricado en plancha
minio anodizado especular de alta reflexión
depreciación en el tiempo, siendo las
as y el reflector longitudinal facetado
ados en aluminio.

APLICACIONES

- Oficinas
- Salas de reunión
- Bibliotecas
- Halls
- Salas de conferencia
- Salas de lectura
- Salas de dibujo
- Salas de computación

BENEFICIOS

- Adecuada luz en el sitio de trabajo
- Ambiente agradable y de distinción
- Más productividad y confort
- Ahorro de cerca del 50% en su consumo de luz
- Mayor duración de los componentes
- Menor y más fácil mantenimiento
- Operación más silenciosa
- Encendido rápido y eficaz
- Instalación más fácil

GRADOS DE PROTECCION

- Protección eléctrica: clase 1 (por razones de seguridad es necesario aterrizar la luminaria). Normas de acuerdo a IEC 598.

PHILIPS
Let's make things better.

ón

LUMINARIA TIPO OJO DE BUEY
LI/629-1XPLC 13W

DESCRIPCION

La luminaria tipo ojo de buey LI/629 para iluminación de interiores, a colocarse en cielo raso falso, es usada con 1 lámpara fluorescente compacta de 13 W, tipo PLC-13W, para base GX23 en posición vertical y balasto electromagnético.

El reflector es de aluminio plateado anodizado, al 99,7% de pureza, facetado y brillante en la parte superior, lo que proporciona una buena distribución luminosa permitiendo un mayor espaciamiento entre las luminarias. La parte inferior es acetinada para evitar el deslumbramiento y obtener un mejor confort visual.

El anillo exterior es de aluminio fundido en color blanco, con un diámetro para empotramiento de 163-168 mm. La luminaria dispone de elementos de fijación propios, de enganche rápido tipo prendedores, con dos mariposas que permiten ajustarse a cualquier tipo de cielo raso.

El equipo eléctrico está colocado en una caja de conexión de poliamida totalmente cerrada, la misma que es independiente del ojo de buey. Todas las conexiones eléctricas internas y la alimentación externa se realizan mediante bloques de conexión totalmente aislados, garantizando así seguridad en la instalación.

APLICACIONES

- Oficinas
- Almacenes
- Hoteles
- Restaurantes
- Halls
- Corredores
- Salas de reuniones
- Etc.

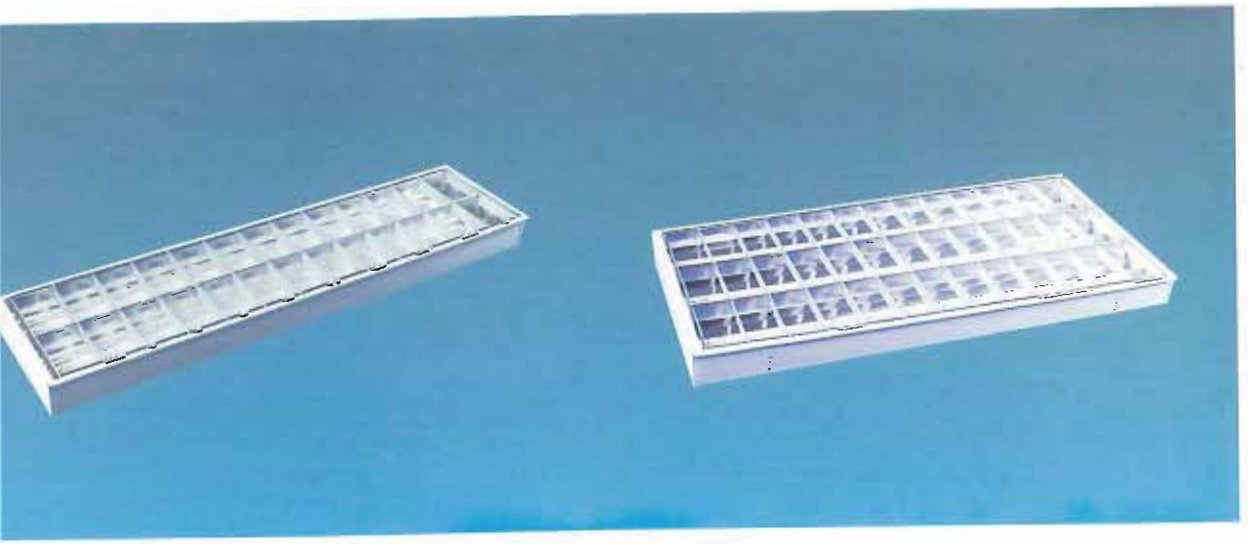
GRADOS DE PROTECCION

- IP20.
- Protección eléctrica: clase 2 (doble aislación, no es necesario aterrizar). Normas de acuerdo a IEC 598.

Philips
Iluminación

PHILIPS
Let's make things better.

LUMINARIA FLUORESCENTE
TBS-300 2x32 W, 3x32 W y 2x40 W



RIPCION

inaria fluorescente TBS-300 2x32 W, 3x32 W
W es un sistema eficiente para iluminación
bientes con cielo falso, el cual consta de
elementos que le dan un alto rendimiento:

os fluorescentes ahorradores de energía,
T8, de 32 W, con un CRI=85, o tubos tipo
de 40 W, en diferentes temperaturas de color.
sto electrónico de alto factor de potencia y
orsión armónica menor al 20% o al 10% de
2 W o 3x32 W, o balasto magnético rapid
t de 2x40 W.
sor parabólico de aluminio de alta pureza,
M2, compuesto por dos reflectores
gitudinales facetados por cada tubo y 14
inas transversales para el apantallamiento
los mismos. El conjunto proporciona una
elente distribución de la luz, un elevado
trol de deslumbramiento y brillo junto a
alta eficiencia lumínica.
caza fabricada en tol de 0,5 mm de espesor
color blanco pintada al horno.

A M2

trolador óptico está fabricado en plancha
minio anodizado especular de alta reflexión
a depreciación en el tiempo, siendo las
as y el reflector longitudinal facetado
ados en aluminio.

APLICACIONES

- Oficinas
- Salas de reunión
- Bibliotecas
- Halls
- Salas de conferencia
- Salas de lectura
- Salas de dibujo
- Salas de computación

BENEFICIOS

- Adecuada luz en el sitio de trabajo
- Ambiente agradable y de distinción
- Más productividad y confort
- Ahorro de cerca del 50% en su consumo de luz
- Mayor duración de los componentes
- Menor y más fácil mantenimiento
- Operación más silenciosa
- Encendido rápido y eficaz
- Instalación más fácil

GRADOS DE PROTECCION

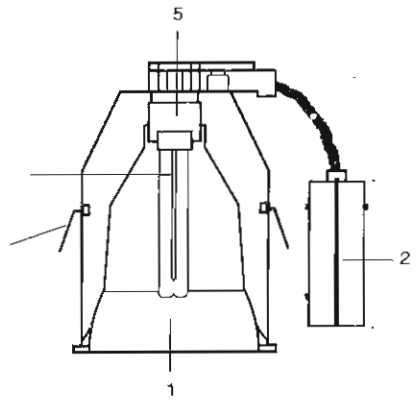
- Protección eléctrica: clase 1 (por razones de seguridad es necesario aterrizar la luminaria). Normas de acuerdo a IEC 598.

PHILIPS
Let's make things better.

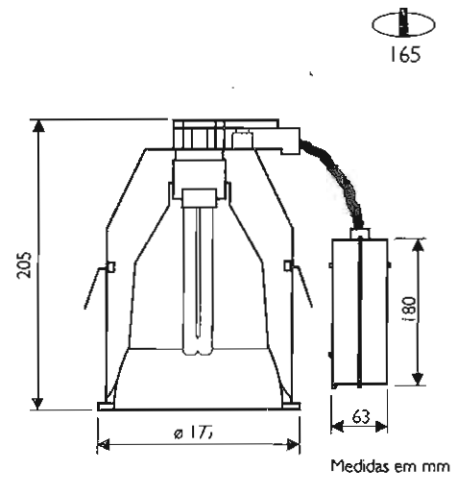
DATOS TECNICOS (SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO)

DESCRIPCION DEL DIBUJO

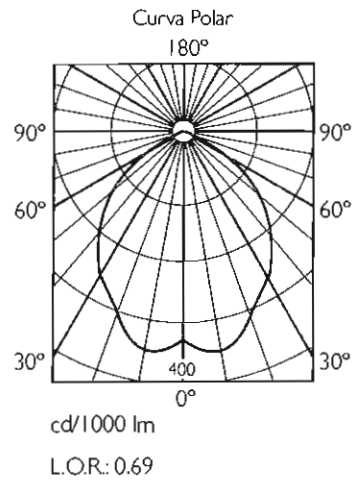
1.- Carcaza
2.- Caja de conexión aislada
3.- Prendedor de fijación
4.- Tubo PLC-13W
5.- Base Gx23



MEDIDAS



INFORMACION FOTOMETRICA



CARACTERISTICAS TECNICAS

CODIGO	NUMERO Y TIRO DE LAMPARA	POTENCIA LAMPARA (W)	VOLTAJE (V)	FLUJO LUMINOSO (LM)	EFICIENCIA (1) LUMINARIA (LM/W)	PESO (KG)
LI/629	1XPLC13W	13	120	860	51	0.95

NOTAS: (1) Para este cálculo se considera el consumo total en vatios de la luminaria, esto es el consumo de la lámpara más las pérdidas en el balasto.

Let's make things better.
PHILIPS

LUMINARIA FLUORESCENTE Y
TBS-300 2x32 W, 3x32 W y 2x40 W N

IPCION

inaria fluorescente TBS-300 2x32 W, 3x32 W
W es un sistema eficiente para iluminación
bientes con cielo falsò, el cual consta de
elementos que le dan un alto rendimiento:

os fluorescentes ahorradores de energía,
T8, de 32 W, con un CRI=85, o tubos tipo
de 40 W, en diferentes temperaturas de color.
asto electrónico de alto factor de potencia y
orsión armónica menor al 20% o al 10% de
2 W o 3x32 W, o balasto magnético rapid
t de 2x40 W.
usor parabólico de aluminio de alta pureza,
o M2, compuesto por dos reflectores
gitudinales facetados por cada tubo y 14
inas transversales para el apantallamiento
los mismos. El conjunto proporciona una
celente distribución de la luz, un elevado
ntrol de deslumbramiento y brillo junto a
a alta eficiencia lumínica.
rcaza fabricada en tol de 0,5 mm de espesor
color blanco pintada al horno.

CA M2
ntrolador óptico está fabricado en plancha
uminio anodizado especular de alta reflexión
aja depreciación en el tiempo, siendo las
nas y el reflector longitudinal facetado
cados en aluminio.

APLICACIONES

- Oficinas
- Salas de reunión
- Bibliotecas
- Halls
- Salas de conferencia
- Salas de lectura
- Salas de dibujo
- Salas de computación

BENEFICIOS

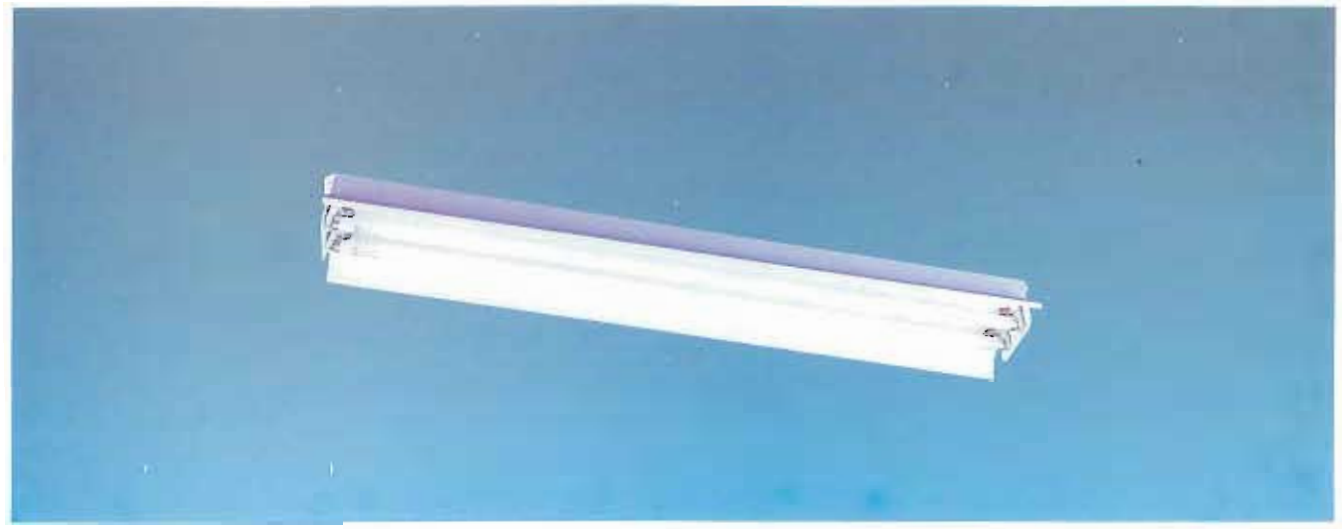
- Adecuada luz en el sitio de trabajo
- Ambiente agradable y de distinción
- Más productividad y confort
- Ahorro de cerca del 50% en su consumo de luz
- Mayor duración de los componentes
- Menor y más fácil mantenimiento
- Operación más silenciosa
- Encendido rápido y eficaz
- Instalación más fácil

GRADOS DE PROTECCION

- Protección eléctrica: clase 1 (por razones de seguridad es necesario aterrizar la luminaria). Normas de acuerdo a IEC 598.

PHILIPS
Let's make things better.

LUMINARIA FLUORESCENTE
TMS-018 2x32W y 2x40W



DESCRIPCION

La luminaria fluorescente TMS-018 está diseñada para 2 tubos fluorescente de 32 o 40 W.

Consta de los siguientes elementos:

- Tubos fluorescentes ahorradores de energía, tipo T8, de 32 W, con un CRI=85, o tubos tipo T12, de 40 W, en diferentes temperaturas de color.
- Balasto electrónico de alto factor de potencia y distorsión armónica menor al 20% o al 10%, instant start o rapid start (bajo pedido, para aplicaciones con detectores de movimiento), o balasto magnético rapid start, en el caso de tubos de 40 W.
- Carcaza fabricada en tol de 0.5 mm de espesor de color blanco pintada al horno.

APLICACIONES

- Galpones industriales
- Parqueaderos, inclusive en instalaciones de ahorro de energía mediante el uso de detectores de movimiento.
- Bodegas

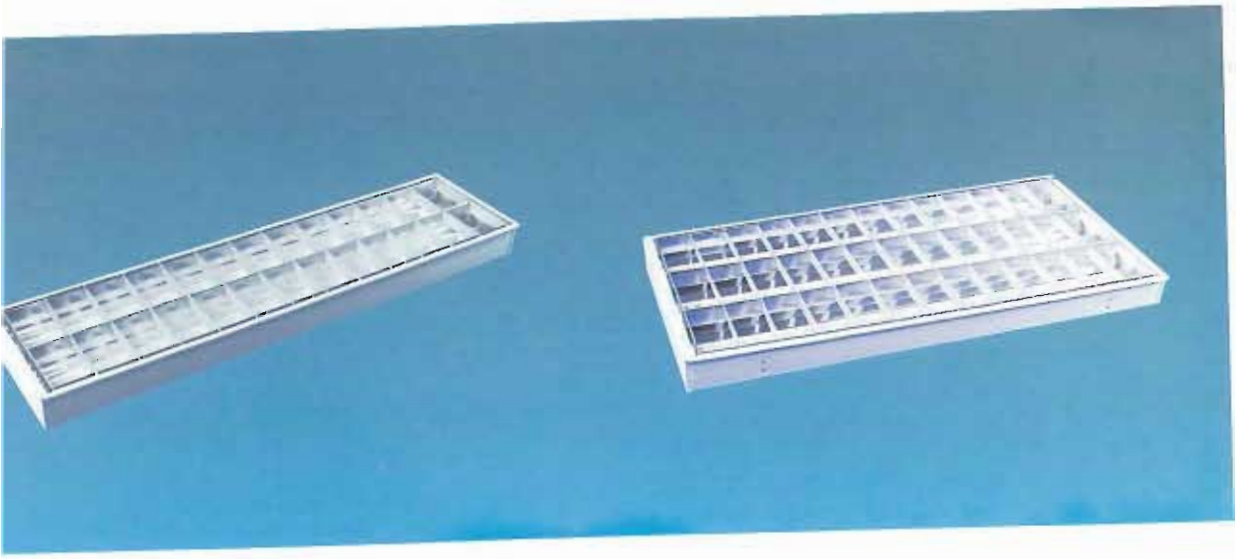
GRADOS DE PROTECCION

- Protección eléctrica: clase 1 (por razones de seguridad es necesario aterrizar la luminaria).
- Normas de acuerdo a IEC 598.

Philips
Iluminación

PHILIPS
Let's make things better.

LUMINARIA FLUORESCENTE
TBS-300 2x32 W, 3x32 W y 2x40 W



IPCION

inaria fluorescente TBS-300 2x32 W, 3x32 W
W es un sistema eficiente para iluminación
bientes con cielo falso, el cual consta de
elementos que le dan un alto rendimiento:

os fluorescentes ahorradores de energía,
T8, de 32 W, con un CRI=85, o tubos tipo
de 40 W, en diferentes temperaturas de color.
asto electrónico de alto factor de potencia y
orsión armónica menor al 20% o al 10% de
2 W o 3x32 W, o balasto magnético rapid
t de 2x40 W.
usor parabólico de aluminio de alta pureza,
M2, compuesto por dos reflectores
gitudinales facetados por cada tubo y 14
inas transversales para el apantallamiento
los mismos. El conjunto proporciona una
elente distribución de la luz, un elevado
ntrol de deslumbramiento y brillo junto a
a alta eficiencia lumínica.
caza fabricada en tol de 0,5 mm de espesor
color blanco pintada al horno.

CA M2

ntrolador óptico está fabricado en plancha
uminio anodizado especular de alta reflexión
ja depreciación en el tiempo, siendo las
nas y el reflector longitudinal facetado
cados en aluminio.

APLICACIONES

- Oficinas
- Salas de reunión
- Bibliotecas
- Halls
- Salas de conferencia
- Salas de lectura
- Salas de dibujo
- Salas de computación

BENEFICIOS

- Adecuada luz en el sitio de trabajo
- Ambiente agradable y de distinción
- Más productividad y confort
- Ahorro de cerca del 50% en su consumo de luz
- Mayor duración de los componentes
- Menor y más fácil mantenimiento
- Operación más silenciosa
- Encendido rápido y eficaz
- Instalación más fácil

GRADOS DE PROTECCION

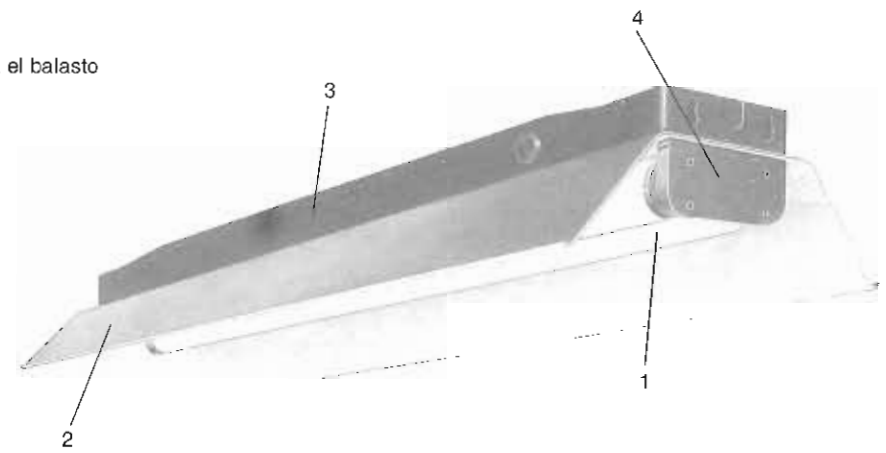
- Protección eléctrica: clase 1 (por razones de seguridad es necesario aterrizar la luminaria). Normas de acuerdo a IEC 598.

PHILIPS
Let's make things better.

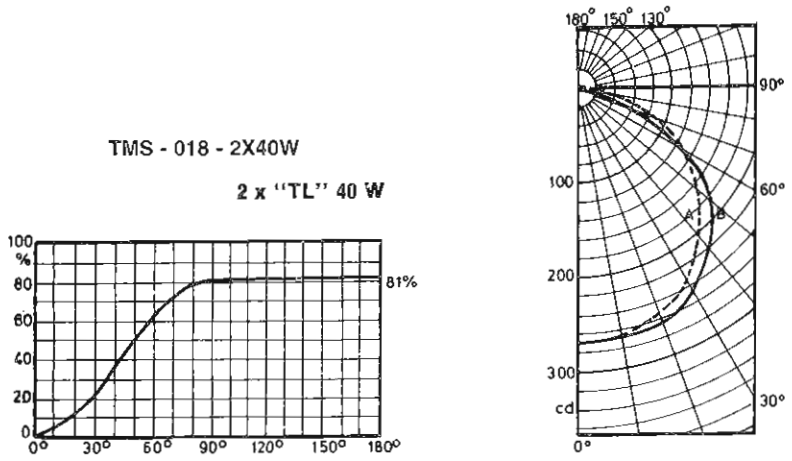
DATOS TECNICOS (SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO)

DESCRIPCION DEL DIBUJO

1.- Tubo fluorescente
2.- Carcaza
3.- Compartimiento para el balasto
4.- Portalámpara



INFORMACION FOTOMETRICA



CARACTERISTICAS TECNICAS

CODIGO LUMINARIA	NUMERO Y TIPO DE LAMPARA	POTENCIA LAMPARA (W)	VOLTAJE (V)	FLUJO (1) LUMINOSO (LM)	EFICIENCIA (2) LUMINARIA (LM/W)	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA LUMINARIA (W)
TMS-018-2X40	2XTL40	40	120	2.880	58	>0.90	100
TMS-018-2X32	2XTLD32	32	120	3.000	103	>0.95	58

NOTAS: (1) El flujo luminoso es por cada lámpara.
(2) Para este cálculo se considera el consumo total en vatios de la luminaria, esto es el consumo de la lámpara más las pérdidas en el balasto.

Let's make things better.
PHILIPS

LUMINARIA FLUORESCENTE TBS-300 2x32 W, 3x32 W y 2x40 W

IPCION

inaria fluorescente TBS-300 2x32 W, 3x32 W W es un sistema eficiente para iluminación bientes con cielo falsò, el cual consta de elementos que le dan un alto rendimiento:

os fluorescentes ahorradores de energía, T8, de 32 W, con un CRI=85, o tubos tipo , de 40 W, en diferentes temperaturas de color.
asto electrónico de alto factor de potencia y orsión armónica menor al 20% o al 10% de 2 W o 3x32 W, o balasto magnético rapid t de 2x40 W.
usor parabólico de aluminio de alta pureza, o M2, compuesto por dos reflectores gitudinales facetados por cada tubo y 14 inas transversales para el apantallamiento los mismos. El conjunto proporciona una elente distribución de la luz, un elevado ntrol de deslumbramiento y brillo junto a a alta eficiencia lumínica.
rcaza fabricada en tol de 0,5 mm de espesor color blanco pintada al horno.

CA M2

ntrolador óptico está fabricado en plancha uminio anodizado especular de alta reflexión aja depreciación en el tiempo, siendo las nas y el reflector longitudinal facetado cados en aluminio.

APLICACIONES

- Oficinas
- Salas de reunión
- Bibliotecas
- Halls
- Salas de conferencia
- Salas de lectura
- Salas de dibujo
- Salas de computación

BENEFICIOS

- Adecuada luz en el sitio de trabajo
- Ambiente agradable y de distinción
- Más productividad y confort
- Ahorro de cerca del 50% en su consumo de luz
- Mayor duración de los componentes
- Menor y más fácil mantenimiento
- Operación más silenciosa
- Encendido rápido y eficaz
- Instalación más fácil

GRADOS DE PROTECCION

- Protección eléctrica: clase 1 (por razones de seguridad es necesario aterrizar la luminaria). Normas de acuerdo a IEC 598.

PHILIPS
Let's make things better.

LUMINARIA DE SEGURIDAD FGC 505 KOMBI 2xPL-13W

DESCRIPCION

La luminaria de seguridad FGC 505 KOMBI es del tipo cerrada con cobertura acrílica y alojamiento para el siguiente equipo eléctrico:

- 2 focos PL-13W, 110 V, 60 Hz

Esta luminaria se compone de:

- Base de poliestireno de alto impacto en color negro.
- 4 clips de poliestireno de alto impacto en color negro.
- Cobertura de acrílico transparente (2 mm), texturizado.
- Portaequipo metálico de color blanco pintado al horno que funciona como reflector.
- Empaque de caucho adhesivo para obturación.

La luminaria utiliza focos de baja energía de 13 W, los cuales tienen el mismo flujo luminoso que un foco incandescente de 60 y con una vida útil 5 veces más prolongada.

APLICACIONES

GRADOS DE PROTECCION

- Protección eléctrica: clase 2 (doble aislación, no es necesario aterrizar).
  Normas de acuerdo a IEC 598.

Philips
Iluminación

PHILIPS
Let's make things better.

LUMINARIA FLUORESCENTE TBS-300 2x32 W, 3x32 W y 2x40 W

RIPCION

inaria fluorescente TBS-300 2x32 W, 3x32 W W es un sistema eficiente para iluminación bientes con cielo falso, el cual consta de elementos que le dan un alto rendimiento:

os fluorescentes ahorradores de energía, T8, de 32 W, con un CRI=85, o tubos tipo , de 40 W, en diferentes temperaturas de color. asto electrónico de alto factor de potencia y orsión armónica menor al 20% o al 10% de 2 W o 3x32 W, o balasto magnético rapid t de 2x40 W.
usor parabólico de aluminio de alta pureza, o M2, compuesto por dos reflectores gitudinales facetados por cada tubo y 14 inas transversales para el apantallamiento los mismos. El conjunto proporciona una elente distribución de la luz, un elevado ntrol de deslumbramiento y brillo junto a a alta eficiencia lumínica.
rcaza fabricada en tol de 0,5 mm de espesor color blanco pintada al horno.

CA M2
ntrolador óptico está fabricado en plancha uminio anodizado especular de alta reflexión ja depreciación en el tiempo, siendo las nas y el reflector longitudinal facetado cados en aluminio.

APLICACIONES

- Oficinas
- Salas de reunión
- Bibliotecas
- Halls
- Salas de conferencia
- Salas de lectura
- Salas de dibujo
- Salas de computación

BENEFICIOS

- Adecuada luz en el sitio de trabajo
- Ambiente agradable y de distinción
- Más productividad y confort
- Ahorro de cerca del 50% en su consumo de luz
- Mayor duración de los componentes
- Menor y más fácil mantenimiento
- Operación más silenciosa
- Encendido rápido y eficaz
- Instalación más fácil

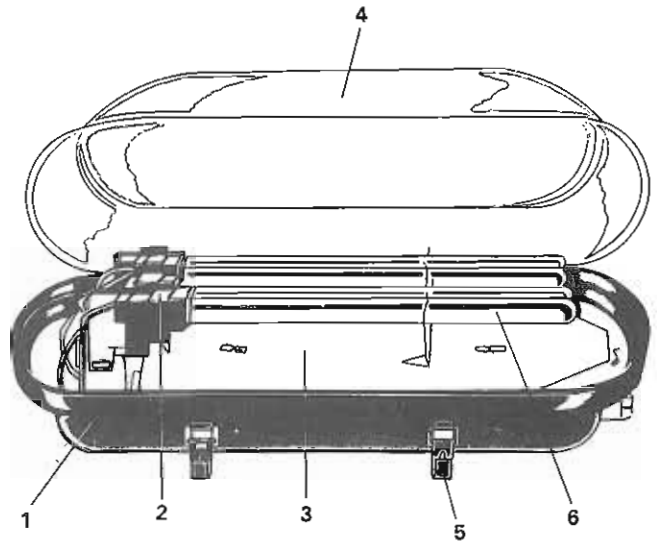
GRADOS DE PROTECCION

- Protección eléctrica: clase 1 (por razones de seguridad es necesario aterrizar la luminaria). Normas de acuerdo a IEC 598.

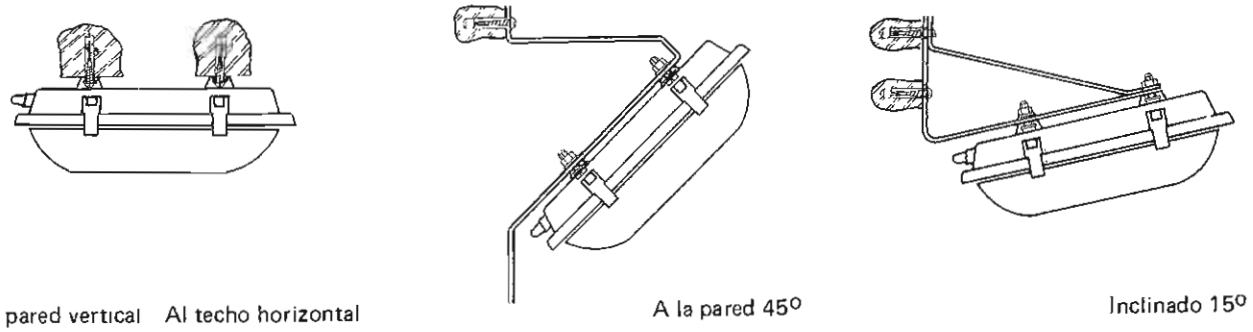
DATOS TECNICOS (SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO)

DESCRIPCION DEL DIBUJO

1.- Cuerpo luminaria
2.- Equipo eléctrico
3.- Placa-reflector
4.- Difusor
5.- Seguros
6.- Tubos PL -13W



EJEMPLOS DE FIJACION



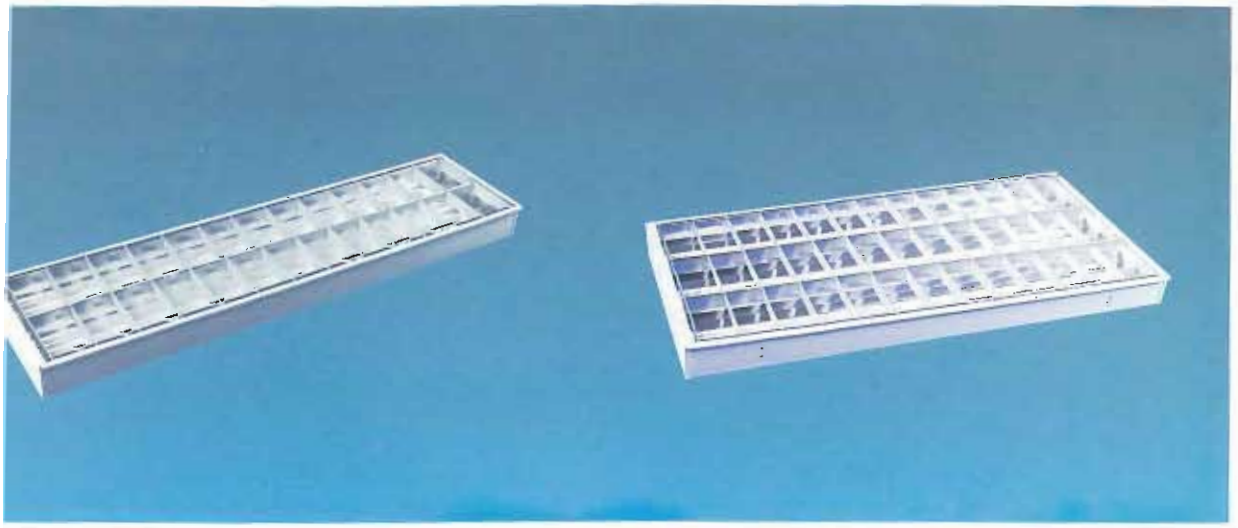
A la pared vertical Al techo horizontal A la pared 45º Inclinado 15º

CARACTERISTICAS TECNICAS

MODELO	NUMERO Y TIPO DE LAMPARA	POTENCIA LAMPARA (W)	VOLTAJE (V)	CORRIENTE DE OPERACION (A)	FLUJO DE (1) LAMPARA (LM)
FGC-505	2 x PL-13W	13	120	0.28	900

NOTAS: (1) El flujo luminoso es por cada lámpara.

LUMINARIA FLUORESCENTE TBS-300 2x32 W, 3x32 W y 2x40 W



IPCION

naria fluorescente TBS-300 2x32 W, 3x32 W W es un sistema eficiente para iluminación bientes con cielo falso, el cual consta de elementos que le dan un alto rendimiento:

s fluorescentes ahorradores de energía, T8, de 32 W, con un CRI=85, o tubos tipo de 40 W, en diferentes temperaturas de color. to electrónico de alto factor de potencia y rsión armónica menor al 20% o al 10% de W o 3x32 W, o balasto magnético rapid de 2x40 W.
or parabólico de aluminio de alta pureza, M2, compuesto por dos reflectores tudinales facetados por cada tubo y 14 nas transversales para el apantallamiento s mismos. El conjunto proporciona una ente distribución de la luz, un elevado ol de deslumbramiento y brillo junto a lta eficiencia lumínica.
za fabricada en tol de 0,5 mm de espesor lor blanco pintada al horno.

M2
olador óptico está fabricado en plancha inio anodizado especular de alta reflexión depreciación en el tiempo, siendo las y el reflector longitudinal facetado dos en aluminio.

APLICACIONES

- Oficinas
- Salas de reunión
- Bibliotecas
- Halls
- Salas de conferencia
- Salas de lectura
- Salas de dibujo
- Salas de computación

BENEFICIOS

- Adecuada luz en el sitio de trabajo
- Ambiente agradable y de distinción
- Más productividad y confort
- Ahorro de cerca del 50% en su consumo de luz
- Mayor duración de los componentes
- Menor y más fácil mantenimiento
- Operación más silenciosa
- Encendido rápido y eficaz
- Instalación más fácil

GRADOS DE PROTECCION

- Protección eléctrica: clase 1 (por razones de seguridad es necesario aterrizar la luminaria). Normas de acuerdo a IEC 598.

PHILIPS
Let's make things better.

LUMINARIA TIPO OJO DE BUEY LI/528-2XPLC 13W

DESCRIPCION

La luminaria tipo ojo de buey LI/528 para iluminación de interiores, a colocarse en cielo raso falso, es usada con 2 lámparas fluorescentes compactas de 13 W, tipo PLC-13W, para base GX23 en posición horizontal y balasto electromagnético.

El reflector es de aluminio anodizado brillante, al 99,7% de pureza, lo que proporciona una buena distribución luminosa permitiendo un mayor espaciamiento entre las luminarias y un mejor confort visual.

El anillo exterior es de aluminio fundido en color blanco, con un diámetro para empotramiento de 163-168 mm. La luminaria dispone de elementos de fijación propios, de enganche rápido tipo prendedores, con dos mariposas que permiten ajustarse a cualquier tipo de cielo falso.

El equipo eléctrico está colocado en una caja de conexión de poliamida totalmente cerrada, la misma que es independiente del ojo de buey. Todas las conexiones eléctricas internas y la alimentación externa se realizan mediante bloques de conexión totalmente aislados, garantizando así seguridad en la instalación.

APLICACIONES

- Oficinas
- Almacenes
- Hoteles
- Restaurantes
- Halls
- Corredores
- Salas de reuniones
- Etc.

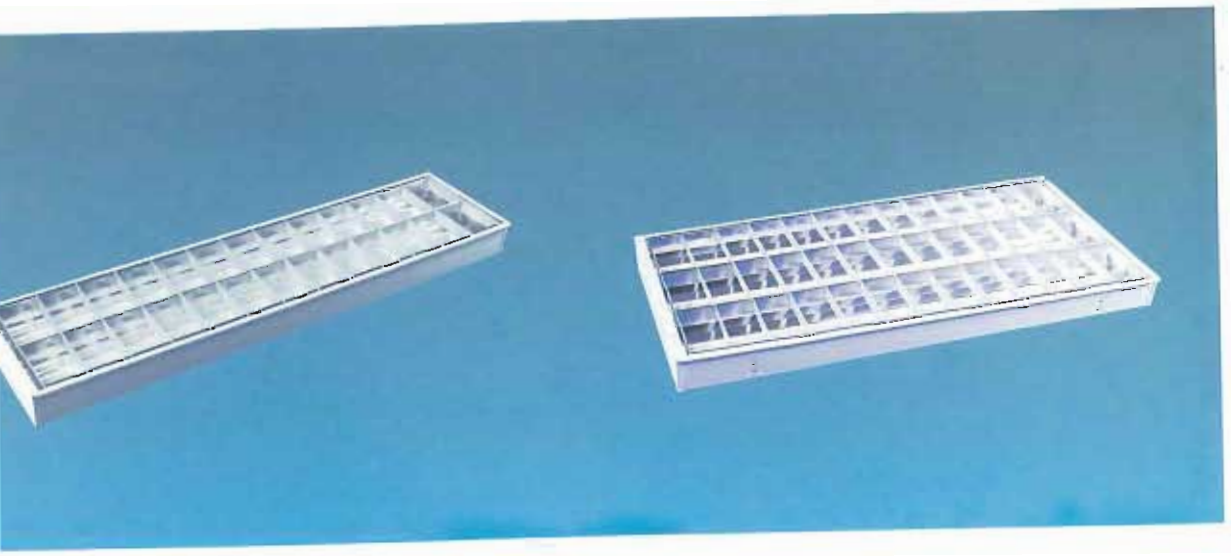
GRADOS DE PROTECCION

- IP20.
- Protección eléctrica: clase 2 (doble aislación, no es necesario aterrizar). Normas de acuerdo a IEC 598.

Philips
Iluminación

PHILIPS
Let's make things better.

LUMINARIA FLUORESCENTE TBS-300 2x32 W, 3x32 W y 2x40 W



PCION

naria fluorescente TBS-300 2x32 W, 3x32 W W es un sistema eficiente para iluminación pientes con cielo falso, el cual consta de elementos que le dan un alto rendimiento:

s fluorescentes ahorradores de energía, T8, de 32 W, con un CRI=85, o tubos tipo de 40 W, en diferentes temperaturas de color.
sto electrónico de alto factor de potencia y rsión armónica menor al 20% o al 10% de W o 3x32 W, o balasto magnético rapid de 2x40 W.
sor parabólico de aluminio de alta pureza, M2, compuesto por dos reflectores itudinales facetados por cada tubo y 14 nas transversales para el apantallamiento os mismos. El conjunto proporciona una lente distribución de la luz, un elevado rol de deslumbramiento y brillo junto a alta eficiencia lumínica.
aza fabricada en tol de 0,5 mm de espesor olor blanco pintada al horno.

à M2
trolador óptico está fabricado en plancha minio anodizado especular de alta reflexión depreciación en el tiempo, siendo las as y el reflector longitudinal facetado idos en aluminio.

APLICACIONES

- Oficinas
- Salas de reunión
- Bibliotecas
- Halls
- Salas de conferencia
- Salas de lectura
- Salas de dibujo
- Salas de computación

BENEFICIOS

- Adecuada luz en el sitio de trabajo
- Ambiente agradable y de distinción
- Más productividad y confort
- Ahorro de cerca del 50% en su consumo de luz
- Mayor duración de los componentes
- Menor y más fácil mantenimiento
- Operación más silenciosa
- Encendido rápido y eficaz
- Instalación más fácil

GRADOS DE PROTECCION

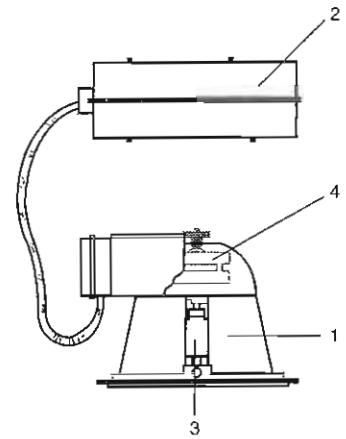
- Protección eléctrica: clase 1 (por razones de seguridad es necesario aterrizar la luminaria). Normas de acuerdo a IEC 598.

PHILIPS
Let's make things better.

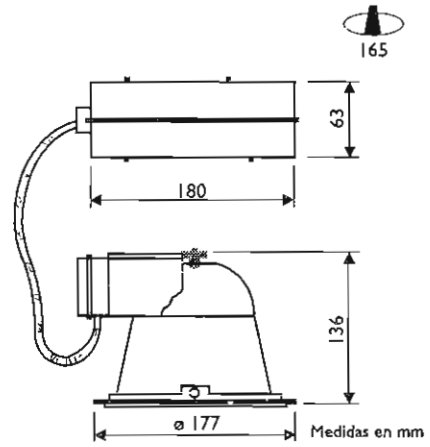
DATOS TECNICOS (SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO)

DESCRIPCION DEL DIBUJO

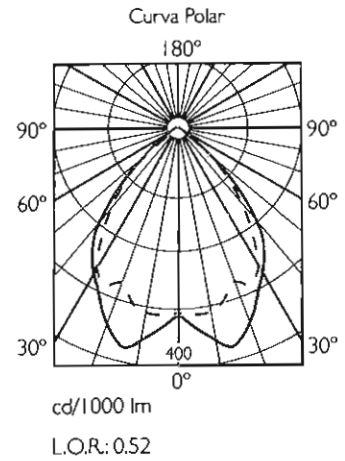
1.- Carcaza
2.- Caja de conexión aislada
3.- Prendedor de fijación
4.- Tubo PLC-13W



MEDIDAS



INFORMACION FOTOMETRICA



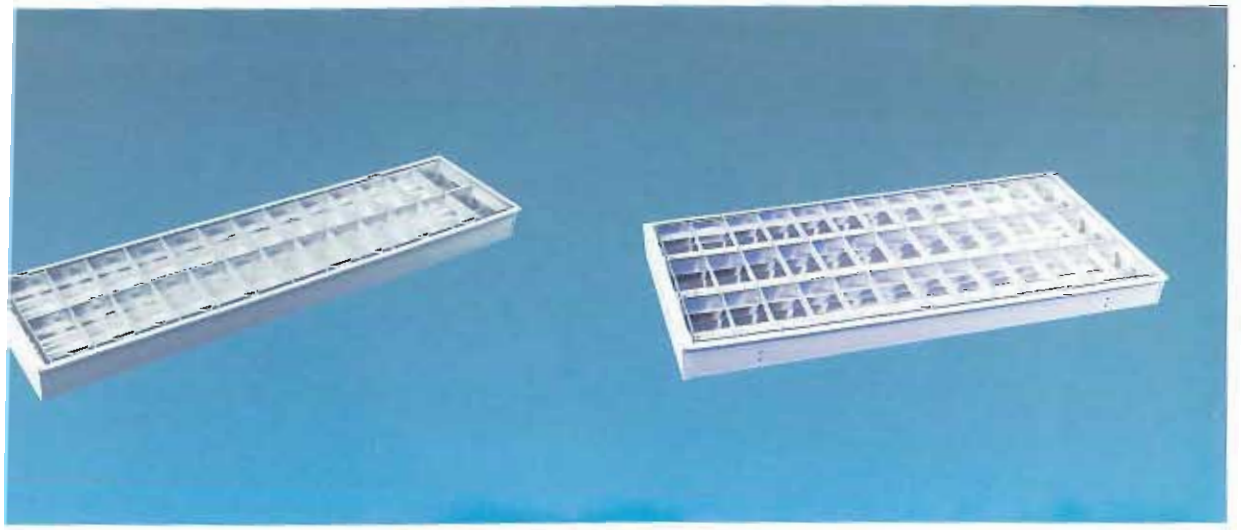
CARACTERISTICAS TECNICAS

CODIGO	NUMERO Y TIRO DE LAMPARA	POTENCIA LAMPARA (W)	VOLTAJE (V)	FLUJO LUMINOSO (LM)	EFICIENCIA (1) LUMINARIA (LM/W)	PESO (KG)
LI / 528	2XPLC13W	13	120	860	51	1.40

NOTAS: (1) Para este cálculo se considera el consumo total en vatios de la luminaria, esto es el consumo de la lámpara más las pérdidas en el balasto.

Let's make things better.
PHILIPS

LUMINARIA FLUORESCENTE TBS-300 2x32 W, 3x32 W y 2x40 W



PCION

naria fluorescente TBS-300 2x32 W, 3x32 W W es un sistema eficiente para iluminación bientes con cielo falso, el cual consta de lementos que le dan un alto rendimiento:

s fluorescentes ahorradores de energía, T8, de 32 W, con un CRI=85, o tubos tipo de 40 W, en diferentes temperaturas de color. to electrónico de alto factor de potencia y rsión armónica menor al 20% o al 10% de W o 3x32 W, o balasto magnético rapid de 2x40 W.

or parabólico de aluminio de alta pureza, M2, compuesto por dos reflectores tudinales facetados por cada tubo y 14 nas transversales para el apantallamiento s mismos. El conjunto proporciona una ente distribución de la luz, un elevado ol de deslumbramiento y brillo junto a lta eficiencia lumínica.

za fabricada en tol de 0,5 mm de espesor lor blanco pintada al horno.

M2

olador óptico está fabricado en plancha inio anodizado especular de alta reflexión depreciación en el tiempo, siendo las y el reflector longitudinal facetado dos en aluminio.

APLICACIONES

- Oficinas
- Salas de reunión
- Bibliotecas
- Halls
- Salas de conferencia
- Salas de lectura
- Salas de dibujo
- Salas de computación

BENEFICIOS

- Adecuada luz en el sitio de trabajo
- Ambiente agradable y de distinción
- Más productividad y confort
- Ahorro de cerca del 50% en su consumo de luz
- Mayor duración de los componentes
- Menor y más fácil mantenimiento
- Operación más silenciosa
- Encendido rápido y eficaz
- Instalación más fácil

GRADOS DE PROTECCION

- Protección eléctrica: clase 1 (por razones de seguridad es necesario aterrizar la luminaria). Normas de acuerdo a IEC 598.

PHILIPS

LUMINARIA TIPO OJO DE BUEY LI/MBS 145-1XMHN-TD 70W/150W

DESCRIPCION

La luminaria tipo ojo de buey LI-MBS 145 para iluminación de interiores, a colocarse en cielo raso falso, sobrepuesta o colgante, es usada con 1 lámpara de mercurio halogenado de 70 W o 150 W, del tipo MHN-TD, para base R7s horizontal, y balasto electromagnético.

El reflector es de aluminio anodizado color plata, de alta calidad y pureza (99,7%), para conseguir una buena distribución luminosa y una mayor uniformidad. El reflector es equipado con un vidrio templado de 5 mm, para filtrar cualquier eventual radiación ultravioleta. La posición interna de la lámpara limita el brillo y proporciona un mejor confort visual.

El anillo exterior es de aluminio fundido en color blanco, con un diámetro para empotramiento de 228-233 mm. en molde. La luminaria dispone de elementos de fijación propios, de enganche rápido tipo prendedores, con dos mariposas que permiten ajustarse a cualquier tipo de cielo falso.

El equipo eléctrico está colocado en una caja de conexión de aluminio totalmente cerrada, la misma que es independiente del ojo de buey. Todas las conexiones eléctricas internas y la alimentación externa se realizan mediante bloques de conexión totalmente aislados, garantizando así seguridad en la instalación.

APLICACIONES

- Show-rooms
- Almacenes
- Hoteles
- Oficinas
- Halls
- Corredores
- Salas de reuniones
- Etc.

GRADOS DE PROTECCION

- IP20.
- Protección eléctrica: clase 1 (por razones de seguridad es necesario aterrizar la luminaria). Normas de acuerdo a IEC 598.

Philips
Iluminación

PHILIPS
Let's make things better.

LUMINARIA FLUORESCENTE TBS-300 2x32 W, 3x32 W y 2x40 W

PCION

naria fluorescente TBS-300 2x32 W, 3x32 W
W es un sistema eficiente para iluminación
bientes con cielo falso, el cual consta de
elementos que le dan un alto rendimiento:

s fluorescentes ahorradores de energía,
T8, de 32 W, con un CRI=85, o tubos tipo
de 40 W, en diferentes temperaturas de color.
sto electrónico de alto factor de potencia y
rsión armónica menor al 20% o al 10% de
W o 3x32 W, o balasto magnético rapid
de 2x40 W.
sor parabólico de aluminio de alta pureza,
M2, compuesto por dos reflectores
itudinales facetados por cada tubo y 14
nas transversales para el apantallamiento
os mismos. El conjunto proporciona una
lente distribución de la luz, un elevado
rol de deslumbramiento y brillo junto a
alta eficiencia lumínica.
aza fabricada en tol de 0,5 mm de espesor
olor blanco pintada al horno.

A M2

trolador óptico está fabricado en plancha
minio anodizado especular de alta reflexión
a depreciación en el tiempo, siendo las
as y el reflector longitudinal facetado
ados en aluminio.

APLICACIONES

- Oficinas
- Salas de reunión
- Bibliotecas
- Halls
- Salas de conferencia
- Salas de lectura
- Salas de dibujo
- Salas de computación

BENEFICIOS

- Adecuada luz en el sitio de trabajo
- Ambiente agradable y de distinción
- Más productividad y confort
- Ahorro de cerca del 50% en su consumo de luz
- Mayor duración de los componentes
- Menor y más fácil mantenimiento
- Operación más silenciosa
- Encendido rápido y eficaz
- Instalación más fácil

GRADOS DE PROTECCION

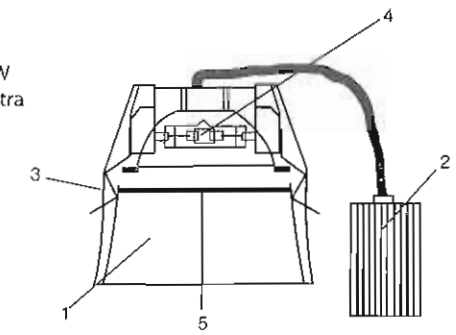
- Protección eléctrica: clase 1 (por razones de seguridad es necesario aterrizar la luminaria). Normas de acuerdo a IEC 598.

PHILIPS

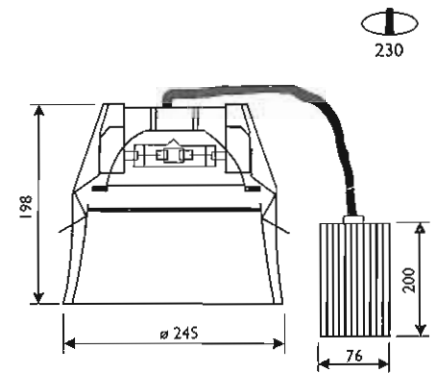
DATOS TECNICOS (SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO)

DESCRIPCION DEL DIBUJO

1.- Carcaza
2.- Caja de conexión
3.- Prendedor de fijación
4.- Tubo MHN-TD 70W/150W
5.- Vidrio de protección contra radiación ultravioleta

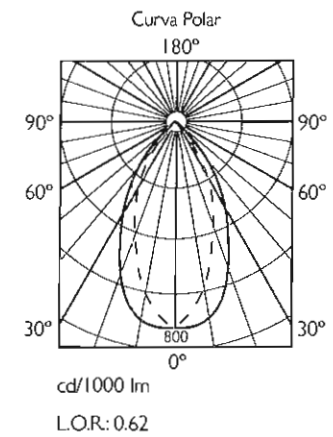


MEDIDAS

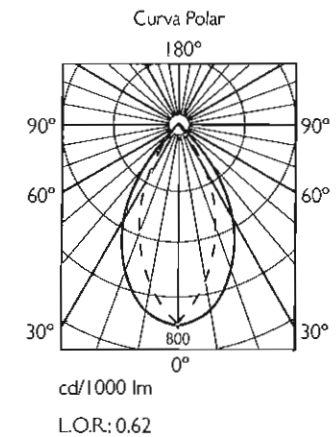


Medidas en mm

INFORMACION FOTOMETRICA



MBS 145 / MHN-TD 70W



MBS 145 / MHN-TD 150W

CARACTERISTICAS TECNICAS

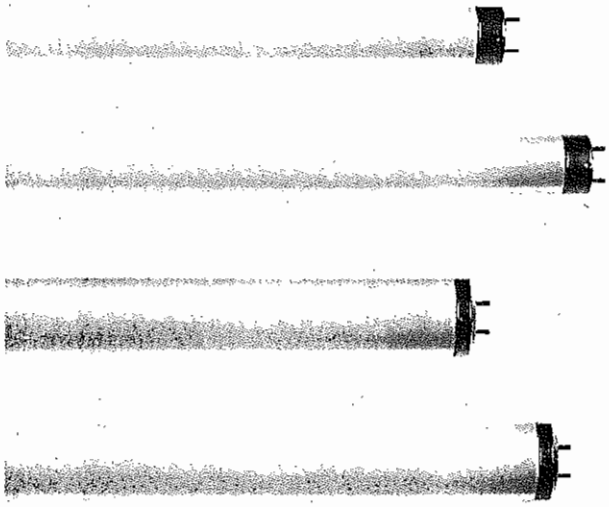
CODIGO	NUMERO Y TIRO DE LAMPARA	POTENCIA LAMPARA (W)	VOLTAJE (V)	FLUJO LUMINOSO (LM)	EFICIENCIA (1) LUMINARIA (LM/W)	PESO (KG)
LI / MBS	1XMHN-TD 70 W	70	220	5.500	69	3.50
LI / MBS	1XMHN-TD 150 W	150	220	12.100	71	4.50

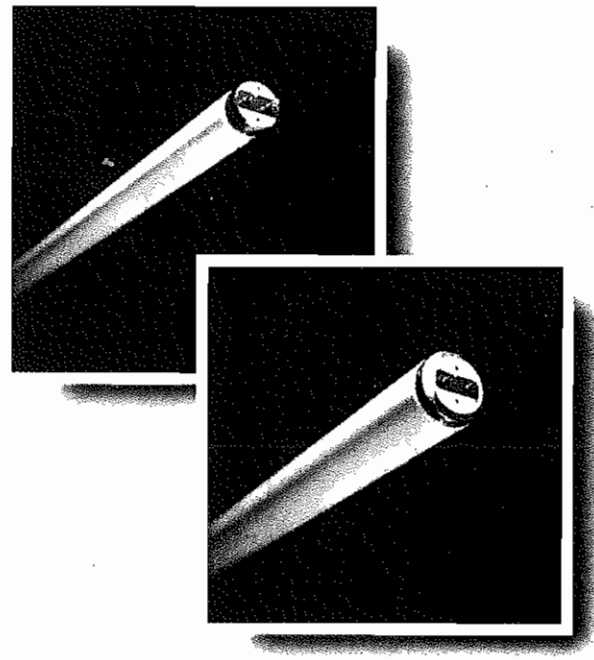
NOTAS: (1) Para este cálculo se considera el consumo total en vatios de la luminaria, esto es el consumo de la lámpara más las pérdidas en el balasto.

Let's make things better.
PHILIPS

Philips Iluminación

TUBOS FLUORESCENTES
TL Y TLO





DESCRIPCIÓN

LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES TL PRODUCEN LA CANTIDAD DE LUZ Y COLOR ADECUADO PARA UN AMPLIO RANGO DE APLICACIONES, ESTÁN DISPONIBLES EN LOS COLORES STANDAR 54 (DAYLIGHT) Y 33 (WARM WHITE).

LOS TUBOS FLUORESCENTES TL VIENEN EN POTENCIAS DE 20 Y 40W.
PARA SU FUNCIONAMIENTO NECESITAN DE UN BALASTO ELECTROMAGNÉTICO.

EL DIÁMETRO DE LOS TUBOS TL ES DE 38 MM (T 12).

LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES TLD ESTÁN BASADAS EN LA SOFISTICADA TECNOLOGÍA DE LOS POLVOS FLUORESCENTES "TRI- FÓSFOROS", CON LOS CUALES SE LOGRAN TUBOS FLUORESCENTES QUE OFRECEN EXCELENTES PROPIEDADES DE RENDIMIENTO DE COLOR (RA = 85), JUNTO CON UNA MUY ALTA EFICIENCIA LUMINOSA.

LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES DE LA FAMILIA TLD ESTÁN DISPONIBLES
EN POTENCIAS DE 17 Y 32 W.

EL DIÁMETRO DE LOS TUBOS TLD ES DE 26MM (T8).
LOS TUBOS TLD PARA SU FUNCIONAMIENTO NECESITAN DE UN BALASTO ELECTRÓNICO.

LOS TUBOS TLD HAN SIDO DISEÑADOS PARA REEMPLAZAR A LOS TUBOS FLUORESCENTES CONVENCIONALES TL DEBIDO A SU MAYOR RENDIMIENTO LUMÍNICO, LARGA VIDA Y MENOR CONSUMO DE POTENCIA.

APLICACIONES

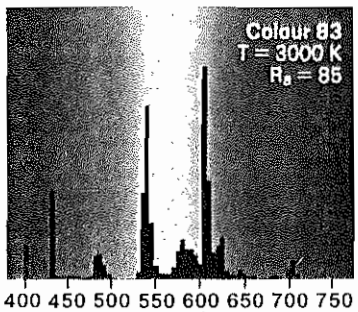
- OFICINAS.
- COLEGIOS.
- BANCOS.
- INDUSTRIAS.
- HOTELES.
- LOCALES COMERCIALES.
- EDIFICIOS PÚBLICOS.

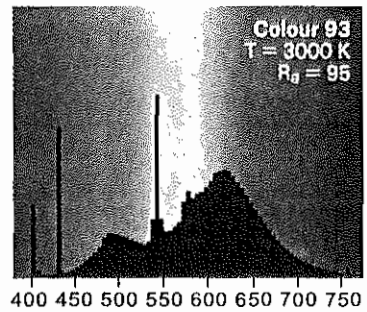
PHILIPS ILUMINACIÓN
QUITO: AMAZONAS 1188 Y CORDERO.
TELFS: (02) 546-100 / (02) 527-330. FAX: (02) 564-801

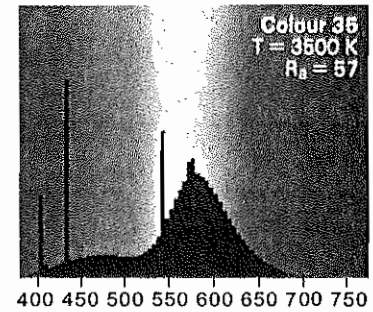
PHILIPS ILUMINACIÓN
GUAYAQUIL: LUQUE 2014 ENTRE CARCHI Y TULCÁN.
TELFS: (04) 451-426 / (04) 451-710. FAX: (04) 451-719

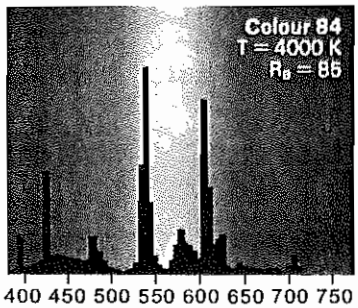
DATOS TÉCNICOS (SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO)

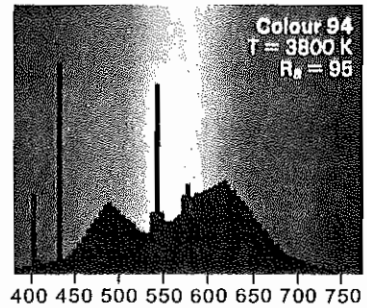
DISTRIBUCIÓN DEL ESPECTRO LUMINOSO

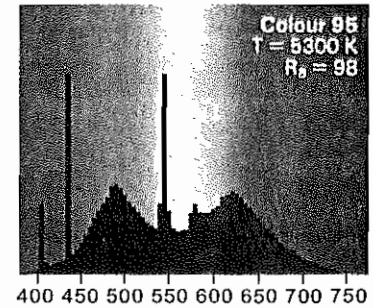


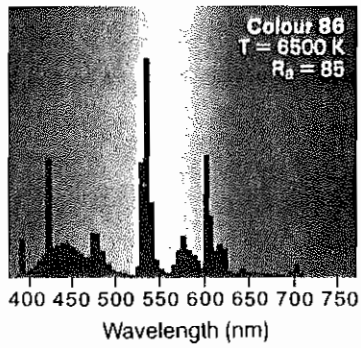


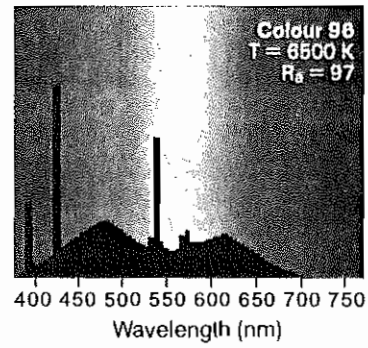










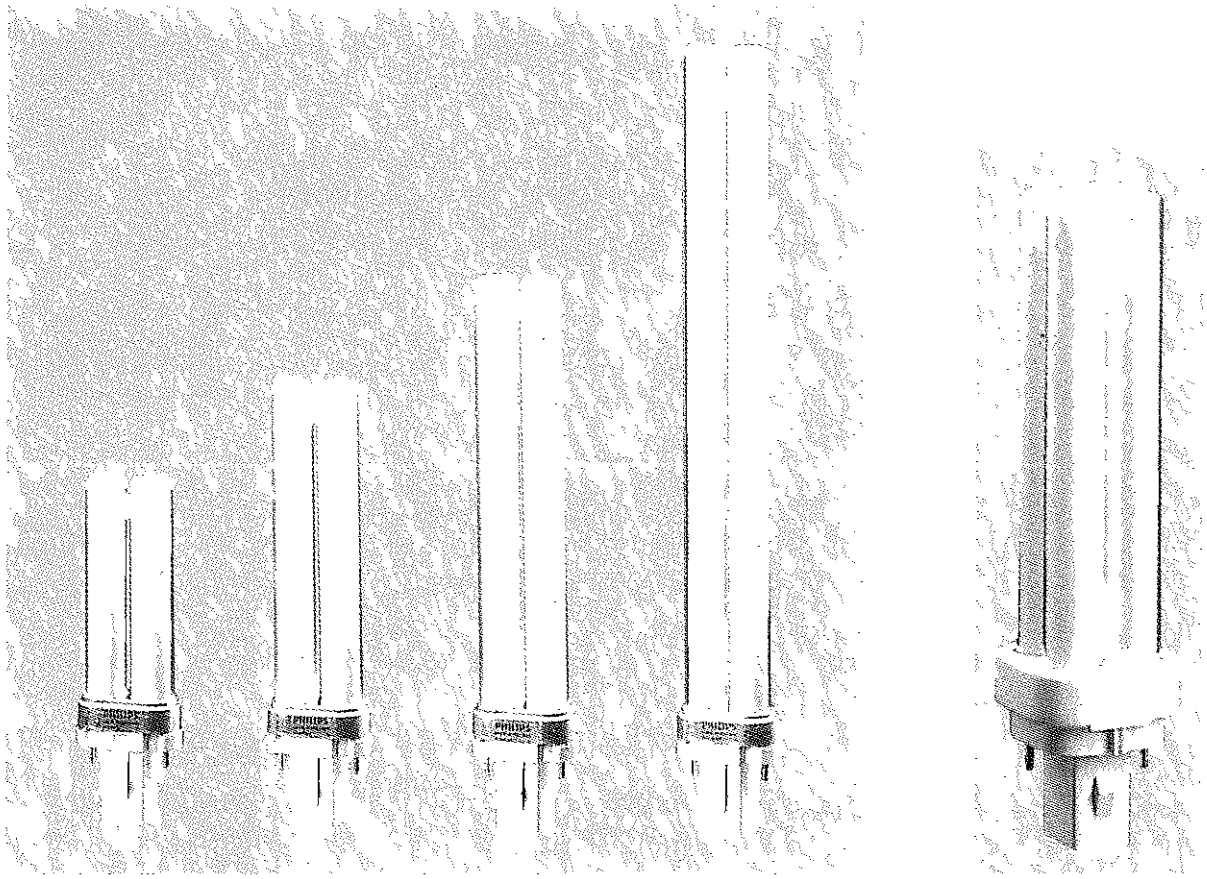


CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

CÓDIGO	POTENCIA LÁMPARA (W)	LARGO NOMINAL (MM)	DIÁMETRO NOMINAL (MM)	VOLTAJE DEL TUBO (V)	VIDA ÚTIL (HORAS)	FLUJO LUMINOSO (LM)
TL20W/30	20	60	38	57	8.000	1.050
TL20W/54	20	60	38	57	8.000	1.000
TL40W/33	40	120	38	103	12.000	2.850
TL40W/54	40	120	38	103	12.000	2.500
TL17W/83	17	60	26	57	20.000	1.300
TL17W/84	17	60	26	57	20.000	1.300
TL32W/83	32	120	26	103	20.000	3.000
TL32W/84	32	120	26	103	20.000	3.000

PHILIPS

DATOS TÉCNICOS (SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO)



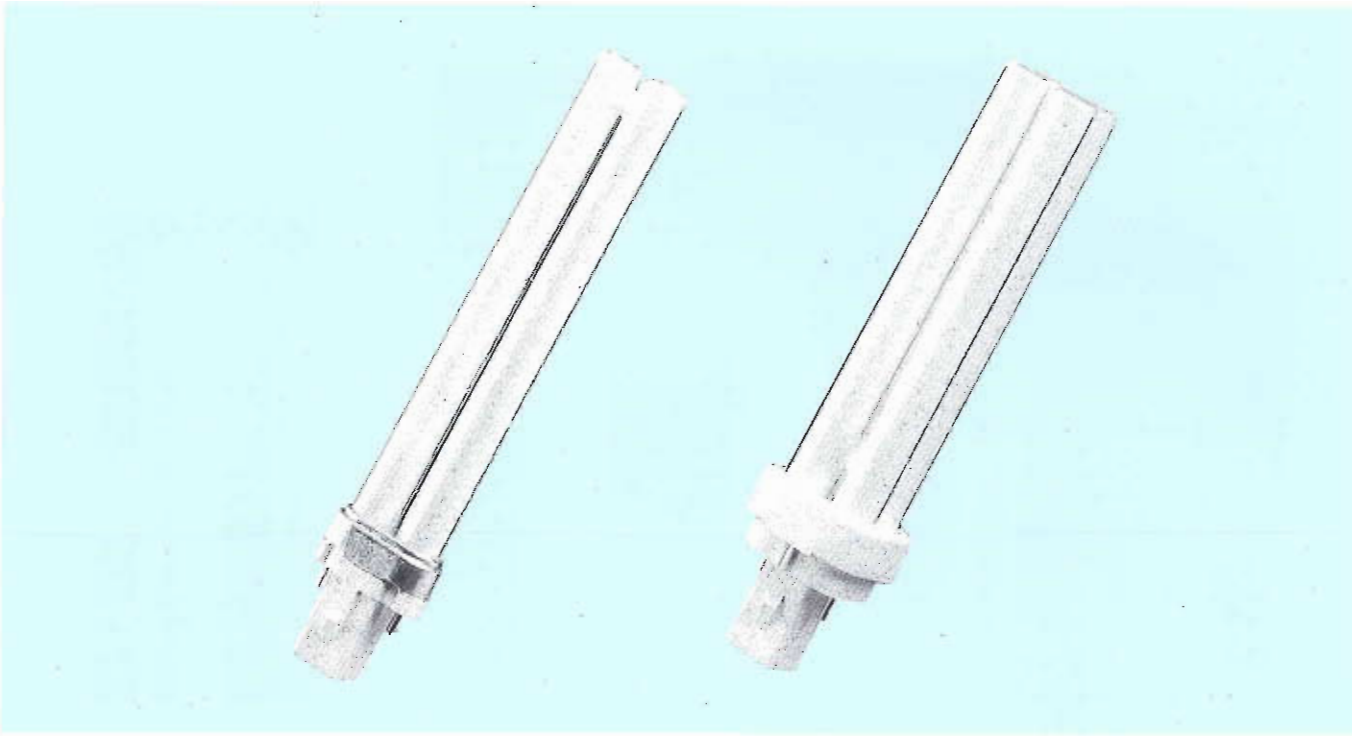
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

CÓDIGO	POTENCIA LÁMPARA (W)	LÁMPARA INCANDESCENTE EQUIVALENTE	VOLTAJE OPERACIÓN (V)	VIDA ÚTIL (HORAS)	FLUJO LUMINOSO (LM)
PL-7W	7	25 W	120	8.000	400
PL-9W	9	40 W	120	8.000	600
PL-13W	13	60 W	120	8.000	900
PLC-13W	13	60 W	120	8.000	900

PHILIPS

Philips Iluminación

LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS AHORRO DE ENERGIA PL - PLC



DESCRIPCIÓN

LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS TIPO *PL*, SIMPLE TUBO, ESTÁN DISPONIBLES EN POTENCIAS DE 7, 9 Y 13W, MIENTRAS QUE LAS *PL-C*, DOBLE TUBO, EN 13W.

PARA SU FUNCIONAMIENTO NECESITAN DE UN BALASTO Y UNA BOQUILLA ESPECIAL.

ESTOS NUEVOS PRODUCTOS AHORRADORES DE ENERGÍA Y LARGA VIDA SON FUENTES LUMINOSAS MUY COMPACTAS DE ALTO RENDIMIENTO Y GRAN EFICIENCIA LUMÍNICA.

DEBIDO A SU FORMA Y TAMAÑO PUEDEN SER UTILIZADAS SOLAS O EN LUMINARIAS DECORATIVAS TANTO PARA INTERIOR COMO PARA EXTERIOR.

NO DEBEN SER CONECTADAS A UN DIMMER.

APLICACIONES

- -- LOCALES COMERCIALES.
- -- SHOPINGS.
- -- BANCOS.
- -- OFICINAS.
- -- HOTELES.
- -- RESTAURANTES.
- -- RESIDENCIAS, ETC.

ANEXO 3

Resultados del diseño de iluminación proporcionados por el programa CALCULUX

TESIS AHORRO DE ENERGIA EN ILUMINACION

OFICINA TIPO1

Fecha:	10-11-1999
Cliente:	ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
Diseñador:	RODRIGO F. POLO
Descripción:	DESCRIPCION: Oficina tipo 1: Dimensiones: Largo: 4.0m Ancho: 4.0m Altura: 2.3m Características: Oficina individual con contribución externa Un puesto de trabajo con dos sillas para recepción de visitas. Luminaria: TBS300-3x17WHF Lámpara: Tubo fluorescebte TLD-17W Balasto: Eléctrónico no dimerisable SSBS-120-3/17 ISLH

Los valores nominales mostrados en este informe son el resultado de cálculos exactos, basados en luminarias colocadas con precisión, con una relación fija entre sí y con el área en cuestión. En la práctica, los valores pueden variar debido a tolerancias en luminarias, posición de las luminarias, propiedades reflectivas y suministro eléctrico.

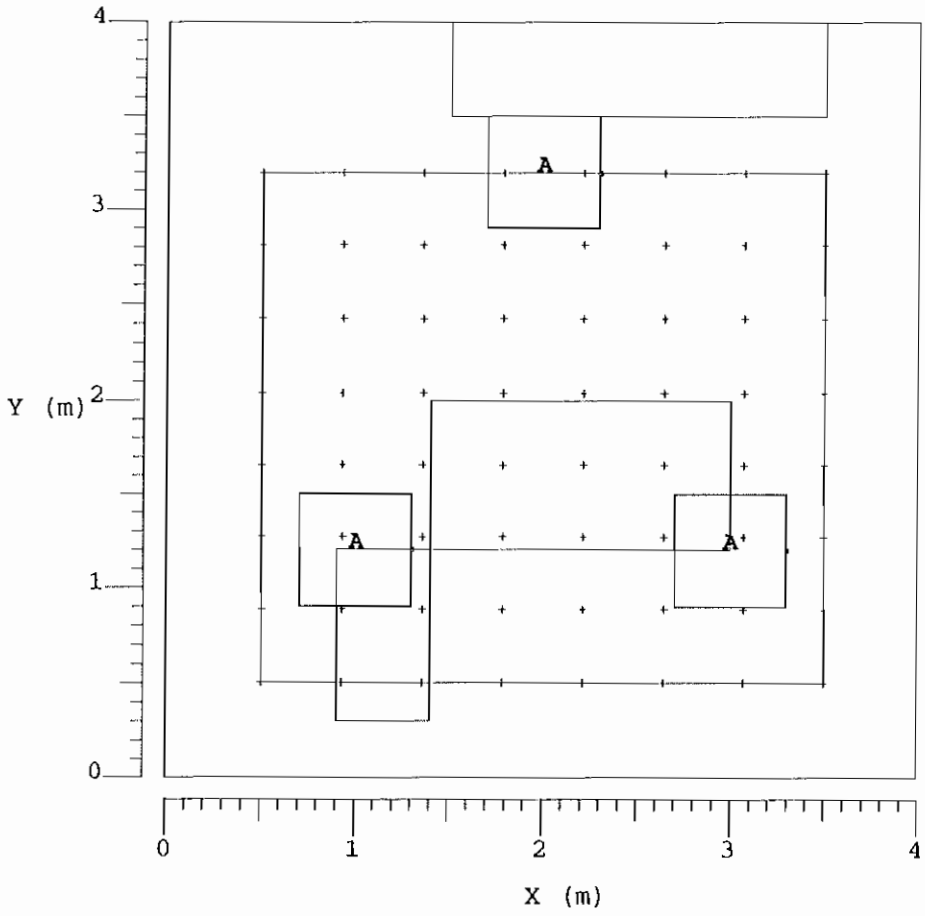
Lighting Company

Design Centre
P.O. Box 12345
12345 XX
Eindhoven

Teléfono: +31 40 1111111
Fax: +31 40 2222222
Telex: 12345 pxtc nl

1. Descripción del proyecto

1.1 Resumen de proyecto 2-D



A : TBS 300/318 M2

Longitud	Anchura	Altura	Altura del plano de trabajo	Escala
4.00 m	4.00 m	2.30 m	0.80 m	1:40

2. Resumen

2.1 Información general

Dimensiones del local		Superficie	Factor de reflectancia	Luminancia media total (cd/m2)
Anchura	4.00 m	Techo	0.50	5.0
Longitud	4.00 m	Pared izquierda	0.30	11.3
Altura	2.30 m	Pared derecha	0.30	11.3
Altura del plano de trabajo	0.80 m	Pared frontal	0.30	11.3
		Pared posterior	0.30	10.8
		Suelo	0.10	7.9

Factor de mantenimiento general del proyecto: 1.00

2.2 Luminarias del proyecto

Código	Nº	Tipo de luminaria + Lámpara	Luminaria factor de mantenimiento	Lámpara factor de mantenimiento	Flujo de la lámpara (lumen)
A	3	TBS 300/318 M2 + 3 * TL-D 17W	0.90	0.90	1300

2.3 Datos de calidad

Cálculo	Tipo de cálculo	Media (lux)	Mín/Media	Mín/Máx	Resultado
Plano de trabajo	Iluminancia en la superficie de un plano	375	0.51	0.32	Totales

3. Resultados del cálculo

3.1 Plano de trabajo: Tabla de resultados

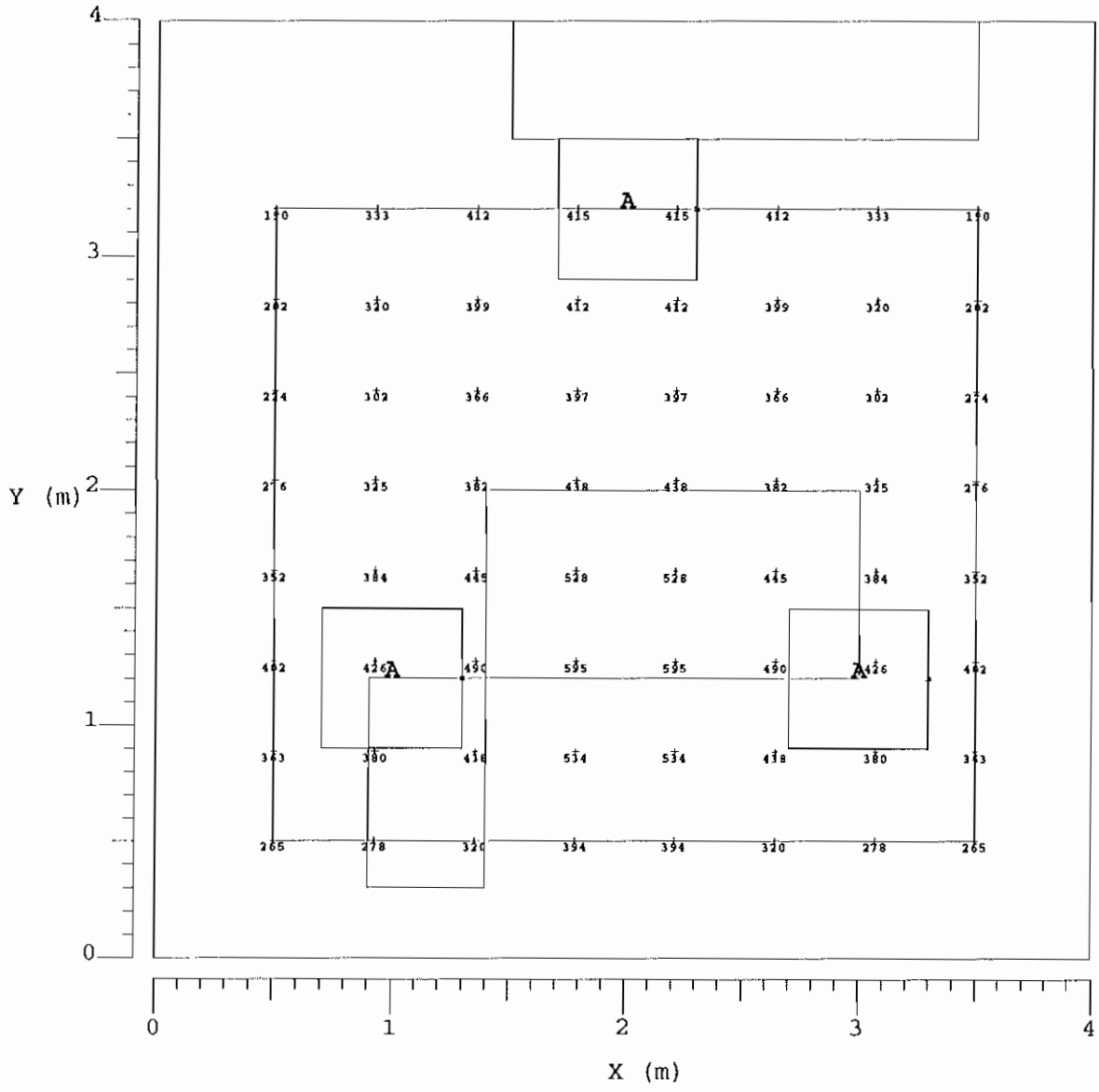
Rejilla : Plano de trabajo en Z = 0.80 m con dirección de observación (0.00, 0.00, -1.00)
Cálculo : Iluminancia en la superficie de un plano (lux)
Tipo de resultado : Totales

X m	0.50	0.93	1.36	1.79	2.21	2.64	3.07	3.50
Y m								
3.20	190<	333	412	415	415	412	333	190<
2.81	202	320	399	412	412	399	320	202
2.43	224	302	366	397	397	366	302	224
2.04	276	325	382	438	438	382	325	276
1.66	352	384	445	528	528	445	384	352
1.27	402	426	490	595>	595>	490	426	402
0.89	363	380	438	534	534	438	380	363
0.50	265	278	320	394	394	320	278	265

Media	Mín/Media	Mín/Máx	Factores de mantenimiento
375 lux	0.51	0.32	Ver resumen

3.2 Plano de trabajo: Trazado de la tabla

Rejilla : Plano de trabajo en Z = 0.80 m con dirección de observación (0.00, 0.00, -1.00)
Cálculo : Iluminancia en la superficie de un plano (lux)
Tipo de resultado : Totales

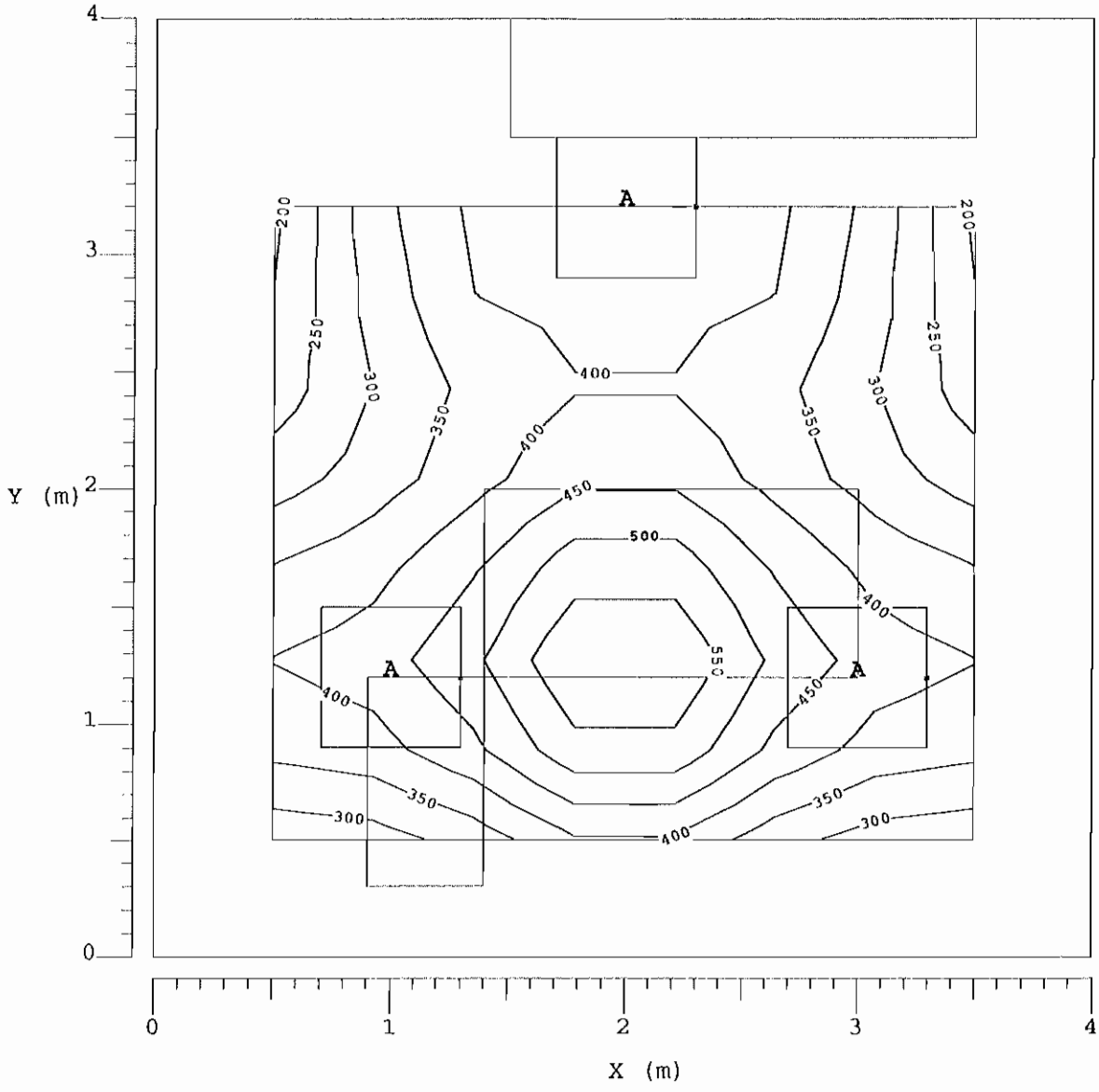


A : TBS 300/318 M2

Media	Mín/Media	Mín/Máx	Factores de mantenimiento	Escala
375 lux	0.51	0.32	Ver resumen	1:30

3.3 Plano de trabajo: Isotrazado

Rejilla : Plano de trabajo en Z = 0.80 m con dirección de observación (0.00, 0.00, -1.00)
Cálculo : Iluminancia en la superficie de un plano (lux)
Tipo de resultado : Totales

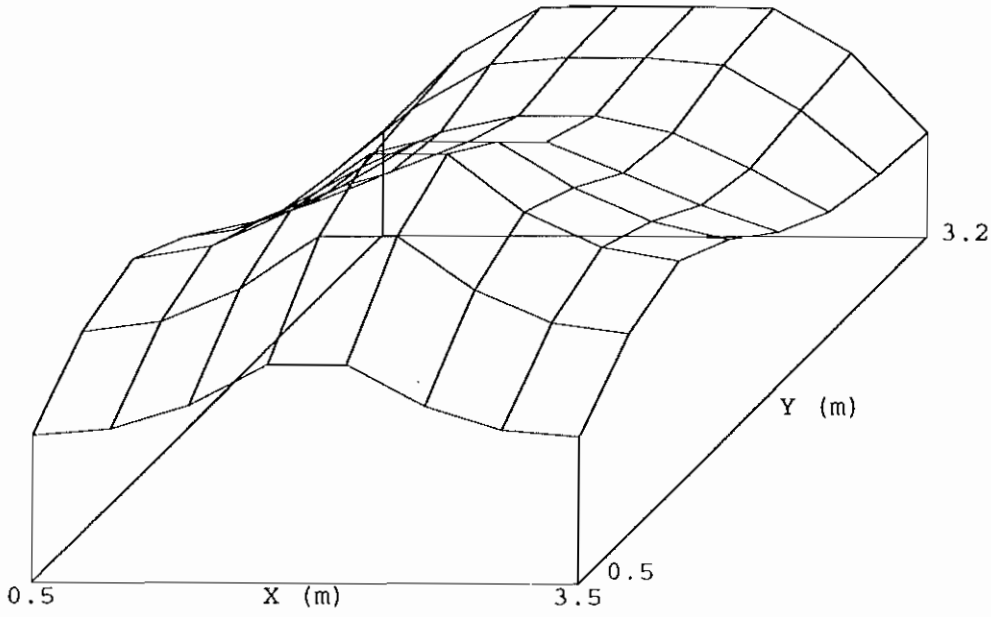


A : TBS 300/318 M2

Media	Mín/Media	Mín/Máx	Factores de mantenimiento	Escala
375 lux	0.51	0.32	Ver resumen	1:30

3.4 Plano de trabajo: Trazado 3-D

Rejilla : Plano de trabajo en Z = 0.80 m con dirección de observación (0.00, 0.00, -1.00)
Cálculo : Iluminancia en la superficie de un plano (lux)
Tipo de resultado : Totales

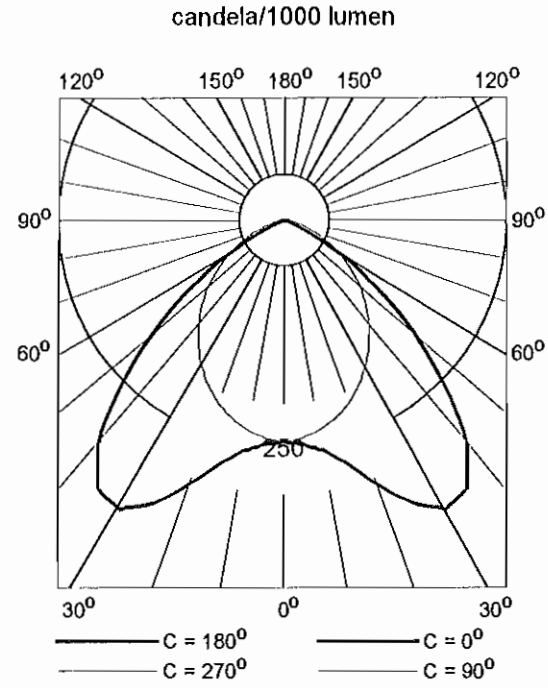


Media	Mín/Media	Mín/Máx	Factores de mantenimiento
375 lux	0.51	0.32	Ver resumen

4. Detalles de las luminarias

4.1 Luminarias del proyecto

Nombre de la luminaria	: TBS 300/318 M2
Nombre de lámpara	: TL-D 17W/840
Número de lámparas/luminaria	: 3
Flujo de lámpara	: 1300 lm
Balasto	: Electronic
Coeficientes de flujo luminoso	
DLOR	: 0.71
ULOR	: 0.00
TLOR	: 0.71
Vatiaje de la luminaria	: 58 W
Factor de mantenimiento de la lun	: 0.90
Factor de mantenimiento de la lán	: 0.90
Código de medida	: LVW0907400



TESIS AHORRO DE ENERGIA EN ILUMINACION

OFICINA TIPO2

Fecha:	10-11-1999
Cliente:	ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
Diseñador:	RODRIGO F. POLO
Descripción:	DESCRIPCION: Oficina tipo 2: Dimensiones: Largo: 4.0m Ancho: 3.6m Altura: 2.3m Características: Oficina individual con contribución externa Un puesto de trabajo con dos sillas para recepción de visitas. Luminaria: TBS300-3x17WHF Lámpara: Tubo fluorescebte TLD-17W Balasto: Eléctrónico no dimerisable SSBS-120-3/17 ISLH

Los valores nominales mostrados en este Informe son el resultado de cálculos exactos, basados en luminarias colocadas con precisión, con una relación fija entre sí y con el área en cuestión. En la práctica, los valores pueden variar debido a tolerancias en luminarias, posición de las luminarias, propiedades reflectivas y suministro eléctrico.

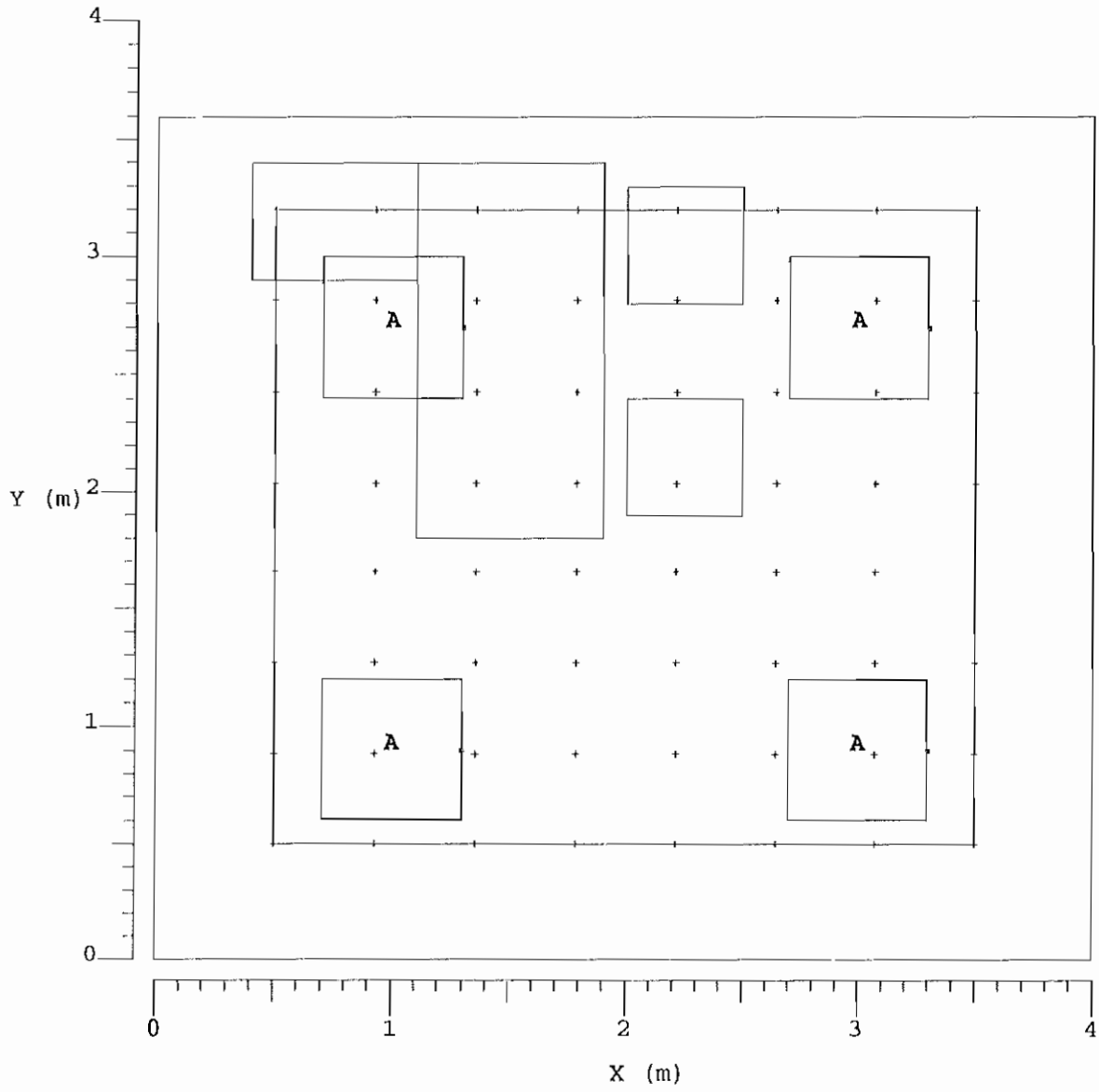
Lighting Company

Design Centre
P.O. Box 12345
12345 XX
Eindhoven

Teléfono: +31 40 1111111
Fax: +31 40 2222222
Telex: 12345 pxtc nl

1. Descripción del proyecto

1.1 Resumen de proyecto 2-D



A : TBS 300/318 M2

Longitud	Anchura	Altura	Altura del plano de trabajo	Escala
3.60 m	4.00 m	2.30 m	0.80 m	1:30

2. Resumen

2.1 Información general

Dimensiones del local	
Anchura	4.00 m
Longitud	3.60 m
Altura	2.30 m
Altura del plano de trabajo	0.80 m

Superficie	Factor de reflectancia	Luminancia media total (cd/m2)
Techo	0.50	7.5
Pared izquierda	0.30	18.0
Pared derecha	0.30	18.0
Pared frontal	0.30	16.6
Pared posterior	0.30	16.6
Suelo	0.10	10.7

Factor de mantenimiento general del proyecto: 1.00

2.2 Luminarias del proyecto

Código	Nº	Tipo de luminaria + Lámpara	Luminaria factor de mantenimiento	Lámpara factor de mantenimiento	Flujo de la lámpara (lumen)
A	4	TBS 300/318 M2 + 3 * TL-D 17W	0.90	0.90	1300

2.3 Datos de calidad

Cálculo	Tipo de cálculo	Media (lux)	Mín/Media	Mín/Máx	Resultado
Plano de trabajo	Iluminancia en la superficie de un plano	485	0.72	0.53	Totales

3. Resultados del cálculo

3.1 Plano de trabajo: Tabla de resultados

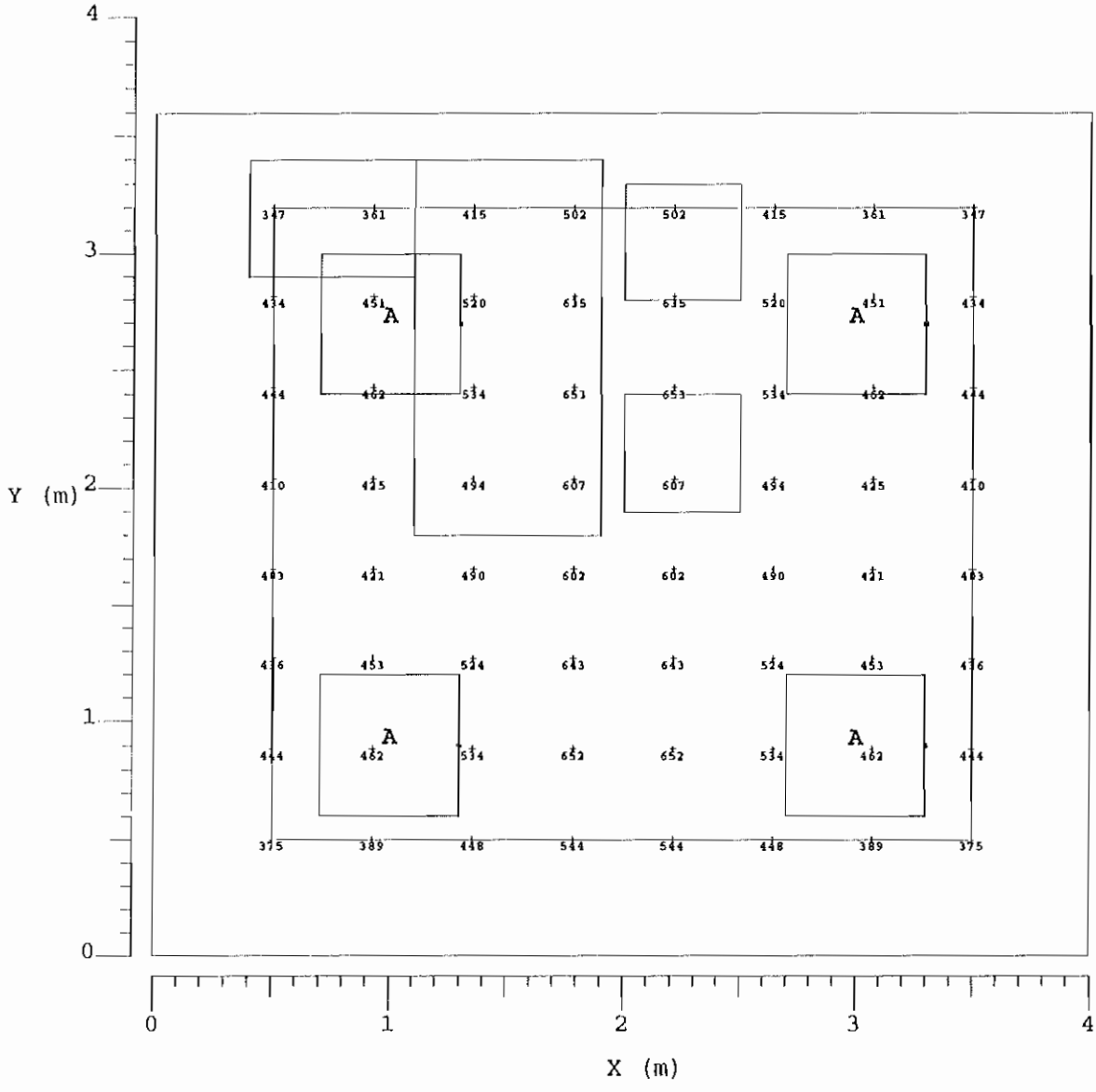
Rejilla : Plano de trabajo en Z = 0.80 m con dirección de observación (0.00, 0.00, -1.00)
Cálculo : Iluminancia en la superficie de un plano (lux)
Tipo de resultado : Totales

X m	0.50	0.93	1.36	1.79	2.21	2.64	3.07	3.50
Y m								
3.20	347<	361	415	502	502	415	361	347<
2.81	434	451	520	635	635	520	451	434
2.43	444	462	534	653>	653	534	462	444
2.04	410	425	494	607	607	494	425	410
1.66	403	421	490	602	602	490	421	403
1.27	436	453	524	643	643	524	453	436
0.89	444	462	534	652	652	534	462	444
0.50	375	389	448	544	544	448	389	375

Media	Mín/Media	Mín/Máx	Factores de mantenimiento
485 lux	0.72	0.53	Ver resumen

3.2 Plano de trabajo: Trazado de la tabla

Rejilla : Plano de trabajo en Z = 0.80 m con dirección de observación (0.00, 0.00, -1.00)
Cálculo : Iluminancia en la superficie de un plano (lux)
Tipo de resultado : Totales

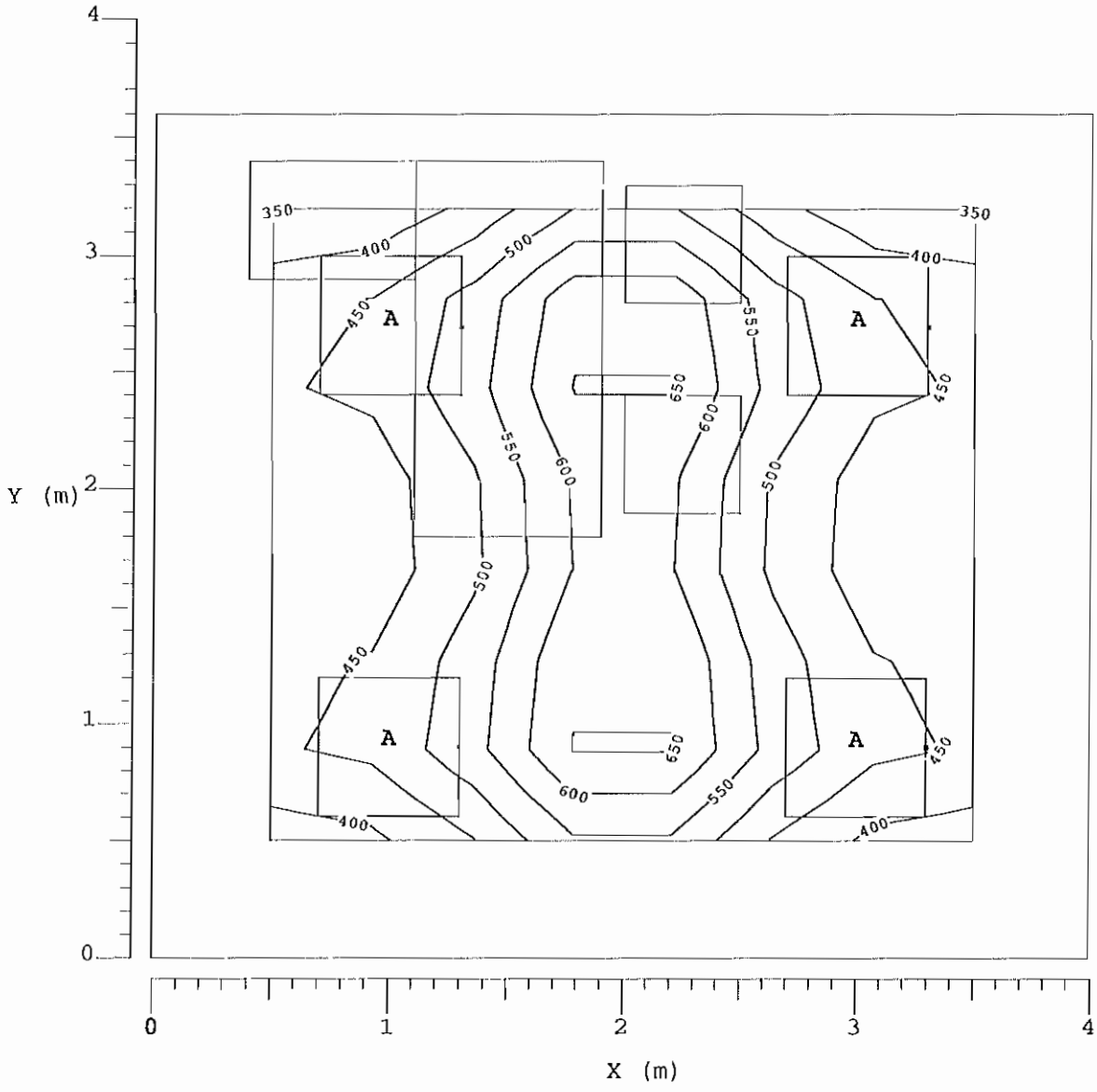


A : TBS 300/318 M2

Media	Mín/Media	Mín/Máx	Factores de mantenimiento	Escala
485 lux	0.72	0.53	Ver resumen	1:30

3.3 Plano de trabajo: Isotrazado

Rejilla : Plano de trabajo en Z = 0.80 m con dirección de observación (0.00, 0.00, -1.00)
Cálculo : Iluminancia en la superficie de un plano (lux)
Tipo de resultado : Totales

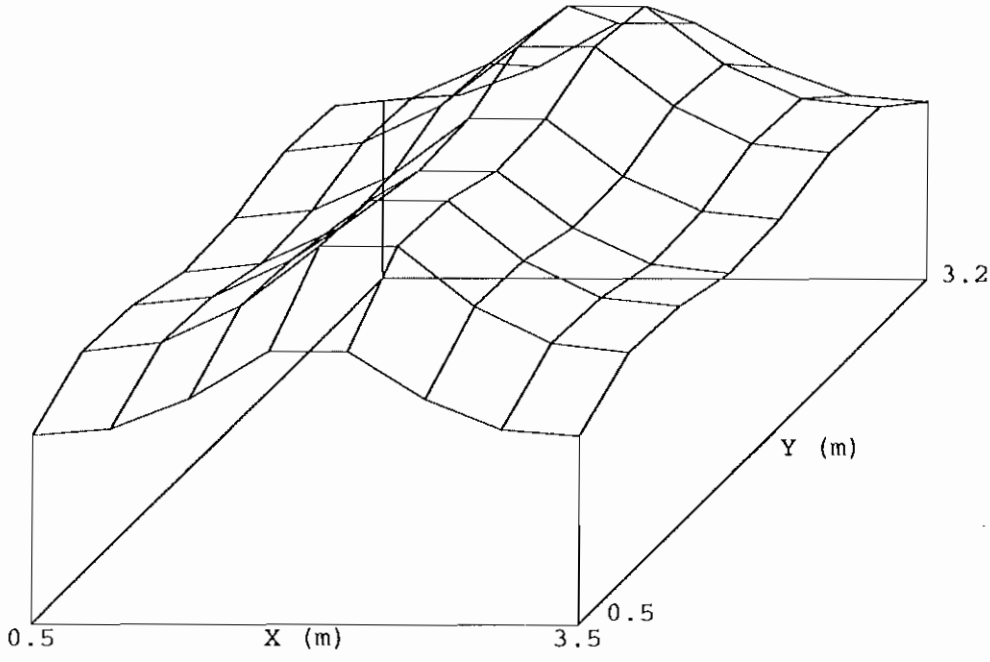


A : TBS 300/318 M2

Media	Mín/Media	Mín/Máx	Factores de mantenimiento	Escala
485 lux	0.72	0.53	Ver resumen	1:30

3.4 Plano de trabajo: Trazado 3-D

Rejilla : Plano de trabajo en Z = 0.80 m con dirección de observación (0.00, 0.00, -1.00)
Cálculo : Iluminancia en la superficie de un plano (lux)
Tipo de resultado : Totales

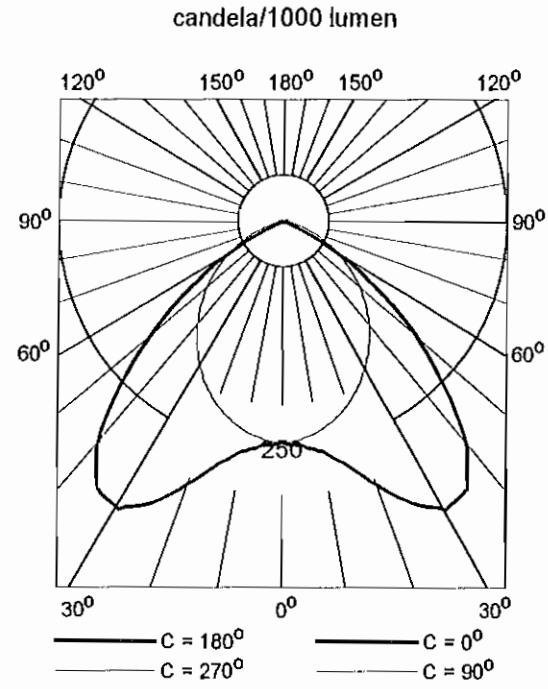


Media	Mín/Media	Mín/Máx	Factores de mantenimiento
485 lux	0.72	0.53	Ver resumen

4. Detalles de las luminarias

4.1 Luminarias del proyecto

Nombre de la luminaria	: TBS 300/318 M2
Nombre de lámpara	: TL-D 17W/840
Número de lámparas/luminaria	: 3
Flujo de lámpara	: 1300 lm
Balasto	: Electronic
Coeficientes de flujo luminoso	
DLOR	: 0.71
ULOR	: 0.00
TLOR	: 0.71
Vatiaje de la luminaria	: 58 W
Factor de mantenimiento de la lun	: 0.90
Factor de mantenimiento de la lán	: 0.90
Código de medida	: LVW0907400



TESIS AHORRO DE ENERGIA EN ILUMINACION

PASILLO TIPO

Fecha:	10-11-1999
Cliente:	ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
Diseñador:	RODRIGO F. POLO
Descripción:	DESCRIPCION: Pasillo Tipo: Dimensiones: Largo: 18.5m Ancho: 1.5m Altura: 2.3m Luminaria: LI/629-1xPLC13W Lámpara: Fluorescente compacto tipo PLC de 13W Balasto: Electromagnético Lámpara: Tubo fluorescebte TLD-17W Balasto:

Los valores nominales mostrados en este informe son el resultado de cálculos exactos, basados en luminarias colocadas con precisión, con una relación fija entre sí y con el área en cuestión. En la práctica, los valores pueden variar debido a tolerancias en luminarias, posición de las luminarias, propiedades reflectivas y suministro eléctrico.

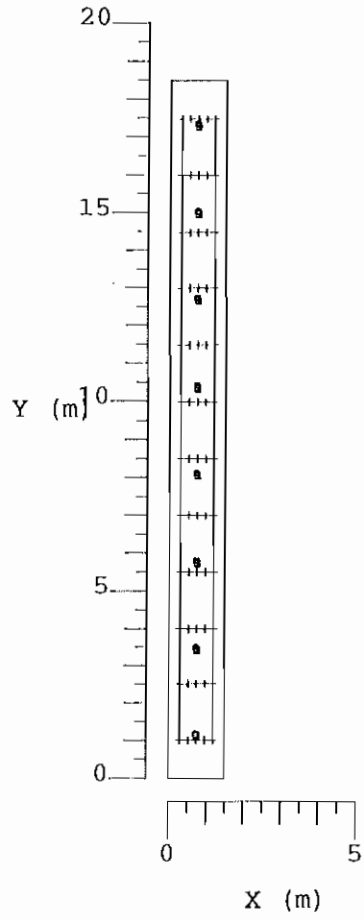
Lighting Company

Design Centre
P.O. Box 12345
12345 XX
Eindhoven

Teléfono: +31 40 1111111
Fax: +31 40 2222222
Telex: 12345 pxtc nl

1. Descripción del proyecto

1.1 Resumen de proyecto 2-D



A : 629/113

Longitud	Anchura	Altura	Altura del plano de trabajo	Escala
18.50 m	1.50 m	2.30 m	0.80 m	1:200

2. Resumen

2.1 Información general

Dimensiones del local	
Anchura	1.50 m
Longitud	18.50 m
Altura	2.30 m
Altura del plano de trabajo	0.80 m

Superficie	Factor de reflectancia	Luminancia media total (cd/m2)
Techo	0.50	1.5
Pared izquierda	0.30	3.4
Pared derecha	0.30	3.4
Pared frontal	0.30	2.6
Pared posterior	0.30	2.6
Suelo	0.10	2.1

Factor de mantenimiento general del proyecto: 1.00

2.2 Luminarias del proyecto

Código	Nº	Tipo de luminaria + Lámpara	Luminaria factor de mantenimiento	Lámpara factor de mantenimiento	Flujo de la lámpara (lumen)
A	8	629/113 + 1 * PL-C 13W	0.90	0.90	900

2.3 Datos de calidad

Cálculo	Tipo de cálculo	Media (lux)	Mín/Media	Mín/Máx	Resultado
Plano de trabajo	Iluminancia en la superficie de un plano	100	0.73	0.56	Totales

3. Resultados del cálculo

3.1 Plano de trabajo: Tabla de resultados

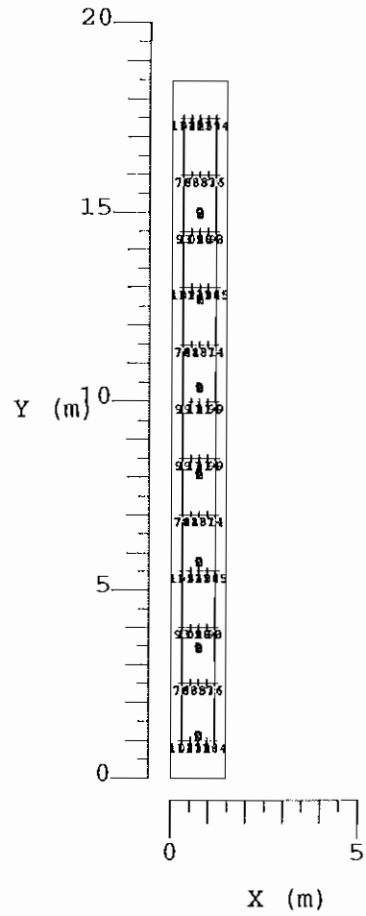
Rejilla : Plano de trabajo en Z = 0.80 m con dirección de observación (0.00, 0.00, -1.00)
Cálculo : Iluminancia en la superficie de un plano (lux)
Tipo de resultado : Totales

X m Y m	0.30	0.53	0.75	0.98	1.20
17.50	104	123	125	123	104
16.00	76	83	85	83	76
14.50	93	104	109	104	93
13.00	105	124	130>	124	105
11.50	74	81	83	81	74
10.00	99	114	121	114	99
8.50	99	114	121	114	99
7.00	74	81	83	81	74<
5.50	105	124	130>	124	105
4.00	93	104	109	104	93
2.50	76	83	85	83	76
1.00	104	123	125	123	104

Media	Mín/Media	Mín/Máx	Factores de mantenimiento
100 lux	0.73	0.56	Ver resumen

3.2 Plano de trabajo: Trazado de la tabla

Rejilla : Plano de trabajo en Z = 0.80 m con dirección de observación (0.00, 0.00, -1.00)
Cálculo : Iluminancia en la superficie de un plano (lux)
Tipo de resultado : Totales

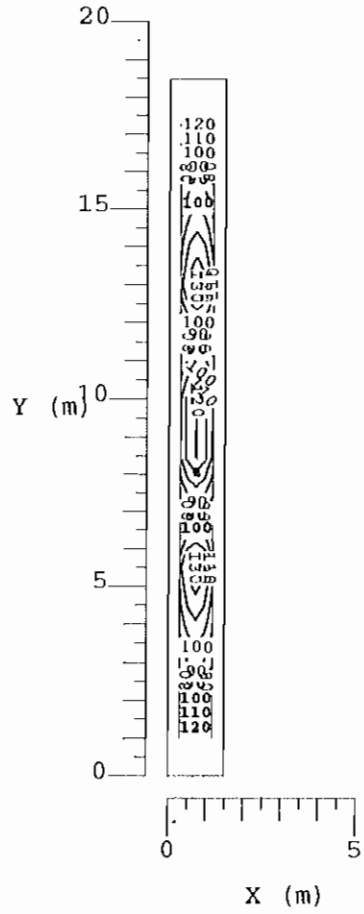


A : 629/113

Media	Mín/Media	Mín/Máx	Factores de mantenimiento	Escala
100 lux	0.73	0.56	Ver resumen	1:200

3.3 Plano de trabajo: Isotrazado

Rejilla : Plano de trabajo en Z = 0.80 m con dirección de observación (0.00, 0.00, -1.00)
Cálculo : Iluminancia en la superficie de un plano (lux)
Tipo de resultado : Totales

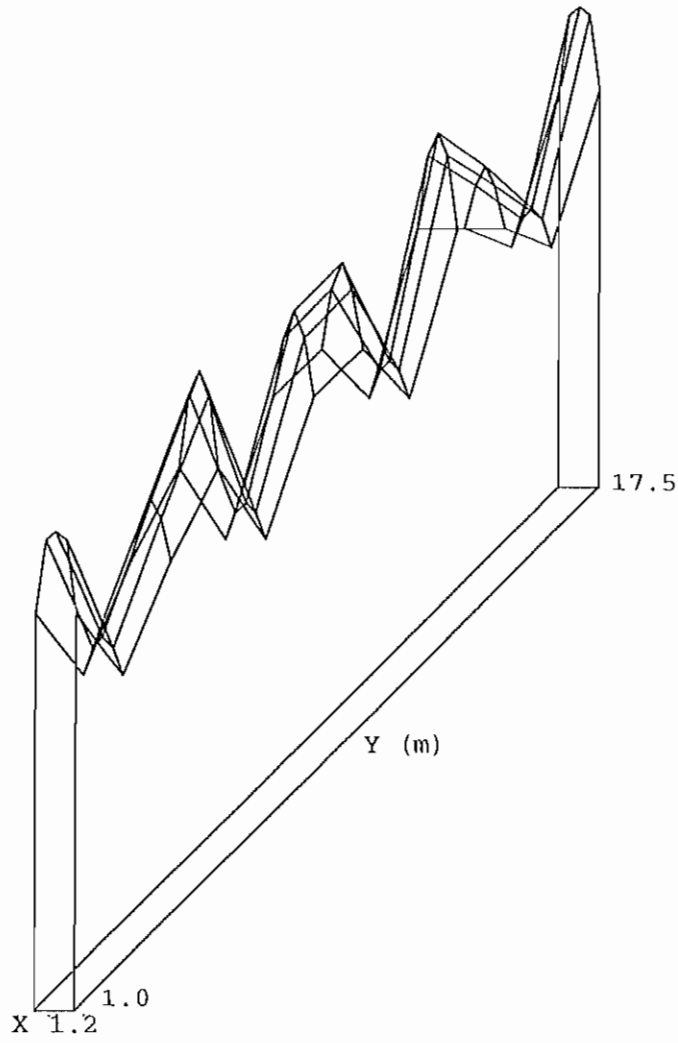


A : 629/113

Media	Mín/Media	Mín/Máx	Factores de mantenimiento	Escala
100 lux	0.73	0.56	Ver resumen	1:200

3.4 Plano de trabajo: Trazado 3-D

Rejilla : Plano de trabajo en Z = 0.80 m con dirección de observación (0.00, 0.00, -1.00)
Cálculo : Iluminancia en la superficie de un plano (lux)
Tipo de resultado : Totales

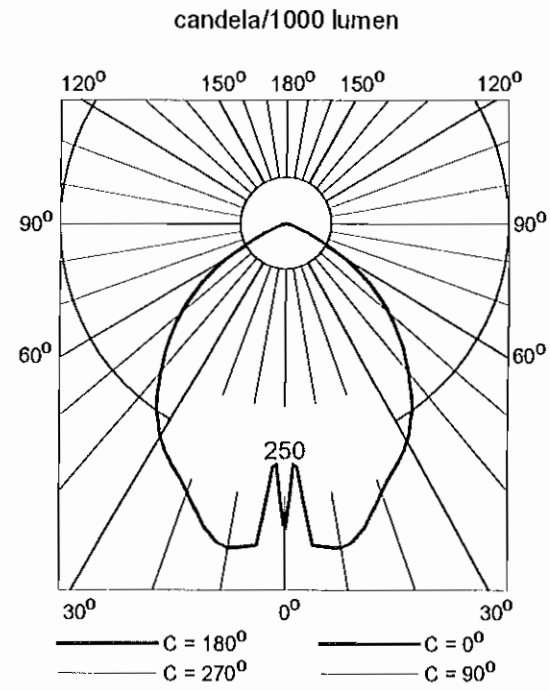


Media	Mín/Media	Mín/Máx	Factores de mantenimiento
100 lux	0.73	0.56	Ver resumen

4. Detalles de las luminarias

4.1 Luminarias del proyecto

Nombre de la luminaria	: 629/113
Nombre de lámpara	: PL-C 13W/840
Número de lámparas/luminaria	: 1
Flujo de lámpara	: 900 lm
Balasto	: Standard
Coeficientes de flujo luminoso	
DLOR	: 0.69
ULOR	: 0.00
TLOR	: 0.69
Vatiaje de la luminaria	: 17 W
Factor de mantenimiento de la lun	: 0.90
Factor de mantenimiento de la lán	: 0.90
Código de medida	: QML0923100



TESIS AHORRO DE ENERGIA EN ILUMINACION

OFICINA ABIERTA CONTABILIDAD

Fecha:	10-11-1999
Cliente:	ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
Diseñador:	RODRIGO F. POLO

Descripción:

DESCRIPCION:
Oficina abierta tipo:
Dimensiones:
Largo: 11.5m
Ancho: 6.0m
Altura: 2.3m

Descripción:

Oficina con varios puestos de trabajo, sin contribución externa.

Luminaria:

TBS300-3x17WHF

Lámpara:

Fluorescente de 17W tipo TLD17WTL841

Balasto:

Electrónico no dimerisable tipo SSBS-120-3/17ISLH

Lámpara:

Los valores nominales mostrados en este informe son el resultado de cálculos exactos, basados en luminarias colocadas con precisión, con una relación fija entre sí y con el área en cuestión. En la práctica, los valores pueden variar debido a tolerancias en luminarias, posición de las luminarias, propiedades reflectivas y suministro eléctrico.

Balasto:

Eléctrónico no dimerisable SSBS-120-3/17 ISLH

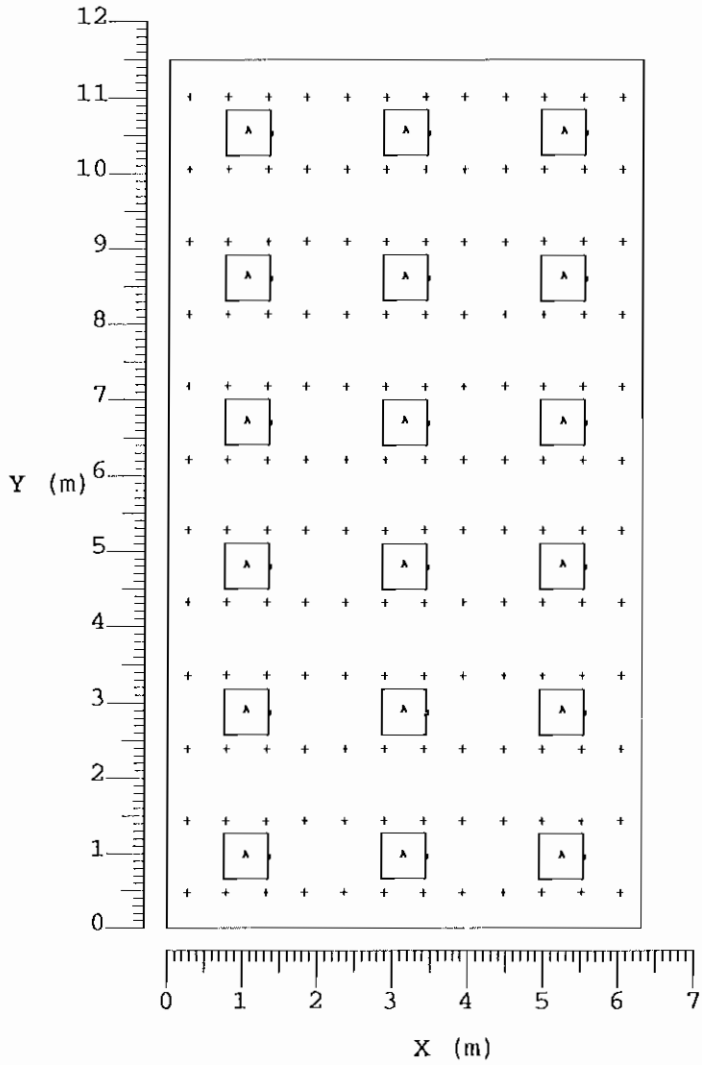
Lighting Company

Design Centre
P.O. Box 12345
12345 XX
Eindhoven

Teléfono: +31 40 1111111
Fax: +31 40 2222222
Telex: 12345 pxtc nl

1. Descripción del proyecto

1.1 Resumen de proyecto 2-D



A : TBS 300/318 M2

Longitud	Anchura	Altura	Altura del plano de trabajo	Escala
11.50 m	6.30 m	2.30 m	0.80 m	1:100

2. Resumen

2.1 Información general

Dimensiones del local	
Anchura	6.30 m
Longitud	11.50 m
Altura	2.30 m
Altura del plano de trabajo	0.80 m

Superficie	Factor de reflectancia	Luminancia media total (cd/m2)
Techo	0.50	7.7
Pared izquierda	0.30	18.7
Pared derecha	0.30	18.7
Pared frontal	0.30	16.8
Pared posterior	0.30	16.8
Suelo	0.10	13.8

Factor de mantenimiento general del proyecto: 1.00

2.2 Luminarias del proyecto

Código	Nº	Tipo de luminaria + Lámpara	Luminaria factor de mantenimiento	Lámpara factor de mantenimiento	Flujo de la lámpara (lumen)
A	18	TBS 300/318 M2 + 3 * TL-D 17W	0.90	0.90	1300

2.3 Datos de calidad

Cálculo	Tipo de cálculo	Media (lux)	Mín/Media	Mín/Máx	Resultado
Plano de trabajo	Iluminancia en la superficie de un plano	492	0.68	0.54	Totales

3. Resultados del cálculo

3.1 Plano de trabajo: Tabla de resultados

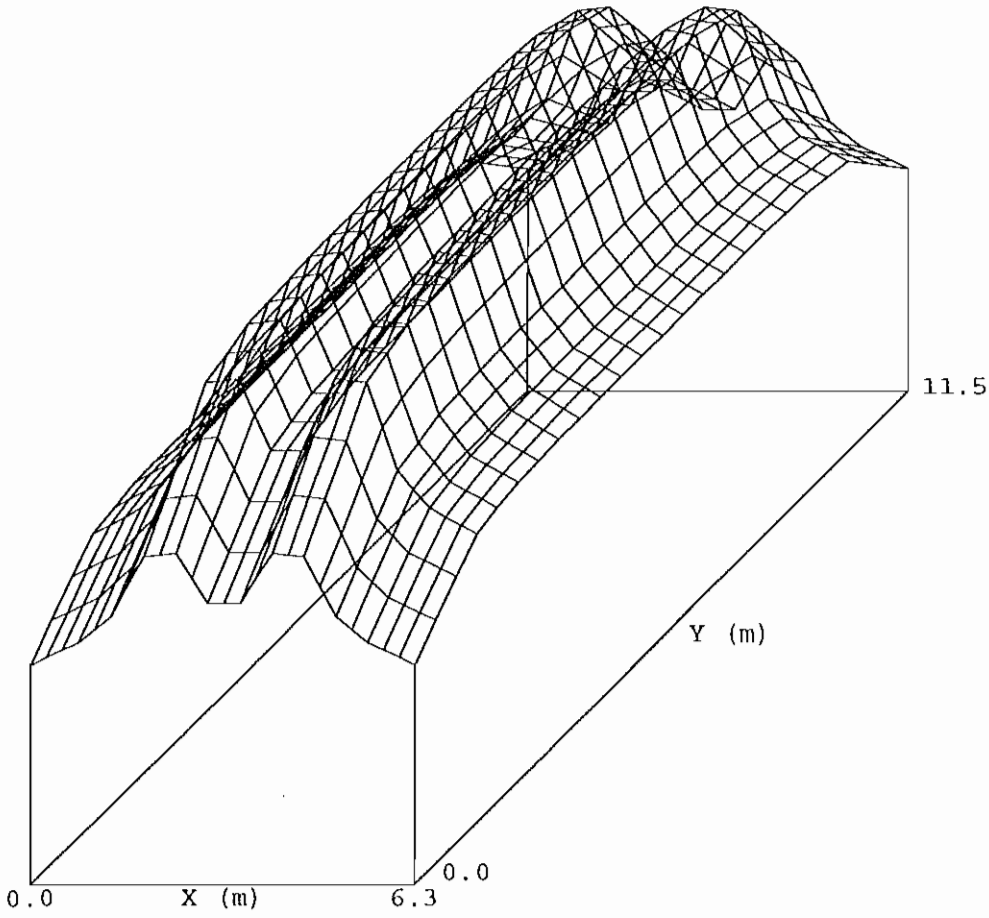
Rejilla : Plano de trabajo en Z = 0.80 m
Cálculo : Iluminancia en la superficie de un plano (lux)
Tipo de resultado : Totales

X m Y m	0.26	0.79	1.31	1.84	2.36	2.89	3.41	3.94	4.46	4.99	5.51	6.04
11.02	332	352	391	482	487	411	411	487	482	391	352	332<
10.06	393	416	466	581	587	492	492	587	581	466	416	393
9.10	407	431	485	604	610	513	513	610	604	485	431	407
8.15	411	435	489	610	616	519	519	616	610	489	435	411
7.19	412	437	491	612	618	521	521	618	612	491	437	412
6.23	412	437	491	612	619	521	521	619	612	491	437	412
5.27	412	437	491	612	619	521	521	619>	612	491	437	412
4.31	412	437	491	612	618	521	521	618	612	491	437	412
3.35	411	435	489	610	616	519	519	616	610	489	435	411
2.40	407	431	485	604	610	513	513	610	604	485	431	407
1.44	393	416	466	581	587	492	492	587	581	466	416	393
0.48	332	352	391	482	487	411	411	487	482	391	352	332

Media	Mín/Media	Mín/Máx	Factores de mantenimiento
492 lux	0.68	0.54	Ver resumen

3.4 Plano de trabajo: Trazado 3-D

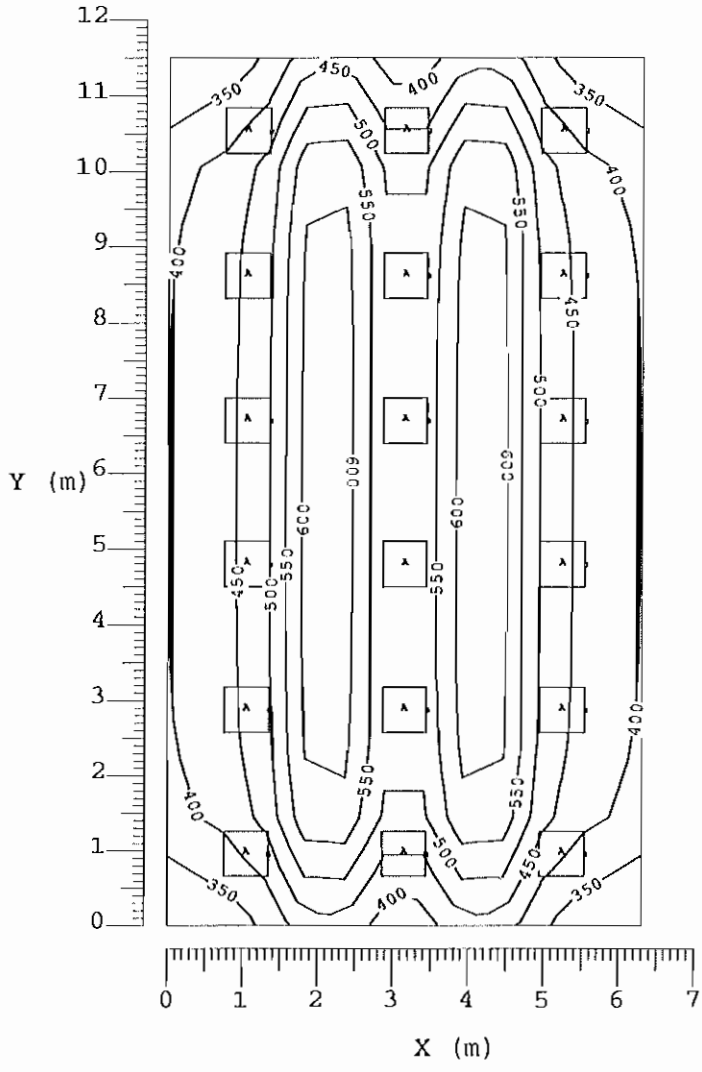
Rejilla : Plano de trabajo en Z = 0.80 m
Cálculo : Iluminancia en la superficie de un plano (lux)
Tipo de resultado : Totales



Media	Mín/Media	Mín/Máx	Factores de mantenimiento
492 lux	0.68	0.54	Ver resumen

3.3 Plano de trabajo: Isotrazado

Rejilla : Plano de trabajo en Z = 0.80 m
Cálculo : Iluminancia en la superficie de un plano (lux)
Tipo de resultado : Totales

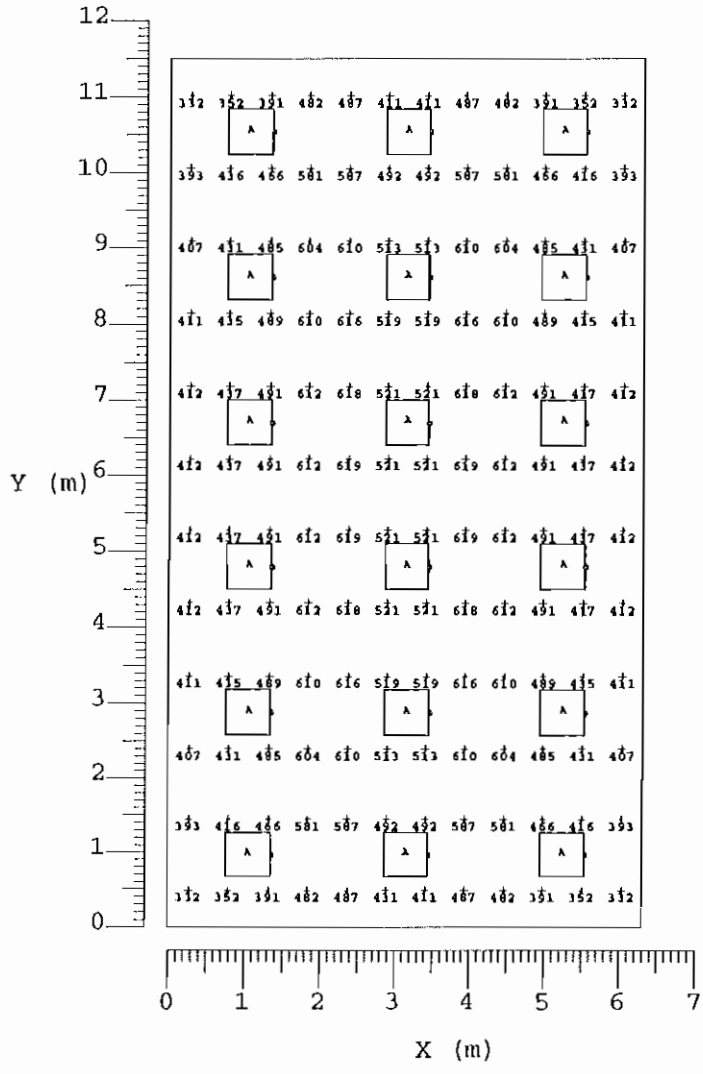


A : TBS 300/318 M2

Media	Mín/Media	Mín/Máx	Factores de mantenimiento	Escala
492 lux	0.68	0.54	Ver resumen	1:100

3.2 Plano de trabajo: Trazado de la tabla

Rejilla : Plano de trabajo en Z = 0.80 m
Cálculo : Iluminancia en la superficie de un plano (lux)
Tipo de resultado : Totales



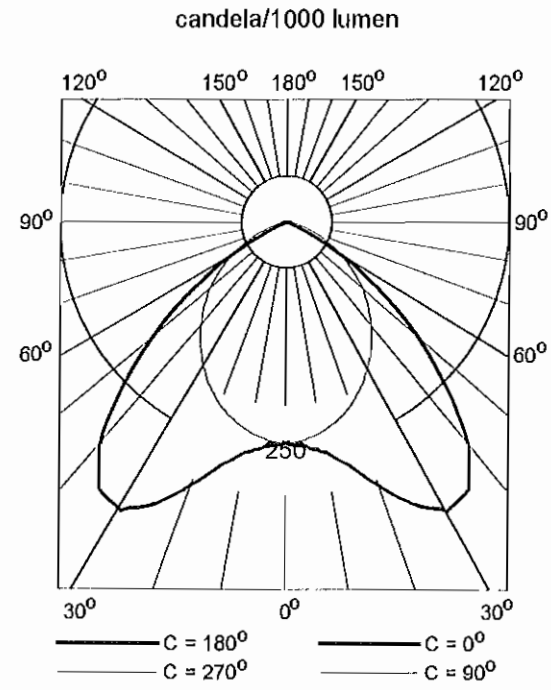
A : TBS 300/318 M2

Media	Mín/Media	Mín/Máx	Factores de mantenimiento	Escala
492 lux	0.68	0.54	Ver resumen	1:100

4. Detalles de las luminarias

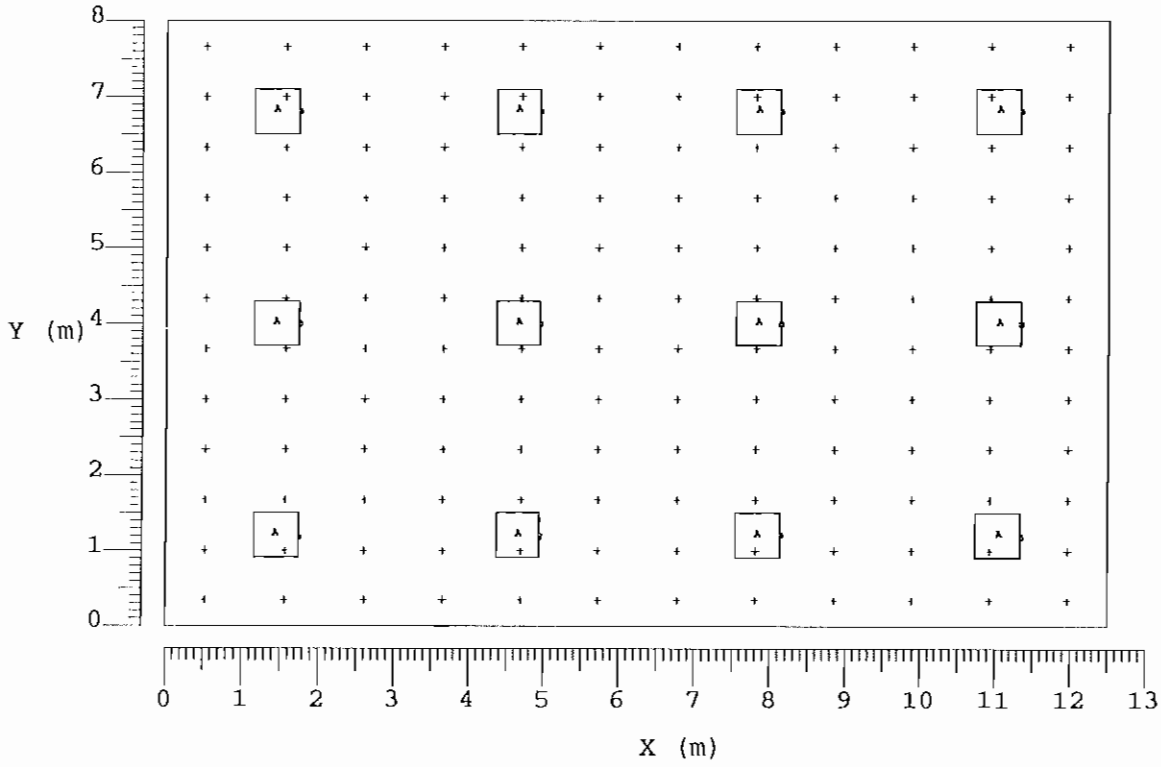
4.1 Luminarias del proyecto

Nombre de la luminaria	: TBS 300/318 M2
Nombre de lámpara	: TL-D 17W/840
Número de lámparas/luminaria	: 3
Flujo de lámpara	: 1300 lm
Balasto	: Electronic
Coeficientes de flujo luminoso	
DLOR	: 0.71
ULOR	: 0.00
TLOR	: 0.71
Vatiaje de la luminaria	: 58 W
Factor de mantenimiento de la lun	: 0.90
Factor de mantenimiento de la lán	: 0.90
Código de medida	: LVW0907400



1. Descripción del proyecto

1.1 Resumen de proyecto 2-D



A : TBS 300/318 M2

Longitud	Anchura	Altura	Altura del plano de trabajo	Escala
8.00 m	12.50 m	2.30 m	0.80 m	1:100

2. Resumen

2.1 Información general

Dimensiones del local		Superficie	Factor de reflectancia	Luminancia media total (cd/m2)
Anchura	12.50 m	Techo	0.50	3.8
Longitud	8.00 m	Pared izquierda	0.30	8.5
Altura	2.30 m	Pared derecha	0.30	8.5
Altura del plano de trabajo	0.80 m	Pared frontal	0.30	8.6
		Pared posterior	0.30	8.6
		Suelo	0.10	7.1

Factor de mantenimiento general del proyecto: 1.00

2.2 Luminarias del proyecto

Código	Nº	Tipo de luminaria + Lámpara	Luminaria factor de mantenimiento	Lámpara factor de mantenimiento	Flujo de la lámpara (lumen)
A	12	TBS 300/318 M2 + 3 * TL-D 17W	0.90	0.90	1300

2.3 Datos de calidad

Cálculo	Tipo de cálculo	Media (lux)	Mín/Media	Mín/Máx	Resultado
Plano de trabajo	Iluminancia en la superficie de un plano	254	0.71	0.52	Totales

3. Resultados del cálculo

3.1 Plano de trabajo: Tabla de resultados

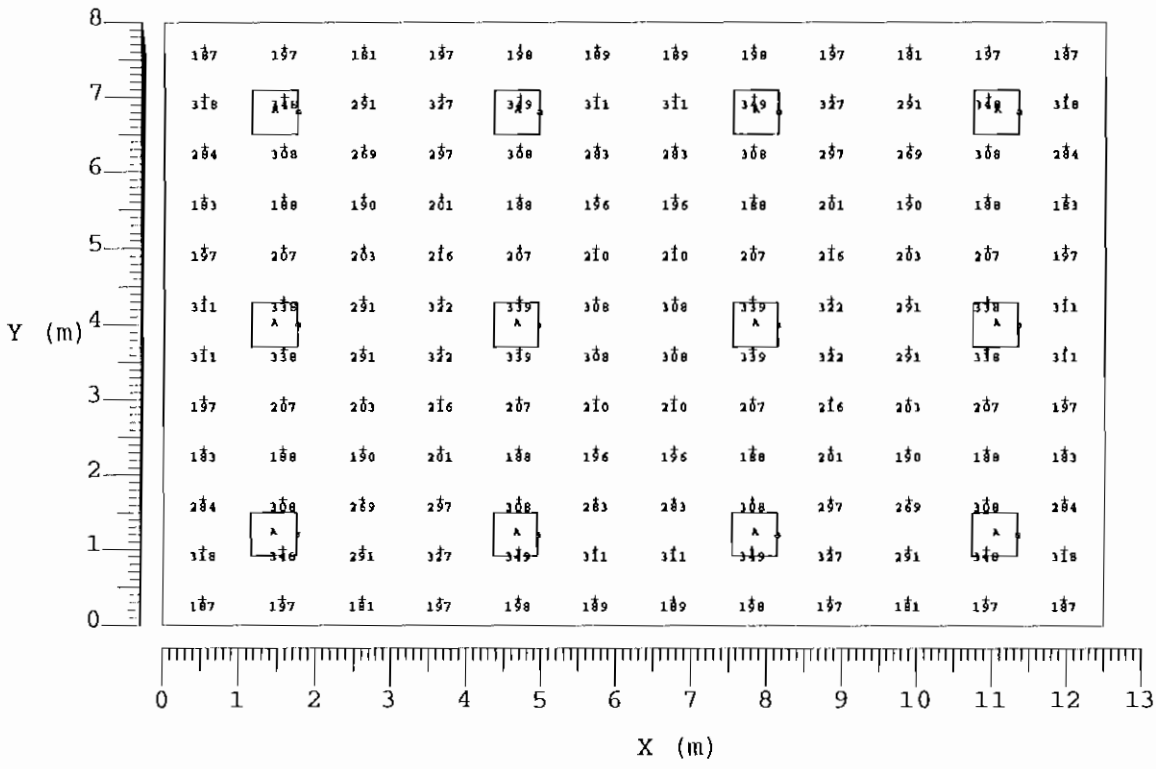
Rejilla : Plano de trabajo en Z = 0.80 m
Cálculo : Iluminancia en la superficie de un plano (lux)
Tipo de resultado : Totales

X m / Y m	0.52	1.56	2.60	3.65	4.69	5.73	6.77	7.81	8.85	9.90	10.94	11.98
7.67	187	197	181	197	198	189	189	198	197	181	197	187
7.00	318	348	291	327	349>	311	311	349>	327	291	348	318
6.33	284	308	269	297	308	283	283	308	297	269	308	284
5.67	183	188	190	201	188	196	196	188	201	190	188	183
5.00	197	207	203	216	207	210	210	207	216	203	207	197
4.33	311	338	291	322	339	308	308	339	322	291	338	311
3.67	311	338	291	322	339	308	308	339	322	291	338	311
3.00	197	207	203	216	207	210	210	207	216	203	207	197
2.33	183	188	190	201	188	196	196	188	201	190	188	183
1.67	284	308	269	297	308	283	283	308	297	269	308	284
1.00	318	348	291	327	349	311	311	349	327	291	348	318
0.33	187	197	181	197	198	189	189	198	197	181<	197	187

Media	Mín/Media	Mín/Máx	Factores de mantenimiento
254 lux	0.71	0.52	Ver resumen

3.2 Plano de trabajo: Trazado de la tabla

Rejilla : Plano de trabajo en Z = 0.80 m
Cálculo : Iluminancia en la superficie de un plano (lux)
Tipo de resultado : Totales

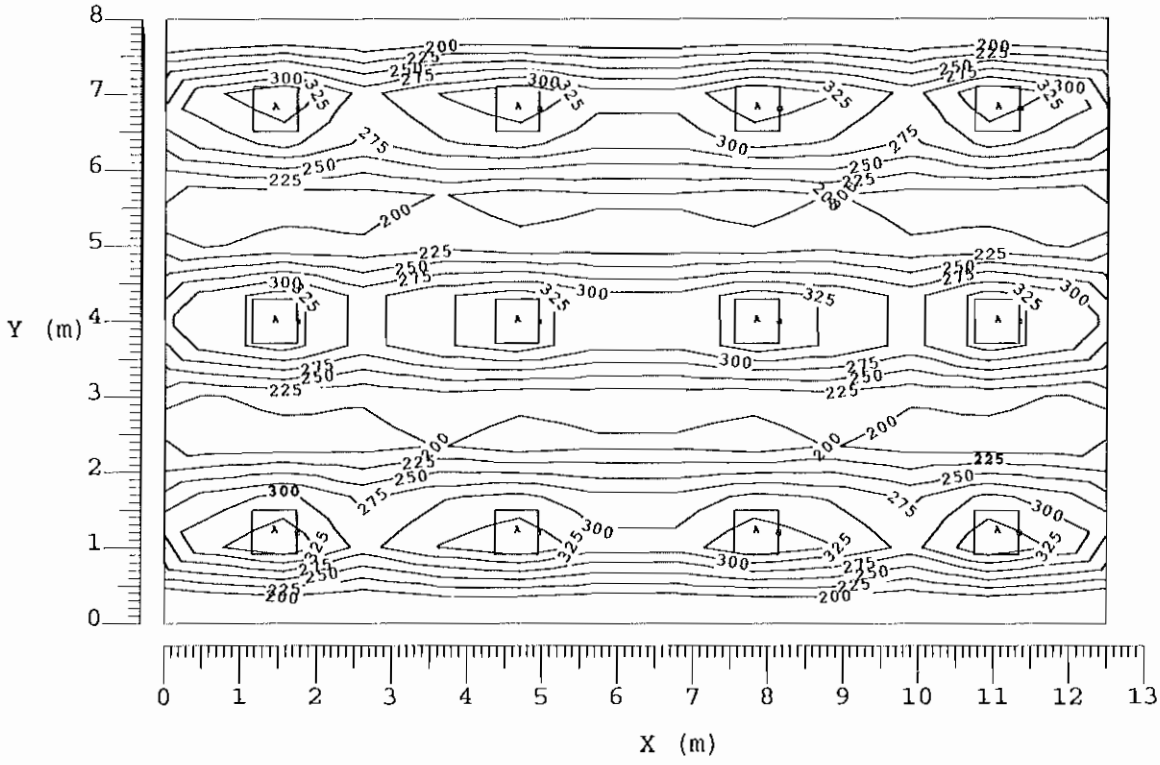


A : TBS 300/318 M2

Media	Mín/Media	Mín/Máx	Factores de mantenimiento	Escala
254 lux	0.71	0.52	Ver resumen	1:100

3.3 Plano de trabajo: Isotrazado

Rejilla : Plano de trabajo en Z = 0.80 m
Cálculo : Iluminancia en la superficie de un plano (lux)
Tipo de resultado : Totales

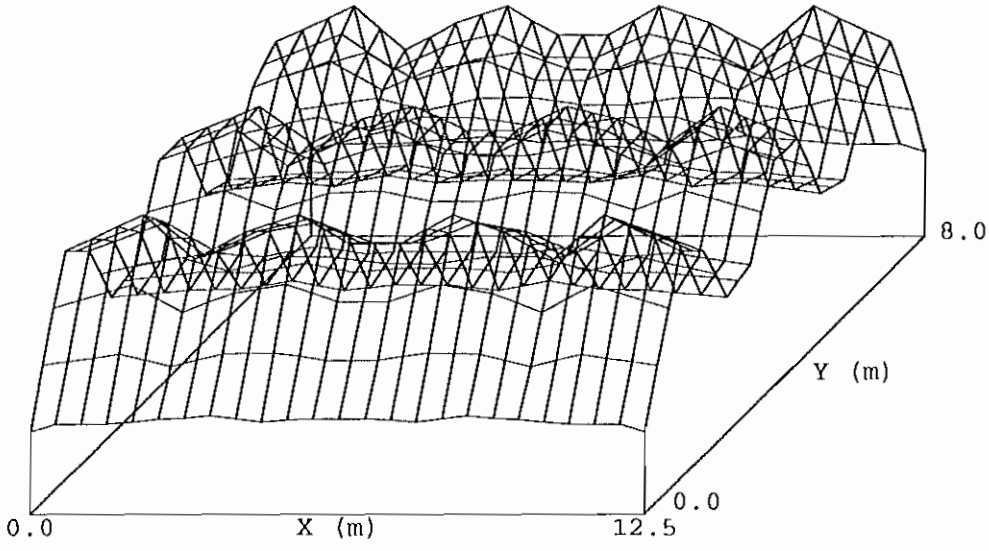


A : TBS 300/318 M2

Media	Mín/Media	Mín/Máx	Factores de mantenimiento	Escala
254 lux	0.71	0.52	Ver resumen	1:100

3.4 Plano de trabajo: Trazado 3-D

Rejilla : Plano de trabajo en Z = 0.80 m
Cálculo : Iluminancia en la superficie de un plano (lux)
Tipo de resultado : Totales



Media	Mín/Media	Mín/Máx	Factores de mantenimiento
254 lux	0.71	0.52	Ver resumen

TESIS AHORRO DE ENERGIA EN ILUMINACION

COMEDOR

Fecha:	10-11-1999
Cliente:	ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
Diseñador:	RODRIGO F. POLO

Descripción:

DESCRIPCION:

Comedor:

Dimensiones:
Largo: 12.5m
Ancho: 8.0m
Altura: 2.3m

Descripción:

Comedor con contribución externa.

Luminaria:

TBS300-3x17WHF

Lámpara:

Fluorescente de 17W tipo TLD17WTL841

Balasto:

Electrónico no dimerisable tipo SSBS-120-3/17ISLH

Los valores nominales mostrados en este informe son el resultado de cálculos exactos, basados en luminarias colocadas con precisión, con una relación fija entre sí y con el área en cuestión. En la práctica, los valores pueden variar debido a tolerancias en luminarias, posición de las luminarias, propiedades reflectivas y suministro eléctrico.

Tubo fluorescebte TLD-17W

Balasto:

Eléctrónico no dimerisable SSBS-120-3/17 ISLH

Lighting Company
Design Centre
P.O. Box 12345
12345 XX
Eindhoven

Teléfono: +31 40 1111111
Fax: +31 40 2222222
Telex: 12345 pxtc nl