

PROYECTO FINAL

ESTUDIO Y COMPARACION DE DISTINTAS ALTERNATIVAS QUE

POSIBILITEN EL AHORRO DE ENERGIA EN UNA INSTALACION

DE ALUMBRADO PUBLICO



UNIVERSIDAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE ELECTROTECNIA
BIBLIOTECA
LA PLATA

AUTOR ALEJANDRO A. DINSEN

DOCENTE GUIA: ING. ALFREDO RIFALDI

AÑO 1991

[Handwritten signature]
[Handwritten signature]
19-6-91

1.
[Handwritten signature]
19-6-91

[Handwritten signature] (10)

INDICE

1) Origen y objetivos del proyecto.....	4
2) Estrategias de acción y posibles escenarios de actuación.	6
2a. Instalación existente.....	7
2b. Nueva instalación.....	10
2c. Alumbrado de medianoche.....	12
3) Categorización de calzadas y niveles recomendados .. Equivalencia entre niveles de luminancia e iluminancia.	14
4) Análisis luminotécnico de la situación actual..... y de distintas alternativas consideradas.(Casos base: Avda. San Martín y calles residenciales adya- centes)	28
5) Comparación entre niveles medidos y niveles esperados ..	51

6) Determinación de límites en la posibilidad de dismi- ..53 nución de los niveles de iluminación.Límites en la reducción de flujo luminoso y de ahorro de energía.	
6a. Avda. San Martín	54
6b. Calles residenciales	57
7) Análisis económico comparativo entre las distintas ..60 alternativas	
7a. Determinación del costo anual opera- ..66 tivo en la instalación actual.	
7b. Determinación de los costos operati- ..74 vos resultantes en las distintas al- ternativas	
ANEXO I: Clasificación de calzadas - Niveles recomendados	
ANEXO II: Características fotométricas y resultados	
ANEXO III: Factores que afectan la performance de una instalación. Mediciones realizadas. Comparación entre niveles medidos y esperados.	

ANEXO IV: Diseño de la reactancia inductiva serie correspondiente a una de las alternativas de reducción del flujo luminoso de las lámparas.

ANEXO V: Determinación del punto de trabajo de las lámparas funcionando con flujo reducido.

1) ORIGEN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

El origen de este proyecto es producto de la inquietud por parte de la Cooperativa Eléctrica de Tres Arroyos (CELTA) de estudiar la posibilidad de reducir el consumo de energía en el alumbrado público en la ciudad de Tres Arroyos, esto se ve estimulado fundamentalmente a la particularidad de que el servicio de alumbrado público se factura de acuerdo a la energía efectivamente consumida, esto es factible debido a que en esta ciudad el alumbrado público no se encuentra conectado a la terna de distribución domiciliariasino que posee una terna asignada específicamente al efecto.

Esta característica propia brinda la posibilidad de estudiar distintas variantes técnicas que permitan dicho ahorro, las cuales no serían factibles en otro tipo de instalación (reducción de la tensión de línea o apagado de la mitad de las lámparas).

No obstante lo anterior otras de las variantes analizadas (recambio de lámparas y/o luminarias) son implementables en cualquier tipo de instalación, por lo que su estudio interesa más allá del tipo circuital de alimentación que tenga el alumbrado público, ya que en el caso de encontrarse conectado a la terna de distribución la tarifa es proporcional a un consumo estimado en función de la potencia nominal de las lámparas.

Obviamente entonces, cualquier reducción en el consumo de energía se reflejará directamente en una disminución de la tarifa, brindando un servicio de la calidad adecuada al menor costo posible lo cual es un objetivo permanente en la gestión de empresas cooperativas; además de esto, otro factor que impulsa este tipo de estudios es la crisis energética que atraviesa nuestro país la cual ha provocado y puede volver a llevar a situaciones de ahorro forzoso de energía como medida política; también es necesario destacar que la propia crisis energética, la situación del parque generador de energía de nuestro país y la dificultosa situación financiera de las empresas del área están provocando una elevación, en términos reales, del costo de la energía, lo que aun más deseable contar con este tipo de análisis a fin de morigerar el impacto tarifario inevitable.

Todo lo antedicho plantea la necesidad de emplear los recursos que la ciencia y la tecnología moderna nos suministran a fin de, por un lado, diseñar obras que cumplan sus requerimientos con el máximo rendimiento económico y, por el otro, analizar críticamente las instalaciones existentes a fin de poner de manifiesto situaciones donde sea posible mejorar la performance en el consumo energético, evaluando distintas posibilidades de solución que propendan a un uso mas racional de la energía.

La utilización racional de la energía en el campo del alumbrado público tiende a un mejor aprovechamiento de la

misma brindando un servicio de la calidad adecuada; por lo que este tipo de análisis no tienen como único objetivo el ahorro, sino fundamentalmente el de evitar el despilfarro de la misma.

2) ESTRATEGIAS DE ACCION Y POSIBLES ESCENARIOS DE ACTUACION

Existen varias acciones a tomar, simultánea y concurrentemente, a fin de lograr el objetivo buscado; algunas de ellas se enumeran a continuación:

- 1) Empleo de los niveles de iluminación estrictamente adecuados a cada necesidad.
- 2) Uso de modernas lámparas de descarga con elevado rendimiento luminoso y larga vida.
- 3) Selección de luminarias eficientes y bien construidas.
- 4) Empleo de sistemas de alimentación y encendido confiables y suficientemente flexibles como para adaptarse a distintos requerimientos durante su funcionamiento.
- 5) La realización de un mantenimiento periódico preventivo que asegure la eficiencia y seguridad del sistema.

Por escenarios de actuación se entienden las distintas situaciones donde se puede llegar a encontrar la necesidad del uso racional de la energía en el alumbrado público. A continuación se explicitan cada una de ellas.

2a. INSTALACION EXISTENTE

Por esta situación se entiende un caso como el de Tres Arroyos, donde se encuentra funcionando una determinada instalación y se desea hacer un uso más racional de la energía. Como alternativas se pueden identificar:

a1- Instalación de lámparas de mayor eficiencia (lúmenes/vatio) de forma de alcanzar los niveles de iluminación adecuados con la menor potencia instalada.

a2- Adecuar el nivel de iluminación a las necesidades en el transcurso del tiempo (recategorización de calzadas)

En lo que respecta a la primera alternativa, la tendencia sería ir hacia la utilización de lámparas de vapor de sodio (si la instalación tiene lámparas de vapor de mercurio); aquí caben dos posibilidades básicas, la primera sería la del reemplazo total de lámpara y equipo auxiliar (balasto más ignitor) lo cual implica una determinada inversión inicial (las lámparas de sodio son las más caras) y se justificaría económicamente en la medida en que el descenso en el consumo de potencia tenga una cierta magnitud (depende de cada caso particular); como una variante a esta posibilidad se puede señalar la opción de usar para el reemplazo las lámparas tipo Philips SON-H, estas permiten el recambio de artefactos de vapor de mercurio de 400 W. por lámparas de

sodio de 350 W. con un aumento del flujo luminoso y sin necesidad del recambio del equipo auxiliar (utilizan el balasto de la lámpara de mercurio), de forma similar se pueden reemplazar lámparas de mercurio de 250 W. por sodio de 210 W. En estos casos, al existir un aumento del flujo luminoso, se elevará el nivel de iluminación por lo cual se impondría en aquellos casos donde este fuera un objetivo o bien donde la instalación existente cumpliera muy ajustadamente con los niveles de iluminación recomendados.

Es importante destacar que el recambio del conjunto lámpara mas equipo auxiliar, sin cambiar la luminaria, no asegura una igual distribución del flujo luminoso sobre la calzada ya que las curvas fotométricas del artefacto varían con la lámpara que se utiliza, esto hace imprescindible, antes de tomar una decisión definitiva, la consulta al fabricante de la luminaria en cuestión o la remisión de la misma a un laboratorio luminotécnico, a fin de relevar la curva fotométrica correspondiente; de esta manera se evitará hacer el recambio y encontrarse con una distribución luminosa técnicamente inaceptable.

De lo anterior surge como segunda posibilidad el recambio no solo de la lámpara sino también de la luminaria, esto obviamente implica una inversión mayor pero a su vez la adecuada selección de la luminaria puede permitir una disminución aún mayor de la potencia de la lámpara por lo cual la decisión final debe basarse en una evaluación económica comparativa entre ambas posibilidades.

Pasando a la segunda alternativa (a2), la misma

parte del hecho de que el nivel de iluminación requerido en una calzada es función de la categoría de esta, la cual a su vez está determinada por el tipo y densidad de tráfico que la circula. Esto brinda la factibilidad de ahorro ya que las densidades de tráfico y a menudo el tipo, no son constantes durante la noche y en consecuencia existiría la posibilidad de categorizar de distinta manera una misma calzada durante por lo menos dos franjas horarias bien definidas.

Debido a que la calidad del alumbrado se mide en base no solo al nivel de iluminación media sino también a los niveles de uniformidad (E_{\min}/E_{med} ; E_{\max}/E_{\min}), es necesario, para mantener la calidad, regular el flujo luminoso de las lámparas; esto tiene dos soluciones básicas, la primera se fundamenta en reducir la corriente en la lámpara mediante la conexión de una reactancia inductiva en serie con el balasto, al hacerlo disminuye la potencia consumida por la lámpara y otro tanto ocurre con el flujo luminoso (al variar el punto de funcionamiento empeora el rendimiento lumínico (lm/w) por lo que la reducción de potencia es, porcentualmente, menor que la del flujo luminoso); la segunda solución radica en el uso de "dimmers", estos dispositivos electrónicos hacen un recorte controlado (en ángulo de fase) de la tensión aplicada a la lámpara con lo cual se logra regular el flujo luminoso. Es interesante destacar que, debido a que el costo de la energía no es el mismo durante todo el ciclo de iluminación artificial, no es lo mismo, económicamente hablando, ahorrar energía en el momento en que esta es más cara (18^{30} a 22^{30}) que hacerlo en el momento en que es más barata; por lo tanto

la instalación de lámparas de mayor eficiencia, reduciendo la potencia instalada, se ve estimulada ya que permite ahorrar energía de pico, mientras que la reducción del flujo luminoso en las horas de menor tránsito no conlleva un ahorro de energía de pico sino que provoca un ahorro de la energía más barata.

La importancia fundamental de lo antedicho puede corroborarse teniendo en cuenta que el costo de la energía de pico, para las cooperativas de distribución, es de más del doble que el de la energía fuera de pico (Tarifa 8A-ESEBA).

2b. DISEÑO DE UNA NUEVA INSTALACION

En este caso el sistema debe diseñarse de modo de ofrecer los niveles de iluminación requeridos con el menor costo total periódico (anual o mensual) posible; en este costo, como primera aproximación, podemos identificar tres factores, a saber, amortización de la inversión inicial; consumo de energía y mantenimiento; dentro de este último caben considerarse dos tipos, uno preventivo (no en todos los casos efectuado) y otro correctivo o de reposición. No necesariamente la utilización de lámparas que minimicen la potencia instalada se corresponde con el mínimo de la suma; aunque si los tiempos de utilización (hs./año) son altos esto tiende a ser así, o sea que a medida que el factor de costo por energía consumida aumenta la solución con menor potencia instalada comienza a presentar ventajas.

Dentro de esta situación pueden considerarse algunas

variantes en lo que se refiere al ahorro de energía.

Es posible identificar en principio dos situaciones diferentes; por un lado un ahorro que podría denominarse permanente, considerando a este como aquella situación donde durante todos los días del año se hace una adecuación diaria del nivel de iluminación durante el transcurso de la noche; en este caso además de los sistemas mencionados a través de reactancias inductivas o "dimmers" puede considerarse también el uso de luminarias con dos lámparas y con la posibilidad de apagar una de ellas a partir de determinado momento (el cual puede ser fijo en el tiempo, o sea todos los días a la misma hora, o variable en el tiempo a través de la utilización de timers o de interruptores que consideran la duración de la noche precedente, denominados interruptores horario estacionales); esta alternativa permite un mantenimiento de la uniformidad de la iluminación variando el nivel medio de esta; de forma similar, también es posible utilizar artefactos con dos o más luminarias, con los cuales se puede lograr una prestación de similares características; la elección de uno u otro sistema será fundamentalmente económica.

También puede considerarse la opción de un diseño con luminarias con una lámpara, pero en una cantidad y disposición (de columnas) que permita apagar una dada proporción de lámparas; obviamente estos tres sistemas apuntan a lo mismo y la diferencia está en el costo ya que esta última opción implica una mayor cantidad de columnas y luminarias, pero estas últimas al ser las más simples son las más económicas.

Otra situación de ahorro que podría denominarse estacional puede darse en aquellas ciudades en las que por características propias como el turismo estacional tengan un determinado requerimiento de iluminación mucho mayor en determinada/s época/s del año; aquí las opciones técnicas serían las tres últimas ya que el objetivo es disponer de una instalación con la posibilidad de ofrecer dos niveles de iluminación bien diferenciados que permitan evitar durante ciertos lapsos de tiempo el uso de una instalación sobredimensionada lumínicamente hablando y con un consumo de energía alto durante todo el año.

2c. ALUMBRADO DE MEDIANOCHE

Es aquel caso en donde se considera que el objetivo del alumbrado, a partir de determinada hora de la noche, y debido a una *casi nula* densidad de tráfico es el de la seguridad y orientación de los peatones; estrictamente hablando dichas hipótesis solo pueden encontrarse en aquellas zonas donde la exclusión de vehículos es total, o sea serían aquellas tales como parques, paseos o el interior de grupos habitacionales, por lo que la decisión de adoptar este tipo de criterio en lugares donde la densidad de tráfico *no es nula*, pero es muy reducida queda a cargo de la autoridad de aplicación en estos casos.

Si se acepta esta categorización la exigencia en el nivel de iluminación se ve reducida significativamente ya que la velocidad de circulación de los peatones es mucho menor que

la de los vehículos, lo que posibilita un tiempo de adaptación de la vista mayor; pero a su vez como el peatón se apoya, para el reconocimiento, solo en la iluminación prevista (no entra en juego la iluminación propia del vehículo) el valor mínimo de este alumbrado es de importancia vital.

Resumiendo se puede decir que los objetivos desde el punto de vista del peatón serán: facilitar el movimiento y la detección de obstáculos; la orientación y la posibilidad del reconocimiento de rasgos faciales y desde el punto de vista de los residentes: que ayude a detectar la presencia de intrusos y que sea lo suficientemente funcional como para disuadir la comisión de delitos menores como robos y hurtos; atentados contra la propiedad; depredación; vandalismo; etc.

Por lo tanto puede entenderse por alumbrado de medianoche aquel que se obtendría apagando una determinada proporción de lámparas (por ejemplo la mitad) disminuyendo el nivel de iluminación por debajo del mínimo recomendado para una calzada con una densidad de tráfico no nula; pero observando que el alumbrado de medianoche no debe provocar zonas oscuras ($E_{\min}=0$) ya que allí, precisamente, no sería factible la detección de obstáculos y personas.

3) CATEGORIZACION DE CALZADAS - NIVELES RECOMENDADOS

Enfrentado a la tarea de iluminar una calzada, el diseñador se encuentra con la necesidad de tener una idea de "cuanta luz es necesaria", o sea, conocer en forma cuantitativa cuál es el requerimiento que debe satisfacer para, de esta forma, encarar la tarea contando con parámetros que le permitan evaluar y/o comparar las distintas soluciones posibles en lo que se refiere al cumplimiento del objetivo buscado.

Indudablemente que el requerimiento de cada calzada será función, en principio, de dos factores claves: velocidad y densidad del tránsito, a estos se suman otros factores como los alrededores o adyacencias (si estos son claros u oscuros), la división de los carriles en la calzada por medio de franjas, etc.

Si el objetivo fundamental de la iluminación de una calzada es permitir el desarrollo de tareas en la vía pública en horas de la noche, es claro que las más exigentes desde el punto de vista lumínico corresponden a los conductores de automotores y a los peatones respecto de los vehículos.

La complejidad de la tarea del conductor tiene su origen en la enorme cantidad de información que recibe a través de sus órganos visuales y la velocidad a la que lo hace. El conductor está obligado a absorber, analizar, comparar y discernir en forma rápida cuáles señales, de la totalidad recibida, le son imprescindibles para la realización de su cometido, cuáles son accesorias o complementarias y

cuáles ha de desechar.

Si se intentaran dividir de alguna manera las tareas del conductor se podrían encontrar las siguientes:

- a) Detención
- b) Ajuste de la velocidad
- c) Ajuste de la posición lateral
- d) Elección del momento de arranque

En lo que respecta a la tarea del peatón, si bien es más simple que la del conductor, las consecuencias de los errores en su realización son, en general, más graves por lo cual implican un cierto nivel de exigencia lumínica.

Por lo tanto, si el objetivo es conocer de manera más o menos aproximada los requerimientos de iluminación, nos encontramos con la necesidad de dividir las calzadas en tipos o grupos que compartan determinadas características, y en consecuencia tengan similares requerimientos de iluminación.

En lo que respecta a la caracterización cuantitativa de los requerimientos luminotécnicos de las calzadas existen dos posibilidades de expresarlos, correspondiendo cada uno a la técnica utilizada para el estudio de la situación.

Estas son las denominadas "Técnica de ILUMINANCIA" y "Técnica de LUMINANCIA"; la primera consiste en la caracterización de la iluminación a través del flujo luminoso

emitido por la *fente luminosa* y su distribución *sobre* la superficie a iluminar, mientras que la segunda fundamenta la caracterización de la iluminación a través del flujo luminoso emitido *por la superficie a iluminar* y su distribución *en* el espacio iluminado.

Esta última técnica si bien es más compleja en su implementación permite disponer de un parámetro de calidad más representativo de lo que "ve" el observador; ya que el mismo es sensible a la luz reflejada por la superficie a iluminar y no a la luz que recibe la superficie iluminada. La dificultad de esta técnica estriba en la necesidad de un conocimiento acabado de las propiedades de reflexión de las superficies a iluminar.

En la actualidad para resolver, en parte, este problema se ha llegado a una clasificación de los distintos tipos de calzada que restringe las posibilidades a cuatro variantes normalizadas, lo ^opermite disponer de una descripción aproximada del pavimento y por lo tanto facilita la utilización de esta variante.

Para cada una de las posibles técnicas utilizadas existen ciertos parámetros que cuantifican la calidad de la iluminación, estos son:

Técnica de ILUMINANCIA:

Parámetros: Emed.= iluminancia media

G1 = Emin./ Emed.

G2 = Emin./ Emáx.

La iluminancia media es proporcional al flujo luminoso *total* que incide sobre la superficie a iluminar y los otros dos parámetros cuantifican la uniformidad o regularidad de la distribución de la iluminación en la superficie; un alumbrado de calidad debe proveer además del flujo luminoso necesario, unos valores de G1 y G2 lo más altos posibles.

Técnica de LUMINANCIA:

Parámetros:

a) Nivel de luminancia: determina el estado de adaptación del sistema visual del observador. Puede asumirse que el mismo está determinado con el valor de LUMINANCIA MEDIA (L_m) en la superficie de la calzada.

b) Uniformidad general: para una adecuada performance visual no basta con la determinación de un buen valor medio. Se debe asegurar un mínimo conveniente en cualquier posición de la calzada, para ello se debe limitar el valor mínimo de manera que su diferencia con el valor medio no sea demasiado grande; por lo que se especifica una UNIFORMIDAD GENERAL DE LUMINANCIA (U_0)

$$U_0 = L_{\min} / L_{\text{media}}$$

c) Uniformidad longitudinal (U_1): se define como la relación del valor mínimo al máximo de las luminancias de la calzada tomadas sobre una línea paralela al

eje de la misma que pase por la posición del observador

$$U_l = L_{\min.}/L_{\max.}$$

d) Deslumbramiento fisiológico: en presencia de deslumbramiento fisiológico el estado de adaptación del observador se altera simultáneamente con el cambio de los contrastes. Se puede caracterizar por el valor denominado INCREMENTO UMBRAL RELATIVO (TI %)

$$TI(\%) =$$

e) Deslumbramiento psicológico(G): es una cifra que define el grado de deslumbramiento psicológico experimentado por el observador.

En general se consideran como parámetros que cuantifican ASPECTOS OBJETIVOS (perforomancia visual) a: L_m ; U_o y $TI(\%)$ y los que cuantifican ASPECTOS SUBJETIVOS (confort visual) a: L_m ; U_l y G .

Existen varias clasificaciones de calzadas con valores de iluminación recomendados, los cuales no son coincidentes entre sí, esto en parte se debe al avance de la tecnología que permite una mejor iluminación con el transcurso del tiempo, lo cual hace que los standards de calidad suban, y por otra parte influye también la utilización y acostumbramiento de los habitantes de países desarrollados a una determinada calidad de iluminación, lo que da como resultado un nivel de exigencia mayor por parte de los

usuarios.

Debe tenerse siempre en cuenta que los niveles aceptados como recomendables son el compromiso entre lo técnicamente posible y lo económicamente aceptable, por lo que el transcurso del tiempo y el adelanto de la técnica provocan la variación de las recomendaciones.

De lo anterior puede verse que el grado de desarrollo de la industria de un país y la calidad de vida de sus habitantes se reflejan en las normas y recomendaciones, ya que estas cumplen, en parte, la función de mostrar los niveles de calidad *posibles y deseables* en un dado momento.

De la bibliografía consultada se obtuvieron seis recomendaciones diferentes, a saber:

- 1) Norma DIN 5044 - Mayo 1980
Fuente: Textbook of electrical engineering
Siemens
- 2) Recomendación para el alumbrado de vías con tráfico motorizado
Publicación N° 12 - CIE - 1977
- 3) Recomendación para el alumbrado público en la República Argentina
Obtenida en la Asociación Argentina de Luminotecnia (AADL)
- 4) Proyecto racional de alumbrado público

Trabajo presentado en las 5tas
Jornadas Argentinas sobre Luminotecnia
1985

5) Consideraciones sobre el uso racional de la
energía en alumbrado público
5tas Jornadas...
1985

6) Niveles de iluminación de carreteras y
calles
Fuente: Luminotecnia-Enciclopedia CEAC
1977

Tomando como base el caso específico de la ciudad de Tres Arroyos y a la zona en particular en estudio (subestación N^o3) se encuentran dos tipos de vías de tránsito, por un lado una avenida de doble mano que une la ruta nacional N^o3 con el centro de la ciudad, y por otro lado con calles residenciales adyacentes a dicha avenida; para poder comparar entre sí cada una de las recomendaciones se procedió a encontrar la caracterización respectiva de los dos tipos de calzada en las dos posibles situaciones, o sea en horario de mayor densidad de tráfico y en horario de tráfico reducido.

En lo que respecta a la clasificación de cada calzada en el transcurso de la noche, el criterio seguido fue considerar a la Avda. San Martín durante el período de mayor tránsito como una arteria importante, con vida comercial

propia y luego como una arteria de unión entre el centro de la ciudad y zonas periféricas; en el caso de las calles residenciales durante el periodo de mayor tránsito se las consideró como calzadas de derivación e interconexión entre arterias más importantes y luego como calles residenciales de acceso a viviendas fundamentalmente.

En el anexo correspondiente se detallan las clasificaciones particulares correspondientes en cada una de las recomendaciones y también el detalle completo de cada una de estas.

A continuación se resumen en un cuadro comparativo todas las recomendaciones consultadas, referidas al caso específico considerado.

	DIN 5044	CIE. Pobl. N°2	Recom. AALL	Proy. racional...	Consideraciones...	Luminotecnia
SITUACION NORMAL	L_{cd}/m^2 0,4	L_{cd}/m^2 0,4	L_{cd}/m^2 0,4	16 a 20 lux 0,2 a 0,3		
	L_m U_0 E_m E_{min}/E_m E_{min}/E_{max}			16 a 20 lux 0,2 a 0,25	32 lux 0,33 0,16	2 a 8 lux 0,25 a 0,35
FLUJO REDUCIDO	L_{cd}/m^2 0,4	L_{cd}/m^2 0,4	L_{cd}/m^2 0,4			
	L_m U_0 E_m E_{min}/E_m E_{min}/E_{max}			10 a 14 lux 0,15 a 0,20	16 lux 0,33 0,16	1 a 4 lux 0,15 a 0,25
SITUACION NORMAL	L_{cd}/m^2 0,4	L_{cd}/m^2 0,4	L_{cd}/m^2 0,35			
	L_m U_0 E_m E_{min}/E_m E_{min}/E_{max}			10 a 14 lux 0,15 a 0,20	16 lux 0,25 0,125	0,2 a 1 lux 0,1 a 0,15
FLUJO REDUCIDO	L_{cd}/m^2 0,4		L_{cd}/m^2 0,3			
	L_m U_0 E_m E_{min}/E_m E_{min}/E_{max}			6 a 8 lux 0,12 a 0,15	8 lux 0,17 0,08	

Como puede verse de lo anterior casi todas las recomendaciones vienen expresadas según la técnica de luminancias, o sea considerando las características de reflexión del pavimento, esto permite observar claramente la diferencia entre un pavimento claro (por ej. hormigón) y un pavimento oscuro (asfalto negro), ya que este último necesita casi el doble de flujo luminoso incidente sobre la calzada para obtener igual cantidad de luz reflejada.

Esto permite remarcar la necesidad de, en la medida de lo posible, acentuar los requerimientos de construcción de pavimentos claros en las nuevas obras de forma de disminuir la potencia instalada en alumbrado; considerando que este es un gasto operativo permanente y, en consecuencia, su disminución, sin desmerecer la calidad del servicio, un objetivo siempre deseable.

Como equivalencia entre niveles de iluminación dados según ambas técnicas se adoptan los siguientes:

a) para pavimentos claros:

$$0,5 \text{ cd/m}^2 = 5 \text{ lux}$$

b) para pavimentos oscuros:

$$0,5 \text{ cd/m}^2 = 9 \text{ lux}$$

Del análisis del cuadro comparativo de las recomendaciones es posible concluir que:

a) En el caso de la Avda. San Martín es posible tener un ahorro significativo de flujo luminoso ϕ_L (50%) en los casos en que la recomendación prevee aproximadamente 2 cd/m^2 en la situación de mayor tráfico y en la recomendación 1 donde podría pasarse de 1 cd/m^2 a $0,5 \text{ cd/m}^2$. Esta última opción podría objetarse debido a que se tendría igual nivel recomendado para una avenida que para una calle residencial aún cuando la velocidad de tránsito en aquellas es siempre superior.

b) Si el nivel de iluminación recomendado en la situación más exigente, siempre en el caso de una avenida, es de 1 cd/m^2 , podría ahorrarse un 25% del ϕ_L según la recomendación 3.

c) En la última de las recomendaciones citadas se observan niveles de iluminación significativamente menores que en las restantes, y en todos los casos menores o iguales a $0,5 \text{ cd/m}^2$; esto último hace que no se la considere entre las alternativas ya que experimentaciones e investigaciones actuales consideran a $0,5 \text{ cd/m}^2$ como el mínimo por debajo del cual la iluminación puede decirse que no cumple su objetivo.

La mención de esta última recomendación pone en evidencia que los progresos alcanzados tanto en la clasificación de calzadas como en el conocimiento del proceso de la visión han, por un lado elevado los requerimientos de iluminación y por otro mejorado la tipificación de las calzadas, pasando de una clasificación muy general a una más

específica y detallada.

d) En lo referente a las calles residenciales se distinguen dos situaciones: de acuerdo con las recomendaciones 1 y 5 existen posibilidades ciertas de ahorro pero con instalaciones capaces de proveer niveles de iluminación de $1,5 \text{ cd/m}^2$ (rec. 1) o de 16 lux (rec. 5).

Estos niveles son relativamente altos y podrían encontrarse (recomendarse) en arterias comerciales de una sola mano de tráfico con una situación tipificada como de alrededores claros (por acción de la iluminación de vidrieras y edificios), lo que aumentaría el nivel requerido en la calzada; esto se corresponde generalmente con la zona céntrica de la ciudad y no con la gran mayoría de las calles donde los alrededores pueden considerarse oscuros y el nivel de iluminación requerido disminuye.

e) Para esta última situación se observa una coincidencia entre las recomendaciones 2 y 3, para la situación de mayor tráfico, que indican un nivel de $0,5 \text{ cd/m}^2$; con lo que la posibilidad de ahorro prácticamente desaparece debido a la coincidencia UNANIME de todas las recomendaciones en indicar, para arterias residenciales y en horas de menor tráfico, también un nivel de $0,5 \text{ cd/m}^2$.

CONCLUSIONES:

Como definición general se puede decir que existen

posibilidades de ahorro significativo en aquellos casos en los que se tengan o diseñen instalaciones capaces de entregar niveles de iluminación altos durante las horas de mayor tráfico; ya sean 2cd/m^2 en avenidas o 1cd/m^2 en calles residenciales; lo mismo puede darse en calles céntricas y/o comerciales donde la iluminación de vidrieras o fachadas implique la necesidad de un nivel de iluminación alto de la calzada.

Pero el resultado más interesante consiste en la factibilidad de mantener durante todo el período diario de iluminación artificial el nivel de $0,5\text{cd/m}^2$, esto que podría considerarse como una imposibilidad de ahorro de energía en realidad es la posibilidad de mantener el mínimo nivel de iluminación durante toda la noche; como consecuencia de esto se desprende que los esfuerzos en el ahorro deben dirigirse hacia la obtención (diseño) de instalaciones que permitan un nivel como el antedicho con la mínima potencia instalada.

Insistiendo en el punto de vista anterior puede decirse que considerando un nivel de iluminación de $0,5\text{cd/m}^2$ como el mínimo debajo del cual la iluminación puede ser cuestionada en lo referente a la consecución de su objetivo básico de mejorar las condiciones de utilización de calzadas para el tránsito vehicular, es correcto concluir que no es que no se pueda ahorrar sino que no es necesario hacerlo ya que basta con mantener el mínimo nivel durante todo el ciclo de iluminación artificial.

Considerando como un todo el alumbrado público de una ciudad puede decirse que el ahorro diario se da en situaciones localizadas como avenidas importantes; accesos y

zonas céntricas o comerciales, mientras que en zonas residenciales se mantiene durante toda la noche la iluminación mínima.

{Aclaración: considerar el nivel mínimo de $0,5 \text{ cd/m}^2$ se basa entre otras cuestiones en pruebas hechas en el laboratorio al aire libre de Philips en Eindhoven -Holanda- sobre visibilidad establecieron que una iluminación de calzadas de mala calidad ($0,3 \text{ cd/m}^2$) *no da mejores posibilidades de detección que la ausencia total de iluminación*; dichas pruebas consisten en la determinación, por parte del conductor, de peatones vestidos con ropaje color verde, para distintos niveles de iluminación y para alrededores claros y oscuros.}

Considerando las características que debe reunir una norma o recomendación y el hecho de que los niveles de iluminación esperados en la instalación existente coinciden casi exactamente con los recomendados, con lo que se evitaría realizar un estudio sobre bases falsas, se adopta de aquí en adelante como recomendación aplicable la "Recomendación para el alumbrado público en la República Argentina" obtenida en la Asociación Argentina de Luminotecnia (AADL).

4) ANALISIS LUMINOTECNICO DE LA SITUACION ACTUAL Y DE LAS DISTINTAS ALTERNATIVAS CONSIDERADAS

Habiendo identificado algunas estrategias de acción posibles tanto para una instalación existente como para el diseño de una nueva, y conociendo los niveles de iluminación recomendados para el caso particular, es necesario el análisis luminotécnico de la disposición actual para conocer el punto de partida en el intento de reducir el consumo de energía. Además interesa analizar la influencia, en la performance de la instalación, tanto de la variación de la altura de las luminarias como de su disposición, con el objetivo de calificar, por comparación, la disposición existente y de identificar mejoras que puedan ser tenidas en cuenta en futuras obras; la performance varía también con la luminaria utilizada, por lo que observando la influencia de estas también pueden resultar conclusiones útiles.

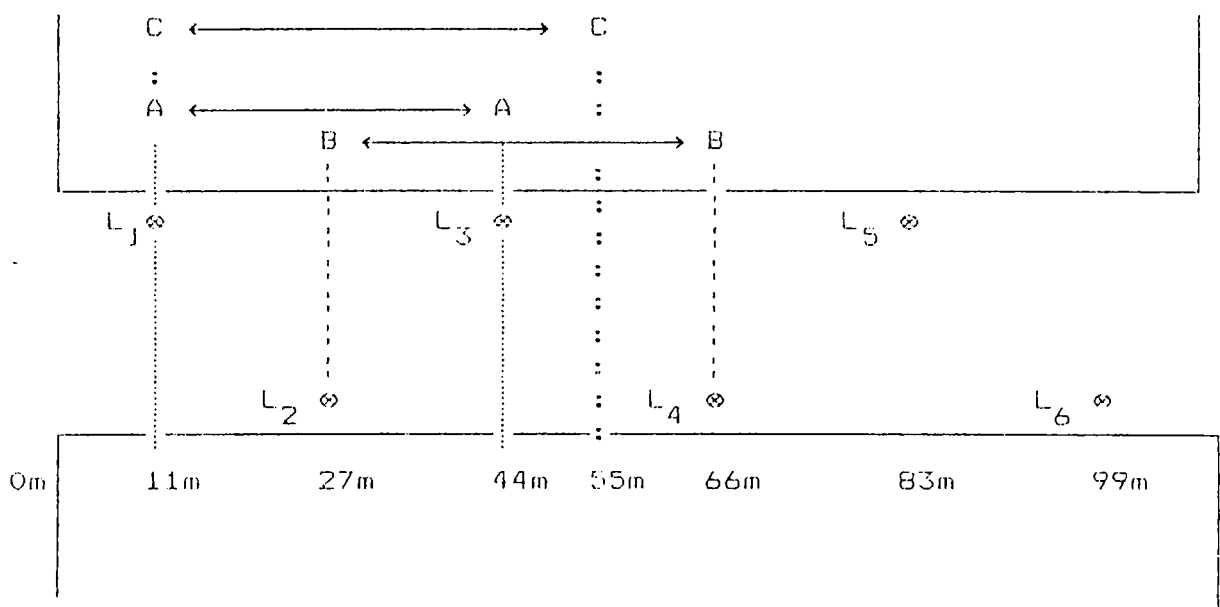
4a. AVENIDA SAN MARTIN

En primer lugar el análisis debe permitir conocer los valores esperados de diseño de la instalación actual, esto con un doble propósito, por un lado determinar el ahorro posible de Φ_L por recategorización de la calzada, y por el otro compararlos con los valores medidos en campo para de esta forma poder estimar un factor de mantenimiento y de balasto más realista y, eventualmente, otros factores que pudieran

incidir en la performance real de la instalación.

Para el análisis es necesario definir la zona de cálculo, esto es el segmento de calzada cuyo estudio permite evaluar la instalación; al respecto la CIE expresa que dicha zona debe cubrir en la dirección longitudinal el espacio entre dos luminarias y en la dirección transversal el ancho de la calzada. Asimismo se indica que en caso de disposición alternada (como la en cuestión) los bordes transversales del campo de cálculo deben colocarse bajo luminarias en el lado izquierdo de la ruta en países con mano derecha de conducción y viceversa.

Para la disposición en tresbolillo con simetría o en disposición enfrentada la cuestión es inmediata, pero en el caso específico la distribución de luminarias no sigue ninguna de las dos variantes antedichas por lo que fue necesario adoptar un criterio que contemple en parte lo expresado por la CIE y por otro lado que la zona divida simétricamente la calzada; la disposición existente es la siguiente:

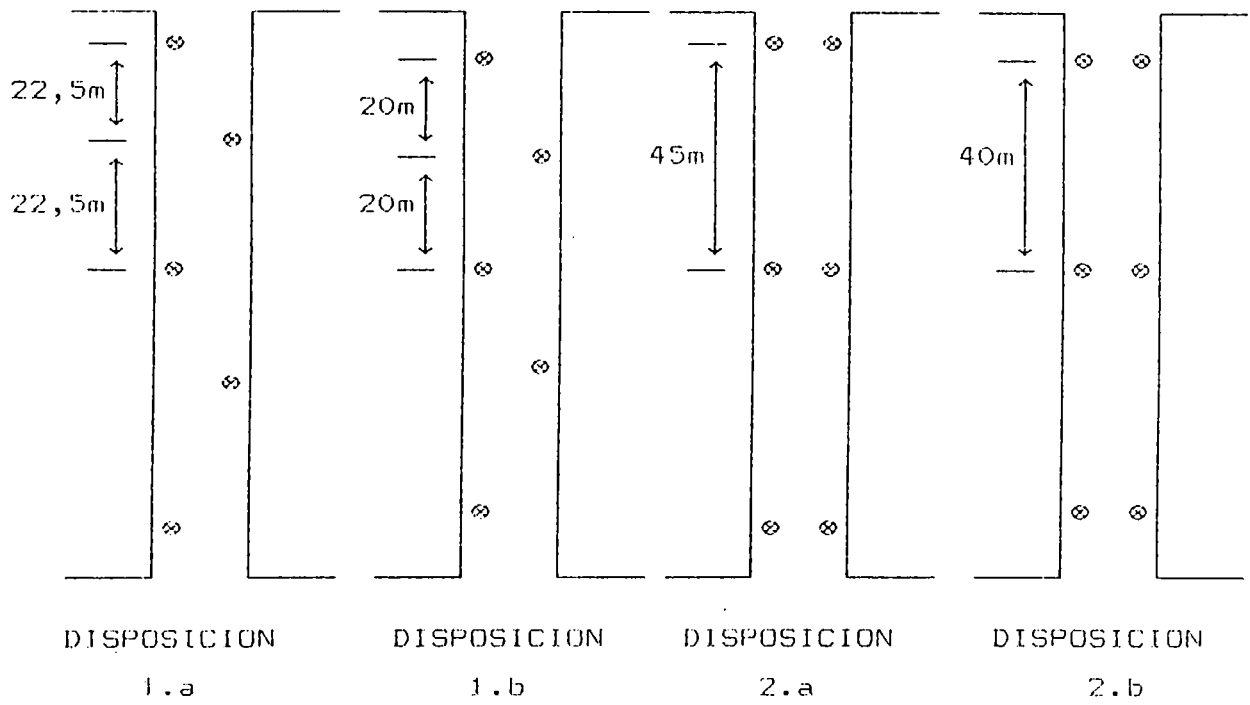


Pueden distinguirse tres zonas de cálculo, las AA y BB siguen el criterio expuesto por la CIE pero son distintas entre sí, por lo que no sería posible obtener cuantificación de la performance de la instalación; la tercera zona (CC) tiene como características que es más larga que las anteriores y además si se toma en consideración la influencia de la luminaria externa a ella (L_4) entonces es una zona simétrica y permite la caracterización de la calzada unívocamente; por lo tanto para el estudio se tomó esta zona.

Puede acotarse que también se simularon las zonas AA y BB y que en todos los casos la zona CC tiene mejor performance que las otras.

Además de la actual se simularon cuatro disposiciones más; dos de ellas en tresbolillo y las otras dos enfrentadas; en lo referente a las primeras el número de columnas por cuadra es cinco, con lo cual se reduce en una la cantidad actual y podría eventualmente permitir un ahorro en inversión en obras futuras; en la disposición enfrentada se utilizan seis luminarias y se intenta ver si con igual inversión es posible mejorar la calidad de la iluminación.

A continuación se muestran las disposiciones estudiadas:



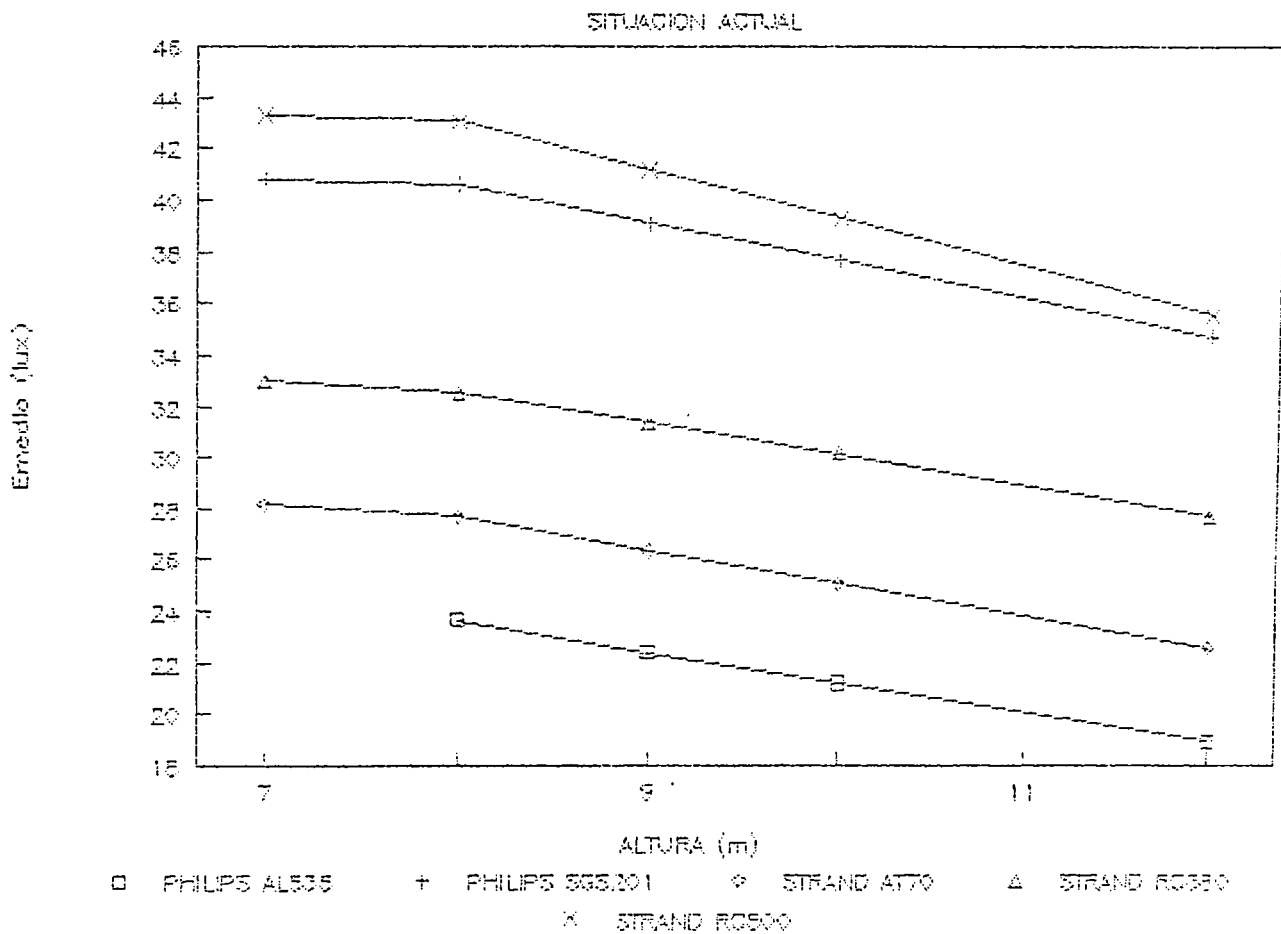
Todas las disposiciones se evaluaron tanto para distintas alturas como para distintas luminarias; las alturas consideradas fueron: 7m.; 8m; 9m; 10m y 12m mientras que las luminarias:

- STRAND RC380 - Lámp. Na 250 W.
- STRAND RC800 - Lámp. Na 250 W.
- STRAND AT70 - Lámp. Na 250 W.
- Philips SGS 201 - Lámp. Na 250 W.
- Philips AL 535 - Lámp. Na 250 W.

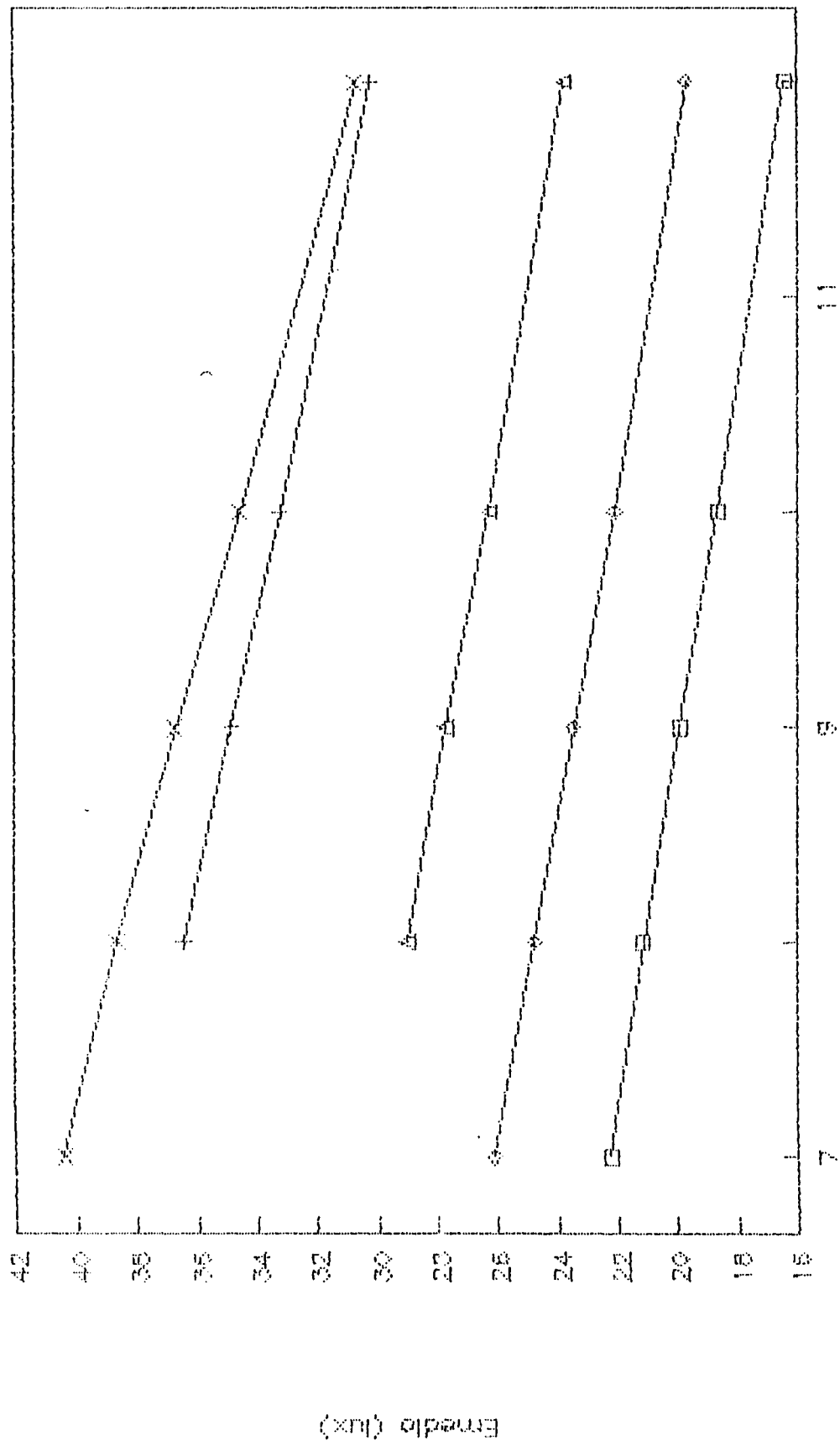
Esto permite observar la influencia de la altura para distintas disposiciones y distintas luminarias; como también la influencia de las luminarias para una dada disposición y una dada altura.

Los resultados específicos de cada simulación pueden encontrarse en el anexo respectivo, aquí sólo se mostrarán gráficos que pongan de manifiesto las distintas variantes.

Por razones de claridad las gráficas sólo se hacen para algunas luminarias y disposiciones.



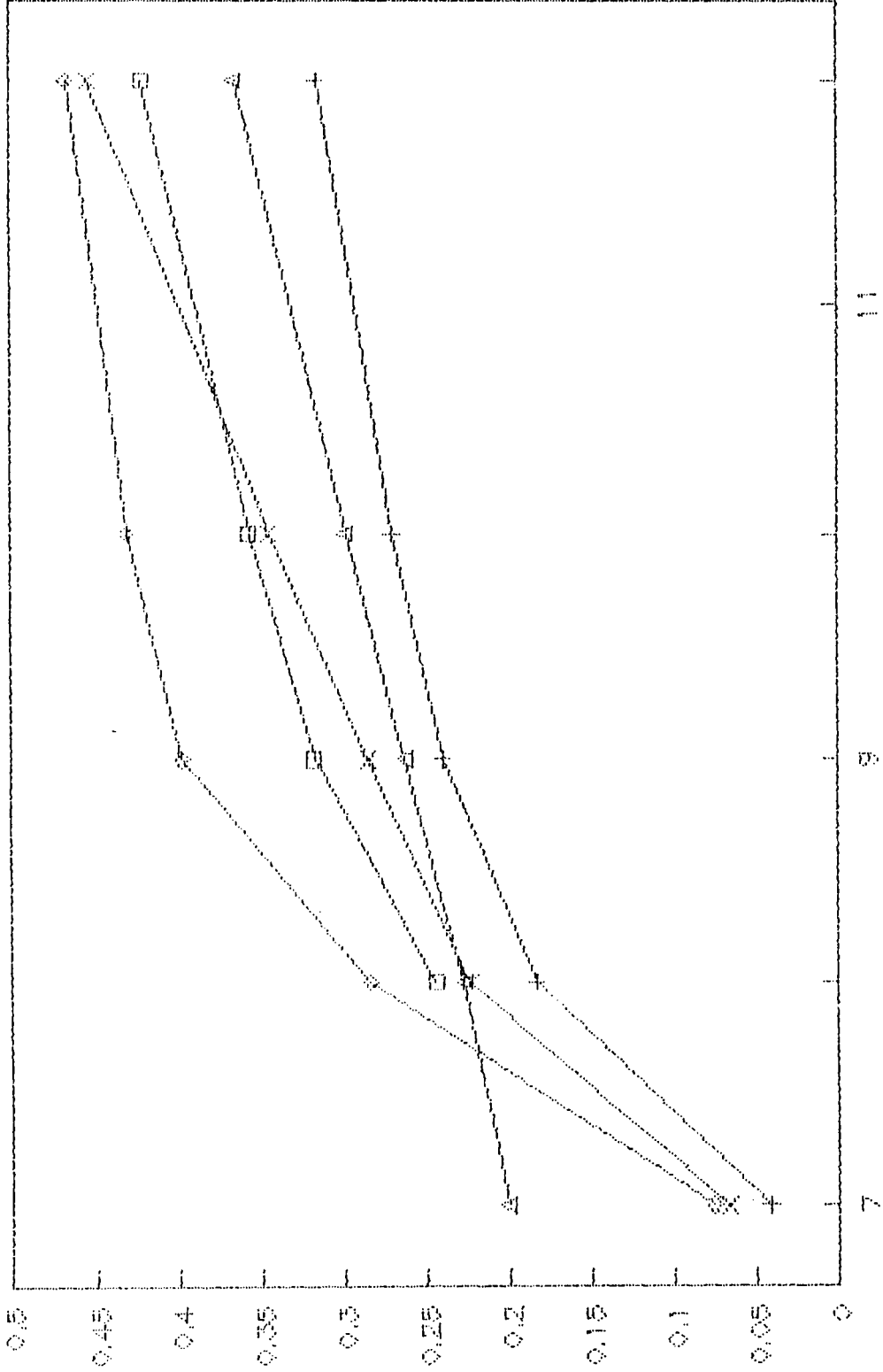
DISPOSICION 1.b



ALTURA (m)

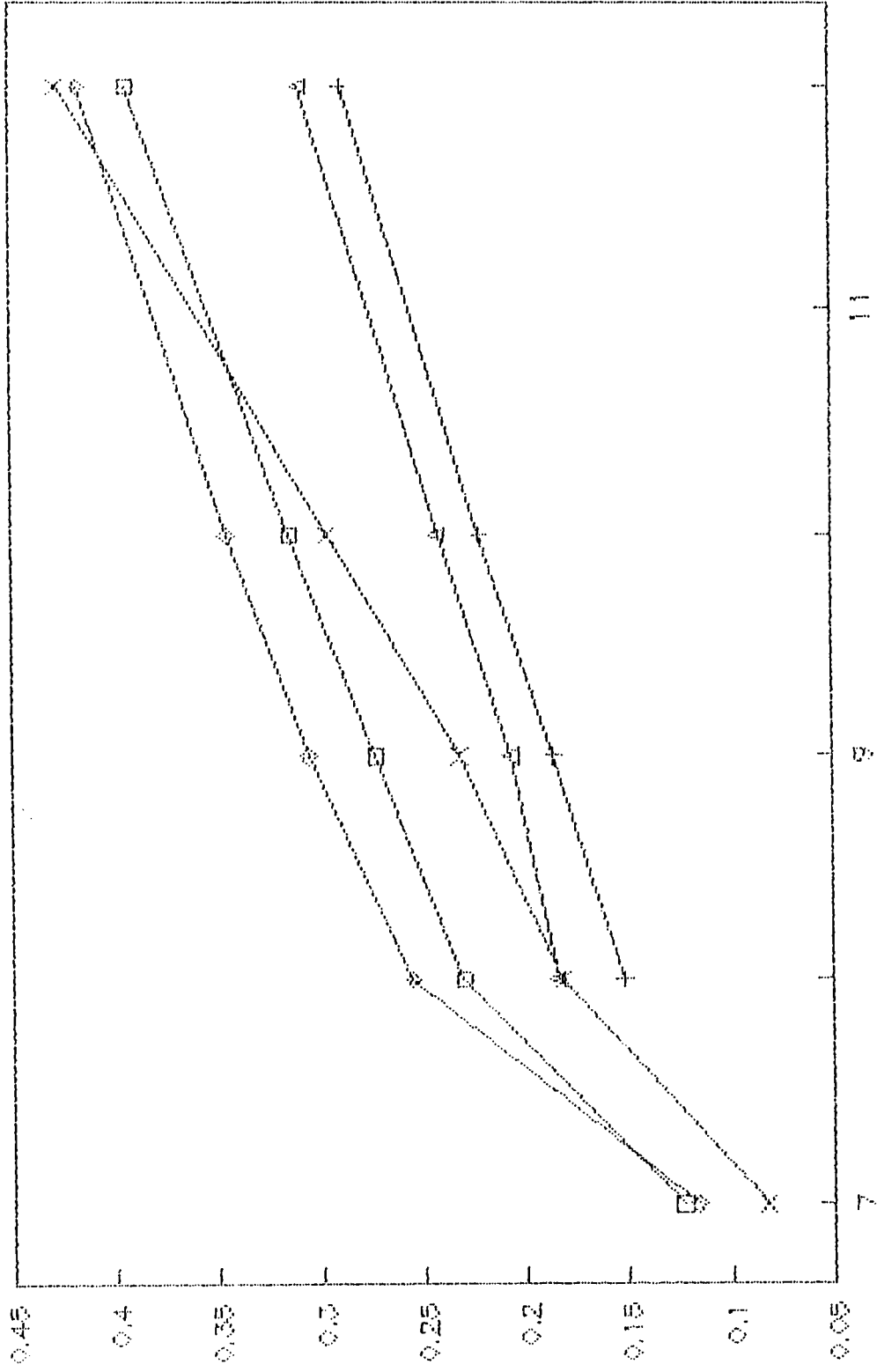
- PHILIPS AL538
- + PHILIPS 505201
- o STRAND AT70
- x STRAND RC380
- Δ STRAND RC500

SITUACION ACTUAL



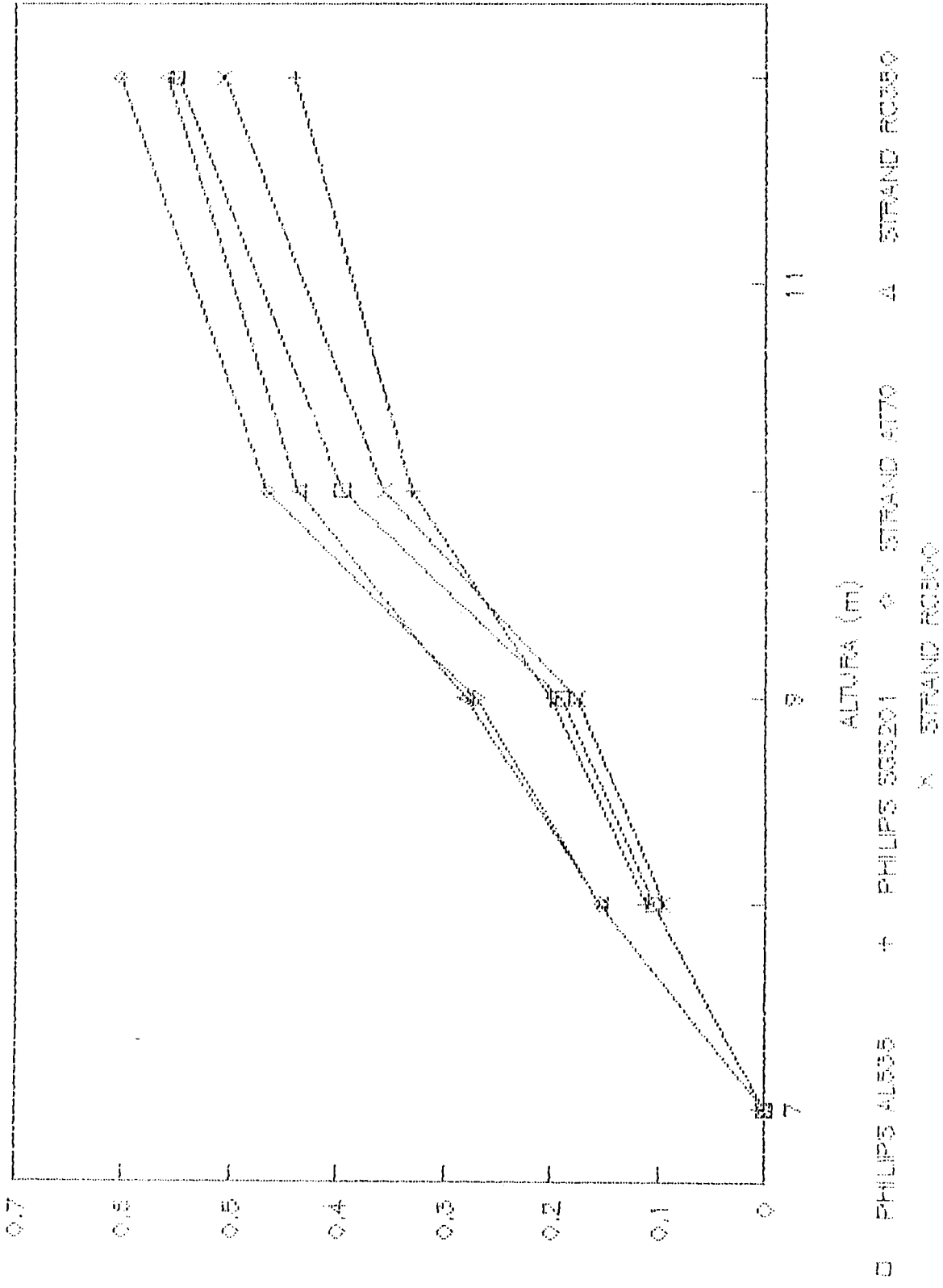
o PHILIPS AL336 + PHILIPS 533201 o STRAND A170 A STRAND RC800
x STRAND RC800

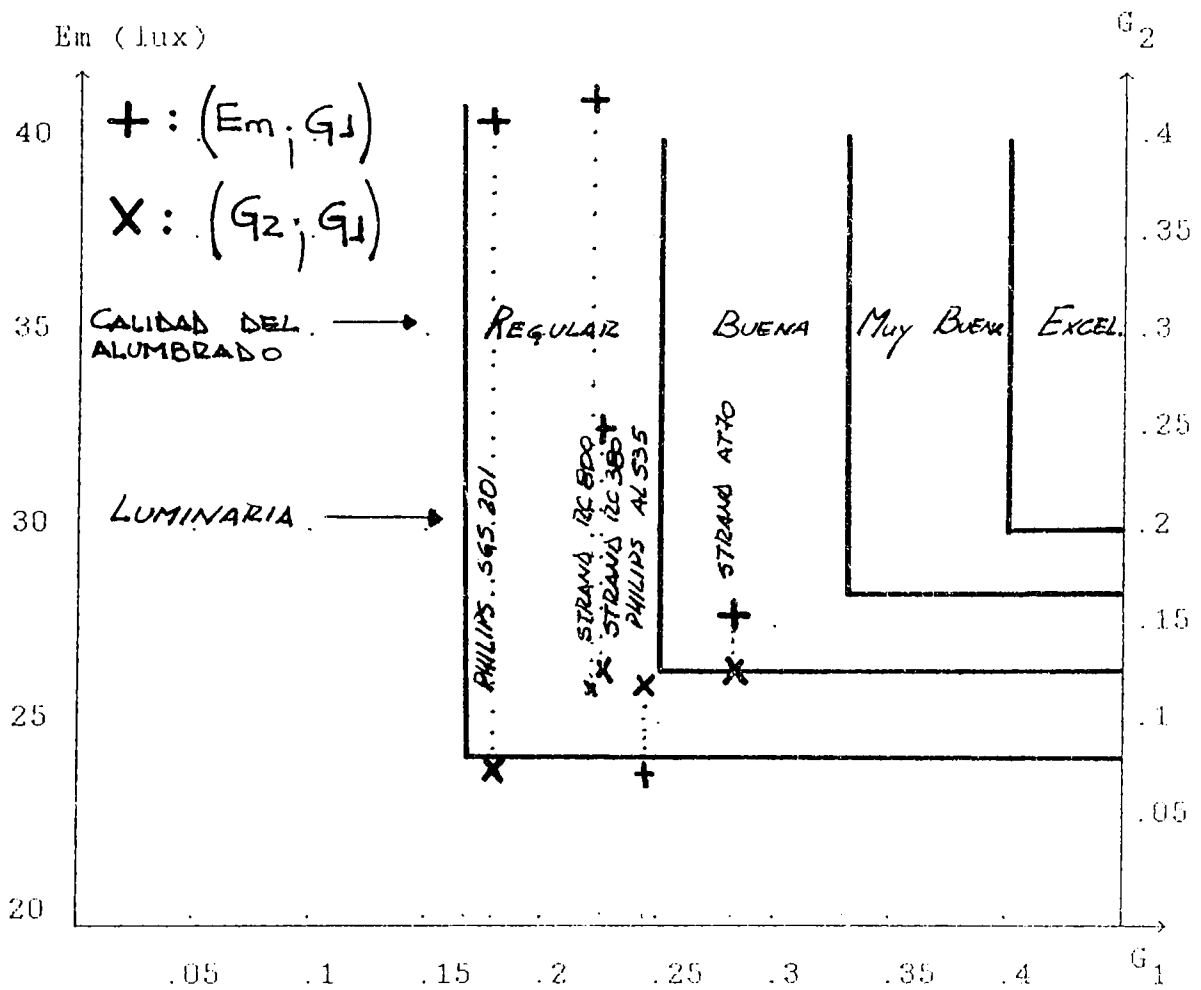
DISPOSICION 1.6



□ PHILIPS AL335 + PHILIPS SG5201 ○ STRAND AT70 △ STRAND RC990
X STRAND RC990

DISPERSION 2 a





DISPOSICION ACTUAL - H=8m

Con referencia a la influencia de la altura en la calidad del servicio (G_1 y G_2) se observa un aumento pronunciado de esta a medida que la altura de la instalación es mayor; es posible concluir que la altura actual de 8m. es la mínima técnicamente aceptable, ya que para alturas menores la calidad del servicio se tornaría mala; asimismo un

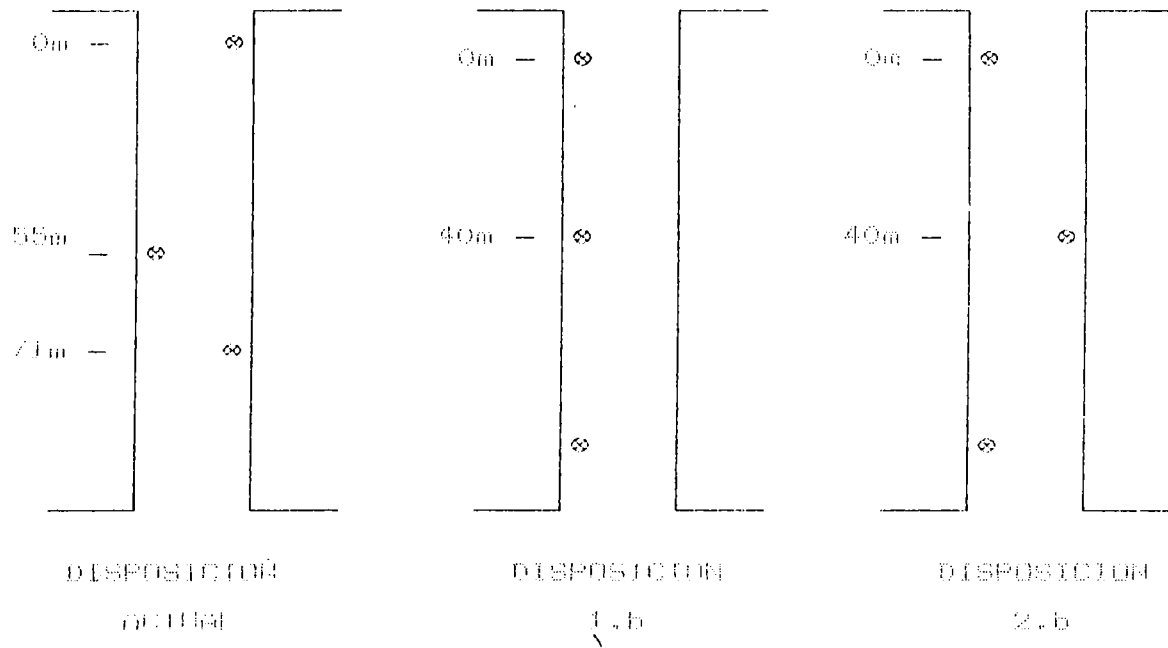
incremento de 1m o 2m de la altura actual mejoraría notablemente la calidad del servicio.

Para todas las luminarias consideradas se observa que el nivel medio de iluminación lógicamente disminuye con la altura, pero es destacable la variación de este (para una dada altura) con la luminaria utilizada, encontrándose aumentos del 50% en el nivel medio variando la luminaria utilizada; esto hace resaltar significativamente la importancia de la elección de la luminaria en el proyecto de alumbrado ya que esto permitiría, sin ningún inconveniente, ahorrar, para el caso específico considerado, una luminaria por cuadra con solo elevar un poco la instalación y elegir adecuadamente la luminaria; también permitiría elevar significativamente el nivel de iluminación con igual cantidad de columnas por cuadra.

De igual forma, se analizó para las disposiciones: actual, 1.b y 2.b la situación que resultaría de apagar lámpara por medio; aquí puede observarse que para una altura de 8m. las disposiciones, con cualquiera de las luminarias utilizadas, entregan un servicio de calidad mala ($G_1=G_2=0$), lo que indica que $E_{\min.}=0$; a medida que la altura sube la situación cambia; para 9m. la disposición 2.b tiene G_1 y G_2 distintos de cero; para 10m. en las disposiciones 1.b y 2.b se observan G_1 y G_2 distintos de cero y recién para 12m. todas lo logran; en esta situación inequívocamente la disposición 2.b es la que mejores resultados brinda y la actual la de peor performance.

En el estudio de esta situación las zonas de cálculo

Figura 1.10 (cont.)

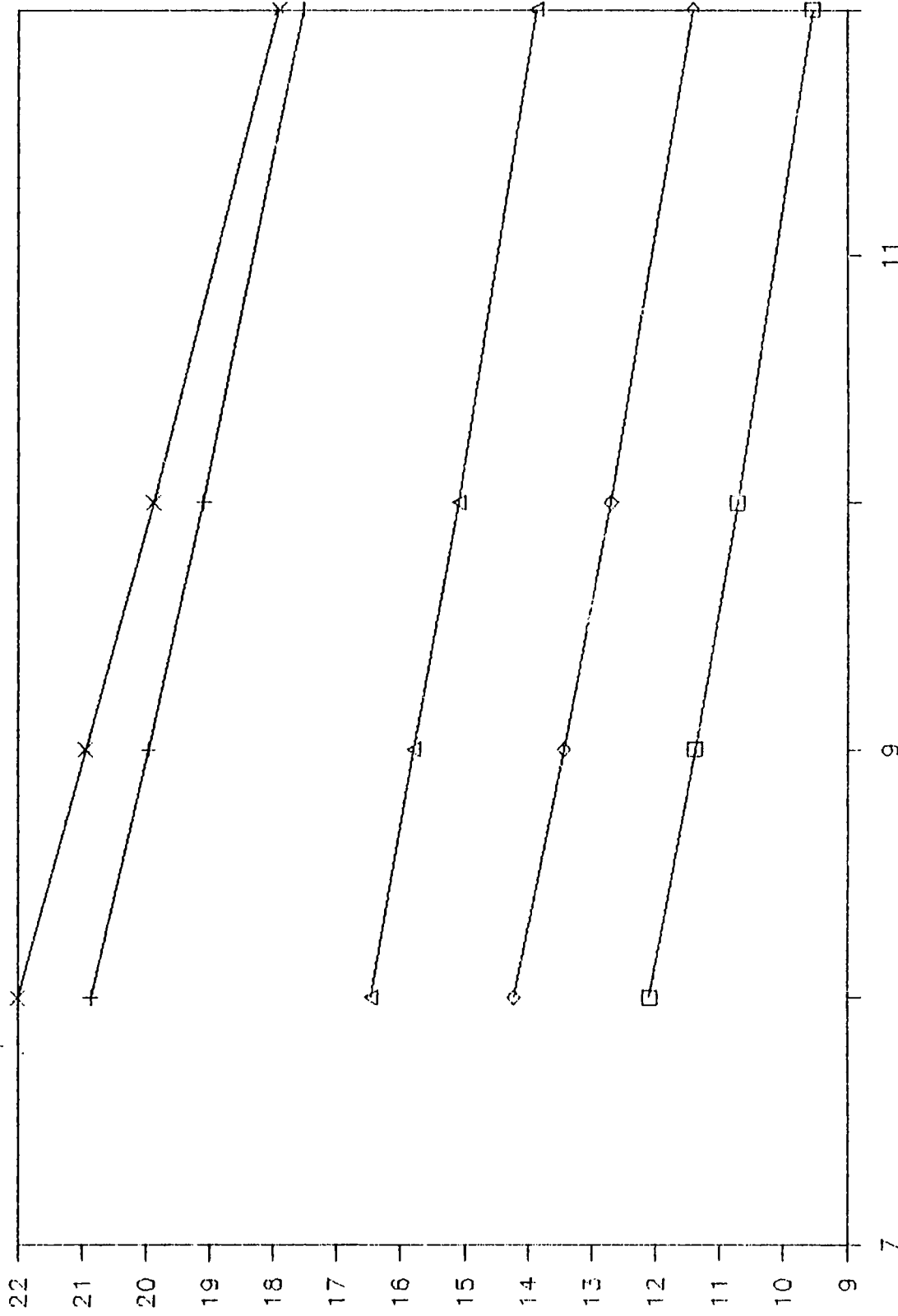


La falta de simetría de la situación actual queda de manifiesto en este caso y esto provoca su peor performance respecto de las otras disposiciones que conservan la simetría.

A continuación se muestran las gráficas que dan cuenta de lo anterior:

ILUMINACION LAMPARA POR MEDIO

DISPOSICION ACTUAL - AVDA. SAN MARTIN



ALTURA (m)

+ SGS - 201

◇ AT - 70

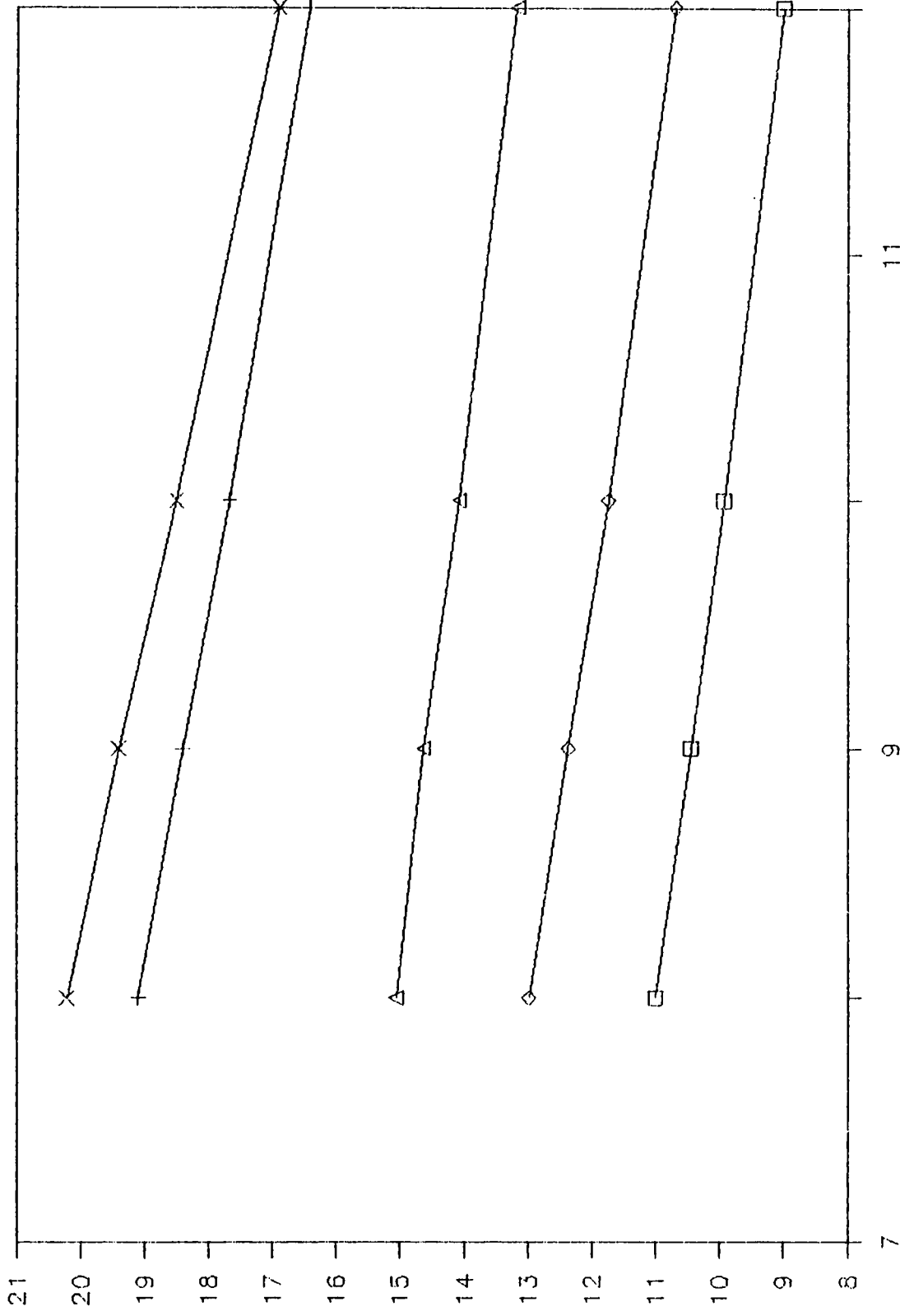
△ RC - 380

× RC - 800

□ AL - 535

ILUMINACION LAMPARA POR MEDIO

DISPOSICION 1.b - AVDA. SAN MARTIN



ALTIMETRIA (m)

RC - 800

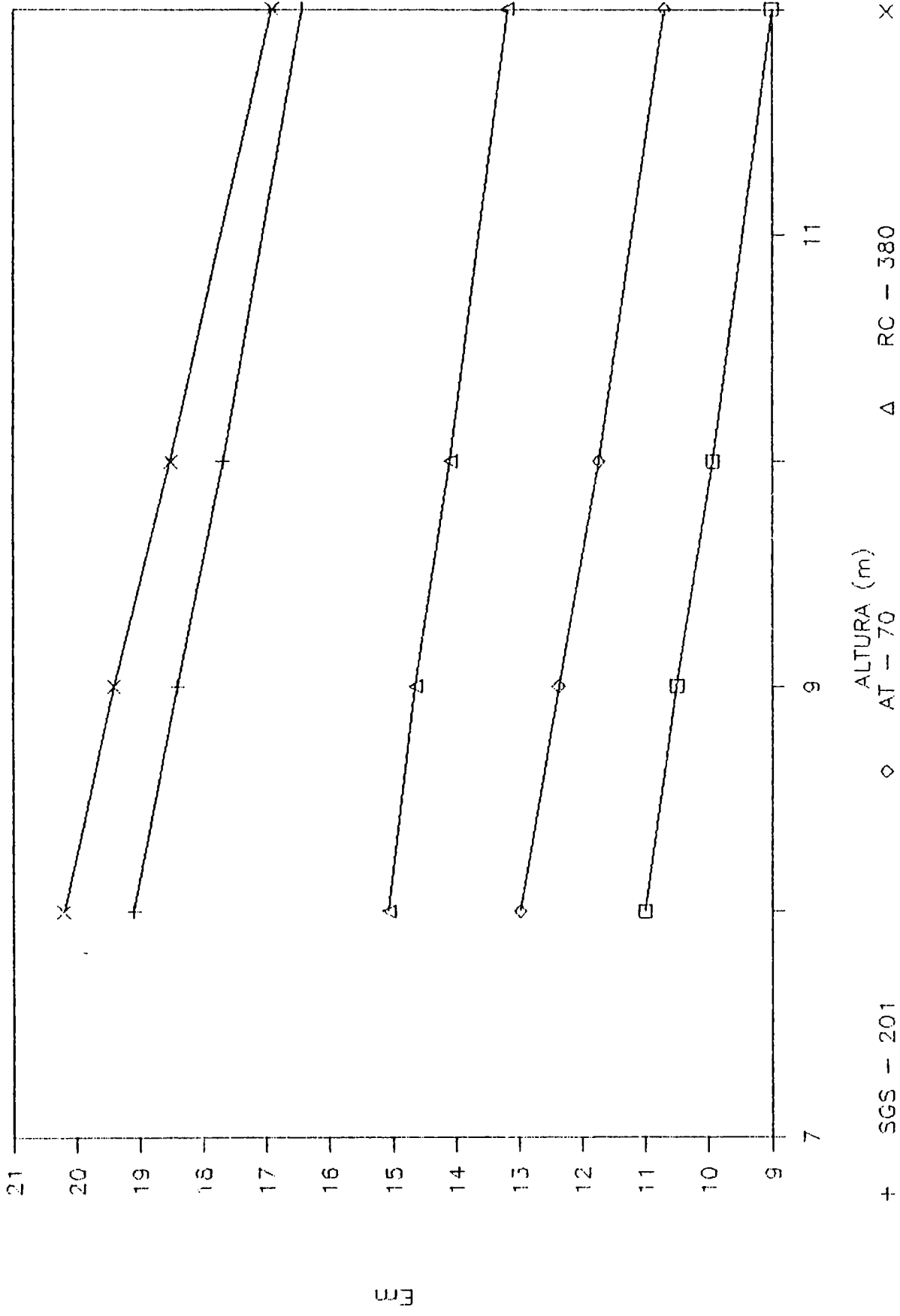
RC - 380

SGS - 201

AL - 535

ILUMINACION LAMPARA POR MEDIO

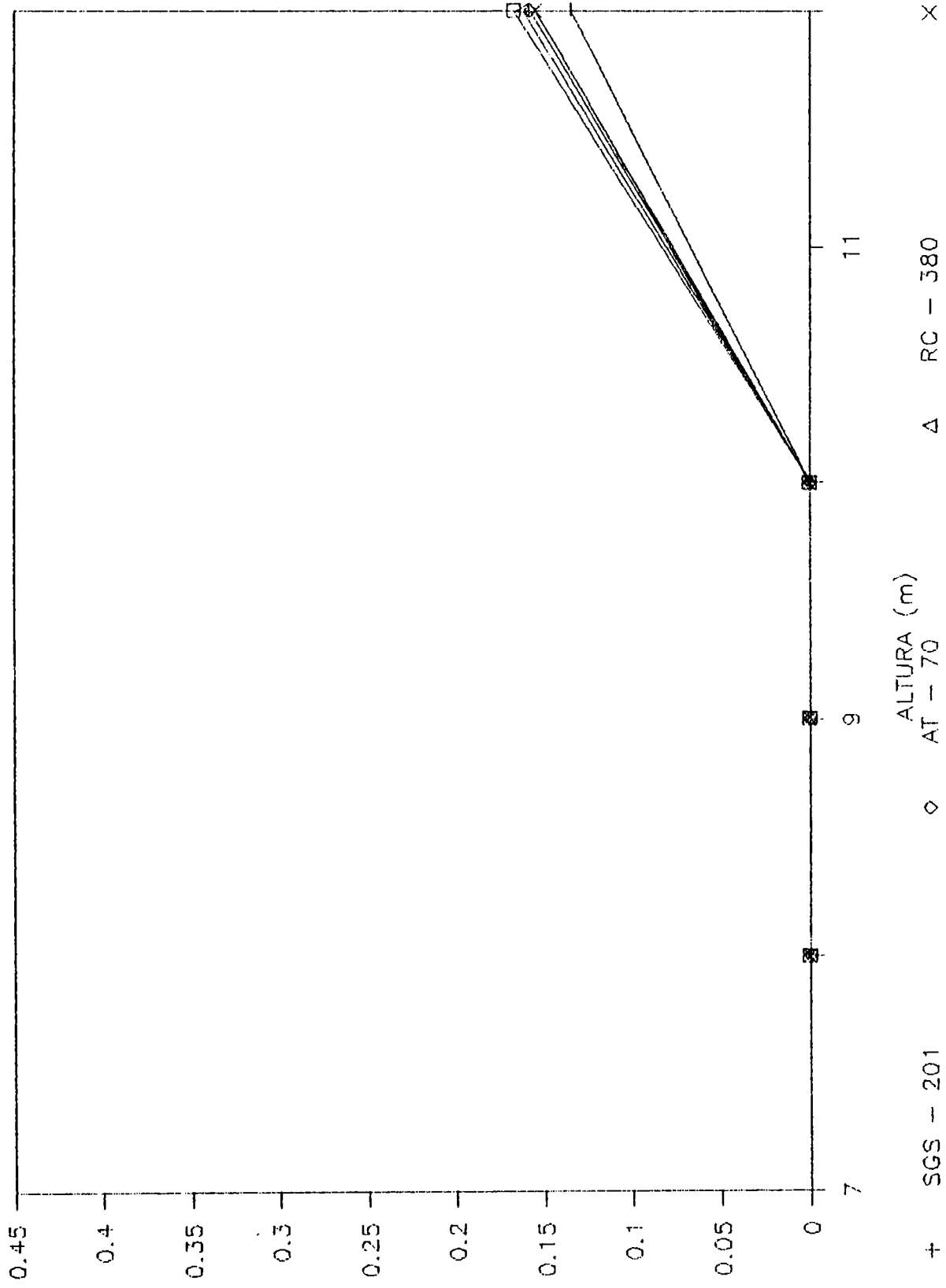
DISPOSICION 2.b - AVDA. SAN MARTIN



□ AL-535

ILUMINACION LAMPARA POR MEDIO

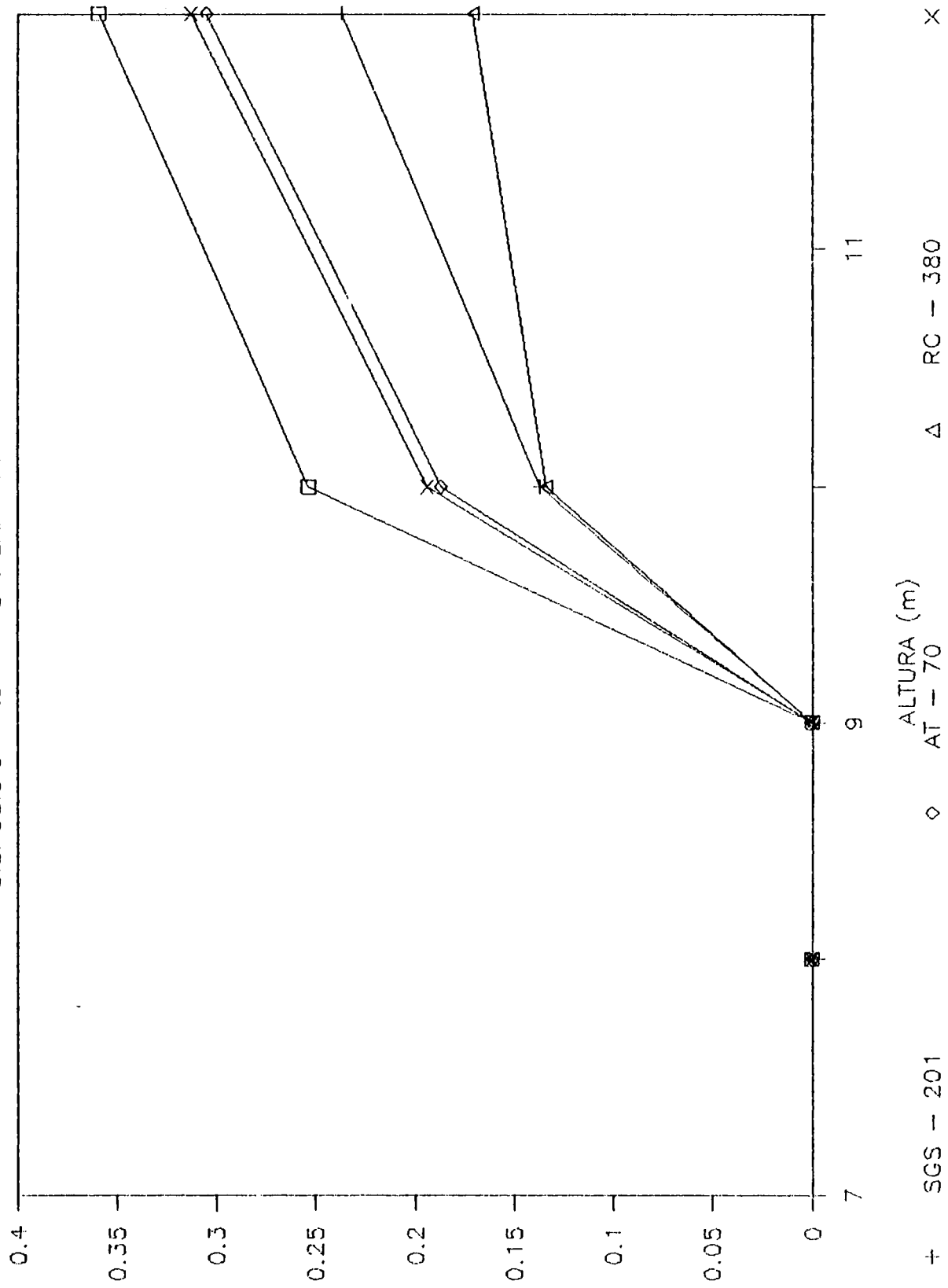
DISPOSICION ACTUAL - AVDA. SAN MARTIN



□ AL - 535

ILUMINACION LAMPARA POR MEDIO

DISPOSICION 1.b - AVDA. SAN MARTIN



ALTIMETRA (m)

◇ AT - 70

+ SGS - 201

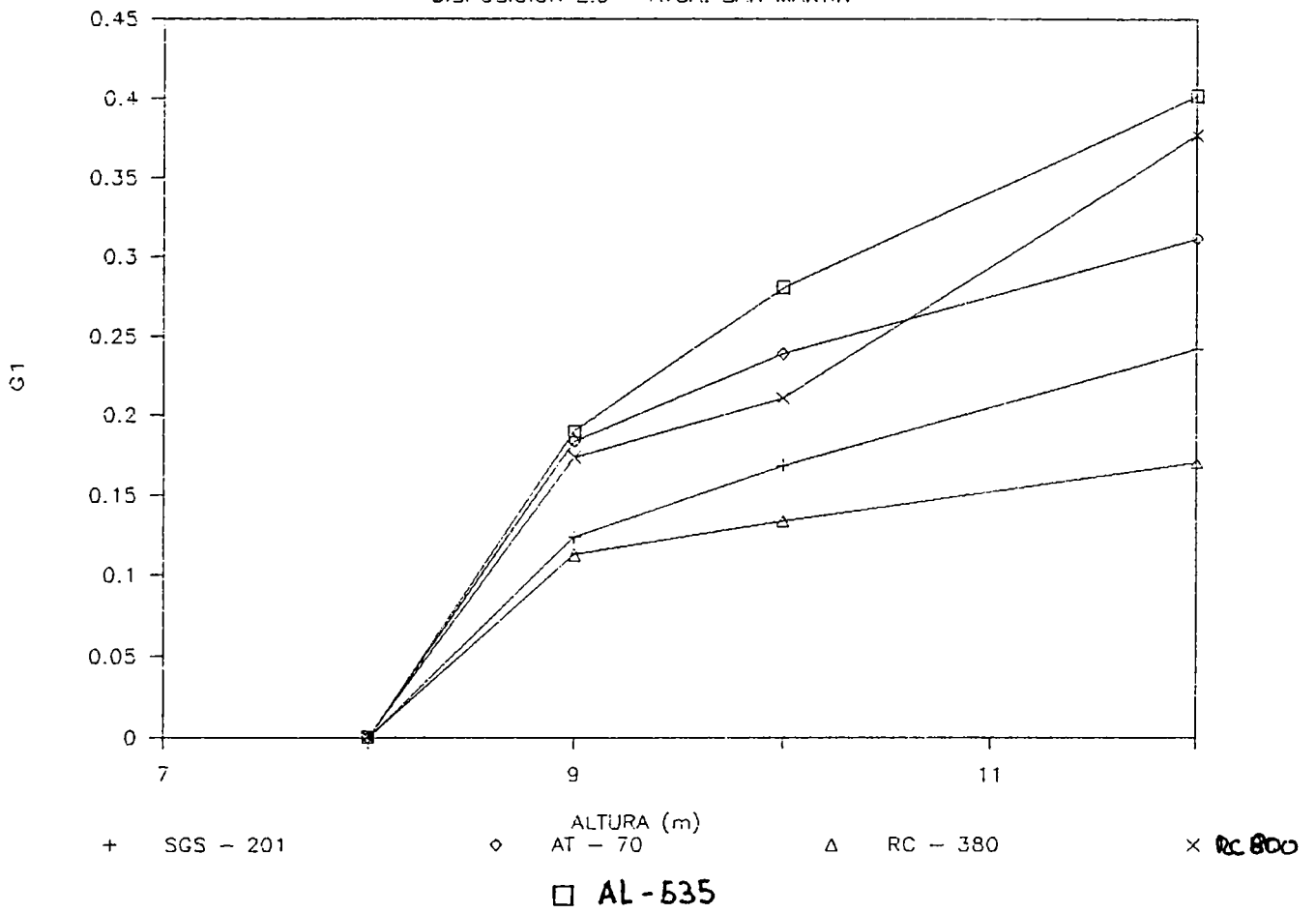
△ RC - 380

□ RC - 800

□ AL - 535

ILUMINACION LAMPARA POR MEDIO

DISPOSICION 2.b - AVDA. SAN MARTIN



De las gráficas puede observarse que si bien la

disposición actual tiene mayor valor medio (Em.) de iluminación, su calidad (G_1 y G_2) es peor que las otras disposiciones; además es de resaltar la casi total coincidencia entre los valores medios de iluminación correspondientes a las disposiciones 1.b y 2.b (para una misma luminaria); mientras que la disposición 2.b (con una luminaria más por cuadra) tiene una mejor calidad de servicio

Es de destacar que si el objetivo fuera apagar lámpara por medio durante las horas de menor tránsito, el nivel que debería obtenerse sería el correspondiente a $0,75 \text{cd/m}^2$ lo que equivale a un nivel medio de aproximadamente 20 lux, lo que sólo se lograría para una luminaria y en las restantes se está muy lejos de lograr eso performance.

4b. CALLES RESIDENCIALES

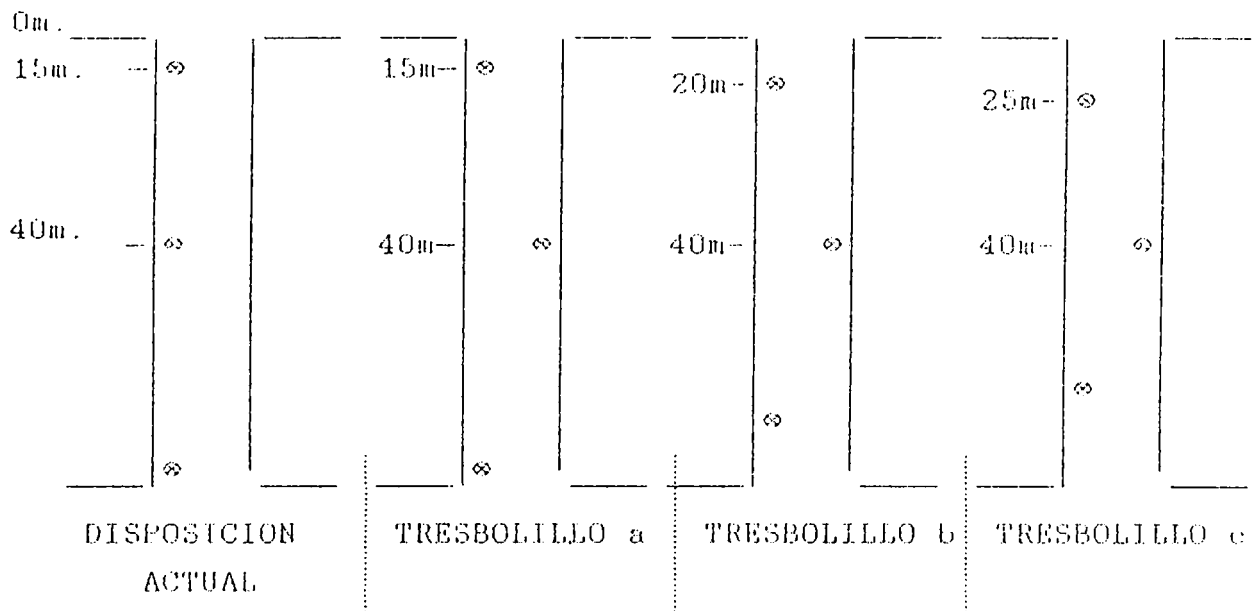
Con similares objetivos que en el caso anterior en lo referente a conocer los valores esperados de diseño de la instalación actual para poder estimar el ahorro factible de Φ_L y, además, compararlos con los valores medidos se procedió a la simulación de la instalación en calles residenciales.

No obstante lo antedicho, y teniendo en cuenta la posibilidad, surgida del análisis de las diferentes recomendaciones, de mantener un nivel mínimo de iluminación de aproximadamente $0,5 \text{cd/m}^2$ durante todo el ciclo diario, se analizó la posibilidad de utilización de lámparas de vapor de mercurio de 250 W. y de vapor de sodio de 150 W. en diferentes

luminarias; en este caso la reducción de potencia instalada es significativa y puede llegar a resultar de gran interés.

Además se analizó la disposición en tresbolillo con la intención de observar la variación en la calidad del alumbrado y considerar la factibilidad de apagar una lámpara de las tres que existen por cuadra.

Las disposiciones analizadas, junto con las zonas de estudio se muestran a continuación:



Obviamente al acercar las luminarias en la disposición en tresbolillo la calidad de la iluminación aumentará, pero en las esquinas disminuirá; por lo que el límite de acercamiento lo dará la situación en las esquinas.



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE ELECTROTECNICA
BIBLIOTECA
LA PLATA

La comparación de performances se dividirá en dos partes; por un lado la disposición y la denominada Tresbolillo a , que en lo referente a las esquinas son idénticas; y por otro lado la comparación entre las disposiciones Tresbolillo b y Tresbolillo c.

Las luminarias y lámparas simuladas fueron:

PHILIPS HGS-201 HG-250 W

PHILIPS AL-535 HG-400 W y NA-250 W

PHILIPS AL-561 HG-400 W

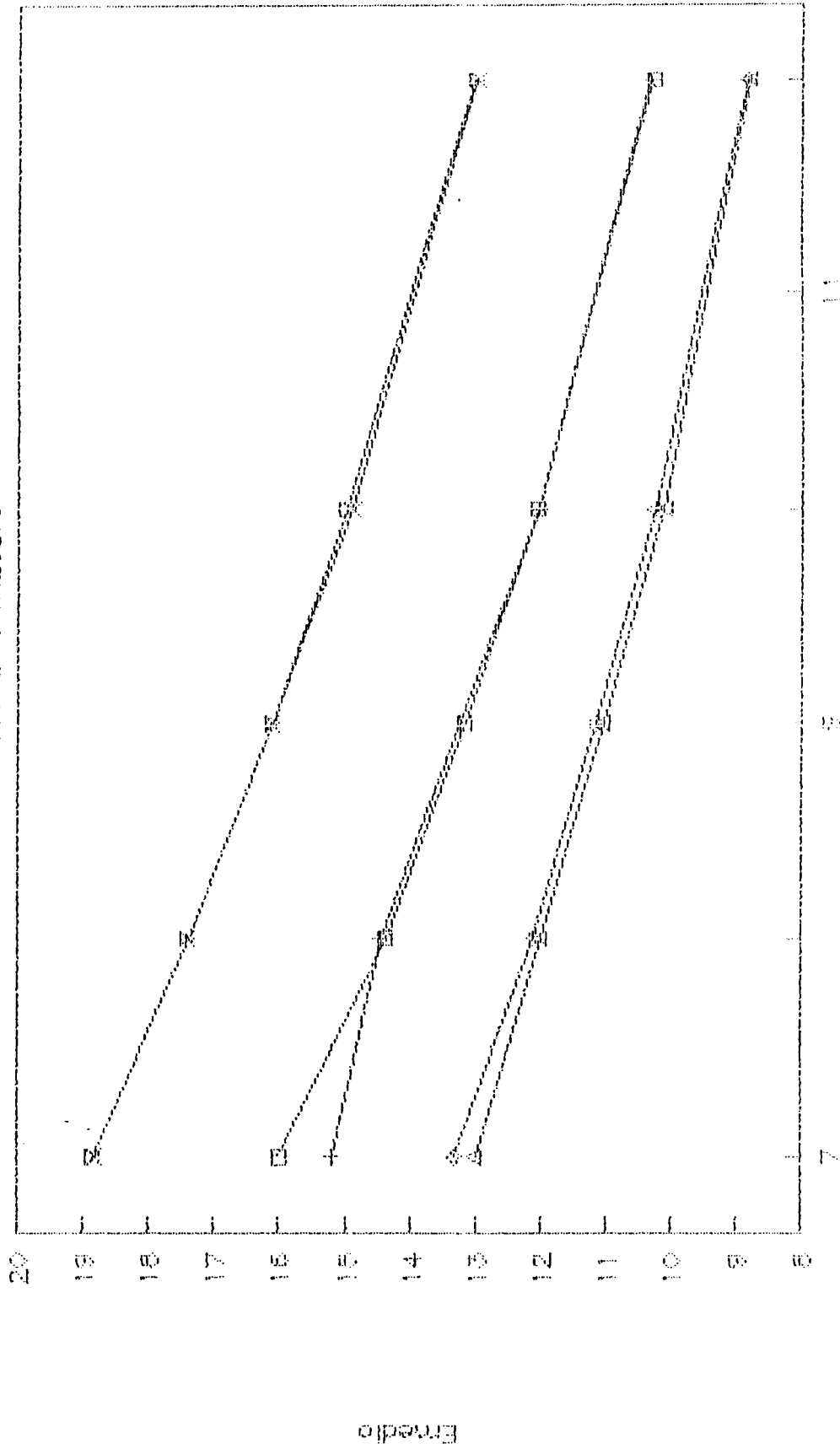
STRAND AT-70 NA-150 W

STRAND RC-380 NA-150 W

Por lo tanto para la primera de las comparaciones se tiene:

COMPARACION NIVELES MEDIOS

DISP. ACTUAL vs TRESBIA



CANTIDAD

- AL335 DISP. ACTUAL △ AL335 TRESBIA
- H03201 DISP. ACTUAL △ H03201 TRESBIA
- AT70 DISP. ACTUAL △ AT70 TRESBIA

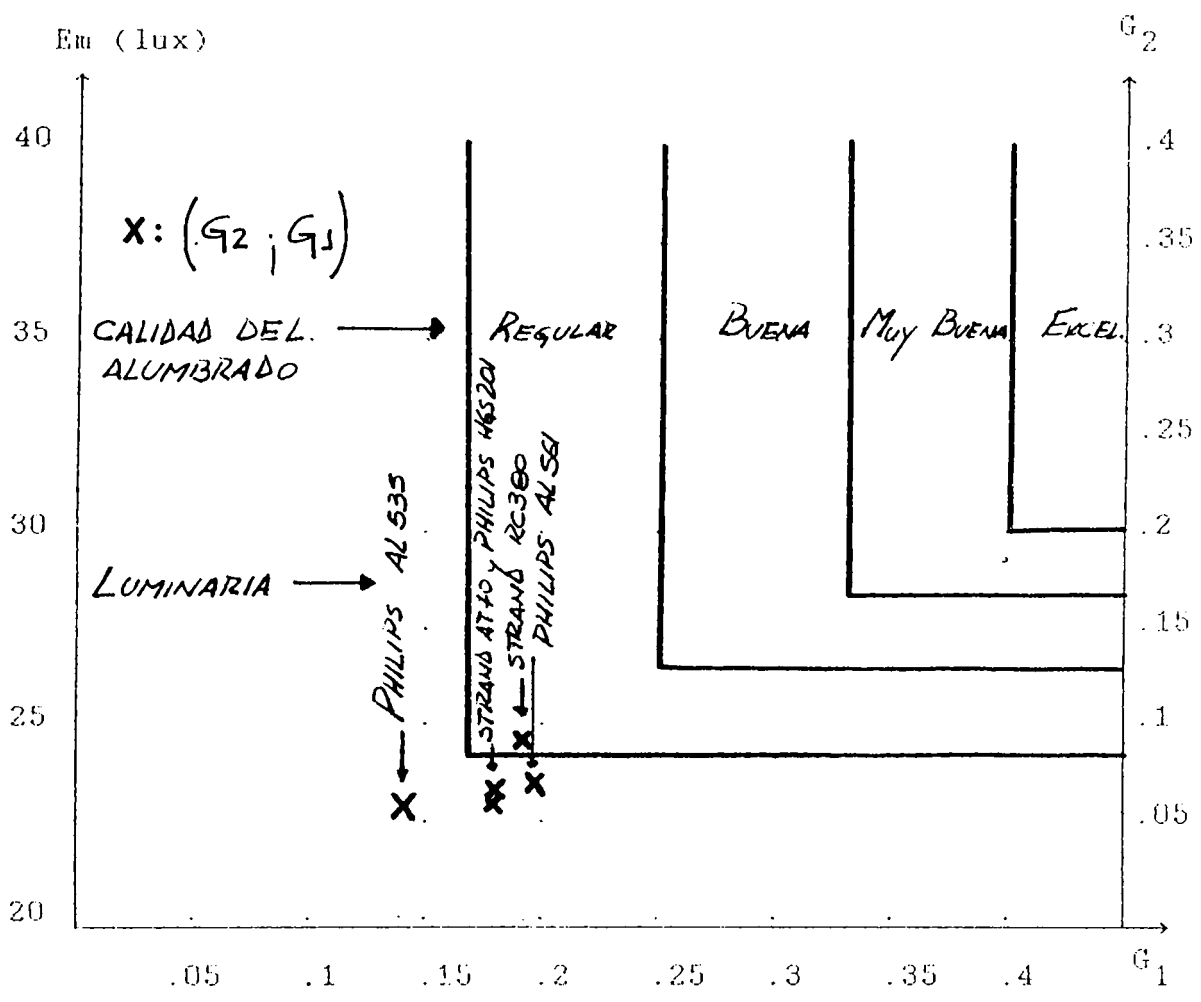
COMPARACION INDICE G1

DISP. ACTUAL VS TRESB.º



ALTURA

A ATTO DISP. ACTUAL V H05201 DISP. ACTUAL X H05201 TRESB.º



SITUACION ACTUAL - H= 8m.

De aquí puede verse que los niveles de iluminación media son prácticamente iguales para cualquiera de las luminarias en las dos disposiciones consideradas; que es posible conseguir niveles de iluminación de aproximadamente 10 luxen servicio con lámparas de sodio de 150 W. con las luminarias adecuadas; es preciso señalar que al simular la luminaria STRAND RC380 con este tipo de lámparas dió niveles de iluminación muy similares a la PHILIPS AL535 con lámparas de vapor de mercurio de 400 W.; también es de remarcar que la lámpara de mercurio de 250 W. tiene menos flujo luminoso que la de sodio de 150 W. por lo que con una luminaria más eficiente (PHILIPS HGS201) podría elevarse el nivel de iluminación respecto del actual.

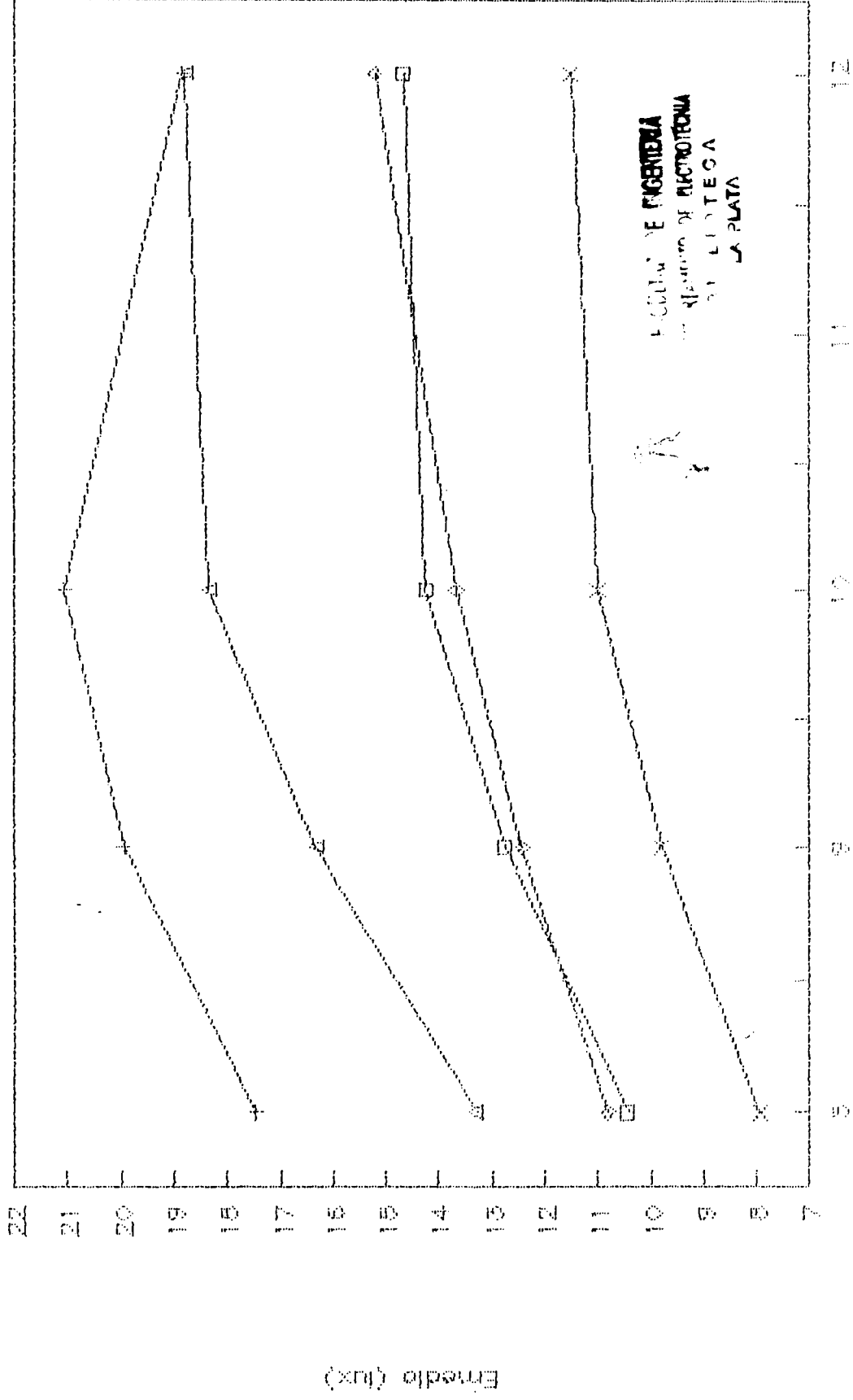
En lo referente a la calidad del alumbrado se observa una mejora en la disposición en tresbolillo pero esta no es de gran magnitud.

También es importante resaltar que la calidad del servicio actual es regular o mala para las distintas luminarias consideradase, la causa de esto es la altura de 8m. a la cual se encuentran ya que nuevamente la elevación de la calidad es notoria para alturas algo mayores.

A continuación se grafican los niveles de iluminación medios (E_m) en la esquina, correspondiente a estas configuraciones; la calidad del alumbrado en esa zona es excelente ($G_1 \geq 0,6$) y por lo tanto no se graficará; la particularidad de esta gráfica estriba en que el nivel medio *aumenta con la altura de las luminarias*, a diferencia de todos los otros casos.

ILUMINACION ESQUINAS

DISPOSICION ACTUAL



ESCUELA DE INGENIERIA
 DE ALUMNOS DE ELECTROTECNIA
 DE LA UDELAR
 LA PLATA

ALTURA (m)

□ AL-535 + AL-551 ▲ HGS-201 X RG-360 X STRAND AT-70

Con referencia a las disposiciones Tresbolillo b y c, del análisis conjunto de la situación en la calzada y en las esquinas se puede observar que:

a) acercar 10m. entre sí las dos columnas que están en una misma vereda (Tresbolillo b) mejora, en el segmento central de la cuadra, notablemente la calidad del alumbrado (G_1) pero no aumenta sustantivamente el nivel medio de iluminación, mientras que provoca una disminución importante del nivel y calidad del alumbrado en las esquinas, por ejemplo si $H=8m$ el nivel disminuye a $1/3$ del correspondiente a la situación actual, y si $H=12m$ el nivel disminuye a la mitad.

b) acercar 20m entre sí las luminarias (tresbolillo c) es imposible debido a que en las esquinas, si las alturas son 8m o 9m, el nivel medio cae prácticamente a cero; si $H=10m$ o $12m$ la reducción respecto de la disposición actual es del 66% aprox.

c) aún cuando se acercaran 10m las luminarias, al apagar la lámpara central en la disposición en tresbolillo, en todos los casos (excepto en uno) y para todas las alturas se tiene $G_1=G_2=0$, por lo que la calidad de la iluminación es mala.

d) la única excepción a lo anteriormente expresado corresponde a la luminaria PHILIPS HGS 2011a cual,

a diferencia de las demás, es de un diseño distinto ya que el vidrio protector es liso y no interviene en la distribución del haz luminoso, lo cual se logra desde la parte superior de luminaria. Esto es una muestra más de como la elección de la luminaria es determinante en el proyecto de alumbrado y de como esto hace factible soluciones imposibles de lograr con otras.

Como conclusión, respecto a la iluminación en calles residenciales, se puede decir que si bien la calidad del alumbrado aumenta con la disposición denominada Tresbolillo a ese aumento no es de gran significación; y que con una adecuada de lámpara y luminaria es factible, en una nueva instalación, mejorar significativamente tanto el nivel de iluminación en las esquinas como la calidad, conservando el nivel mínimo en el centro de la cuadra, elevando la altura de las luminarias.

5) COMPARACION ENTRE NIVELES MEDIDOS Y ESPERADOS

Es importante llegado este a punto tratar al menos suscintamente la cuestión del nivel de iluminación que se obtendrá en servicio; hasta aquí todos los cálculos expresan los niveles teóricos de diseño, pero no tienen en cuenta ninguno de los factores que afectan la performance de las instalaciones, debido a esto los niveles reales de iluminación diferirán de los teóricos de diseño en forma más o menos notable según el caso.

Tres son los factores claves a tener en cuenta en este problema, a saber:

- a) Suciedad de lámparas y luminarias
- b) Depreciación del flujo luminoso de las lámparas
- c) Calidad del balasto y características del circuito eléctrico asociado

Con referencia a los dos primeros suele considerarse, para luminarias limpias y reemplazo de lámparas al término de su vida útil (que es cuando su flujo luminoso disminuye aproximadamente un 30% respecto del inicial), un factor de depreciación luminosa que cuantifica la elevación del nivel de diseño respecto del nivel esperado en servicio; este factor es tomado generalmente como 1,3; por lo

que se tendrá:

$$E_{m. \text{ diseño}} = 1,3 E_{m. \text{ servicio esperado}}$$

Con respecto al tercer factor es clave la política de compras de la empresa, ya que la calidad y el precio siempre van relacionados; en este sentido es de destacar que aún los balastos con sello IRAM pueden provocar una reducción de casi el 10% de la potencia entregada a la lámpara ya que este certificado se otorga cuando el balasto ensayado entrega más del 92,5% de la potencia que entrega el balasto patrón, la situación puede ser aún mas problemática con balastos que no posean dicho sello.

Para un tratamiento algo más extenso de estas cuestiones y la comparación entre niveles medidos y esperados dirigirse al anexo correspondiente.

6) DETERMINACION DE LOS AHORROS DE ENERGIA CORRESPONDIENTES A LAS DISTINTAS ALTERNATIVAS ANALIZADAS

El objetivo de este punto es cuantificar el ahorro de energía que podría lograrse en cada una de las alternativas consideradas.

El caso concreto analizado corresponde a una instalación existente; por lo cual las alternativas serán, reducir la potencia instalada mediante la utilización de lámparas de mayor eficiencia o reducir el flujo a partir de determinada hora de la noche mediante la colocación de dimmers o reactancias. También se analizará el ahorro correspondiente al apagado de la mitad de las lámparas a partir de cierta cantidad de horas de encendido del sistema de alumbrado.

Para el análisis se considera un tiempo de utilización del alumbrado de 4000hs/año, lo que implica un período diario de aproximadamente 11hs. que se tomará desde las 20hs. a las 07hs. del día siguiente como lapso característico, si bien en invierno es algo mayor y en verano menor.

Para el análisis de la recategorización de calzadas durante la noche se tomaron dos bandas horarias, las que se explicitan a continuación:

1. Situación de tráfico intenso, iluminación máxima → de 20 a 24hs.
2. Situación de tráfico reducido, iluminación

reducida → de 00 a 07hs.

Esta adopción pretende representar un período típico de 11hs. que puede ser diferente en la realidad; no obstante tiene la ventaja de tomar un lapso de energía de picobastante pequeño por lo que beneficia en el análisis económico a las alternativas de regulación del flujo respecto de las de recambio de lámparas; estas últimas se beneficiarían si el lapso de energía de pico fuera más amplio.

6a. AVENIDA SAN MARTIN

La disposición actual de las luminarias PHILIPS AL-535 equipadas con lámparas de sodio de 250 W. son el punto de partida y su prestación está caracterizada por:

$$E_{m. \text{ diseño}} = 23.7 \text{ lux}$$

$$E_{m. \text{ serv. esp.}} = 18.2 \text{ lux}$$

$$G_1 = 0.244$$

$$G_2 = 0.12$$

El nivel de servicio esperado coincide exactamente con el recomendado (1 cd/m^2) y la calidad puede considerarse como buena

a₁) Regulación del flujo luminoso (Φ_L)

En momentos de menor tránsito la recomendación indica $l_m = 0.75 \text{ cd/m}^2$ lo que se corresponde con $E_m = 13.5 \text{ lux}$ por lo cual podrá obtenerse una reducción de Φ_L del orden de:

$$\text{reduc. } \Phi_L = 1 - 13.5/18.2 = 25.8 \%$$

lo que equivale aproximadamente a una disminución de la potencia de la lámpara del:

$$(1 - 0.802) \times 100 = 19.8 \%$$

De lo anterior se puede calcular el ahorro diario de energía como sigue:

$$\text{Ahorro diario} = \frac{11\text{hs/día } P_n - (4\text{h/d } P_n + 7\text{h/d} \times .802 \times P_n)}{11\text{hs/día } P_n}$$

$$\text{Ahorro diario} = 12.6 \%$$

a₂) Apagado lámpara por medio

En este caso obtenemos de la correspondiente simulación los siguientes resultados:

$$E_{m. \text{ diseño}} = 12.1 \text{ lux}$$

$$E_{m. \text{ serv. esp.}} = 9.3 \text{ lux}$$

$$G_1 = 0$$

$$G_2 = 0$$

Por lo que el nivel medio es sustancialmente menor al recomendado para lapso de menor tránsito y la calidad del servicio es mala.

No obstante lo anterior puede determinarse el eventual ahorro de energía, que sería:

$$\text{Ahorro diario} = \frac{11\text{hs/día } P_n - (4\text{h/d } P_n + 0.5 P_n 7\text{h/d})}{11\text{hs/día } P_n}$$

$$\text{Ahorro diario} = 32 \%$$

a₃) Recambio de lámparas y/o luminarias

Si bien en el capítulo correspondiente al análisis luminotécnico se puede apreciar claramente la factibilidad de la elevación del nivel de iluminación con el uso de luminarias más eficientes, esto no conlleva ahorro de energía alguno ya que en ese caso también las lámparas utilizadas fueron de sodio de 250 W.

En consecuencia, para el caso de la avenida San Martín el único ahorro factible sería por medio de la regulación del Φ_L ; la conveniencia o no de tal ahorro surgirá del análisis económico particular.



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE ELECTROMECANICA
BIBLIOTECA
LA PLATA

6b. CALLES RESIDENCIALES

En este caso la situación actual no es única ya que existen tanto luminarias PHILIPS AL535 como PHILIPS AL400 y STRAND AT-70 todas equipadas con lámparas de mercurio de 400 W. ; para tomar una referencia se adoptó la de las primeras por lo que la prestación actual se caracteriza por:

$$E_m \text{ diseño} = 14.4 \text{ lux}$$

$$E_m \text{ serv. esp.} = 11.05 \text{ lux}$$

$$G_1 = 0.14$$

$$G_2 = 0.054$$

por lo que $L_m \text{ serv. esp.} = 0.61 \text{ cd/m}^2$

b1) Regulación del flujo

Recordando que para la recomendación adoptada se sugiere un nivel de $L_m = 0.5 \text{ cd/m}^2$ se desprende que en las horas de menor tránsito la reducción de flujo puede llegar a:

$$\frac{\Phi_{\text{actual}} - \Phi_{\text{reducido}}}{\Phi_{\text{actual}}} = 1 - 0.5/0.61 = 18 \%$$

Como el rendimiento de la lámpara varía con el punto de funcionamiento, la disminución de potencia no será igual a la de flujo, por lo que, en base a catálogos de lámparas Philips se estimó la potencia consumida por la lámpara en situación de flujo reducido (para detalles de cálculo consultar anexo respectivo), los resultados fueron:

$$\text{si } \Phi_L = 0.82 \Phi_{L \text{ nominal}} \rightarrow P_{\text{lámp.}} = 0.85 P_{\text{nominal}}$$

Con estos datos es posible calcular el ahorro diario promedio de energía como:

$$\text{Ahorro diario} = \frac{11\text{hs/día } P_n - (4\text{h/d } P_n + 7\text{h/d } 0.85 P_n)}{11\text{hs/día } P_n}$$

$$\text{Ahorro diario} = 9.54 \%$$

b₂) Apagado lámpara por medio

Para este caso se obtendría la siguiente performance:

$$E_{\text{m diseño}} = 7.83 \text{ lux}$$

$$E_{\text{m serv. esp.}} = 6.02 \text{ lux}$$

$$G_1 = 0$$

$$G_2 = 0$$

Por lo que esta variante no alcanza el mínimo recomendado y además es de mala calidad.

El ahorro diario de energía es idéntico al correspondiente para la avda. San Martín, o sea:

Ahorro diario = 32 %

b3) Utilización de lámparas y/o luminarias más eficientes

Como se observó en el análisis correspondiente a una calle residencial, es factible obtener los niveles recomendados instalando lámparas de mayor eficiencia (lm/w) y/o luminarias de mejor rendimiento (más lúmenes en la calzada); de los resultados de las simulaciones se obtuvo:

1. Luminaria: PHILIPS SGS 201

Lámpara: Hg - 250 W.

E_m diseño = 17.4 lux

E_m serv. esp. = 13.4 lux

G_1 = 0.182

G_2 = 0.061

El nivel de servicio esperado es algo mayor que el

recomendado y la calidad es regular.

2. Luminaria: STRAND AT 70

Lámpara: Na 150 W.

$$E_m \text{ diseño} = 12.11 \text{ lux}$$

$$E_m \text{ serv. esp.} = 9.3 \text{ lux}$$

$$G_1 = 0.182$$

$$G_2 = 0.064$$

El nivel esperado es coincidente con el recomendado y la calidad es regular

3) Luminaria: STRAND RC360

Lámpara Na 150 W.

$$E_m \text{ diseño} = 14.5 \text{ lux}$$

$$E_m \text{ serv. esp.} = 11.1 \text{ lux}$$

$$G_1 = 0.192$$

$$G_2 = 0.09$$

El nivel esperado es prácticamente el recomendado y la calidad es regular

4) Luminaria: PHILIPS AL 535
Lámpara : Na 250 W.

$$E_m \text{ diseño} = 15.6 \text{ lux}$$

$$E_m \text{ serv. esp.} = 12. \text{ lux}$$

$$G_1 = 0.14$$

$$G_2 = 0.054$$

La performance es similar a la recomendada en lo que al nivel de iluminación respecta, mientras que la calidad no alcanza a ser regular.

Para la cuantificación del ahorro de energía se proponen dos alternativas para cada caso; en primer lugar el recambio de lámpara y/o luminaria y en segunda instancia el mencionado recambio más una regulación de flujo luminoso de 0hs. a 7hs.; en este caso se puede apreciar claramente la influencia del nivel de iluminación que se obtiene en cada alternativa ya que el piso a obtener es siempre el mismo ($0,5 \text{ cd/m}^2$) mientras que el nivel de la iluminación "a giorno" dependen de la combinación

lámpara/luminaria.

En pos de una mejor visión de conjunto se construyó un gráfico conteniendo las distintas alternativas y el ahorro obtenible.

Para un detalle del cálculo de la potencia de lámpara correspondiente a la situación de flujo reducido, remitirse al correspondiente anexo.

El cálculo del ahorro de energía en la primer alternativa puede calcularse como:

$$\text{Ahorro diario} = 1 - \frac{P_{\text{nominal lámpara}}}{400 \text{ W.}}$$

y en la segunda como:

$$\text{Ahorro diario} = 1 - \frac{(P_n \cdot 4\text{hs/día} + P_n \times \text{frp.} \times 7\text{hs/día})}{400 \text{ W.} \times 11\text{hs/día}}$$

donde:

frp.: factor de reducción de potencia
correspondiente a Φ_L reducido

P_n lámp.: potencia lámpara de recambio

400 W.: potencia nominal lámpara actual

ALTERNATIVA	Reducción potencia instalada	Regulación flujo luminoso	Disminución potencia lámpara	AHORRO DIARIO ENERGIA
PHILIPS HGS 201	37.5 %	----	----	37.5 %
MERCURIO 250 W.	37.5 %	32.7 %	30 %	49.4 %
STRAND AT70	62.5 %	----	----	62.5 %
SODIO 150 W	62.5 %	3.4 %	2.6 %	63.12 %
STRAND RC 380	62.5 %	----	----	62.5 %
SODIO 150 W	62.5 %	19.3 %	14.8 %	66 %
PHILIPS AL 535	37.5 %	----	----	37.5 %
SODIO 250 W	37.5 %	25 %	19 %	45.1 %

En consecuencia puede verse que de un ahorro de energía de casi el 10 % que puede lograrse con una regulación de flujo luminoso sin modificar la instalación actual, puede irse a un ahorro del 60 % cambiando lámparas y luminarias o a un ahorro de algo menos del 40 % con el cambio de lámparas solamente; lógicamente a un mayor ahorro le corresponde una mayor inversión y además en los casos de recambio de lámparas y/o luminarias se ahorra también energía de pico por lo que es necesario un análisis económico comparativo para determinar una escala o gradación.

7) ANALISIS ECONOMICO COMPARATIVO

La metodología de análisis consiste en la comparación entre el costo anual operativo de la instalación existente, sin incluir en este la amortización de la inversión ya hecha debido a que esta debe amortizarse indefectiblemente, con el costo anual operativo correspondiente a la instalación nueva, el cual sí incluye la inversión necesaria para lograr el ahorro energético.

Por lo tanto se considerará como costo operativo de la instalación existente la sumatoria del costo por energía consumida más el costo por mantenimiento correctivo y preventivo; mientras que el costo operativo de la instalación nueva considera los sumandos del anterior más la amortización de la inversión inicial; rigurosamente hablando debiera descontarse de la inversión inicial el valor de recuperación de lo que se recambia, no se lo considerará en este caso debido a su difícil cuantificación real.

Con respecto al mantenimiento preventivo, este consiste en el reemplazo de las luminarias al fin de su período de vida útil; aunque se encuentren funcionando, esto no necesariamente se hace y constituye una variable a considerar si solo se efectúa un mantenimiento correctivo.

Los costos de mano de obra correspondientes al mantenimiento no se consideran ya que por tratarse de una comparación entre instalaciones se los toma como iguales en ambas situaciones.

El análisis de los costos se hace tanto desde la posición de la CELTA como desde la Municipalidad de la Ciudad de Tres Arroyos (MCTA), la cual le compra la energía a CELTA.

2.2) DETERMINACION DEL COSTO ANUAL OPERATIVO EN LA INSTALACION ACTUAL

a. Consumo de energía

ai) Desde el punto de vista de la CELTA

Si la instalación tiene un tiempo de utilización 9000 hs./año, lo cual corresponde con un promedio 11hs/día, que se toman de 20hs. a 07hs. del día siguiente. dentro de este lapso se pueden identificar dos tarifas:

i. Lapso de 20⁰⁰ a 22⁰⁰ hs. → tarifa por energía de pico.

Lapso de 22⁰⁰ a 07⁰⁰ hs → tarifa por energía fuera de pico.

En consecuencia se tiene que el 22% de la energía consumida es de pico. La parte restante fuera de él.

Además existe un costo por potencia, para capacitivos, que debe sumarse a los factores correspondientes a la energía consumida. Obstante a los efectos de comparación solo se lo considerará en las alternativas de reducción de la potencia instalada, esto debido a que en variante de regulación de flujo no hay disminución de la potencia máxima comprada (la potencia máxima corresponde horario de pico), mientras que en las otras si existe una

reducción.

En consecuencia el costo del consumo anual de energía queda definido como:

$$\text{CCAE} = 4000\text{hs/año} (P_l + P_{e.a.}) (0.227 P_{e.p.} + 0.773 P_{e.f.p.}) + \\ + (P_l + P_{e.a.}) P_{\text{potencia}} \frac{12 \text{ meses/año}}{\text{mensual}}$$

donde:

- P_l = Potencia de lámpara
- $P_{e.a.}$ = Potencia equipo auxiliar
- $P_{e.p.}$ = Precio energía de pico
- $P_{e.f.p.}$ = Precio energía fuera de pico
- $P_{\text{pot.}}$ = Precio potencia mensual
- mensual

de energía
P
L = 0.00

a2. Desde el punto de vista de la MCTA

En este caso no existe diferenciación entre precios de energía de pico y fuera de él, y precio por potencia; sino un único precio por energía consumida.

Por lo tanto el costo del consumo anual de energía sera:

$$\text{CCAE} = 4000\text{hs/año} (P_l + P_{e.a.}) P_{\text{precio energía}}$$

dicho precio de de la energía es el precio de venta de la CELTA a la MCTA.

b. Costo mantenimiento preventivo anual

$$C_{MPA} = N_{RG} (C_L + C_G) N_L + M_C$$

donde:

N_{RG} = número de reemplazos grupales previstos por año

$$N_{RG} = \frac{HF}{PVU} = \frac{\text{horas de funcionamiento por año}}{\text{periodo de vida útil}}$$

C_L = costo lámpara

C_G = costo reposición + LIMPIEZA

N_L = número de lámparas

M_C = mantenimiento columnas

Debido a que H_p y PVU son iguales tanto para lámparas de mercurio como de sodio, NRG no varía en ningún caso, por lo que se mantiene constante en 0.25

CG y MC son independientes de la instalación por lo que no influyen en la comparación de las variantes.

El mantenimiento preventivo consiste en el recambio anual de todas las lámparas que han llegado al fin de su período de vida útil, independientemente de que todavía funcionen, en este caso como $NRG = 0.25$ este recambio corresponde a 1/4 de la totalidad de las lámparas.



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

c. Costo mantenimiento correctivo anual

Si existe un mantenimiento preventivo lo que se tiene **es** programado en tiempo y lugar los reemplazos al fin del período de vida útil; en este caso podrían definirse cuatro sectores S1; S2; S3 y S4 en los cuales sucesiva y rotativamente se harán los reemplazos previstos, no obstante se tendrán también reemplazos por rotura, los cuales se pueden estimar de las curvas de supervivencia de las lámparas; en este caso podría construirse la siguiente tabla:

AL FINALIZAR EL PERIODO	ELEMENTOS DE EDAD 0 (CERO) - SON LOS QUE DEBEN COMPRARSE ANUALMENTE
0	$(S1+S2+S3+S4) N_L = N_L$
1	$S1 N_L$
2	$[S2+(1-0.97)(S3+S4)]N_L$
3	$[S3+(1-0.97)(1-0.9)S4+(1-0.97)S1]$
4	$[S4+(1-0.97)(1-0.8)S1+(1-0.97)S2]$
5	$[S1+(1-0.97)S3+(1-0.97)(1-0.9)S2]$
6	$[S2+(1-0.97)(1-0.9)S3+(1-0.97)S4]$

Facultad E INGENI
 DEPARTAMENTO DE ELECTR
 BIBLIOTECA
 LA PLATA

Se puede ver que al final de cada periodo se tienen S_1 ; S_2 ; S_3 y S_4 x N_L que corresponden al mantenimiento preventivo y además, a partir del tercer período, un término constante que corresponde al número de reemplazos por mantenimiento correctivo, cuyo costo puede calcularse como:

$$C_{\text{mant.corr.}} = [(1-0.97)(1-0.9) + (1-0.97)] S_i N_L C_L$$

con:

$$S_i = S_1 = S_2 = S_3 = S_4 = N_{RG} = 0.25$$

entonces:

$$C_{\text{mant.corr.}} = 0.00825 N_L C_L$$

En el caso de que no se hiciera un mantenimiento preventivo sino uno correctivo se puede estimar el número de reemplazos de la información que dan las curvas de supervivencia, siguiendo la metodología indicada en la "Teoría elemental de fallas y reemplazos" se obtiene la siguiente estimación:

$$n_o = N_0 / \bar{t}$$

donde:

n_o = número de reemplazos por periodo

$N_0 = N_L$ = número inicial de lámparas

\bar{t} = vida media de la lámpara (distinta del período de vida útil)

en este caso \bar{t} = 5.5 años (es función de las horas por año encendidas): por lo tanto si no existe mantenimiento preventivo el costo del mantenimiento correctivo será:

$$C_{\text{mant.corr.}} = n_o C_L = (N_L / \bar{t}) C_L$$

$$C_{\text{mant.corr.}} = 0.182 N_L C_L$$

Hasta aquí se han identificado los términos del costo operativo que variarían de una instalación a otra; este costo operativo anual a comparar será en definitiva:

DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA CELTA

a. Instalación Mercurio 400 W.

$$C_{\text{oper.}} = C_{\text{cons. ener.}} + C_{\text{mant.prev.}} + C_{\text{mant.corr.}}$$

$$C_{\text{oper.}} = \left[\frac{1720 \text{ kWh}}{\text{Lámp-año}} (.227 P_{ep} + .773 P_{efp}) + 430 \text{ W. } P_{pot} \times \right.$$

$$\left. \times 12 \text{ m/a} + 0.25 C_L + 0.00825 C_L \right] N_L$$

$$C_{oper.} = \left(93.22 \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}} + 90 \frac{\text{USA}}{\text{lámp.-año}} + 6.45 \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}} \right) N_L$$

$$C_{oper.} = 189.7 \frac{\text{USA}}{\text{lámp.-año}} \times N_L$$

b. Instalación Sodio 250 W.

$$C_{oper.} = \left[1120 \frac{\text{kwh}}{\text{lámp-año}} \left(.277 P_{ep} + .773 P_{efp} \right) + 280 \text{ W. } P_{pot} \times \right.$$

$$\left. \times 12 \text{ m/a} + 0.25825 C_L \right] N_L$$

$$C_{oper.} = (60.7 + 58.6 + 10.84) \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}} \times N_L$$

$$C_{oper.} = 130.14 \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}} \times N_L$$

En los cálculos anteriores se tomaron los siguientes

precios:

Precio energía de pico: 460.3 A/kwh.

Precio energía fuera de pico: 215.4 A/kwh.

Precio por potencia: 87188 A/kw.

Todos ellos corresponden a la tarifa de venta a cooperativas por parte de ESEBA del mes de octubre de 1990.

Costo lámpara HG-400 W. = 25 USA

Costo lámpara NA-250 W. = 42 USA

Paridad: 5000 A/USA

DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA MCTA

a. Instalación de Mercurio 400 W.

$$CCEA = 4000 \text{ hs/año } 430 \text{ W/lámp. } P_{\text{energía}} \times N_L$$

$$CCEA = \frac{559 \text{ USA}}{\text{lámp-año}} \times N_L \quad (P_{\text{energía}} = 1624.9 \frac{\text{A}}{\text{kwh}})$$

Como el único costo que se modifica es el del consumo anual de energía, el costo operativo correspondiente será:

$$C_{\text{oper.}} = \frac{(559 + 6.456) \text{ USA}}{\text{lámp-año}} \times N_L$$

$$C_{oper.} = \frac{565.45 \text{ USA}}{\text{lámp-año}} \times N_L$$

b. Instalación Sodio 250 W.

$$CCEA = 4000 \text{ hs/año } 280 \text{ W/lámp. } P_{energía} N_L$$

$$CCEA = \frac{364 \text{ USA}}{\text{lámp-año}} \times N_L$$

de donde:

$$C_{oper.} = \frac{(364 + 10.8) \text{ USA}}{\text{lámp-año}}$$

$$C_{oper.} = \frac{374.8 \text{ USA}}{\text{lámp-año}}$$

7.1. DETERMINACION DE LOS COSTOS OPERATIVOS RESULTANTES EN LAS DISTINTAS ALTERNATIVAS

1) Avda. San Martín

En este caso el ahorro solo es factible por

regulación de Flujo, considerando que esto puede lograrse ya sea por conexión de reactancias en serie como por medio de dimmers se tendrán distintas inversiones pero el costo por consumo anual de energía será similar; a continuación se calculan dichos costos:

pto. vista CELTA:

$$\begin{aligned} \text{CCEA} &= 4000 \text{ hs/a } 280 \text{ W/l } [.227 P_{ep} + (1.5/11 + .8 \times 7/11) \times \\ &\quad \times P_{efp}] \times N_L + 280 \text{ W/l } P_{pot.} N_L \times 12 \text{ m/a} \\ &= (54.55 + 58.6) \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}} \times N_L \end{aligned}$$

$$\text{CCEA} = 113.15 \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}} \times N_L$$

pto. de vista HCTA:

$$\text{CCEA} = 4000 \text{ hs/a } 280 \text{ W/l } (4/11 + .8 \times 7/11) P_{energía} \times N_L$$

$$\text{CCEA} = 317.6 \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}} \times N_L$$

Además también deben considerarse las cuotas correspondientes a la *amortización de la inversión*; para las cuales se adoptan los valores corrientes de un plazo de 15 años y un interés real del 10% anual en dólares.

El monto de la inversión depende de la alternativa considerada, en cada caso se tendrá:

$$INV1 = C_{\text{dimmers}} \times N_L$$

$$INV1 = 60 \text{ USA/lámp} \times N_L$$

$$INV2 = (C_{\text{react.}} + \text{interruptor}) \times \text{factor proporc.}$$

$$INV2 = 0.176 \times 1750 \text{ USA} = 308 \text{ USA}$$

las cuotas de amortización serán entonces:

$$AM = \frac{i (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \times INV \quad \begin{array}{l} i=0.1 \text{ (10 \% anual)} \\ n= 15 \text{ años} \end{array}$$

por lo tanto:

$$AM1 = 0.1315 \text{ INV1}$$

$$AM1 = 7.9 \text{ USA/lámp-año} \times N_L$$

$$AM2 = 0.1315 \text{ INV2}$$

$$AM2 = 40.5 \text{ USA/año} \rightarrow 0.675 \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}} \quad \left(60 \text{ Lámp. Sodio} \right. \\ \left. \text{lámp-año} \quad 250 \text{ W} \right)$$

por lo que los costos operativos para la MCTA serán:

$$C_{\text{op. dimmers}} = C_{\text{CEA}} + C_{\text{mant.}} + AM1$$

$$C_{\text{op. dimmers}} = (317.6 + 10.8 + 7.9) \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}}$$

$$C_{\text{op. dimmers}} = 336.3 \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}} \times N_L$$

$$C_{\text{op. react.}} = C_{\text{CEA}} + C_{\text{mant.}} + AM2$$

$$C_{\text{op. react.}} = (317.6 + 10.8 + 0.675) \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}}$$

$$C_{\text{op. react.}} = 329.075 \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}}$$

Con estos resultados es posible comparar el costo operativo actual con el eventual y establecer una calificación o gradación. Es importante señalar que quien financia la inversión es la MCTA por lo cual las cuotas de amortización sólo se suman a su costo operativo, mientras que a la CELTA le corresponde la compra de la energía por lo cual en sus costos

no entra la amortización de la inversión.

En consecuencia es posible establecer dos gradaciones:

CELTA	MCTA
$C_{op. actual} = 130.1 \text{ USA/lámp}$	$C_{op. actual} = 374.8 \text{ USA/lámp}$
$C_{op. dimmers} = 123.9 \text{ USA/lámp}$	$C_{op. dimmers} = 336.3 \text{ USA/lámp}$
$C_{op. react.} = 123.9 \text{ USA/lámp}$	$C_{op. react.} = 329.1 \text{ USA/lámp}$

2) Calles residenciales

En esta situación se pueden identificar tres alternativas diferentes; a saber: regulación del flujo, reemplazo de lámparas actuales por Na-250 W. y recambio conjunto de lámparas actuales por Na-150 W. y luminarias actuales por otras de mayor eficiencia.

a. Regulación de flujo

pto de vista CELTA:

$$CCEA = 4000h/a \times 430W/l \left[.227 P_{ep} + (1.5/11 + .85 \times 7/11) P_{efp} \right] \times N_L + 430 W/l P_{pot.} 12 m/a \times N_L$$

$$= 176.13 \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}} \times N_L$$

pto de vista MCTA:

$$\text{CCEA} = 4000\text{h/a } 430\text{W/l } [4/11 + .85 \cdot 7/11] P_{\text{energía}} N_L$$

$$\text{CCEA} = 505.6 \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}} \times N_L$$

cálculo de las cuotas de amortización de la inversión:

$$\begin{aligned} \text{INV1} &= C_{\text{dimmers}} \times N_L \\ &= 60 \text{ USA/lámp} \times N_L \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{INV2} &= (C_{\text{react.}} + \text{contactor}) \times \text{factor proporc.} \\ &= 1442 \text{ USA} \end{aligned}$$

por lo que las cuotas serán:

$$AM1 = 7.9 \text{ USA/lámp-año} \times N_L$$

$$AM2 = 189.6 \text{ USA/año} \rightarrow 1.077 \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}} \text{ (176 lámp. HG 400W)}$$

entonces los costos operativos para la MCTA son:

$$C_{\text{op.dimmers}} = C_{\text{CEA}} + C_{\text{mant.}} + AM1$$

$$C_{\text{op.dimmers}} = (505.6 + 10.8 + 7.9) \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}} \times N_L$$

$$C_{\text{op.dimmers}} = 524.3 \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}} \times N_L$$

$$C_{\text{op.react.}} = C_{\text{CEA}} + C_{\text{mant.}} + AM2$$

$$C_{\text{op.react.}} = (505.6 + 10.8 + 1.08) \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}}$$

$$C_{\text{op.react.}} = 517.5 \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}}$$

b. Recambio por Lámparas de Na-250 W.

pto. de vista CELTA:

$$CCEA = 4000h/a \cdot 280W/l \cdot [0.227 P_{ep} + 0.773 P_{efp}] N_L +$$

$$280W/l \cdot P_{pot.} \cdot N_L$$

$$CCEA = 119.3 \frac{USA}{lám-p-año} \times N_L$$

pto. de vista MCTA:

$$CCEA = 4000h/a \cdot 280W/l \cdot P_{energía} \cdot N_L$$

$$CCEA = 364 \frac{USA}{lám-p-año} \times N_L$$

la inversión necesaria esta dada por:

$$INV = (C_{lám-p.} + C_{eq.aux.}) N_L$$

$$INV = (42 + 70) \frac{USA}{lámp} \times N_L$$

$$INV = 112 \frac{USA}{lámp} \times N_L$$

de donde:

$$AM = 14.7 \frac{USA}{lámp} \times N_L$$

por lo que el costo operativo de la MCTA será:

$$C_{oper.} = CCEA + C_{mant.} + AM$$

$$C_{oper.} = (364 + 10.84 + 14.7) \frac{USA}{lámp-año} \times N_L$$

$$C_{oper.} = 389.64 \frac{USA}{lámp-año} \times N_L$$

mientras que el de CELTA:

$$C_{oper.} = (CCEA + C_{mant.}) \times N_L$$

$$= (119.3 + 10.84) \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}} \times N_L$$

$$C_{\text{oper.}} = 130.14 \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}} \times N_L$$

c. Recambio lámparas Na-150 W. y luminarias más eficientes

desde plo. vista CKTA:

$$\begin{aligned} \text{CCEA} &= 4000\text{h/a } 170\text{W/l } (.227 P_{\text{ep}} + .773 P_{\text{efp}}) N_L + \\ &+ 170 \text{ W/l } P_{\text{potencia}} 12 \text{ m/a } N_L \\ &= 72.455 \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}} \times N_L \end{aligned}$$

desde punto de vista MCTA:

$$\text{CCEA} = 4000\text{h/a } 170\text{W/l } P_{\text{energía}} N_L$$

$$\text{CCEA} = 221 \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}} \times N_L$$

la inversión necesaria está dada por:

$$INV = (C_L + C_{\text{eq.aux.}} + C_{\text{lum.}}) \times N_L$$

$$INV = (25 + 56 + 300) \frac{\text{USA}}{\text{lum}} \times N_L$$

$$INV = 381 \frac{\text{USA}}{\text{lum}} \times N_L$$

la correspondiente cuota de amortización será:

$$AM = 50.1 \frac{\text{USA}}{\text{lum}} \times N_L$$

entonces el costo operativo de la MCTA sería:

$$C_{\text{op.}} = C_{\text{CEA}} + C_{\text{mant.}} + AM$$

$$C_{\text{op.}} = (221 + 6.456 + 50.1) \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}} \times N_L$$

$$C_{\text{op.}} = 277.56 \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}} \times N_L$$

mientras que el de la CELTA:

$$C_{op.} = (CCEA + C_{mant.}) \times N_L$$

$$C_{op.} = (72.455 + 6.456) \times N_L$$

$$C_{op.} = 78.9 \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}} \times N_L$$

En este caso también es posible establecer una escala o gradación desde cada punto de vista, cada uno de los cuales representa la visión de quien es intermediario en la compra de energía (CELTA) y quien es comprador o consumidor final de esta, las diferencias de precios podrían hacer que determinados proyectos fueran rentables para una y no para otra, pero en este caso eso no se pondrá de manifiesto ya que el costo de amortización no se le carga a la CELTA.

CELTA	HCTA
$C_{op. actual} = 189.7 \frac{USA}{l\acute{a}mp-a\acute{n}o}$	$C_{op. actual} = 565.45 \frac{USA}{l\acute{a}mp-a\acute{n}o}$
$C_{op. dimmers} = 182.6 \frac{USA}{l\acute{a}mp-a\acute{n}o}$	$C_{op. dimmers} = 524.3 \frac{USA}{l\acute{a}mp-a\acute{n}o}$
$C_{op. react.} = 182.6 \frac{USA}{l\acute{a}mp-a\acute{n}o}$	$C_{op. react.} = 517.5 \frac{USA}{l\acute{a}mp-a\acute{n}o}$
$C_{op. Sodio} = 130.1 \frac{USA}{l\acute{a}mp-a\acute{n}o}$ 250W	$C_{op. Sodio} = 389.6 \frac{USA}{l\acute{a}mp-a\acute{n}o}$ 250W
$C_{op. Sodio} = 78.9 \frac{USA}{l\acute{a}mp-a\acute{n}o}$ 150W	$C_{op. Sodio} = 277.6 \frac{USA}{l\acute{a}mp-a\acute{n}o}$ 150W

De las gradaciones surge claramente la conveniencia de ahorrar energfa mediante la sustituci3n de las l\amp;mparas actuales por l\amp;mparas de sodio de 150 W. junto con el recambio de la luminaria. Obviamente esto puede variar si la amortizaci3n de la inversi3n debe hacerse en menos tiempo y/o a una mayor tasa de inter\acute{e}s.

Otra forma de comparar las inversiones consiste en obtener el costo total actualizado de las distintas

alternativas.

Esto representa de alguna forma a cuanto dinero actual equivale la suma de gastos en el tiempo de cada una de las instalaciones; esto es, cuánto dinero necesitaría disponer hoy para solventar los gastos futuros.

La tasa de actualización utilizada es del 10 % anual en dólares, esta es la tasa de rentabilidad mínima esperada de una inversión cualquiera (también tasa interna de retorno económico mínima) por quien la hace, en este caso la BCTA.

Como la inversión la hace la BCTA en este caso se considerarán los costos desde su óptica.

Para este análisis es necesario discriminar entre la inversión y los costos operativos mensuales, lo cual se hace a continuación:

Instalación actual:

Lámpara: Mercurio 400 W.

$$C_{\text{op. anual}} = C_{\text{CEA}} + C_{\text{mant.}}$$

$$C_{\text{op. anual}} = 565.456 \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}}$$

$$C_{\text{op. mensual}} = \frac{C_{\text{op. anual}}}{12} = 47.12 \frac{\text{USA}}{\text{lámp-mes}}$$

Instalación Sodio 250 W.:

Lámpara: Na-250 W.

Luminaria: actual

$$C_{\text{op. anual}} = C_{\text{CEA}} + C_{\text{mant.}}$$

$$C_{\text{op. anual}} = 374.85 \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}}$$

$$C_{\text{op. mensual}} = \frac{C_{\text{op. anual}}}{12} = 31.24 \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}}$$

Instalación Sodio 150 W.:

Lámpara: Na-150 W.

Luminaria: distinta de actual

$$C_{\text{op. anual}} = C_{\text{CEA}} + C_{\text{mant.}}$$

$$C_{\text{op. anual}} = 227.456 \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}}$$

$$C_{\text{op. mensual}} = \frac{C_{\text{op. anual}}}{12} = 19 \frac{\text{USA}}{\text{lámp-año}}$$

INST. ACTUAL			INSTALACION SODIO 250 W.			
MES	COSTO OPER. ACTUAL.	COSTO TOTAL ACTUAL.	INVERS.	COSTO OPER.	COSTO OP. + INVERS	COSTO TOTAL ACTUALIZ.
1	47.12	47.12	112	31.24	143.2	143.24
2	46.7	93.8		"	31	174.2
3	46.4	140.3		"	30.7	205
4	46	186.3		"	30.5	235.5
5	45.6	231.9		"	30.2	265.7
6	45.3	277.2		"	30	295.8
7	44.9	322.1		"	29.8	325.6
8	<u>44.6</u>	<u>366.7</u>		"	<u>29.5</u>	<u>355.1</u>
9	44.2	410.9		"	29.3	384.4
10	43.8	454.7		"	29	413.5
11	43.5	498.2		"	28.8	442.3
12	43.1	541.4		"	28.6	471
13	42.8	584.2		"	28.4	499.4
14	42.5	626.7		"	28.1	527.5
15	42.1	668.8		"	27.9	555.5
16	41.8	710.9		"	27.7	583.2
17	41.5	752.1		"	27.5	610.7
18	41.1	793.3		"	27.3	638
19	40.8	834.1		"	27	665
20	40.5	874.6		"	26.8	692
21	40.2	914.8		"	26.6	718.6
22	39.8	954.6		"	26.4	745
23	39.5	994.1		"	26.2	771.2
24	39.2	1033.3		"	<u>26</u>	<u>797.2</u>
25	38.9	1071.2		"	25.5	823

INST. ACTUAL			INSTALACION SODIO 150 W.			
MES	COSTO OPER. ACTUAL.	COSTO TOTAL ACTUAL.	INVERS.	COSTO OPER.	COSTO OP. + INVERS	COSTO TOTAL ACTUALIZ.
1	47.12	47.12	381	19	400	400
2	46.7	93.8		..	18.8	418.8
3	46.4	140.3		..	18.7	437.5
4	46	186.3		..	18.5	456.1
5	45.6	231.9		..	18.4	474.5
6	45.3	277.2		..	18.2	492.7
7	44.9	322.1		..	18.1	510.8
8	44.6	366.7		..	18	528.8
9	44.2	410.9		..	17.8	546.6
10	43.8	454.7		..	17.7	564.3
11	43.5	498.2		..	17.5	581.8
12	43.1	541.4		..	17.4	599.2
13	42.8	584.2		..	17.2	616.5
14	42.5	626.7		..	17.1	633.6
15	<u>42.1</u>	<u>668.8</u>		..	<u>17</u>	<u>650.6</u>
16	41.8	710.9		..	16.85	667.5
17	41.5	752.1		..	16.7	684.2
18	41.1	793.3		..	16.6	700.8
19	40.8	834.1		..	16.45	717.2
20	40.5	874.6		..	16.3	733.6
21	40.2	914.8		..	16.2	749.8
22	39.8	954.6		..	16	765.8
23	39.5	994.1		..	15.9	781.8
24	39.2	1033.3		..	<u>15.8</u>	<u>797.6</u>
25	38.9	1071.2		..	15.7	813.3

Como se advierte de las tablas comparando entre la instalación actual y una eventual de sodio 250 W el ahorro en el desembolso por parte de la MCTA (y por ende de los contribuyentes) comienza a partir del octavo mes, es decir que desde este mes en adelante se empieza a recuperar la inversión inicial que se completaría en el decimosexto mes; esto siempre y cuando se acepte la hipótesis de un interés del 10 % anual en dólares.

Respecto de la alternativa de cambiar luminaria y lámpara esto implica mayor inversión, pero también trae aparejado un mayor ahorro lo que hace en definitiva que desde el punto de vista de la MCTA este ahorro comience en el decimoquinto mes y se tarde algo más de veinticinco meses en recuperar la inversión.

Comparando entre sí las dos alternativas (Na-250 W y Na-150 W + Luminaria) puede verse que los gastos totales actualizados prácticamente se igualan en el vigesimocuarto mes y que a partir de ese mes la segunda alternativa comienza a representar un menor gasto total actualizado.

ACLARACION 1: En la alternativa de colocar una reactancia en serie, debido a la dificultad de colocar una para el alumbrado de la Avda. San Martín y otra para las calles residenciales se optó por considerar la colocación de una única reactancia y computar en cada uno de los análisis comparativos parte del costo total, dividiéndolo según la potencia instalada actual en cada una de las instalaciones, por lo que se tomó (siempre teniendo como base la subestación N 3):

Avda. San Martín: 60 lumin. x 250 W/lum. = 15 KW.

Calles residenciales: 176 lumin. x 400 W/lum. = 70.4 KW.

Potencia total: 85.4 KW.

Avda. San Martín 17.6 % de la potencia total

Calles residenciales 82.4 % de la potencia total

Los precios tomados fueron:

150 m. conductor 50mm² 750 USA

Contactador SIEMENS (In = 110 A) 1000 USA

ACLARACION 2: Encontrándose este proyecto en la etapa de redacción final e impresión y con motivo de una consulta referente a los precios de los dimmers en la empresa DIMERSON S.A. se tomó conocimiento de los resultados de un ensayo conjunto entre fabricantes de estos dispositivos y fabricantes de lámparas de los EEUU que revelan una reducción en la vida útil de las lámparas utilizadas en alumbrado público a consecuencia de la utilización de dimmers, esto podría considerarse como descalificatorio para la alternativa , no obstante lo cual se la consideró en el análisis económico. Al final de este informe se adjunta una copia de los resultados del ensayo antedicho.

SYLVANIA

GTE

Lighting

GTE Products Corporation
100 Endicott Street
Danvers MA 01923
617 777-1900

October 16, 1989

Mr. Ken Leach
Massachusetts Convention
Center Authority
900 Boylston Street
Boston, MA 02115

Dear Mr. Leach:

On September 26, 1989, the following group met to review the test data that GTE Sylvania had taken on the Strand Dimmer System with a GE fixture with a GE Metal Halide Ballast and the Sylvania Metalarc lamp:

Mr. Richard Evans, Manager R&D, Strand Electro Controls
Mr. Jack Frost, Manager Field Quality - GE Lighting Systems
Mr. Byron Collins, Senior Engineer, Product Quality -
GE Lighting Systems
Mr. Warren Anderson, Engineering Specialist - Sylvania
Mr. Warren Ellis, Manager Quality Control, HID - Sylvania
Mr. Richard Eddy, OEM Sales Engineer - Sylvania
Mr. Tom O'Neil, Supervisor, Field Quality, HID - Sylvania
Mr. Terry Olson, Manager, Technical Information - Sylvania
Mr. Michael Colotti, Product Manager, HID - Sylvania

The data on lamp and ballast performance with the Strand Dimming System was performed in the Sylvania Test and Measurement Laboratory in Danvers, MA.

The group reviewed this information and came to these conclusions:

1. Operating a metal halide lamp outside of the ANSI limits is expected to result in reduced lamp performance. This can include color shift, lamp flicker, reduced efficacy, and shorter lamp life. It is expected that the further outside the limits the lamp is operated, the more the performance will be degraded.

A natural assumption is that it would be safe to run a metal halide lamp at reduced wattage (analogous to dimming incandescent lamps) but in fact, operation at significantly reduced wattage can lead to extremely short lamp life.

ANEXO I

CATEGORIZACION DE CALZADAS - NIVELES RECOMENDADOS

A continuación se muestran las distintas clasificaciones y niveles recomendados de cada una de las recomendaciones; recordando que estas son:

- 1) NORMA DIN 5044 - Mayo 1980
- 2) Recomendación para el alumbrado de vías con tráfico normalizado
CIE (Comisión Internacional de Alumbrado)
- 3) Recomendación para el alumbrado público en la República Argentina
AADL
- 4) Proyecto racional de alumbrado público
5^{tas} Jornadas Luminotecnia - 1985
- 5) Consideraciones sobre el uso racional de la energía en alumbrado público
5^{tas} Jornadas Luminotecnia - 1985
- 6) Niveles de iluminación para carreteras y calles
"Luminotecnia" - Editorial CEAC

21 Street lighting

Guidelines concerning street lighting are contained in DIN 5044 (draft dated May 1980). The determining factor in the impression of brightness on the roadway is the luminance, which depends upon the arrangement of the luminaires, the luminous-intensity distribution, the luminous flux, the position of the observer and the reflection characteristics of the road surface.

Standards

Tables 21/1 and 21/2 give recommended values for mean roadway luminance and for the longitudinal and transverse uniformity ratios, related to the type of road. These guidance values apply to roads without any special features in regard

Luminance values

Table 21/1
Guidance values for fixed lighting of roads outside built-up areas. Sections other than traffic intersections

Type of road	Road cross-section																	
	With centre stripes									Without centre stripes								
	Traffic load in darkness (vehicles/h per lane)																	
	900			600			600			600			300			300		
	Time during which exceeded (h/year)																	
≥ 200			≥ 300			< 300			≥ 200			≥ 300			< 300			
L_n	U_l	KB	L_n	U_l	KB	L_n	U_l	KB	L_n	U_l	KB	L_n	U_l	KB	L_n	U_l	KB	
Two-lane roads without hard-surfaced verges without cycle tracks or footways										1	0.6	1	0.5	0.6	1	0.5	0.5	2
	with hard-surfaced verges and/or cycle tracks and footways									0.5	0.6	1	0.5	0.6	1	0.5	0.5	2
Main roads speed limit $v > 70$ km/h	1.5	0.6	1	1	0.6	1	0.5	0.6	2	1	0.7	1	1	0.7	1	0.5	0.6	2
	1	0.6	1	0.5	0.6	1	0.5	0.6	2	1	0.6	1	0.5	0.6	1	0.5	0.6	2
Motorways speed limit $v > 110$ km/h	1	0.7	1	1	0.7	1	1	0.7	1									
	1	0.7	1	0.5	0.6	1	0.5	0.6	1									

This means:

L_n Nominal luminance (cd/m²)

U_l Longitudinal uniformity ratio

KB Glare-limitation quality class

With light-source spacing < 30 m U_l should be increased by 0.05,
 > 40 m U_l can be reduced by 0.05

Figures are based on an overall illuminance uniformity $U_o \geq 0.4$

Table 21/2 Guidance values for fixed lighting of roads in built-up areas — sections other than traffic intersections

Type of road	Road cross-section																													
	With centre stripes						Without centre stripes																							
	Traffic flow in darkness (vehicles/h per lane)																													
	900		200		600		200		300		100		100		Service roads															
	Time during which exceeded (h/year)																													
	≥ 200		≥ 300		≥ 200		≥ 300		≥ 300		≥ 300		≥ 300		< 300															
	L_n	U_l	KB	L_n	U_l	KB	L_n	U_l	KB	L_n	U_l	KB	L_n	U_l	KB	L_n														
Minor roads built-up, vehicles parked on/adjacent to the roadway	2	0.7	1	2	0.7	1	1.5	0.6	1	0.6	2	0.7	1	2	0.7	1	1.5	0.6	1	0.5	0.4	2	0.3	0.3	2					
built-up, no vehicles parked on/adjacent to the roadway	1.5	0.6	1	1.5	0.6	1	1	0.6	2	0.5	0.5	2	2	0.7	1	1.5	0.6	1	1	0.6	2	0.5	0.4	2	0.3	0.3	2			
not built-up, no vehicles parked on/ adjacent to the roadway	1	0.6	1	1	0.6	1	0.5	0.5	2	0.5	0.5	2	1.5	0.6	1	1.5	0.6	1	1	0.6	2	0.5	0.4	2	0.3	0.3	2			
Major roads speed limit $v > 70$ km/h	1.5	0.6	1	1	0.6	1	0.5	0.5	2	0.5	0.5	2	1.5	0.6	1	1.5	0.6	1	1	0.6	2	0.5	0.4	2	0.3	0.3	2			
speed limit $v \leq 70$ km/h	1	0.6	1	0.5	0.6	1	0.5	0.5	2	0.5	0.5	2	1	0.6	1	0.6	1	1	0.6	1	0.5	0.5	2	0.5	0.5	2	0.5	0.5	2	
Motorways speed limit $v > 110$ km/h	1	0.7	1	1	0.7	1	1	0.7	1	1	0.7	1	1	0.7	1	1	0.7	1	1	0.7	1	1	0.7	1	1	0.7	1	1		
speed limit $v \leq 110$ km/h	1	0.7	1	0.5	0.6	1	0.5	0.6	1	0.5	0.6	1	0.5	0.6	1	0.5	0.6	1	0.5	0.6	1	0.5	0.6	1	0.5	0.6	1	0.5	0.6	1

This means:

L_n : Nominal luminance (cd/m²), U_l : Longitudinal uniformity ratio, KB: Glare-limitation quality class
 With light-source spacing < 30 m U_l should be increased by 0.05,
 > 40 m U_l can be reduced by 0.05

Figures are based on an overall illuminance uniformity $U_o \geq 0.4$ (except for "Service roads" column)

Los requisitos que las instalaciones de alumbrado público deben cumplir con el fin de proporcionar adecuadas condiciones visuales para un tráfico seguro y sin brusquedades dependen de la intensidad, velocidad y composición del tráfico y de la complejidad de la red viaria. Por tanto, las recomendaciones para alumbrado de carreteras estipulan diferentes requisitos para diferentes categorías de vías. La Fig. 9-16 da las diversas categorías de calzadas según la definición de la CIE para este fin, mientras que la Fig. 9-17 resume los valores de las magnitudes fotométricas para esas categorías tal como se recomienda en la publicación número 12 de la CIE (2.ª edición, 1977), titulada *Recomendaciones para el alumbrado de vías con tráfico motorizado*.

Como puede verse en la Fig. 9-17, la CIE da diferentes recomendaciones para alrededores brillantes y oscuros dentro de la misma clase de calzada. Lo hace así porque diferencias grandes de luminancia dentro del campo de visión provocan una disminución de la sensibilidad de contraste del ojo en las partes más oscuras (i. e. en esta situación, la propia calzada). Para compensar esta pérdida de sensibilidad de contraste debe aumentarse el nivel medio de luminancia en la superficie de la calzada. La restricción del

Categoría de calzada	Tipo y densidad de tráfico	Tipo de calzada	Ejemplos	
Tráfico motorizado	A	Tráfico motorizado pesado y de gran velocidad.	Calzada con carriles separados, completamente libre de cruces a nivel. Accesos totalmente controlados.	Autopista Autovía
	B		Carretera importante para tráfico motorizado, posiblemente con carriles separados para tráfico lento y/o peatones.	Carreteras interurbanas Carreteras principales
	C	Tráfico motorizado pesado y de velocidad moderada o Tráfico pesado mixto de velocidad moderada	Carreteras urbanas o rurales, importantes y de todo uso.	Carreteras de circunvalación Carreteras radiales, etc.
Tráfico mixto	D	Tráfico mixto de importancia con mayor proporción de tráfico lento o peatonal	Calles, en ciudades o centros comerciales, de acceso a edificios o zonas oficiales, donde el tráfico motorizado se une al tráfico pesado lento o a peatones	Carreteras interurbanas Calles comerciales, etc.
	E	Tráfico mixto con límite de velocidad y densidad moderada	Carreteras de unión entre zonas residenciales (calles residenciales) y carreteras de tipos A hasta D	Carreteras colectoras Calles urbanas, etc.

Fig. 9-16. Clasificación de calzadas (basada en las recomendaciones de la CIE).

Categoría	Alrededores	Nivel de luminancia		Coeficientes de uniformidad		Control de deslumbramiento	
		Luminancia media en la superficie de la calzada	Uniformidad global	Uniformidad longitudinal	Índice de control de deslumbramiento	Incremento de umbral	
		L_{av} (cd/m ²) ≥	U_0 ≥	U_l ≥	G ≥	Tl (%) ≤	
A	cualquiera	2			6	10	
B	1 claros	2		0,7	5	10	
	2 oscuros	1			6	10	
C	1 claros	2	0,4		5	20	
	2 oscuros	1			6	10	
D	claros	2		0,5	4	20	
E	1 claros	1			4	20	
	2 oscuros	0,5			5	20	

Fig. 9-17. Valores recomendados (en servicio) de los parámetros del alumbrado de calzadas (de acuerdo con la publicación n.º 12 de la CIE, 2.ª edición 1977).

deslumbramiento bajo estas circunstancias puede hacerse algo menos estricta a causa del mayor nivel de adaptación.

En la situación inversa, alrededores oscuros y una superficie brillante de calzada, los ojos del conductor están adaptados al nivel de luminancia de ésta y, por tanto, se reduce la percepción en las zonas más oscuras de los alrededores y, por ende, de objetos contra las mismas. Consecuentemente, en el caso de calzadas con alrededores oscuros debe darse mayor énfasis al alumbrado de estos alrededores y al control del deslumbramiento. La publicación número 12 de la CIE establece, en efecto, que es deseable que se ilumine una zona de unos 5 m de ancho más allá de la calzada con un nivel de luminancia no menor del 50% existente en los 5 m adyacentes de dicha calzada.

9.3 Propiedades reflectivas de la superficie de la calzada

Para el cálculo de la luminancia de la superficie de una calzada es indispensable conocer sus características reflectivas.

Coeficiente de luminancia

Las características reflectivas de una calzada pueden expresarse mediante el coeficiente de luminancia q . Este coeficiente se define como la relación entre la luminancia en un punto determinado y la iluminancia horizontal en ese mismo punto.

$$q = \frac{L}{E}$$

Recomendación para el alumbrado público (AABL) ²¹

ESQUEMA DE CLASIFICACION DE CALZADAS

(especificaciones cualitativas)

TRAFICO	CATEGORIA	CARACTERISTICAS	TIPO DE CALZADA	EJEMPLO
MOTORIZADO	A	tráfico denso alta velocidad	Calzada de manos separadas; normalmente dos o más carriles por mano; Libre de cruces a nivel; completo control de accesos y salidas.	AUTOPISTAS AV. de CIRCUNVALACION
	B	tráfico denso alta velocidad	Calzada para tráfico importante, rápido; normalmente sin separaciones de tráfico.	RUTAS NACIONALES Y PROVINCIALES. CALZADAS DE ACCESO
	C	tráfico denso veloc. moderada	Calzada importante para todo propósito, rural o urbana.	CALZADAS TRONCALES AVENIDAS
MIXTO	D	tráfico denso veloc. moderada	Calzada de tráfico importante, del cual una parte considerable es lento y/o peatonal.	CALZADAS DE ACCESO CALLES COMERCIALES
	E	dens. moderada veloc. limitada	Calzadas de derivación e intercomunicación entre calzadas tipo A a D.	
	F	densidad baja veloc. baja	Calzadas interiores en áreas residenciales; preponderancia del peatón y del tráfico lento.	
	G	dens. muy baja muy baja veloc.	Calzadas de suburbios, secundarias; frecuentemente sin pavimento ni límites de frenos entre acera y calzada.	
PEATON.	H		Calzadas destinadas al tráfico peatonal exclusivamente (acceso de vehículos muy restringido)	

Recomendación para el alumbrado público. (AABL)

ESQUEMA DE CLASIFICACION DE CALZADAS

(especificaciones cuantitativas)

CATEGORIA	VELOCIDADES	DENSIDADES
A	Sin limitaciones	Sin limitaciones
B	$V_{\text{máx}} = 80 \text{ km/h}$	Densidad MAXIMA no inferior a 550 v/h Densidad MEDIA no inferior a 350 v/h
C ₁	$V_{\text{máx}} = 60 \text{ km/h}$ $40 \text{ km/h} \leq \text{velocidad USUAL} < 60 \text{ km/h}$	Densidad MAXIMA $\geq 600 \text{ v/h}$
C ₂	$V_{\text{máx}} = 60 \text{ km/h}$ $40 \text{ km/h} \leq \text{velocidad USUAL} < 60 \text{ km/h}$	Densidad MAXIMA $< 600 \text{ v/h}$
D ₁	$V_{\text{máx}} = 40 \text{ km/h}$ velocidad USUAL $\approx 20 \text{ km/h}$	Densidad MAXIMA $\geq 450 \text{ v/h}$
D ₂	$V_{\text{máx}} = 40 \text{ km/h}$ velocidad USUAL $\approx 30 \text{ km/h}$	Densidad MAXIMA $< 450 \text{ v/h}$
E	$V_{\text{máx}} = 40 \text{ km/h}$ velocidad USUAL $\approx 30 \text{ km/h}$	Densidad MAXIMA $\leq 250 \text{ v/h}$
F	$V_{\text{máx}} = 30 \text{ km/h}$ velocidad USUAL $\approx 20 \text{ km/h}$	Densidad MAXIMA $\leq 100 \text{ v/h}$
G	Sin Limitaciones	Sin Limitaciones
H	No se consideran	No se consideran

Recomendación para el alumbrado público (AAL)

CATEGORIA	SUBCATEGORIA	LUMINANCIA MEDIA (L_H)	UNIFORMIDAD		DESLUMBRAMIENTO	
			GENERAL	LONGITUDINAL	FISIOLOGICO	PSICOLOGICO
A	-	2,5 cd/m^2	0,5	0,8	7 %	8
B	-	1,5 cd/m^2	0,45	0,7	10 %	7
C	1	1 cd/m^2	0,45	0,6	10 %	6,5
	2	1 cd/m^2	0,4	0,6	15 %	6,5
D	1	0,75 cd/m^2	0,4	0,5	10 %	5,5
	2	0,75 cd/m^2	0,35	0,45	15 %	5,5
E	-	0,5 cd/m^2	0,35	0,4	15 %	4,5
F	-	0,5 cd/m^2	0,30	0,35	20 %	3,5
G	-	según corresponda	- - -	- - -	- - -	- - -
H	-	corresponden especificaciones especiales	- - -	- - -	- - -	- - -

PROYECTO RACIONAL DE ALUMBRADO PÚBLICO

GRUPO I: TRANSITO MOTORIZADO

CATEGORIA	CARACTERISTICAS	TIPO DE CALZADA	EJEMPLO
A	Tránsito denso, Vmax = 110 km/h	Calzada de manos separadas, dos o más carriles por mano, libre de cruces a nivel, control de accesos y salidas.	AUTOPISTAS
B	Tránsito denso, Vmax = 80 km/h	Calzada para tránsito rápido, importante, sin separadores de tránsito.	TRAMOS DE RUTAS NACIONALES Y PROVINCIALES
C	Tránsito denso, Vmax = 60 km/h	Calzada importante para todo propósito, rural o urbana.	CAMINOS TRONCALES SUBURBANOS-CENTRALES A NIVEL-ACCESOS

GRUPO II: TRANSITO MIXTO

CATEGORIA	CARACTERISTICAS	TIPO DE CALZADA	EJEMPLO
D	Tránsito denso, Vmax = 60 km/h	Calzada de tránsito impor- tante, del cual una parte es peatonal.	COLECTORES DE TRÁNSITO CAMINOS DE CIRCULACION-AVENIDAS
E	Densidad moderada, Vmax = 50 km/h	Calzada urbana de tránsito normal, con presencia de peatones.	VIAS DE ENLACE ENTRE AREAS RESIDENCIALES Y CALZADAS TIPO
F	Tránsito denso, Vmax = 40 km/h	Calzada de tránsito lento, con presencia peatonal considerable.	CALLES CENTRALES Y COMERCIALES
G	Densidad moderada, Vmax = 30 km/h	Calzada de tránsito lento, con elevada presencia de peatones.	CALLES RESIDENCIALES Y SECUNDARIAS

CAPITULO IV

VALORES RECOMENDADOS EN LA ILUMINACION DE VIAS DE TRANSITO

IV-1 TABLA II - VALORES SEGUN LA CLASIFICACION DE CALZADAS

La Tabla siguiente proporciona los valores mantenidos que se recomiendan para la luminancia media sobre la calzada (L med), la uniformidad general (U gral), y longitudinal (U long), la clase de apantallamiento (CL), el incremento umbral relativo (TI %), la iluminancia media sobre la calzada (E med) y la uniformidad general de iluminancia (Ueo), en las diferentes categorías de calzada.

Los valores iniciales de proyecto, correspondientes a L med y E med, se determinarán incrementando los indicados en la tabla, en función de las condiciones de depreciación que se estimen en cada caso.

En situaciones normales de servicio: Valor Inicial = 1.30 . Valor Mantenido

CATEGORIA	L med cd/m ²	U gral	U long	LD	TI %	E med lux	Ueo
A	1.0-1.4	0.40	0.6-0.7	1	10	-	-
B	1.2-1.6	0.30-0.40	0.5-0.6	1	10	-	-
C	1.4-1.8	0.25-0.35	0.4-0.5	2	15	-	-
D	1.6-2.0	0.20-0.30	0.4-0.5	2	20	16-20	0.20-0.25
E	-	-	-	-	-	10-14	0.15-0.20
F	-	-	-	-	-	20-24	0.15-0.20
G	-	-	-	-	-	6-8	0.12-0.15

IV-2 INFLUENCIA DEL PAVIMENTO

La determinación de las características de reflexión de los pavimentos, se realizan generalmente en laboratorios especializados.

Numerosas investigaciones realizadas en los últimos 15 años, han demostrado que es posible clasificar los pavimentos en un pequeño número de categorías.

Esta Recomendación asume que el proyectista no tiene siempre un conocimiento completo de la calzada.

Conociendo la categoría correspondiente a un pavimento dado, se puede representar en forma aproximada las propiedades de reflexión de la calzada. Para ello se utilizan tablas estandar de coeficientes reducidos de luminancia, que permiten evaluar la instalación en su aspecto luminotecnico.

CONSIDERACIONES SOBRE EL USO RACIONAL DE LA ENERGÍA

TABLA 2 - NIVELES DE ILUMINACION RECOMENDADOS EN ALUMBRADO PUBLICO

TIPO DE ARTERIA O CALLE	NIVEL DE ILUMINACION (LUX)		DESLUMBRAMIENTO	TIPO DE LUMINARIA Recomendado	UNIFORMIDAD CUALITATIVA (Ver Tabla N° 3)
	CALEZADA CLARA	CALEZADA OSCURA			
A	16	32	Estrictamente reducido	Apantallada. Admisible: Semi-apant.	Excelente
B	8 *	16 *	Estrictamente reducido	Apantallada. Admisible: Semi-apant.	Excelente
C	8 *	16 *	Reducido	Semi-apantallada	Muy buena
D	16	32	Moderado	Semi-apantallada	Muy buena
E	8	16	Moderado	Admisible: No apantallada	Buena
F	8	8		Semi-apantallada Admisible: No apantallada	Regular

(*) En el caso que el entorno inmediato (circundante) posea iluminación relativamente intensa, el nivel de iluminación debería incrementarse.

CONSIDERACIONES SOBRE EL USO RACIONAL DE LA ENERGÍA

CONSULBAIRES

TABLA N° 3 - UNIFORMIDADES DE ILUMINACION (Valores orientativos)

CALIDAD	$E_{\text{mín}}/E_{\text{med}}$	$E_{\text{mín}}/E_{\text{máx}}$
Excelente	1 : 2,5	1 : 5
Muy buena	1 : 3	1 : 6
Buena	1 : 4	1 : 8
Regular	1 : 6	1 : 12

TABLA N° 4 - INTENSIDADES LUMINOSAS MAXIMAS ADMISIBLES EN FUNCION DEL GRADO DE APANTALLAMIENTO (Según Recomendaciones del C.I.E., año 1965)

TIPO DE LUMINARIA	VALOR DE LA MAXIMA SA PERMISIBLE A: $\gamma = 90^\circ$	INTENSIDAD LUMINO $\gamma = 80^\circ$
Apantallada (2)	10 cd/1.000 lm	30 cd/1.000 lm
Semi-apantallada (2)	50 cd/1.000 lm	100 cd/1.000 lm
No apantallada	1.000 cd	-

- (2) Dentro de los tipos apantallado y semiapantallado pueden distinguirse distribuciones luminosas de haz profundo y de haz abierto.

Se entiende por distribución luminosa de haz profundo cuando la máxima intensidad luminosa ($I_{\text{máx}}$) está por debajo de los 55° con respecto a la vertical y por distribución luminosa de haz amplio cuando la intensidad luminosa máxima está por encima de los 55° .

- 1.º Intensidad de iluminación.
- 2.º Características de las lámparas.
- 3.º Características de los aparatos de alumbrado.
- 4.º Altura y separación de los aparatos de alumbrado.

Intensidad de iluminación

La intensidad de iluminación depende de la categoría de la calle, intensidad de tránsito, anchura de la calzada, así como de características especiales: por ejemplo, si es una calle esencialmente comercial, o de residencias, etc.

Los valores adoptados modernamente para los niveles de iluminación, son los que se expresan en la tabla 90.

TABLA 90. NIVELES DE ILUMINACIÓN PARA CARRETERAS Y CALLES

Espacio a iluminar	Iluminación media (lux)	Ceficiente de uniformidad
Carreteras		
Tránsito ligero	0,5 a 2	0,15
Tránsito mediano	1 a 4	0,15 a 0,25
Tránsito importante.	2 a 8	0,25 a 0,35
Tránsito muy importante	3 a 12	0,30 a 0,50
Calles		
Residenciales	0,2 a 1	0,10 a 0,15
Comerciales	8 a 15	0,30 a 0,50

El coeficiente de uniformidad que aparece en la tabla anterior, es la relación

$$\frac{E_{mín}}{E_{máx}}$$

Los detalles de la clasificación de la Avda. San Martín y de las calles residenciales en cada caso son los siguientes, tomando en todos los casos:

a_1 y b_1 : Situaciones de mayor tráfico en avda. y calle residencial respectivamente.

a_2 y b_2 : Situaciones de menor tráfico en avda. y calle residencial respectivamente.

1) NORMA DIN 5044

a. Avenida San Martín

Se la consideró dentro de las calles mayores o principales, con velocidad límite menor o igual a 70 km/h.

a_1 . Calzada sin franja central de separación
Tráfico en oscuridad: 300 vehic.
hora-carril
Densidad excedida durante más de
300 hs/año

a_2 . Idem anterior salvo:

Tráfico en oscuridad :100 vehíc.
hora-carril

Densidad excedida durante más de
300 hs/año

b. Calles residenciales

Se las consideró como calles menores,
zona con edificación y vehículos estacionados sobre la calle.

b₁. Tráfico: 100 vehíc.
hora

Densidad excedida durante más de
300 hs/año

b₂. Tráfico: 100 vehíc.
hora

Densidad excedida durante más de
300 hs/año

2) Recomendación CIE

a. Avda. San Martín

a₁. Calzada categoría C: tráfico pesado mixto de velocidad moderada. En este se pueden considerar alrededores claros

a₂. Calzada categoría E: tráfico mixto con límite de velocidad y densidad moderada. Considerando también alrededores claros.

b. Calles residenciales

b₁. Existe una única categorización posible para calles urbanas y es categoría E con alrededores oscuros.

3) RECOMENDACION AADL

a. Avda San Martín

a₁. Calzada categoría C₂
Tráfico denso - Velocidad moderada
 $40\text{km/h} < v_{\text{usual}} < 60\text{km/h}$
Densidad máxima < 600 vehíc./hora

a₂. Calzada categoría D₂
Tráfico denso - Velocidad moderada
 $v_{\text{máx}} = 40 \text{ km/h}$
 $v_{\text{usual}} \approx 30 \text{ km/h}$
Densidad máxima < 450 vehíc./hora

b. Calles residenciales

b₁. Calzada categoría E
 $v_{\text{máx}} = 40 \text{ km/h}$
 $v_{\text{usual}} \approx 30 \text{ km/h}$
Densidad máxima < 250 vehíc./hora

b₂. Calzada categoría F
 $v_{\text{máx}} = 30 \text{ km/h}$
 $v_{\text{usual}} \approx 20 \text{ km/h}$
Densidad máxima < 100 vehíc./hora

4) PROYECTO RACIONAL AL PÚBLICO

a. Avda San Martín

a₁. Calzada categoría D
Tránsito denso - $v_{\text{máx}} = 60 \text{ km/h}$

a₂. Calzada categoría E
Densidad moderada - $v_{\text{máx}} = 50$ km/h

b. Calles residenciales

b₁. Calzada categoría E
Densidad moderada - $v_{\text{máx}} = 50$ km/h
(Se las considera vías de enlace
entre calzadas más importantes)

b₂. Calzada categoría G
Densidad moderada $v_{\text{máx}} = 30$ km/h

5) CONSID. SOBRE USO RAC. DE LA ENERGIA

a. Avda San Martín

a₁. Calzada tipo D: arteria de tránsito
mixto; relativamente denso

a₂. Calzada tipo C: arteria de vincula-
ción entre centro de áreas urbanas
y zonas periféricas

b. Calles Residenciales

b₁. Calzada tipo E: arteria de tránsito mixto; calles de enlace entre zonas residenciales y arterias más import.

b₂. Calzada tipo F: calles de acceso a viviendas

6) LUMINOTECNIA - ED. CEAC

a. Avda. San Martín

a₁. Carretera de tránsito importante

a₂. Carretera de tránsito mediano

b. Calles residenciales

b₁. Calle residencial

ANEXO II

CARACTERISTICAS FOTOMETRICAS Y RESULTADOS

CARACTERISTICAS FOTOMETRICAS

Todos los programas para el cálculo de iluminación, ya sea mediante técnicas de luminancia o iluminancia, necesitan la descripción fotométrica de la distribución luminosa del conjunto lámpara - luminaria.

Esta descripción se hace a través de las curvas isocandelas y a partir de la definición de un sistema de coordenadas esféricas donde no interesa sino la dirección del vector intensidad luminosa, por lo tanto, solo son necesarios dos ángulos para definirla unívocamente.

Estos ángulos determinan los paralelos (α en este caso) y meridianos (β); los valores de α van de 0 a 90 grados y los de β de 0 a 180 grados; así queda definida la distribución luminosa ya que en todos los casos se supone a esta simétrica respecto del meridiano $\beta=0$ grado.

Los valores de intensidad luminosa pueden ser dados por el fabricante directamente o indirectamente a través de los diagramas isolux, en este último caso debe calcularse el módulo del vector intensidad luminosa a través de la fórmula:

$$E_{hor.} = \frac{I_{\alpha}}{H^2} \times \cos^3 \alpha$$

$$I_{\alpha} = \frac{E_{hor.}}{\cos^3 \alpha} \times H^2$$

donde:

$E_{hor.}$ iluminancia horizontal (lux)

H altura de la luminaria

α : ángulo determinado por el eje polar perpendicular a la superficie y que pasa por la luminaria y por la recta definida por la luminaria y el punto de la calzada en cuestión.

En este trabajo se utilizaron las características fotométricas de las siguientes luminarias:

STRAND RC-380
PHILIPS AL-535
PHILIPS AL-561
STRAND RC-800
STRAND AT-70

relevadas a partir de las curvas isolux, y se caracterizaron a través de diagramas isocandela las luminarias:

PHILIPS SGS 201
PHILIPS HGS 201

En todos los casos el fabricante da la característica con una lámpara determinada y cuando se las si-

muló con otras lámparas se supuso igual distribución pero con menor intensidad luminosa (directamente proporcional al flujo luminoso) por lo cual las distribuciones deben considerarse aproximadas y para una mayor seguridad es necesario un ensayo de la misma o la consulta al fabricante.

RESULTADOS

A continuación pueden verse los resultados de todas las simulaciones realizadas.

Estas corresponden a:

1) Avenida San Martín

- a. Todas las disposiciones y alturas de: 7, 8, 9, 10, y 12m. para iluminación a pleno
- b. Disposiciones: actual; 1.b y 2.b para iluminación lámpara por medio

2) Calles residenciales

- a. Todas las disposiciones y alturas de: 7, 8, 9, 10 y 12m. para iluminación a pleno

- b. Disposiciones: actual; tresbolillo b; tresbolillo c y lámpara por medio en situación actual y alturas ídem anterior para iluminación en una esquina.

- c. Disposición actual y tresbolillo b; alturas ídem anterior para situación de iluminación lámpara por medio.

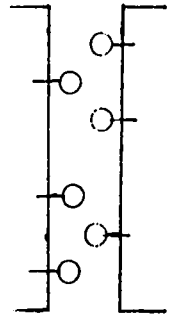
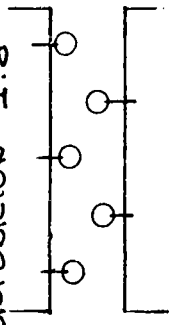
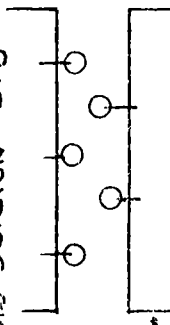
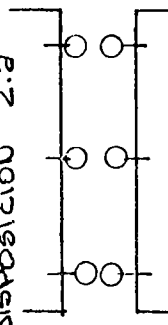
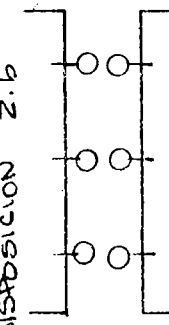
LUMINARIA:
STRAND EC-800

LAMPARA:
NB-250W

SITUACIÓN:	H = 7m		H = 8m		H = 9m		H = 10m		H = 12m								
	E _m	E ₁	E ₂	E ₁	E ₂	E ₁	E ₂	E ₁	E ₂	E ₁	E ₂						
AVENIDA SAN MARTÍN DISPOSICION ACTUAL 	43,3	0,07	0,03	43,1	0,22	0,12	0,12	0,06	41,2	0,285	0,17	39,3	0,345	0,23	35,5	0,45	0,34
DISPOSICION 1.º B 	36,2	0,09	0,04	34,7	0,12	0,12	0,23	0,13	33,3	0,23	0,13	31,5	0,29	0,17	28	0,42	0,285
DISPOSICION 1.º B 	40,4	0,08	0,04	38,6	0,18	0,09	0,23	0,13	36,7	0,23	0,13	34,5	0,3	0,18	30,7	0,43	0,30
DISPOSICION 2.º B 	39,2	φ	φ	37,2	φ	φ	0,14	0,06	35,3	0,14	0,06	33,7	0,27	0,12	30,4	0,47	0,26
DISPOSICION 2.º B 				40,4	0,095	0,04	38,8	0,175	37	0,175	0,08	37	0,36	0,175	33,8	0,505	0,31

LUMINARIA:
STRANS RC-380

LÁMPARA:
Na - 250 W

SITUACIÓN:	H = 7m			H = 8m			H = 9m			H = 10m			H = 12m		
	E _m	E ₁	E ₂	E _m	E ₁	E ₂	E _m	E ₁	E ₂	E _m	E ₁	E ₂	E _m	E ₁	E ₂
AVENIDA SAN MARTÍN DISPOSICION ACTUAL 				32,5	0,23	0,12	31,3	0,26	0,16	30,1	0,3	0,21	27,6	0,36	0,27
DISPOSICION 1.a 				26	0,064	0,03	25,1	0,19	0,11	24	0,22	0,13	21,7	0,28	0,19
DISPOSICION 1.b 				29	0,18	0,1	27,7	0,21	0,12	26,3	0,24	0,15	23,8	0,31	0,21
DISPOSICION 2.a 				27,7	φ	φ							23,6	0,32	0,32
DISPOSICION 2.b 				30,1	0,15	0,08	29,3	0,28	0,17	28,15	0,44	0,28	26,4	0,56	0,39

LUMINARIA:
STRAND AT-70

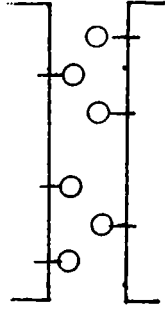
LAMPARA:
No - 250 W

SITUACIÓN:	H = 7m			H = 8m			H = 9m			H = 10m			H = 12m		
	E _m	E ₁	E ₂	E _w	E ₁	E ₂	E _w	E ₁	E ₂	E _w	E ₁	E ₂	E _w	E ₁	E ₂
AVENIDA SAN MARTÍN DISPOSICION ACTUAL 	28,2	0,075	0,03	27,7	0,28	0,125	26,3	0,4	0,2	25	0,93	0,25	22,6	0,47	0,32
DISPOSICION 1.a 	23,4	0,12	0,04	22,2	0,15	0,06	21,2	0,3	0,13	20	0,32	0,16	17,9	0,39	0,23
DISPOSICION 1.b 	26,1	0,12	0,04	24,7	0,25	0,11	23,4	0,30	0,14	22,1	0,34	0,18	19,7	0,42	0,26
DISPOSICION 2.a 	25,4	φ	φ	23,8	φ	φ	22,5	0,21	0,09	21,4	0,33	0,16	19,2	0,51	0,3
DISPOSICION 2.b 	27,5	φ	φ	26	0,15	0,06	24,7	0,27	0,13	23,5	0,46	0,25	21,4	0,60	0,39

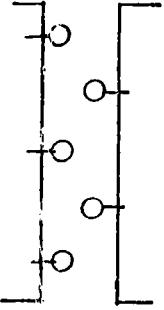
SITUACIÓN:

AVENIDA SAN MARTIN

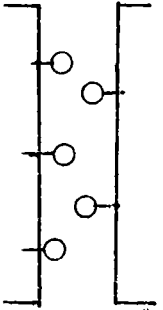
DISPOSICION ACTUAL



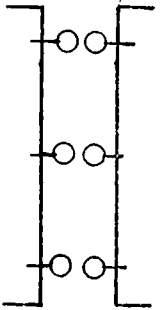
DISPOSICION 1.a



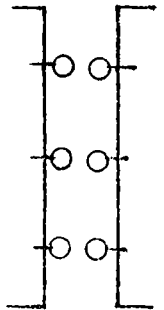
DISPOSICION 1.b



DISPOSICION 2.a



DISPOSICION 2.b



SITUACIÓN:	H = 7m			H = 8m			H = 9m			H = 10m			H = 12m		
	Em	E1	E2	Eu	G1	G2	Eu	G1	G2	Eu	G1	G2	Eu	G1	G2
AVENIDA SAN MARTIN DISPOSICION ACTUAL				23,7	0,24	0,12	22,4	0,32	0,18	21,2	0,36	0,23	18,9	0,42	0,31
DISPOSICION 1.a	20	0,14	0,05	18,9	0,165	0,074	17,95	0,27	0,15	16,9	0,31	0,17	15	0,385	0,25
DISPOSICION 1.b	22,2	0,23	0,05	21,1	0,23	0,11	19,9	0,27	0,14	18,7	0,31	0,18	16,4	0,39	0,26
DISPOSICION 2.a				19,9	φ	φ	18,8	0,106	0,05	17,8	0,32	0,17	16,2	0,49	0,33
DISPOSICION 2.b	23	φ	φ	22	0,10	0,05	21	0,19	0,10	19,9	0,4	0,24	18	0,55	0,41

LUMINARIA:
PHILIPS AL-535

LAMPARA:
No - 250 W

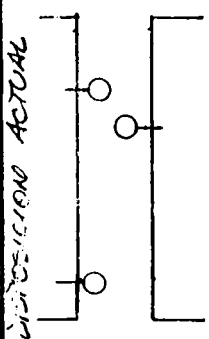
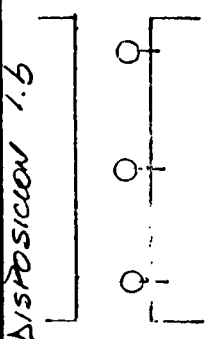
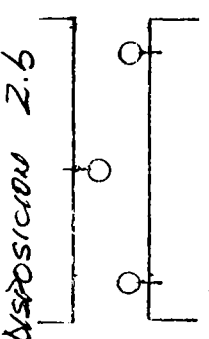
LUMINARIA:
PHILIPS SGG-201

LAMPARA:
No - 250 W

SITUACIÓN: AVENIDA SAN MARTÍN	H = 7m		H = 8m		H = 9m		H = 10m		H = 12m						
	Em	E1	E2	Ew	G1	G2	Ew	G1	G2	Ew	G1	G2			
DISPOSICION ACTUAL 	40,8	0,04	0,015	40,6	0,18	0,08	39,1	0,24	0,123	37,65	0,27	0,156	34,7	0,315	0,216
DISPOSICION 1.a 				32,7	0,071	0,026	31,5	0,174	0,08	30,16	0,21	0,10	27,4	0,276	0,164
DISPOSICION 1.b 				36,4	0,152	0,06	34,85	0,19	0,086	33,2	0,22	0,12	30,2	0,29	0,18
DISPOSICION 2.a 				35,15	φ	φ	33,6	0,16	0,07	32,2	0,246	0,124	29,6	0,40	0,24
DISPOSICION 2.b 				38,2	0,11	0,046	36,8	0,2	0,1	35,3	0,33	0,185	32,8	0,44	0,3

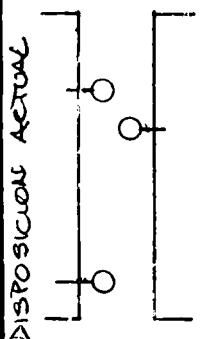
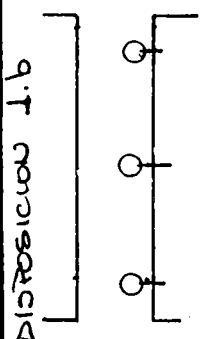
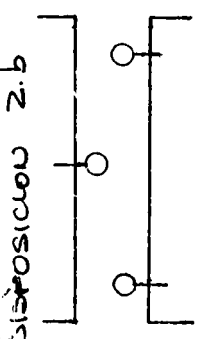
LUMINARIA:
PHILIPS SGS-201

LÁMPARA:
Na - 250 W

SITUACIÓN: AVENIDA SAN MARTÍN ILUMINACION LAMPARA 12A POR MEDIO	H = 8m			H = 9m			H = 10m			H = 12m		
	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2
 <p>DISPOSICION ACTUAL</p>	20,86	∅	∅	20	∅	∅	19,1	∅	∅	17,2	0,135	0,053
 <p>DISPOSICION 1.6</p>	19,1	∅	∅	18,41	∅	∅	17,7	0,137	0,043	16,42	0,237	0,1
 <p>DISPOSICION 2.6</p>	19,1	∅	∅	18,41	0,124	0,033	17,7	0,169	0,053	16,42	0,242	0,102

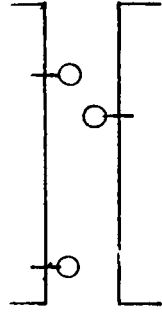
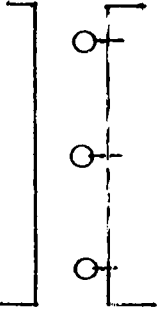
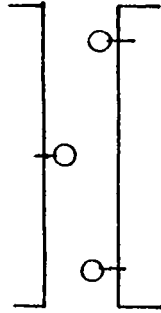
LUMINARIA:
PHILIPS AL-535

LÁMPARA:
N6-250W

SITUACIÓN: AVENIDA SAN MARTÍN ILUMINACIÓN LAM- PARA POR MEDIO	H = 8m			H = 9m			H = 10m			H = 12m		
	Em	Gi	Gr	Em	Gi	Gr	Em	Gi	Gr	Em	Gi	Gr
DISPOSICIÓN ACTUAL 	12,1	φ	φ	11,4	φ	φ	10,7	φ	φ	9,54	0,167	0,072
DISPOSICIÓN 1.b 	11	φ	φ	10,45	φ	φ	9,93	0,254	0,093	9	0,36	0,17
DISPOSICIÓN 2.b 	11	φ	φ	10,5	0,19	0,06	9,93	0,28	0,103	9	0,402	0,191

LUMINARIA:
STRANS AT-70

LÁMPARA:
No - 250 W

SITUACIÓN: AVENIDA SAN MARTÍN ILUMINACION LAM- PARA POR MEDIO	H = 8m			H = 9m			H = 10m			H = 12m		
	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2
DISPOSICION ACTUAL 	14,22	φ	φ	13,44	φ	φ	12,7	φ	φ	11,4	0,16	0,062
DISPOSICION 1.b 	13	φ	φ	12,4	φ	φ	11,74	0,187	0,06	10,7	0,305	0,128
DISPOSICION 2.b 	13	φ	φ	12,37	0,184	0,05	11,74	0,24	0,076	10,7	0,312	0,131

LUMINARIA:
STRAND RC-380

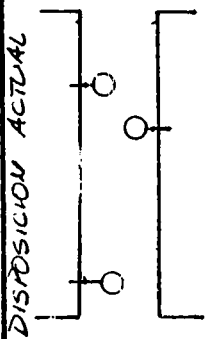
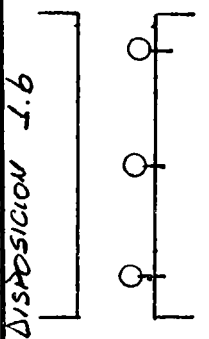
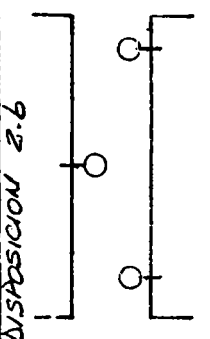
LÁMPARA:
No - 250 W

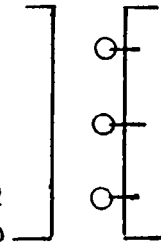
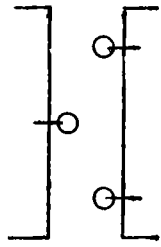
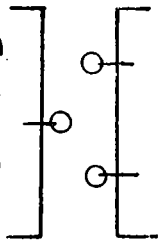
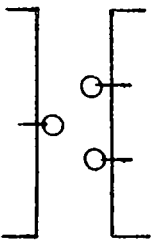
SITUACIÓN: AVENIDA SAN MARTÍN ILUMINACION LÁMPARA POR MEDIO	H = 8m			H = 9m			H = 10m			H = 12m		
	Em	G ₁	G ₂	Em	G ₁	G ₂	Em	G ₁	G ₂	Em	G ₁	G ₂
DISPOSICION ACTUAL 	16,5	φ	φ	15,8	φ	φ	15,1	φ	φ	13,9	0,162	0,08
DISPOSICION 1.6 	15,06	φ	φ	14,64	φ	φ	14,1	0,134	0,06	13,2	0,171	0,097
DISPOSICION 2.6 	15,06	φ	φ	14,64	0,113	0,041	14,1	0,134	0,06	13,2	0,171	0,1

SITUACIÓN:
 AVENIDA SAN MARTÍN
 ILUMINACIÓN LAMPA-
 RA POR MEDIO

LUMINARIA:
 STRAND EC-800

LÁMPARA:
 Na-250 w

SITUACIÓN: AVENIDA SAN MARTÍN ILUMINACIÓN LAMPA- RA POR MEDIO	H = 8m			H = 9m			H = 10m			H = 12m		
	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2
DISPOSICION ACTUAL 	22	φ	φ	21	φ	φ	19,9	φ	φ	17,9	0,155	0,074
DISPOSICION 1.6 	20,2	φ	φ	19,4	φ	φ	18,5	0,194	0,088	16,9	0,31	0,18
DISPOSICION 2.6 	13	φ	φ	19,4	0,174	0,067	15,5	0,21	0,086	16,9	0,38	0,22

SITUACIÓN CALLE RESIDENCIAL ACTUAL	H = 7m			H = 8m			H = 9m			H = 10m			H = 12m		
	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2
	16	φ	φ	14,4	0,14	0,054	13,2	0,27	0,12	12,04	0,33	0,17	10,3	0,463	0,286
TRESBOLLO A 	15,2	φ	φ	14,45	0,193	0,075	13,24	0,245	0,11	12,02	0,45	0,22	10,31	0,60	0,37
TRESBOLLO B 	18,1	0,186	0,07	16,41	0,25	0,11	14,9	0,463	0,233	13,54	0,55	0,31	11,64	0,67	0,47
TRESBOLLO C 	21	0,38	0,16	18,9	0,47	0,24	17,2	0,567	0,33	15,8	0,63	0,415	13,4	0,70	0,484

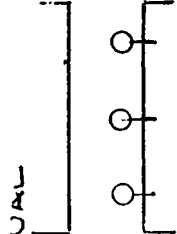
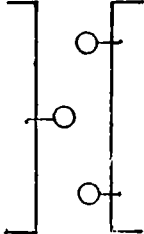
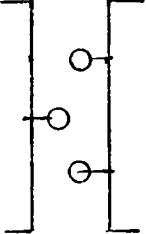
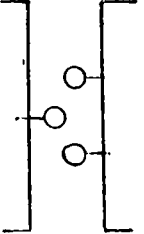
LUMINARIA: PHILIPS AL-535 LÁMPARA: Hg-400 W

SITUACIÓN	H = 7m			H = 8m			H = 9m			H = 10m			H = 12m		
	Em	G ₁	G ₂	Em	G ₁	G ₂	Em	G ₁	G ₂	Em	G ₁	G ₂	Em	G ₁	G ₂
CALLE RESIDENCIAL ACTUAL	15,76	φ	φ	14,5	0,19	0,09	13,6	0,36	0,2	12,6	0,426	0,27	11	0,55	0,43
TRESBOLUO A	15,6	φ	φ	14,6	0,245	0,116	13,6	0,29	0,16	12,5	0,55	0,35	11,1	0,67	0,53
TRESBOLUO B	17,8	0,23	0,103	16,54	0,28	0,15	15,4	0,54	0,34	14,2	0,614	0,45	12,5	0,73	0,6
TRESBOLUO C	20,6	0,4	0,205	19,2	0,5	0,3	17,9	0,58	0,41	16,7	0,63	0,48	14,34	0,74	0,57

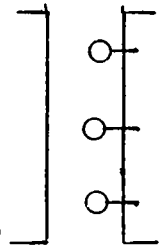
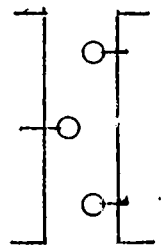
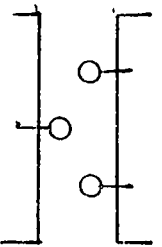
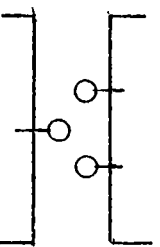
LUMINARIA: STRANA RC-380 LÁMPARA: N6 - 150 W

SITUACIÓN CALLE RESIDENCIAL ACTUAL	H = 7m			H = 8m			H = 9m			H = 10m			H = 12m		
	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2
	15,76	φ	φ	14,5	0,19	0,09	13,6	0,36	0,2	12,6	0,426	0,27	11	0,55	0,43
RESOLUCIÓN A 	15,6	φ	φ	14,6	0,245	0,116	13,6	0,29	0,16	12,5	0,55	0,35	11,1	0,67	0,53
RESOLUCIÓN B 	17,8	0,23	0,103	16,54	0,28	0,15	15,4	0,54	0,34	14,2	0,614	0,45	12,5	0,73	0,6
RESOLUCIÓN C 	20,6	0,4	0,205	19,2	0,5	0,3	17,9	0,58	0,41	16,7	0,63	0,48	14,34	0,74	0,57

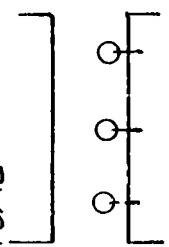
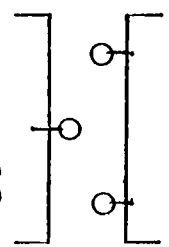
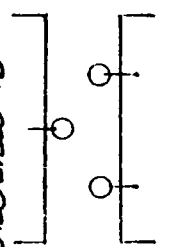
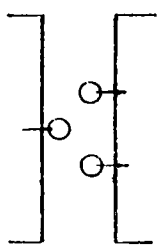
LUMINARIA: STRANA RC-380 LÁMPARA: Na - 150 W

SITUACION: CALLE RESIDENCIAL	H = 7m			H = 8m			H = 9m			H = 10m			H = 12m		
	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2
ACTUAL 	13,3	φ	φ	12,11	0,182	0,064	11,16	0,292	0,12	10,25	0,41	0,19	8,84	0,554	0,32
TRESBOLILLO A 	13	φ	φ	12	0,245	0,085	11,05	0,353	0,143	10,1	0,434	0,198	8,8	0,584	0,336
TRESBOLILLO B 	14,1	0,247	0,077	13	0,381	0,145	12	0,476	0,21	11,08	0,56	0,281	9,7	0,67	0,425
TRESBOLILLO C 				14,92	0,5	0,216	13,8	0,57	0,29	12,84	0,63	0,37	11,13	0,72	0,47

LUMINARIA: STRAND AT/70 LÁMPARA: No - 150 W

SITUACIÓN	H = 7m			H = 8m			H = 9m			H = 10m			H = 12m		
	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2
CALLE RESIDENCIAL ACTUAL 	18,8	0,13	0,056	17,4	0,18	0,06	16,12	0,24	0,094	15	0,3	0,136	13	0,432	0,242
TRESBOLILLO A 	18,86	0,147	0,104	17,4	0,21	0,07	16,12	0,27	0,106	15	0,34	0,15	13,01	0,487	0,277
TRESBOLILLO B 	21,23	0,21	0,065	19,63	0,28	0,105	18,2	0,356	0,16	16,9	0,44	0,22	14,7	0,57	0,35
TRESBOLILLO C 	24,4	0,28	0,1	22,6	0,366	0,16	21	0,46	0,23	19,5	0,52	0,3	16,9	0,64	0,434

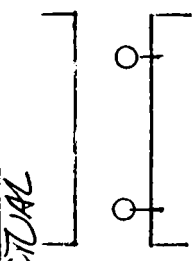
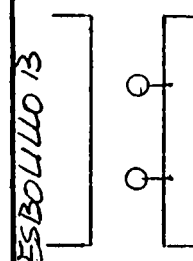
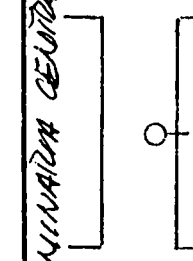
LUMINARIA: PHILIPS H65-201 LÁMPARA: Hg - 250 W

SITUACIÓN:	H = 7m			H = 8m			H = 9m			H = 10m			H = 12m		
	Em	G ₁	G ₂	Em	G ₁	G ₂	Em	G ₁	G ₂	Em	G ₁	G ₂	Em	G ₁	G ₂
CALLE RESIDENCIAL ACTUAL 	21,23 19,03	φ	φ	19,03	0,2	0,07	17,5	0,375	0,155	15,95	0,43	0,2	13,61	0,53	0,3
TRESBOLILLO A 	20,84	φ	φ	12,21	0,25	0,09	17,57	0,305	0,126	15,75	0,48	0,22	13,7	0,59	0,34
TRESBOLILLO B 	24	0,24	0,08	21,7	0,32	0,13	19,7	0,48	0,22	17,9	0,6	0,32	15,4	0,64	0,405
TRESBOLILLO C 	27,7	0,47	0,19	25,1	0,48	0,22	23	0,57	0,31	21,1	0,62	0,37	17,6	0,67	0,41

LUMINARIA: PHILIPS AL-561 LAMPARA: Hg-400 w

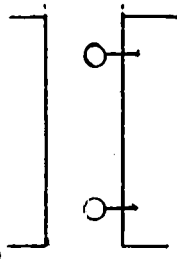

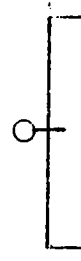
LUMINARIA:
PHILIPS HgS-201

LÁMPARA:
Hg - 250 W

SITUACIÓN: CALLE RESIDENCIAL ILUMINACIÓN LAM- PARA POR MEYO	H = 8m			H = 9m			H = 10m			H = 12m		
	Em	G ₁	G ₂	Em	G ₁	G ₂	Em	G ₁	G ₂	Em	G ₁	G ₂
ACTUAL 	18,7	0,016	0,003	17,2	0,026	0,006	15,9	0,04	0,1	13,7	0,074	0,023
TRESBOLILLO 13 	20,9	0,03	0,006	19,25	0,044	0,011	17,8	0,064	0,018	15,41	0,11	0,04
LUMINARIA CENTRAL 	15,43	0,009	0,001	14,42	0,015	0,003	13,5	0,023	0,005	11,83	0,03	0,011

LUMINARIA:
STRAVA AF-70

LÁMPARA:
No - 150 W

SITUACIÓN: CALLE RESIDENCIAL ILUMINACION LAM- PARA POR MEDIO ACTUAL	H = 8m			H = 9m			H = 10m			H = 12m		
	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2
	658	∅	∅	6	∅	∅	545	∅	∅	47	∅	∅
TRESBOLLO B 	737	∅	∅	649	∅	∅	613	∅	∅	528	∅	∅
LUMINARIA CENTRAL 	595	∅	∅				508	∅	∅	438	∅	∅

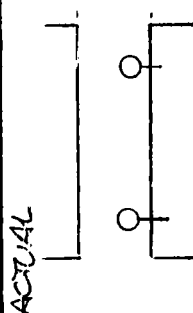
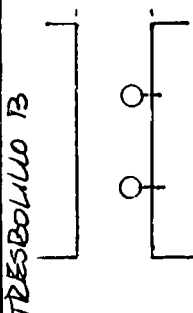
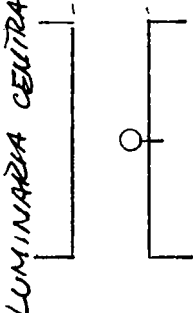
LUMINARIA:
STRAND RC-380

LÁMPARA:
No - 150 W

SITUACIÓN: CALLE RESIDENCIAL ILUMINACIÓN LAM- PARA POR NUDO	H = 8m			H = 9m			H = 10m			H = 12m		
	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2
ACTUAL	7,87	∅	∅	7,29	∅	∅	6,66	∅	∅	5,84	∅	∅
TRESBOLILLO B							7,55	∅	∅	6,53	∅	∅
LUMINARIA CENTRAL	7,87	∅	∅	7,29	∅	∅	6,66	∅	∅	5,84	∅	∅

LUMINARIA:
PHILIPS AL-S61

LÁMPARA:
Hg-400 W

SITUACIÓN: CALLE RESIDENCIAL ILUMINACION LAM- PARA POR MEYO	H = 8m			H = 9m			H = 10m			H = 12m		
	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2
ACTUAL 	10,51	∅	∅	9,54	∅	∅	8,51	∅	∅	7,32	∅	∅
TRESBOLLO B 	11,78	∅	∅	10,61	∅	∅	9,6	∅	∅	8,2	∅	∅
LUMINARIA CENTRAL 	10,51	∅	∅	9,54	∅	∅	8,51	∅	∅	7,32	∅	∅

LUMINARIA:
PHILIPS AL 535

LÁMPARA:
Hg - 400 W

SITUACIÓN: CALLE RESIDENCIAL ILUMINACION LATERAL RA POR MEDIO	H = 8m			H = 9m			H = 10m			H = 12m		
	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2
ACTUAL 	7,88	∅	∅	7,16	∅	∅	6,46	∅	∅	5,5	∅	∅
TRES BOLLUB 	8,86	∅	∅	8	∅	∅	7,23	∅	∅	6,16	∅	∅
LUMINARIA CENTRAL 	7,88	∅	∅	7,16	∅	∅	6,46	∅	∅	5,5	∅	∅

SITUACIÓN ESQUINA CALLE RESIDENCIAL	H = 7m			H = 8m			H = 9m			H = 10m			H = 12m		
	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2
ACTUAL 				10,8	0,72	0,58	12,44	0,71	0,60	13,7	0,71	0,62	15,2	0,72	0,64
TRESBOLILLO B 				4,57	0,75	0,63	5,65	0,77	0,64	6,69	0,79	0,66	8,37	0,77	0,68
TRESBOLILLO C 				2,02	0,78	0,65	2,67	0,79	0,65	3,31	0,79	0,67	4,50	0,81	0,70
ACTUAL - Lámparas for media 				5,41	0,16	0,08	6,72	0,19	0,1	6,84	0,22	0,12	7,61	0,27	0,17

LUMINARIA: PHILLIPS H65-201 LÁMPARA: H9 - 250 w

SITUACIÓN ESQUINA CALLE RESIDENCIAL	H = 7m			H = 8m			H = 9m			H = 10m			H = 12m		
	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2
ACTUAL 															
				1,945	0,73	0,59	9,79	0,75	0,62	11	0,84	0,76	11,52	0,82	0,76
TRESBOLILLO B 															
				2,134	φ	φ	3,604	0,61	0,455	4,91	0,75	0,65	6,78	0,84	0,76
TRESBOLILLO C 															
													1,64	φ	φ
ACTUAL - Lámpara por medio 															
				3,974	φ	φ	4,89	φ	φ	5,51	0,32	0,21	5,77	0,40	0,29

LUMINARIA: STRAAS AT-70 LÁMPARA: No - 150 W

SITUACIÓN CALLE ESQUINA RESIDENCIAL ACTUAL	H = 7m			H = 8m			H = 9m			H = 10m			H = 12m		
	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2
				1329	052	032	163	047	034	183	056	044	188	059	046
TRES BOLLILLO B 				4021	φ	φ	666	061	0446	888	051	033			
TRES BOLLILLO C 				φ	φ	φ	13	φ	φ	321	φ	φ	62	049	032
ACTUAL - Lámpara por medio 															
				665	φ	φ	816	φ	φ	917	020	011	94	024	015

LUMINARIA: STRAND RC-380 LÁMPARA: No - 150 W

SITUACIÓN: ESQUINA CALLE RESIDENCIAL	H = 7m			H = 8m			H = 9m			H = 10m			H = 12m		
	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2
ACTUAL															
				10,44	0,64	0,435	2,75	0,66	0,52	14,26	0,73	0,604	14,7	0,78	0,656
TRES BOLLINOS B															
				2,9	φ	φ	4,84	0,64	0,44	6,5	0,6	0,42	8,8	0,7	0,57
TRES BOLLINOS C															
				φ	φ	φ	0,086	φ	φ	2,22	φ	φ	4,36	0,59	0,41
ACTUAL - Lampare por medio															
				5,22	φ	φ	6,37	φ	φ	7,13	0,18	0,1	7,35	0,24	0,15

LUMINARIA: PHILIPS AL-535 LAMPARA: Hg-400 W

SITUACIÓN ESQUINA CALLE RESIDENCIAL	H = 7m			H = 8m			H = 9m			H = 10m			H = 12m		
	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2	Em	G1	G2
ACTUAL 				12,46	0,65	0,38	19,9	0,65	0,476	21	0,7	0,59	18,85	0,71	0,61
RESOLLO B 				6,07	φ	φ	9,45	0,62	0,45	11,75	0,57	0,36	13,7	0,72	0,61
RES.B.C.O 				φ	φ	φ	2	φ	φ	4,78	φ	φ	8,22	0,54	0,35
ACTUAL - Lámparas por medio 				8,73	φ	φ	9,97	φ	φ	10,52	0,23	0,15	9,43	0,33	0,22

LUMINARIA: PHILIPS AL-561 LÁMPARA: Hg-400 W

ANEXO III

FACTORES QUE AFECTAN LA PERFORMANCE DE UNA INSTALACION
COMPARACION ENTRE NIVELES MEDIDOS Y ESPERADOS

Como se expresó oportunamente los factores más importantes que afectan la obtención de un adecuado nivel de iluminación resultante (respecto del de diseño) son:

- a. Sociedad de lámpara y luminaria
- b. Depreciación del flujo luminoso de las lámparas
- c. Calidad del balasto y características del circuito eléctrico asociado

El efecto combinado de las primeras dos puede verse en el siguiente gráfico (del Manual de alumbrado Philips):

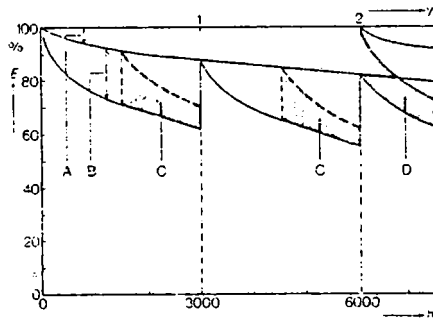


Fig. 5-5. Efecto de la depreciación, la limpieza y el reemplazo de lámparas sobre la iluminación E, en una instalación de lámparas fluorescentes en que:

n = número de años, con una utilización supuesta de 3.000 horas por año

h = horas de utilización

- A = pérdida debida al envejecimiento de la lámpara
- B = pérdida debida al ensuciamiento de la luminaria
- C = ganancia si se hace una limpieza cada seis meses
- D = ganancia si se reemplazan también las lámparas

En el mismo puede observarse tanto la caída debido a la disminución del flujo luminoso como a la suciedad de la luminaria y también como influyen los mantenimientos tanto de la luminaria (limpieza) como de la lámpara (mantenimiento preventivo).

En lo referente a la limpieza de las luminarias pueden tomarse como factores de mantenimiento para la suciedad los sgtes. (Manual de alumbrado Philips):

LUMINARIA	FACTOR DE MANT. (SUCIEDAD)
limpia	0.9
mediana	0.8
sucia	0.7

y en lo que respecta a la lámpara, debido a su curva de depreciación luminosa, se adopta en general un factor de 0.9 que es el correspondiente a su vida útil y es representativo de la verdadera depreciación si hay mantenimiento preventivo; sino luego de su vida útil el flujo cae considerablemente (por ejemplo a valores menores de $0.8 \Phi_n$).

Entonces si se consideran solo estos dos factores puede obtenerse un factor de mantenimiento total que tomaría los siguientes valores (los valores entre paréntesis son

tomando un factor de decaimiento del Φ_L de 0.8 que es una visión optimista de una situación sin mantenimiento preventivo):

LUMINARIA	FACTOR DE MANTEN. TOTAL
limpia	0.8 (0.7)
mediana	0.7 (0.64)
sucia	0.6 (0.56)

Además de lo anterior también influyen en el rendimiento de la instalación la calidad del balasto y el circuito eléctrico asociado; como ya se dijo, el primero limita la corriente y un balasto de mala calidad puede hacer que la potencia entregada a la lámpara sea hasta un 30 % menor que la nominal sin que esta se apague; sumado a esto el efecto de la tensión efectivamente en bornes de la lámpara que influye significativamente en el flujo y por lo tanto puede disminuirlo aún más.

En conclusión el producto de todos los factores da como resultado un factor de mantenimiento (FM) que es representativo de todos los fenómenos que hacen a la disminución del Φ_L ; su recíproca es el factor de pérdida lumínica (fpl), en definitiva se tendrá:

$$E_{\text{inicial}} = E_{\text{esperado}} \times \text{factor pérdida lumínica}$$

$$E_{\text{inicial}} \times \text{factor mantenimiento} = E_{\text{esperado}}$$

Tomar un factor de pérdida de 1.3 como se adoptó anteriormente es equivalente a tomar FM = 0.77; lo cual es quizás un valor muy grande teniendo en cuenta que no existe mantenimiento preventivo.

Lo antedicho puede explicar la situación encontrada en la instalación donde los niveles medidos son aproximadamente la mitad de los niveles iniciales.

La comparación puede verse al final de este anexo y también pueden verse los resultados de mediciones efectuadas en distintos puntos de la ciudad.

Estas mediciones se hicieron en los sgtes. puntos:

1) Avda. San Martín e/Las Heras y Viamonte

1.a Iluminación a pleno

1.b Iluminación lámpara por medio

2) Calle Derqui e/San Martín y Quintana

2.a Iluminación a pleno

2.b Iluminación lámpara por medio

3) Esquina Derqui y Quintana

3.a Iluminación lámpara por medio

4) Constituyentes e/Falucho y Mitre

5) Constituyentes e/Moreno y Sarmiento

6) Alsina 590

7) Brown 108

8) Dean Funes 500

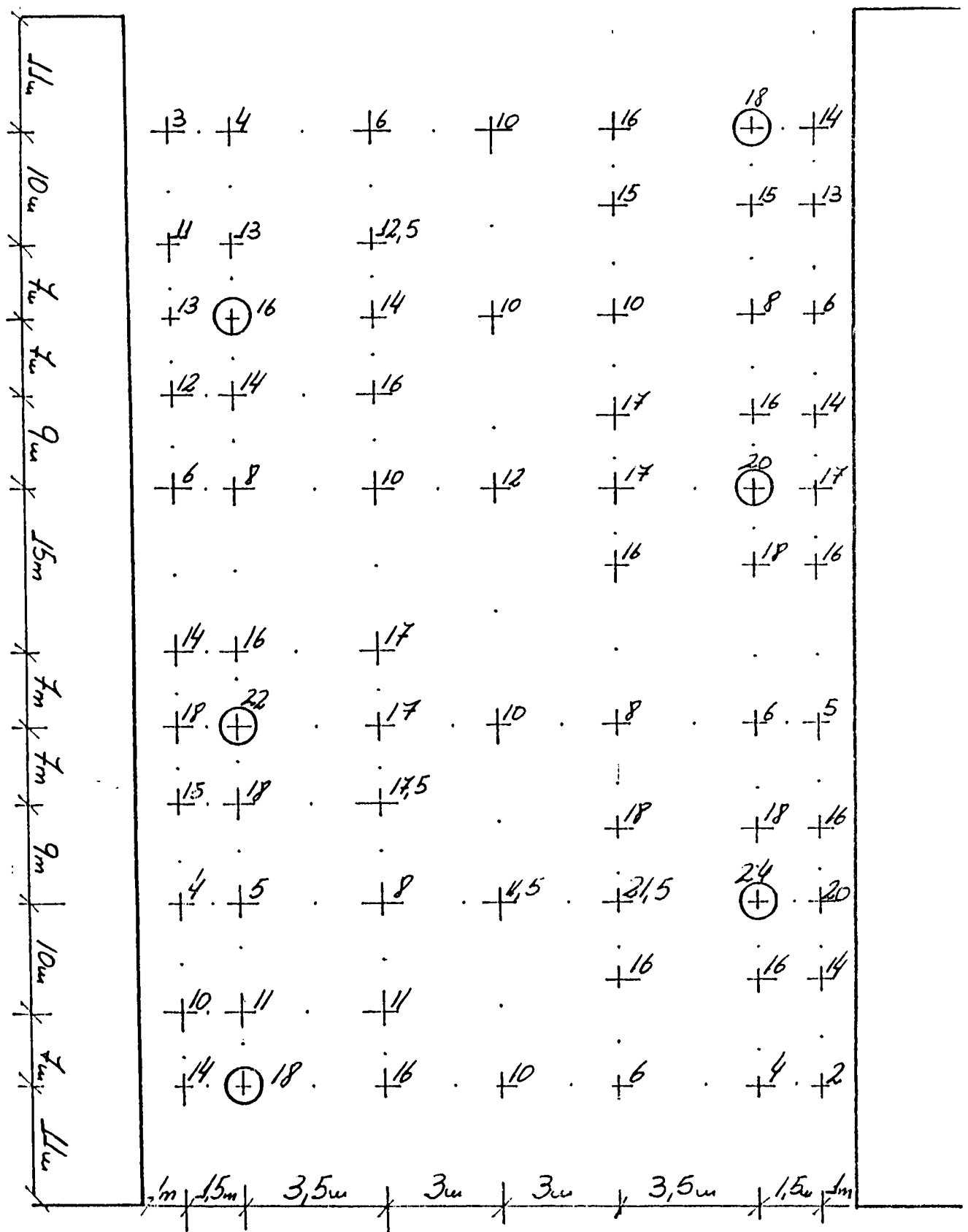
9) 9 de Julio 800

En algunos de los puntos también se hicieron simulaciones y pueden verse las comparaciones entre lo simulado y lo medido; estas se hacen en % del valor máximo ya que lo importante es ver si la simulación es representativa de la distribución de la iluminación y no de los valores absolutos medidos.

NIVELES DE ILUMINACIÓN MEDIDOS (en lux)

UBICACIÓN: AVENIDA SAN MARTÍN e/LAS HERAS y VIAMONTE

LÁMPARA: Sodio alta presión - 250 W

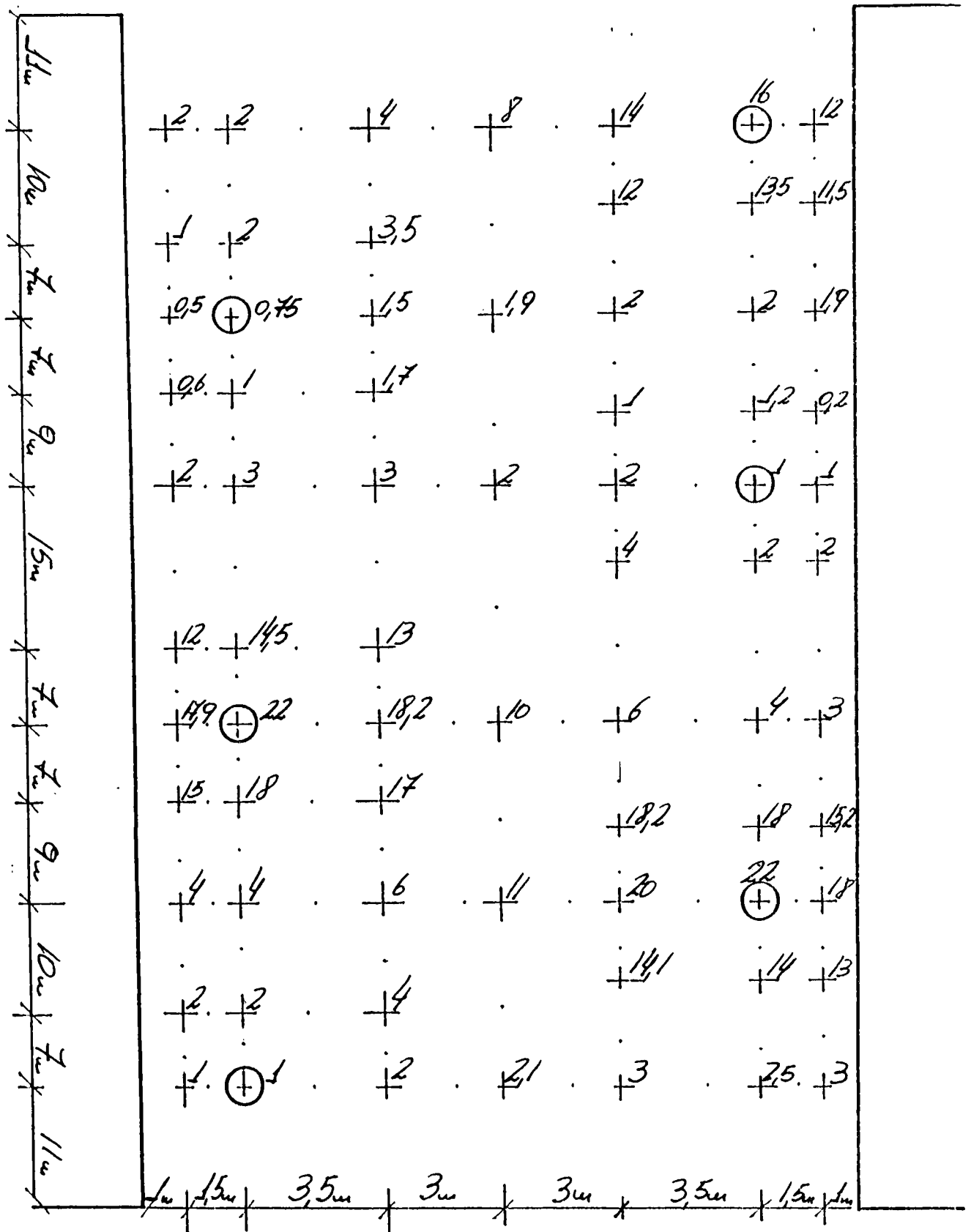


SITUACIÓN: Iluminación a pleno

NIVELES DE ILUMINACIÓN MEDIDOS (en lux)

UBICACIÓN: AVENIDA SAN MARTIN 9/LAS HERAS y VIALMONTTE

LÁMPARA: Sodio alta presión - 250 W

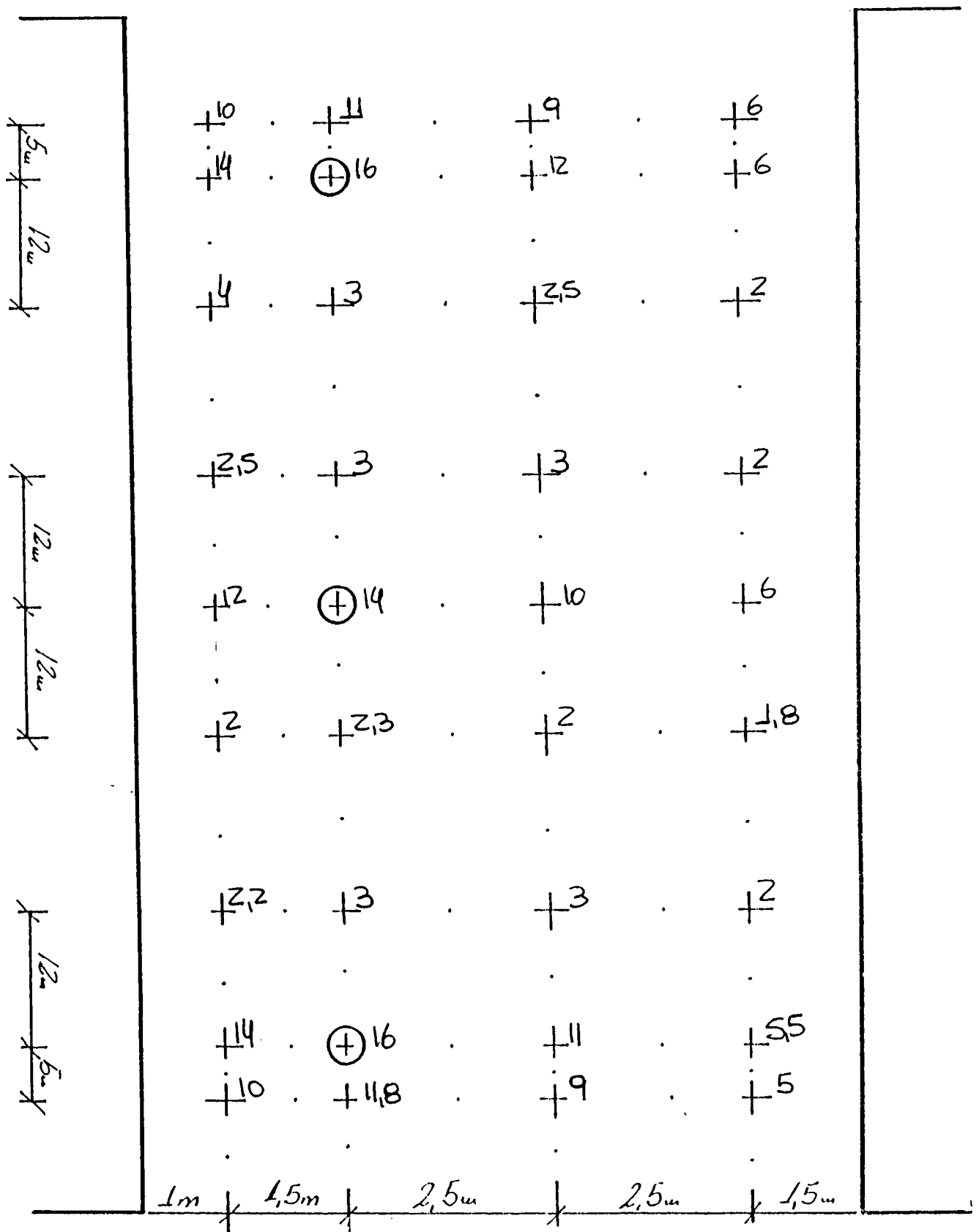


SITUACIÓN: Iluminación lámpara por medio

NIVELES DE ILUMINACIÓN MEDIDOS (en lux)

UBICACIÓN: DERQUI / SAN MARTÍN Y QUINTANA

LÁMPARA: Vapor de Mercurio - 400 W

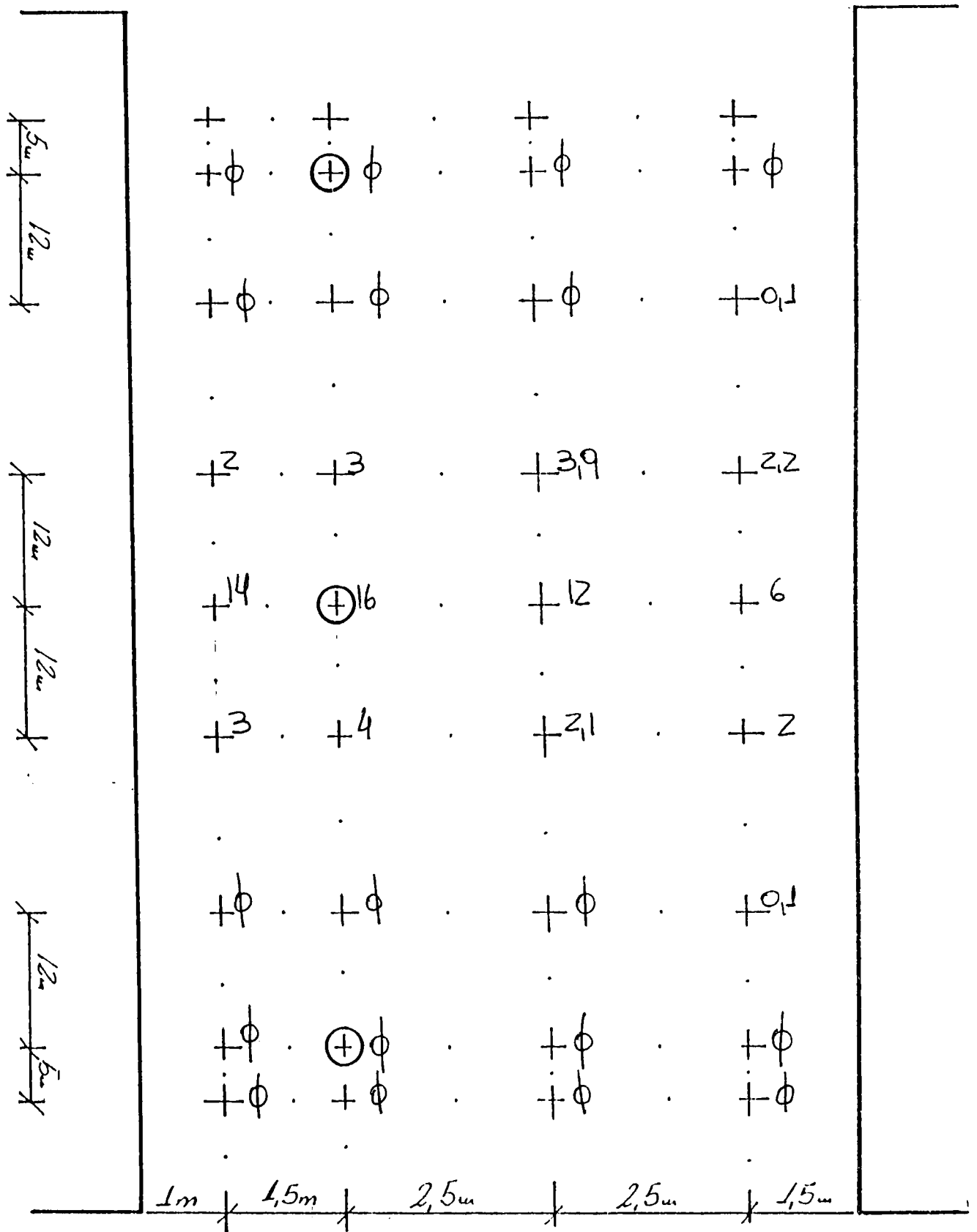


SITUACIÓN: Iluminación a pleno

NIVELES DE ILUMINACIÓN MEDIDOS (en lux)

UBICACIÓN: Calle Derqui / San Martín y Quintana

LÁMPARA: Vapor de Mercurio - 400 w

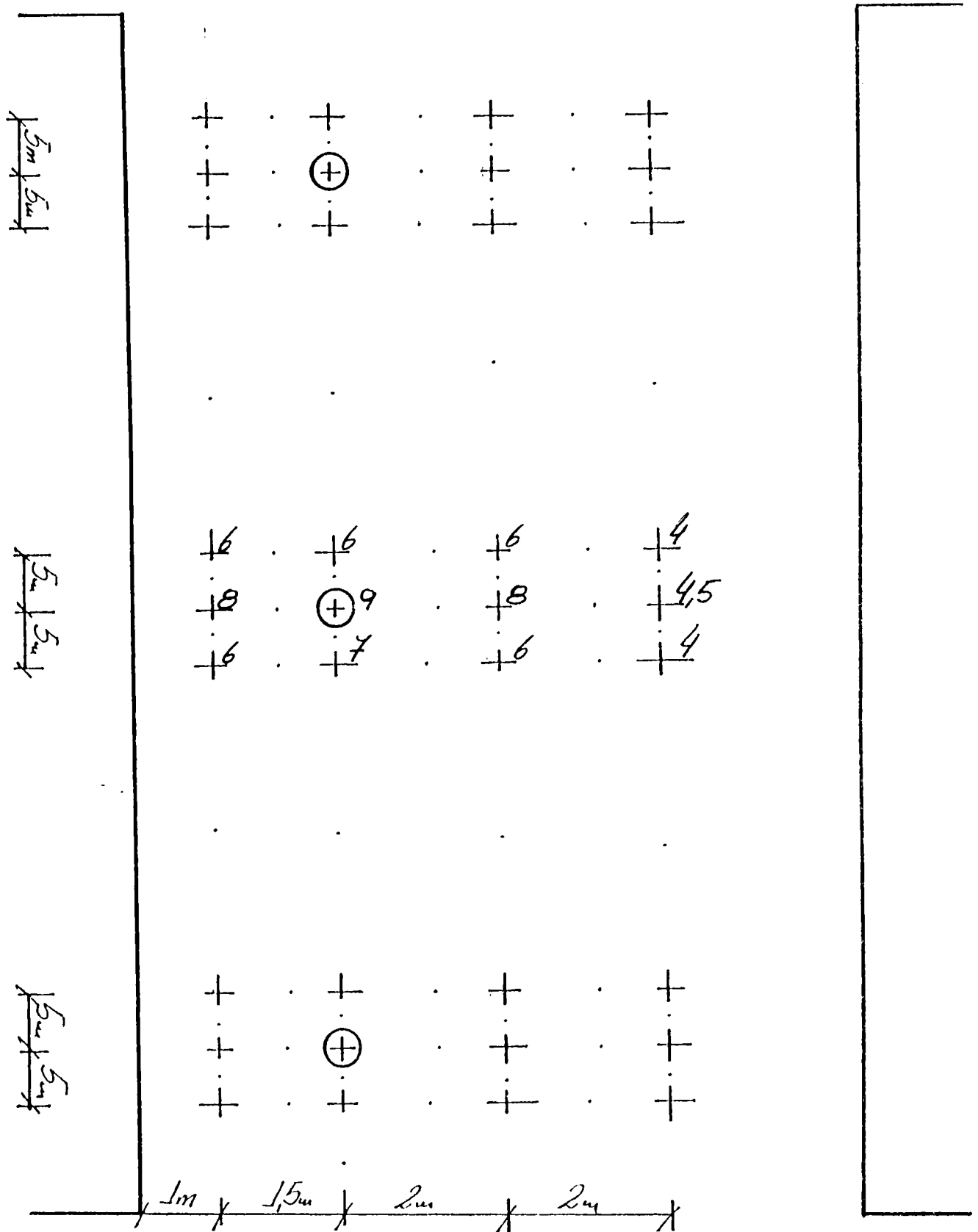


SITUACIÓN: Iluminación lámpara por medio

NIVELES DE ILUMINACIÓN MEDIDOS (en lux)

UBICACIÓN: 9 de Julio 800

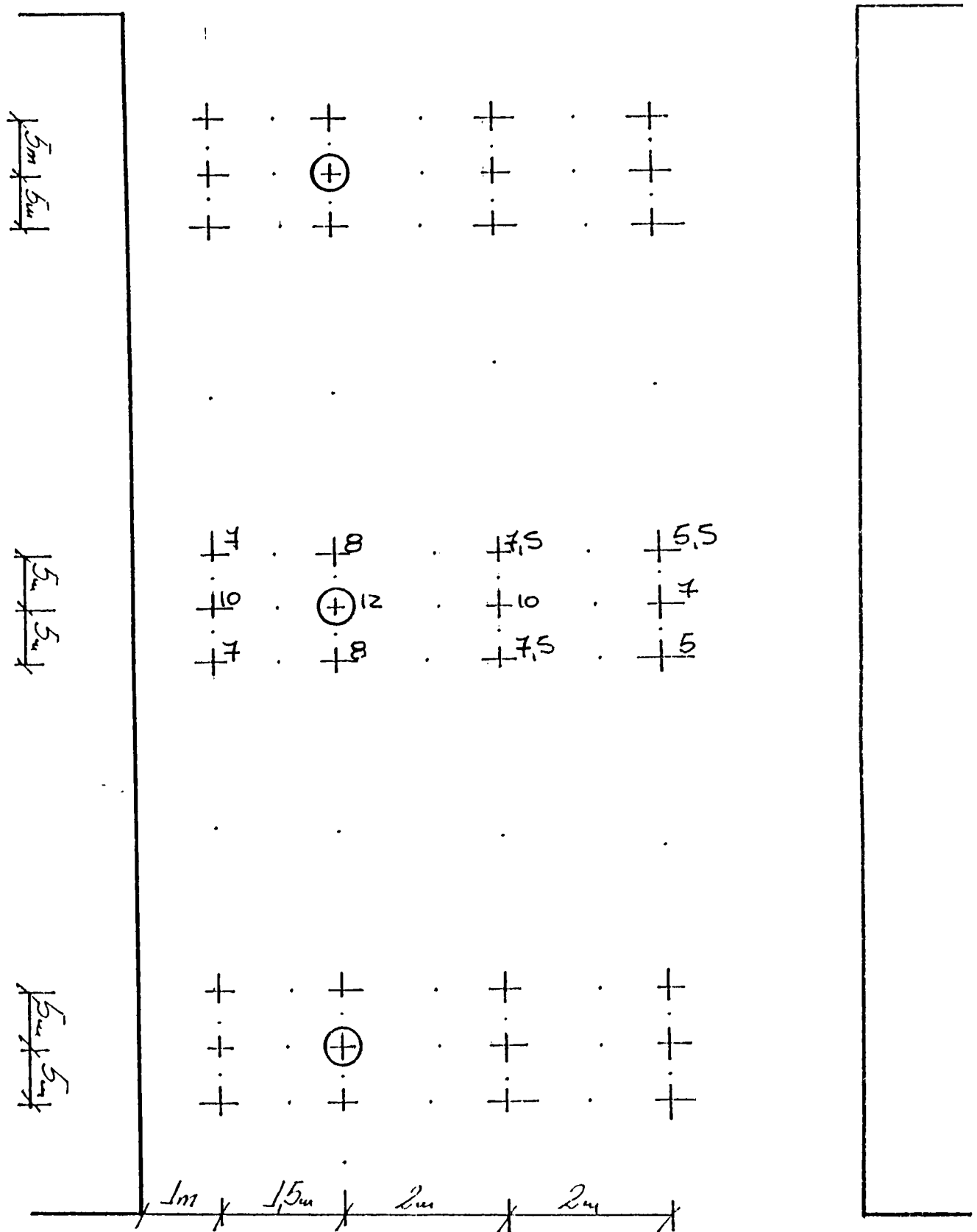
LÁMPARA: Vapor de Mercurio - 400 W



NIVELES DE ILUMINACIÓN MEDIDOS (en lux)

UBICACIÓN: DEAN FUNES 500

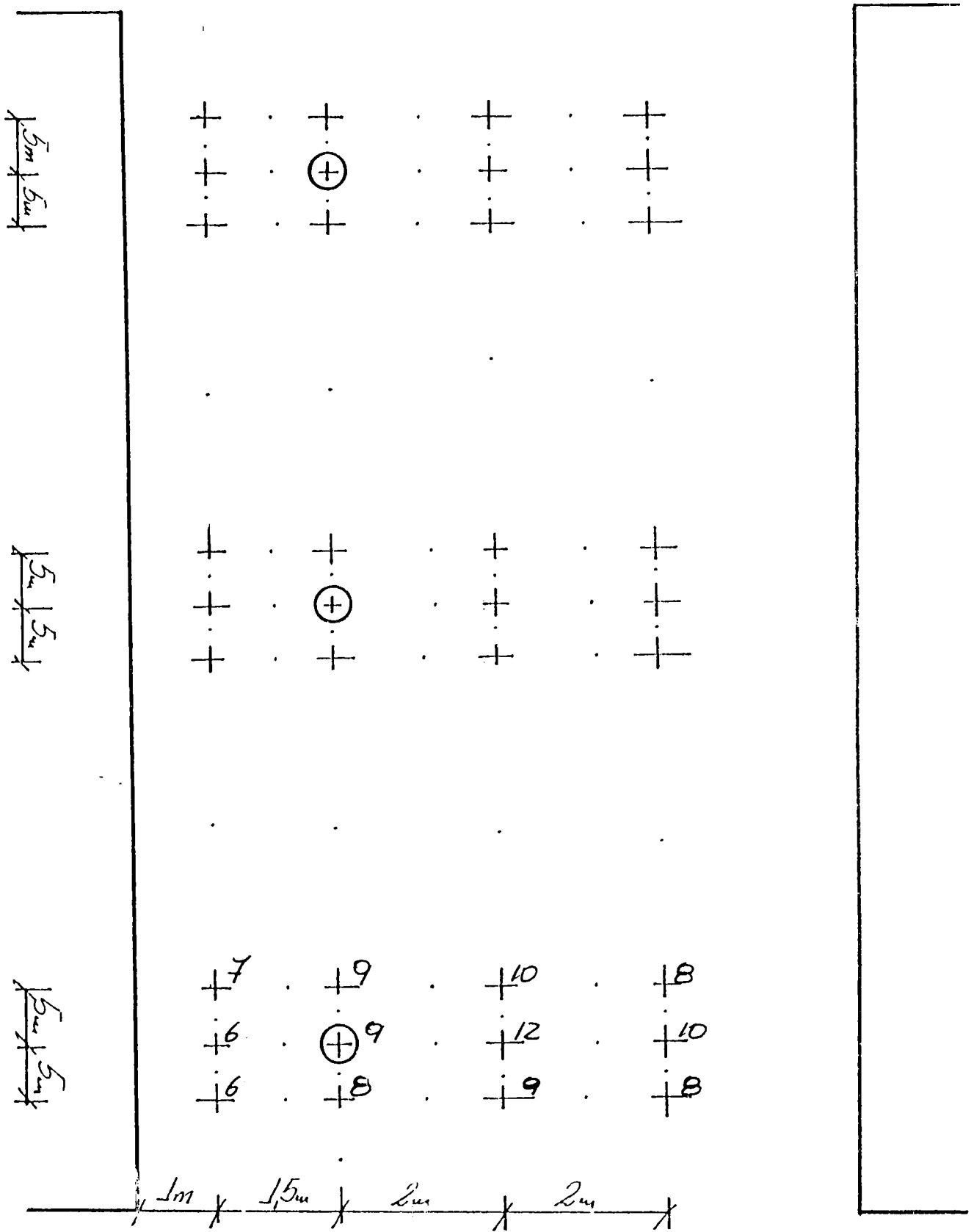
LÁMPARA: Vapor de Mercurio - 400W



NIVELES DE ILUMINACIÓN MEDIDOS (en lux)

UBICACIÓN: BROWN 108

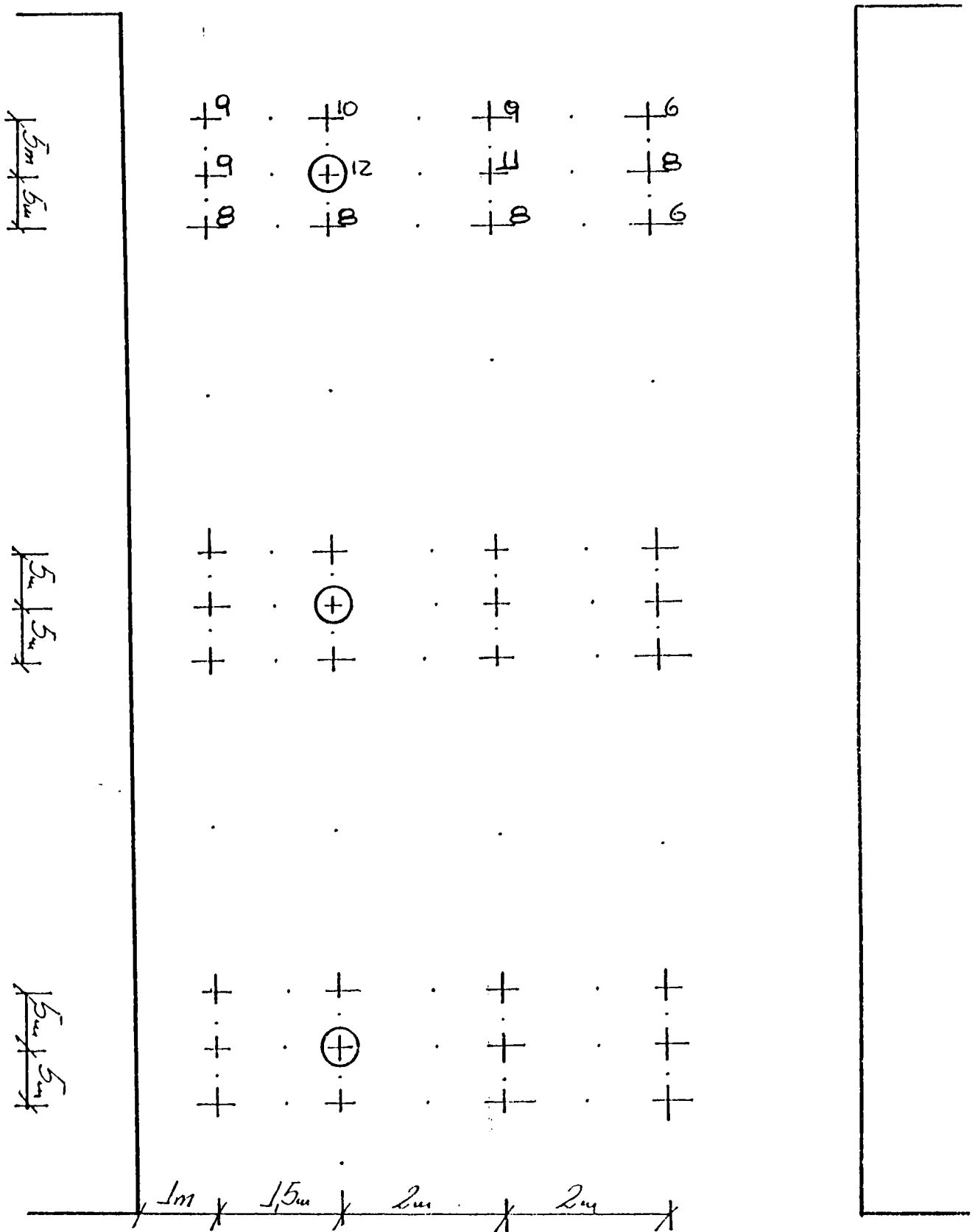
LÁMPARA: Vapor de Mercurio - 400 W



NIVELES DE ILUMINACIÓN MEDIDOS (en lux)

UBICACIÓN: ALSINA 590

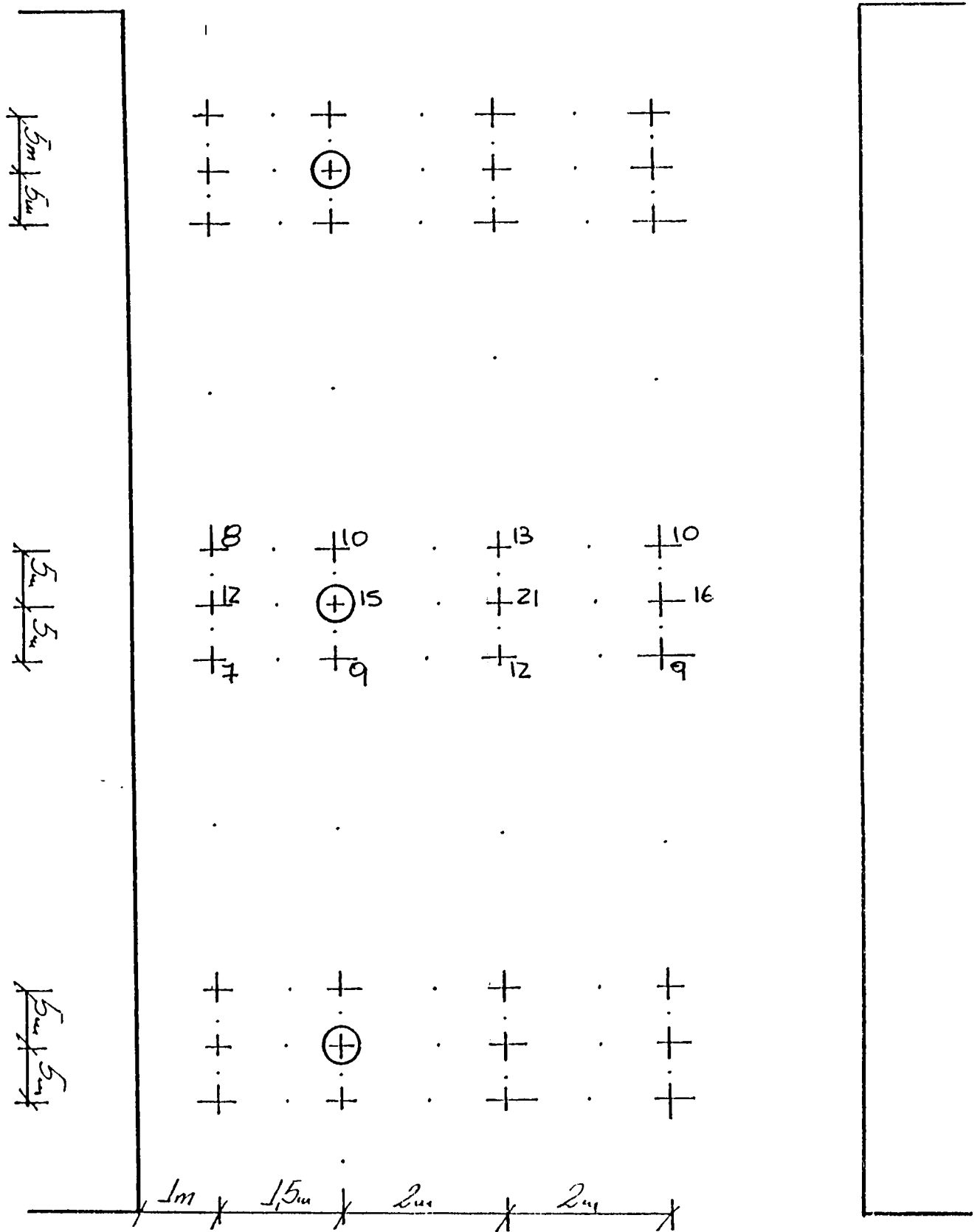
LÁMPARA: Vapor de Mercurio - 400 w



NIVELES DE ILUMINACIÓN MEDIDOS (en lux)

UBICACIÓN: CONSTITUYENTES e/MORENO y SARMIENTO

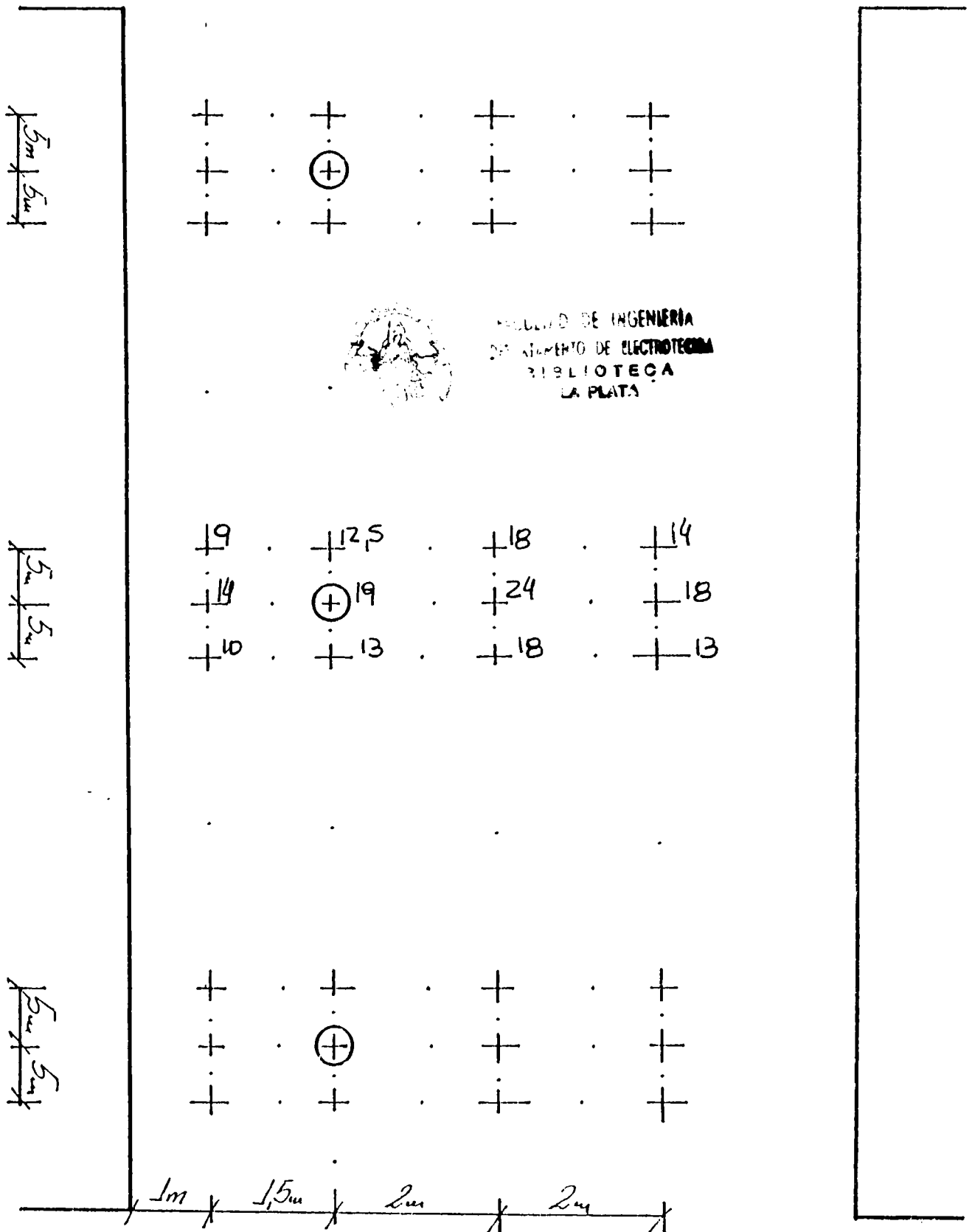
LÁMPARA: Sodio alta presión - 150 W



NIVELES DE ILUMINACIÓN MEDIDOS (en lux)

UBICACIÓN: CONSTRUCTOYENTES # FALUCHO y MITRE

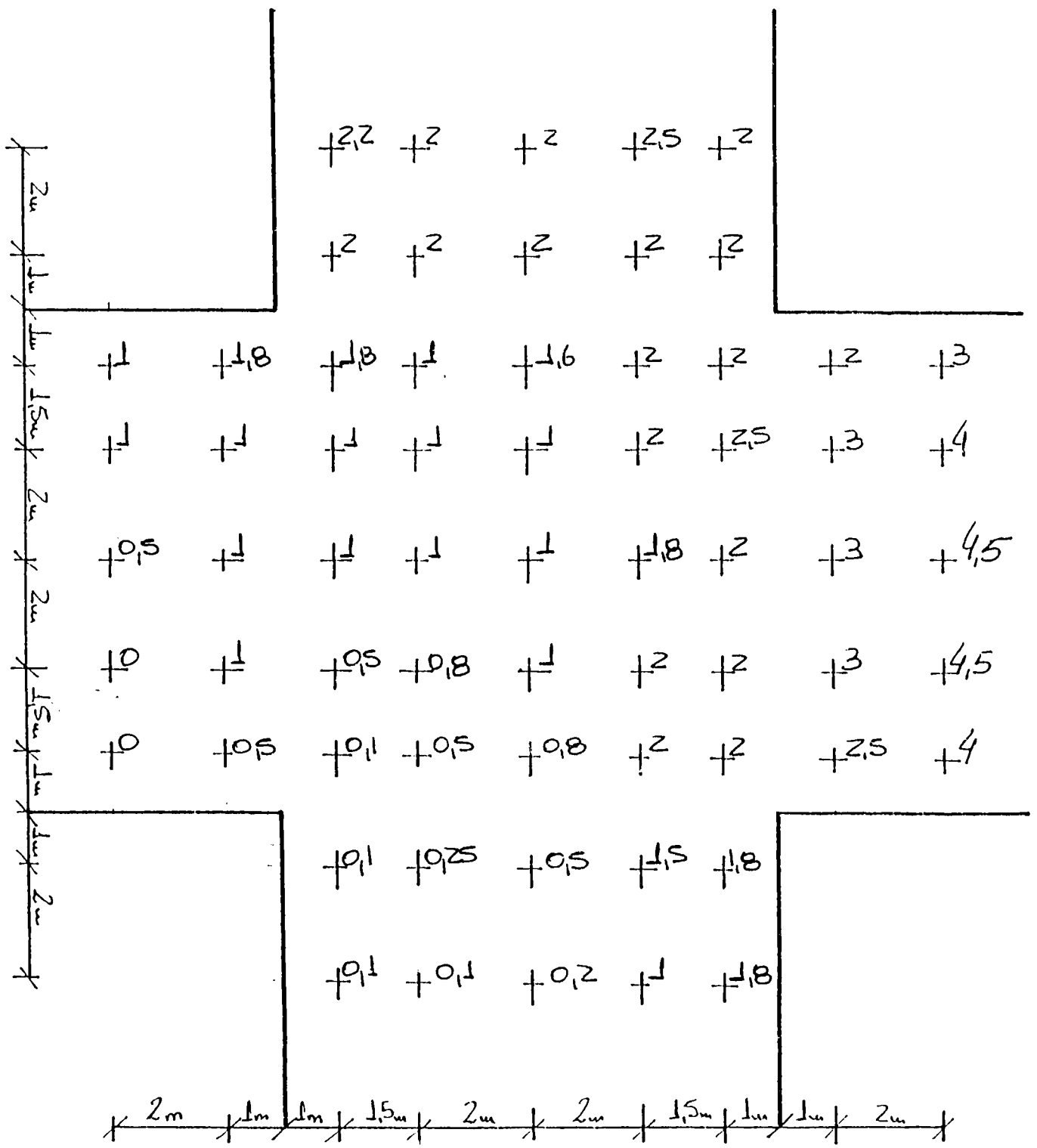
LÁMPARA: Sodio alta presión - 150 W



NIVELES DE ILUMINACIÓN MEDIDOS (en lux)

UBICACIÓN: DERQUI ESQUINA QUINTANA

LÁMPARA: Vapor de Mercurio - 400 W



SITUACIÓN: Iluminación lámpara por medio

COMPARACION ENTRE LOS VALORES MEDIDOS Y LA SIMULACION POR COMPUTADORA - CASO: AVENIDA SAN MARTIN - ILUMINACION TOTAL

ILUMINACION PRUEBA PROGRAMA ILLUMI-proyecto celta

EL AREA A ILUMINAR ESTA DEFINIDA SEGUN X.DESDE .00 HASTA 44.00 CON PA
SO 2.00 Y
SEGUN Y DESDE .00 HASTA 18.00 CON PA
SO 2.00

DESCRIPCION DEL PROYECTOR philips AL535 NA 250W (26000 lumenes)-disposicion actual

TIPO DE PROYECTOR: 3 ALFA PARALELOS/BETA MERIDIANOS/VI1 ELE POLAR/
VB1 VN1 ECUADOR ALFA=0 EN VI BETA=0 EN VI-VB

NUMERO DE VALORES DE BETA 19 NUMERO DE ALFA INFERIOR 1 ALFA TOTAL 8

LA TABLA DE INTENSIDAD LUMINOSA EN FUNCION DE LOS ANGULOS ES LA SIGUIENTE, LOS VALORES DE INTENSIDAD

INCLUYEN EL FACTOR DE ESCALA 1.13

BETA	0.	10.	20.	30.	40.	50.	60.	70.	80.	90.
100.	110.	120.	130.	140.	150.	160.	170.	180.		
ALFA	0.	6.	1.	6.	9.	2.	7.	1.	2.	
	2746.	2746.	2746.	2746.	2746.	2746.	2746.	2746.	2746.	2746.
	2746.	2746.	2746.	2746.	2746.	2746.	2746.	2746.	2746.	2746.
	10.	2681.	2681.	2681.	2681.	2681.	2681.	2681.	2681.	2681.
	2681.	2681.	2681.	2681.	2681.	2681.	2681.	2681.	2681.	2681.
	20.	2314.	2314.	2314.	2314.	2424.	2424.	2424.	2535.	2535.
	2656.	2644.	2644.	2537.	2535.	2424.	2424.	2314.	2204.	2746.
	30.	2396.	2396.	2396.	2396.	2536.	2536.	2678.	2818.	2818.
	3100.	3096.	3030.	2818.	2667.	2113.	2113.	1832.	1973.	295.
	40.	2138.	2147.	2240.	2646.	2859.	3051.	3359.	3563.	3665.
	3955.	3899.	3665.	3054.	2851.	2036.	2036.	2036.	2036.	334.
	50.	2410.	2582.	2582.	2754.	3097.	3270.	3616.	4131.	4579.
	2927.	3443.	3271.	2754.	2410.	2237.	2066.	1721.	1721.	344.
	60.	2197.	2342.	2563.	2819.	3002.	3661.	4396.	5126.	5198.
	2563.	2342.	2197.	2197.	2197.	1464.	1464.	1391.	1318.	366.
	70.	1716.	1831.	2059.	2288.	3204.	4347.	4577.	4577.	4803.
	1487.	1716.	1716.	1144.	915.	1110.	1086.	1029.	915.	343.

COORDENADAS DEL PROYECTOR X,Y,Z / PUNTO DE ENFOQUE / PUNTO AUXILIAR

NUMERO	1	2	3	4
	.00	17.00	55.00	33.00
	2.50	15.50	15.50	2.50
	8.00	8.00	8.00	8.00
	.00	.00	.00	.00
	2.00	8.00 MULTIPLICIDAD	8.00 MULTIPLICIDAD	8.00 MULTIPLICIDAD
	1.00	1.00	1.00	1.00
	17.00	17.00	17.00	33.00
	15.50	15.50	15.50	2.50
	8.00	8.00	8.00	8.00
	.00	.00	.00	.00
	2.00	8.00 MULTIPLICIDAD	8.00 MULTIPLICIDAD	8.00 MULTIPLICIDAD
	1.00	1.00	1.00	1.00

ILUMINACION MAXIMA 46.755
MEDIA 23.793
MINIMA 5.783
DISPERSION 9.003

REL. DE UNIFORMIDAD
EMIN / EMAX .124
EMIN / EMED .243
EMAX / EMED 1.965

X	Y									
.0	0.	2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.
.0	68.	97. +58	81. +75	69. +67	52.	40. +47	34. +25	25.	18. +17	12. +8
2.0	73.	88.	81.	67.	53.	44.	39.	30.	22.	15.
4.0	70.	77.	73.	65.	57.	48.	43.	36.	26.	19.
6.0	64.	69. +47	67. +45,8	62. +45,8	54.	50.	48.	44.	32.	25.
8.0	45.	50.	59.	55.	51.	50.	52.	54.	41.	36.
10.0	29.	36.	49.	50.	50.	52.	58. +66,7	63.	62. +66,7	55. +58,3
12.0	24.	34.	46.	52.	56.	56.	64.	70.	73.	68.
14.0	21.	30.	41.	50.	54.	63.	73.	75.	81.	71.
16.0	19.	28. +16,7	39. +21	49. +33,3	53. +48	62.	77. +89,6	95. +100	100. +83,3	70.
18.0	20.	29.	39.	49.	54.	63.	77.	95.	94.	75.
20.0	22.	32.	43.	52.	56.	64.	67.	76.	81.	71.
22.0	25.	32.	44.	49.	52.	57.	65.	70.	73.	68.
24.0	36.	42.	55.	53.	52.	54.	59. +66,7	64.	62. +66,7	55. +58,3
26.0	55.	62. +62,5	64. +75	59. +73	54.	52.	53.	55.	42.	36.
28.0	68.	73.	70.	65.	57.	52.	49.	44.	32.	25.
30.0	71.	81.	76.	67.	57.	48.	44.	36.	26.	19.
32.0	75.	94. +75	89. +90,7	69. +71	54. +47	44.	39. +33	30.	22. +25	15. +21
34.0	70.	94.	88.	68.	51.	47.	41.	32.	23.	16.
36.0	66.	74.	66.	69.	57.	46.	39.	31.	23.	15.
38.0	62.	71.	67.	60.	49.	45.	39.	31.	23.	16.
40.0	55.	61. +58,3	61. +66,7	54. +71	45.	39.	34.	28.	21.	14.
42.0	35.	40.	52.	48.	43.	41.	38.	33.	24.	18.
44.0	24.	30.	41.	43.	42.	42.	43.	41.	30.	24.

COMPARACIÓN ENTRE LOS VALORES MEDIDOS Y LA SIMULACIÓN POR COMPUTADORA

CASO: AVENIDA SAN MARTÍN - ILUMINACIÓN LAMPARA POR MEDIO

ILUMINACION PRUEBA PROGRAMA ILLUMI-proyecto celta

EL AREA A ILUMINAR ESTA DEFINIDA SEGUN X DESDE .00 HASTA 70.00 CON PA
 SO 3.50 Y
 SEGUN Y DESDE .00 HASTA 18.00 CON PA
 SO 2.00

DESCRIPCION DEL PROYECTOR philips AL535 NA 250W (26000 lumenes)-disposicion o
 ctual-situacion lampara po

TIPO DE PROYECTOR 3 ALFA PARALELOS/BETA MERIDIANOS/VI1 ELE POLAR/
 VB1 VN1 ECUADOR ALFA=0 EN VI BETA=0 EN VI-VB

NUMERO DE VALORES DE BETA 19 NUMERO DE ALFA INFERIOR 1 ALFA TOTAL 8
 LA TABLA DE INTENSIDAD LUMINOSA EN FUNCION DE LOS ANGULOS ES LA SIGUIENTE. LOS
 VALORES DE INTENSIDAD

INCLUYEN EL FACTOR DE ESCALA 1.13

BETA	0.	10.	20.	30.	40.	50.	60.	70.	80.	90.
100.	110.	120.	130.	140.	150.	160.	170.	180.		
ALFA										
0.	2746.	2746.	2746.	2746.	2746.	2746.	2746.	2746.	2746.	2746.
5.	2746.	2746.	2746.	2746.	2746.	2746.	2746.	2746.	2746.	2746.
10.	2681.	2681.	2681.	2681.	2681.	2681.	2681.	2681.	2681.	2681.
15.	2681.	2681.	2681.	2681.	2681.	2681.	2681.	2681.	2681.	2681.
20.	2656.	2644.	2644.	2537.	2535.	2424.	2424.	2314.	2204.	2094.
25.	2656.	2396.	2396.	2396.	2396.	2536.	2536.	2678.	2818.	2818.
30.	3100.	3096.	3030.	2818.	2667.	2113.	2113.	1832.	1973.	1973.
35.	3100.	2138.	2147.	2240.	2646.	2859.	3051.	3359.	3563.	3665.
40.	3955.	3899.	3665.	3054.	2851.	2036.	2036.	2036.	2036.	2036.
45.	3955.	2410.	2582.	2582.	2754.	3097.	3270.	3616.	4131.	4579.
50.	2927.	3443.	3271.	2754.	2410.	2237.	2066.	1721.	1721.	1721.
55.	2927.	2197.	2342.	2563.	2819.	3002.	3661.	4396.	5126.	5198.
60.	2563.	2342.	2197.	2197.	2197.	1464.	1464.	1391.	1318.	1318.
65.	2563.	1716.	1831.	2059.	2286.	3204.	4347.	4577.	4577.	4803.
70.	1487.	1716.	1716.	1144.	915.	1110.	1086.	1029.	915.	915.

COORDENADAS DEL PROYECTOR X,Y,Z / PUNTO DE ENFOQUE / PUNTO AUXILIAR

NUMERO	X	Y	Z	PUNTO DE ENFOQUE	PUNTO AUXILIAR
1	.00	15.50	8.00		
	.00	15.50	.00		
	.00	16.00	8.00	MULTIPLICIDAD	1.00
2	71.00	15.50	8.00		
	71.00	15.50	.00		
	71.00	16.00	8.00	MULTIPLICIDAD	1.00
3	55.00	2.50	8.00		
	55.00	2.50	.00		
	55.00	2.00	8.00	MULTIPLICIDAD	1.00

ILUMINACION MAXIMA 44.047
 MEDIA 12.106
 MINIMA .000
 DISPERSION 11.906

REL. DE UNIFORMIDAD
 EMIN / EMAX .000
 EMIN / EMED .000
 EMAX / EMED 3.639

X	Y									
1.0	0.	2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.
1.0	7.	$\begin{matrix} 10 \\ +9,1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 15 \\ +9,1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 23 \\ +18,2 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 31 \\ +36,4 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 45 \\ +63,6 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 64 \\ +90 \\ +127 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 90 \\ +127 \\ +181,5 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 127 \\ +181,5 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 181,5 \\ +272,25 \end{matrix}$
3.5	7.	11.	15.	22.	31.	44.	57.	69.	77.	69.
7.0	7.	9.	13.	18.	26.	35.	$\begin{matrix} 46 \\ +54,5 \end{matrix}$	56.	$\begin{matrix} 57 \\ +61,3 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 52 \\ +52,3 \end{matrix}$
10.5	6.	$\begin{matrix} 8 \\ +4,5 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 11 \\ +9,1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 15 \\ +16 \end{matrix}$	20.	26.	33.	35.	26.	22.
14.0	6.	7.	10.	12.	15.	18.	21.	20.	15.	10.
17.5	0.	$\begin{matrix} 0 \\ +2,2 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7 \\ +3,3 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 8 \\ +6,6 \end{matrix}$	10.	$\begin{matrix} 11 \\ +8,6 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 12 \\ +9,1 \end{matrix}$	11.	$\begin{matrix} 6 \\ +9,1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 6 \\ +8,6 \end{matrix}$
21.0	0.	0.	0.	0.	0.	7.	7.	6.	5.	3.
24.5	0.	$\begin{matrix} 0 \\ +2,7 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0 \\ +4,5 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0 \\ +7,7 \end{matrix}$	0.	0.	0.	0.	0.	0.
28.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	$\begin{matrix} 0 \\ +4,5 \end{matrix}$	0.	$\begin{matrix} 0 \\ +5,5 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0 \\ +0,9 \end{matrix}$
31.5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
35.0	4.	$\begin{matrix} 6 \\ +9,1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7 \\ +13,6 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 8 \\ +13,6 \end{matrix}$	8.	$\begin{matrix} 8 \\ +9,1 \end{matrix}$	0.	0.	$\begin{matrix} 0 \\ +4,5 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0 \\ +4,5 \end{matrix}$
38.5	7.	10.	13.	14.	13.	11.	9.	8.	7.	0.
42.0	13.	17.	23.	24.	21.	16.	$\begin{matrix} 13 \\ +18,2 \end{matrix}$	10.	$\begin{matrix} 8 \\ +9,1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 6 \\ +9,1 \end{matrix}$
45.5	23.	31.	42.	36.	28.	22.	16.	11.	8.	6.
49.0	62.	$\begin{matrix} 54,5 \\ +56 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 66 \\ +60 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 52 \\ +59,1 \end{matrix}$	38.	28.	20.	14.	10.	7.
52.5	71.	82.	78.	67.	52.	40.	33.	25.	18.	12.
56.0	80.	$\begin{matrix} 8 \\ 100 \\ +94 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 100 \\ +94 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 74 \\ +82,7 \end{matrix}$	57.	$\begin{matrix} 45,5 \\ +47 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 41 \\ +27,3 \end{matrix}$	32.	$\begin{matrix} 25 \\ +18,2 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 13,6 \\ +16 \end{matrix}$
59.5	74.	79.	75.	69.	62.	54.	50.	44.	33.	24.
63.0	48.	$\begin{matrix} 68,2 \\ +54 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 81,8 \\ +63 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 59 \\ +71,3 \end{matrix}$	56.	56.	59.	63.	54.	48.
66.5	24.	33.	44.	50.	54.	62.	$\begin{matrix} 69 \\ +82,7 \end{matrix}$	75.	$\begin{matrix} 79 \\ +81,8 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 74 \\ +69,1 \end{matrix}$
70.0	16.	23.	32.	41.	47.	57.	74.	94.	100.	80.
		$\begin{matrix} 18,2 \\ +18,2 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 18,2 \\ +18,2 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 27,3 \\ +27,3 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 50 \\ +50 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 91 \\ +91 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 100 \\ +100 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 81,8 \\ +81,8 \end{matrix}$		

DORA - CASO: CALLE DERQUI e/ SAN MARTIN y QUINTANA - ILUMINACION TOTAL

ILUMINACION PRUEBA PROGRAMA ILLUMI-proyecto celta

EL AREA A ILUMINAR ESTA DEFINIDA SEGUN X DESDE .00 HASTA 80.00 CON PZ
SO 4.00 Y
SEGUN Y DESDE .00 HASTA 9.00 CON PZ
SO 1.50

DESCRIPCION DEL PROYECTOR strand AT/70 HG 400W (23000 lumenes)

TIPO DE PROYECTOR 3 ALFA PARALELOS/BETA MERIDIANOS/VI1 ELE POLAR/
VB1 VN1 ECUADOR ALFA=0 EN VI BETA=0 EN VI-VB

NUMERO DE VALORES DE BETA 19 NUMERO DE ALFA INFERIOR 1 ALFA TOTAL 8
LA TABLA DE INTENSIDAD LUMINOSA EN FUNCION DE LOS ANGULOS ES LA SIGUIENTE. LOS
VALORES DE INTENSIDAD

INCLUYEN EL FACTOR DE ESCALA 20.42

BETA	0.	10.	20.	30.	40.	50.	60.	70.	80.	90.
100.	110.	120.	130.	140.	150.	160.	170.	180.		
ALFA	0.	3345.	3345.	3345.	3345.	3345.	3345.	3345.	3345.	3345.
5.	3345.	3345.	3345.	3345.	3345.	3345.	3345.	3345.	3345.	3345.
	10.	3502.	3502.	3502.	3502.	3502.	3502.	3502.	3502.	3502.
8.	3308.	3308.	3114.	3114.	3114.	2920.	2920.	2724.	2724.	
	20.	3247.	3247.	3247.	3359.	3359.	3584.	3584.	3584.	3584.
4.	3584.	3359.	3137.	2912.	2912.	2687.	2687.	2687.	2240.	
	30.	2861.	2861.	2861.	3147.	3147.	3433.	3718.	3718.	3861.
8.	3718.	3433.	3147.	2861.	2575.	2289.	2289.	2144.	2144.	
	40.	2479.	2479.	2479.	2894.	2894.	3308.	3308.	3718.	4133.
3.	3718.	3718.	3308.	2894.	2479.	2067.	1860.	1654.	1654.	
	50.	2099.	2099.	2099.	2450.	2798.	3149.	3498.	4196.	4196.
6.	4196.	3498.	3498.	2589.	2099.	1750.	1540.	1540.	1540.	
	60.	2230.	2230.	2230.	2602.	2973.	3418.	3716.	4460.	4460.
0.	4460.	3716.	2973.	2230.	1783.	1264.	1188.	1188.	1188.	
	70.	1736.	1777.	1858.	2067.	2479.	2894.	3308.	3512.	3721.
1.	2894.	2685.	2067.	1654.	1239.	1158.	1158.	1158.	1158.	

COORDENADAS DEL PROYECTOR X,Y,Z / PUNTO DE ENFOQUE / PUNTO AUXILIAR	NUMERO	1	2	3
		.00	2.50	8.00
		.00	2.50	.00
		.00	2.00	8.00 MULTIPLICIDAD
		40.00	2.50	8.00
		40.00	2.50	.00
		40.00	2.00	8.00 MULTIPLICIDAD
		80.00	2.50	8.00
		80.00	2.50	.00
		80.00	2.00	8.00 MULTIPLICIDAD

ILUMINACION MAXIMA	52.831
MEDIA	18.362
MINIMA	4.495
DISPERSION	13.334

REL. DE UNIFORMIDAD	
EMIN / EMAX	.085
EMIN / EMED	.245
EMAX / EMED	2.877

X	Y						
.0	0.	1.5	3.	4.5	6.	7.5	9.
.0	61.	84. 82,5	100. 100	92.	71. 75	50. 37,5	35.
4.0	59.	74.	79.	73.	57.	41.	31.
8.0	36.	42.	43.	41.	35.	27.	22.
12.0	21.	22. 25	22. 18,7	21.	20. 15,6	18. 12,5	15.
16.0	10.	11.	11.	11.	10.	10.	9.
20.0	10.	11.	12.	12.	11.	10.	10.
24.0	10.	11.	11.	11.	10.	10.	9.
28.0	21.	22. 15,6	22. 18,7	21.	20. 18,7	18. 12,5	15.
32.0	36.	42.	43.	41.	35.	27.	22.
36.0	59.	74.	79.	73.	57.	41.	31.
40.0	61.	84. 75	100. 87,5	92.	71. 62,5	50. 37,5	35.
44.0	59.	74.	79.	73.	57.	41.	31.
48.0	36.	42.	43.	41.	35.	27.	22.
52.0	21.	22. 12,5	22. 14,4	21.	20. 12,5	18. 11,25	15.
56.0	10.	11.	11.	11.	10.	10.	9.
60.0	10.	11.	12.	12.	11.	10.	10.
64.0	10.	11.	11.	11.	10.	10.	9.
68.0	21.	22. 13,7	22. 18,7	21.	20. 18,7	18. 12,5	15.
72.0	36.	42.	43.	41.	35.	27.	22.
76.0	59.	74.	79.	73.	57.	41.	31.
80.0	61.	84. 87,5	100. 100	92.	71. 69	50. 34,4	35.

CASO: CALLE DERQUI y SAN MARTIN y QUINTANA - ILUMINACION LAMPARA POR MEDIO

ILUMINACION PRUEBA PROGRAMA ILLUMI-proyecto celta

EL AREA A ILUMINAR ESTA DEFINIDA SEGUN X DESDE .00 HASTA 80.00 CON PA
SO 4.00 Y
SEGUN Y DESDE .00 HASTA 9.00 CON PA
SO 1.50

DESCRIPCION DEL PROYECTOR strand AT/70 HG 400W (23000 lumenes)

TIPO DE PROYECTOR 3 ALFA PARALELOS/BETA MERIDIANOS/VI1 ELE POLAR/
VB1 VN1 ECUADOR ALFA=0 EN VI BETA=0 EN VI-VB

NUMERO DE VALORES DE BETA 19 NUMERO DE ALFA INFERIOR 1 ALFA TOTAL 8

LA TABLA DE INTENSIDAD LUMINOSA EN FUNCION DE LOS ANGULOS ES LA SIGUIENTE, LOS
VALORES DE INTENSIDAD

INCLUYEN EL FACTOR DE ESCALA 20.42

BETA	0.	10.	20.	30.	40.	50.	60.	70.	80.	90
100.	110.	120.	130.	140.	150.	160.	170.	180.		
ALFA	0.	3345.	3345.	3345.	3345.	3345.	3345.	3345.	3345.	334
3.	3345.	3345.	3345.	3345.	3345.	3345.	3345.	3345.	3345.	3345.
10.	3502.	3502.	3502.	3502.	3502.	3502.	3502.	3502.	3502.	3502.
3308.	3308.	3114.	3114.	3114.	2920.	2920.	2724.	2724.		
20.	3247.	3247.	3247.	3359.	3359.	3584.	3584.	3584.	3584.	358
4.	3584.	3359.	3137.	2912.	2912.	2687.	2687.	2687.	2240.	
30.	2861.	2861.	2861.	3147.	3147.	3433.	3718.	3718.	3861.	371
8.	3718.	3433.	3147.	2861.	2575.	2289.	2289.	2144.	2144.	
40.	2479.	2479.	2479.	2894.	2894.	3308.	3308.	3718.	4133.	413
3718.	3718.	3308.	2894.	2479.	2067.	1860.	1654.	1654.		
50.	2099.	2099.	2099.	2450.	2798.	3149.	3498.	4196.	4196.	419
7.	4196.	3498.	3498.	2589.	2099.	1750.	1540.	1540.	1540.	
60.	2230.	2230.	2230.	2602.	2973.	3418.	3716.	4460.	4460.	446
0.	4460.	3716.	2973.	2230.	1783.	1264.	1188.	1188.	1188.	
70.	1736.	1777.	1858.	2067.	2479.	2894.	3308.	3512.	3721.	372
2894.	2685.	2067.	1654.	1239.	1158.	1158.	1158.	1158.		

COORDENADAS DEL PROYECTOR X,Y,Z / PUNTO DE ENFOQUE / PUNTO AUXILIAR
NUMERO 1 40.00 2.50 8.00
40.00 2.50 .00
40.00 2.00 8.00 MULTIPLICIDAD 1.00

ILUMINACION MAXIMA 52.831
MEDIA 8.296
MINIMA .000
DISPERSION 12.525

REL. DE UNIFORMIDAD
EMIN / EMAX .000
EMIN / EMED .000
EMAX / EMED 6.368

X	Y						
.0	0.	1.5	3.	4.5	6.	7.5	9.
.0	0.	$\frac{0}{\phi}$	$\frac{0}{\phi}$	0.	$\frac{0}{\phi}$	0.	0.
4.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
8.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
12.0	0.	$\frac{0}{\phi}$	$\frac{0}{\phi}$	0.	$\frac{0}{\phi}$	0.	0.
16.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
20.0	5.	6.	6.	6.	6.	5.	5.
24.0	10.	11.	11.	11.	10.	10.	9.
28.0	21.	$\frac{22}{25}$	$\frac{22}{19}$	21.	$\frac{20}{24.4}$	$\frac{18}{13.8}$	15.
32.0	36.	42.	43.	41.	35.	27.	22.
36.0	59.	74.	79.	73.	57.	41.	31.
40.0	61.	$\frac{84}{87.5}$	$\frac{100}{100}$	92.	$\frac{71}{75}$	$\frac{50}{37.5}$	35.
44.0	59.	74.	79.	73.	57.	41.	31.
48.0	36.	42.	43.	41.	35.	27.	22.
52.0	21.	$\frac{22}{19}$	$\frac{22}{25}$	21.	$\frac{20}{13}$	$\frac{18}{12.5}$	15.
56.0	10.	11.	11.	11.	10.	10.	9.
60.0	5.	6.	6.	6.	6.	5.	5.
64.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
68.0	0.	$\frac{0}{\phi}$	$\frac{0}{\phi}$	0.	$\frac{0}{\phi}$	0.	0.
72.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
76.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
80.0	0.	$\frac{0}{\phi}$	$\frac{0}{\phi}$	0.	$\frac{0}{\phi}$	0.	0.

COMPARACIÓN ENTRE LOS VALORES MEDIDOS Y LA SIMULACIÓN POR COMPUTADORA

CASO: DERQUI ESQUINA QUINTANA - ILUMINACIÓN LÁMPARA POR MEDIO

ILUMINACION PRUEBA PROGRAMA ILLUMJ-proyecto.cella

EL AREA A ILUMINAR ESTA DEFINIDA SEGUN X DESDE -2.00 HASTA 11.00 CON FA
 SO 1.00 Y
 SEGUN Y DESDE -2.00 HASTA 11.00 CON FA
 SO 1.00

DESCRIPCION DEL PROYECTOR strand AT/70 NA 150W (25000 lumenes)

TIPO DE PROYECTOR 3 ALFA PARALELOS/BETA MERIDIANOS/VI1 ELE POLAR/
 VB1 VN1 ECUADOR ALFA=0 EN VI BETA=0 EN VI-VB

NUMERO DE VALORES DE BETA 19 NUMERO DE ALFA INFERIOR 1 ALFA TOTAL 3
 LA TABLA DE INTENSIDAD LUMINOSA EN FUNCION DE LOS ANGULOS ES LA SIGUIENTE, LOS
 VALORES DE INTENSIDAD

INCLUYEN EL FACTOR DE ESCALA 22.16

BETA	0.	10.	20.	30.	40.	50.	60.	70.	80.	90.
100.	110.	120.	130.	140.	150.	160.	170.	180.		
ALFA	0.	3630.	3630.	3630.	3630.	3630.	3630.	3630.	3630.	3630.
0.	3630.	3630.	3630.	3630.	3630.	3630.	3630.	3630.	3630.	3630.
10.	3800.	3800.	3800.	3800.	3800.	3800.	3800.	3800.	3800.	3800.
20.	3523.	3523.	3523.	3645.	3645.	3889.	3889.	3889.	3889.	3889.
30.	3105.	3105.	3105.	3415.	3415.	3725.	4035.	4035.	4190.	4035.
40.	2690.	2690.	2690.	2794.	2484.	2484.	2327.	2327.		
50.	2278.	2278.	2278.	2659.	3036.	3417.	3796.	4554.	4554.	4554.
60.	2420.	2420.	2420.	2823.	3226.	3710.	4033.	4840.	4840.	4840.
70.	1884.	1928.	2017.	2243.	2690.	3140.	3590.	3812.	4038.	4038.
80.	1345.	1256.	1256.	1256.	1256.	1256.	1256.	1256.	1256.	1256.

COORDENADAS DEL PROYECTOR X,Y,Z / PUNTO DE ENFOQUE / PUNTO AUXILIAR	NUMERO	1	-15.00	2.50	8.00		
			-15.00	2.50	.00		
			-15.00	2.00	8.00	MULTIPLICIDAD	1.00
			6.50	24.00	8.00		
			6.50	24.00	.00		
			7.00	24.00	8.00	MULTIPLICIDAD	1.00

ILUMINACION MAXIMA	13.142
MEDIA	6.594
MINIMA	.000
DISPERSION	3.953

REL. DE UNIFORMIDAD	
EMIN / EMAX	.000
EMIN / EMED	.000
EMAX / EMED	1.993

X	Y													
	-2.	-1.	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11
-2.0	62.	70.	78	81.	82.	82.	99.	100.	100.	100.	95.	90	87.	87
-1.0	52.	59.	66	69	70.	70.	89.	90.	90.	90.	89	87	87.	87
				66,7		66,7		66,7		66,7		66,7		
0	44	49	54	56.	58.	58.	78.	80.	82.	83.	85.	86	87.	90
1.0	37.	41	44.	46	48.	58.	70.	73.	75.	78.	81	85.	89	95
		54,7		54		30		48,5		60,6		60,6		60,6
2.0	31.	34.	36.	38.	40.	61.	64.	67.	70.	73.	78.	83.	90.	100
		30		30		30		30		60,6		75,7		90
3.0	26.	28.	30.	32.	34.	56.	59.	62.	66.	70.	75.	82.	90.	100
4.0	22.	24.	26.	27.	29.	51.	54.	58.	62.	67.	73.	80.	90.	100
		30		30		30		30		54,5		60,6		90
5.0	19.	20.	22.	23.	25.	47.	51.	54.	59.	64.	70.	78.	89.	98
6.0	16.	17.	19.	20.	21.	44.	47.	51.	56.	61.	68.	58.	70.	82
		30		15		24		30		60,6		60,6		90
7.0	0.	0.	0.	0.	0.	21.	25.	29.	34.	40.	43.	58.	70.	82
8.0	0.	0	0.	0	0.	20.	23.	27.	32.	38.	46	56.	69	81
		15		3		15		24		60,6		60,6		75,7
9.0	0	0	0	0.	0.	19.	22.	26.	30.	36.	44.	54	66	78
10.0	0.	0.	0.	0	0.	17.	20.	24.	28.	34.	41	49	59.	70
				3		16		15,5		45,5		54,5		
11.0	0.	0.	0	0.	0.	16.	19.	22.	26.	31.	37.	44	52.	62

ANEXO IV

DISEÑO DE LA REACTANCIA INDUCTIVA SERIE CORRESPONDIENTE A UNA DE
LAS ALTERNATIVAS DE REDUCCIÓN DEL FLUJO LUMINOSO

De acuerdo con lo expresado en el análisis lumino-técnico existe la posibilidad de reducir el flujo luminoso (Φ_L) durante las horas de menor tránsito, este ahorro depende (en magnitud) de la instalación existente y de la categoría de la calzada en cuestión ya que la primera define el punto de partida (nivel de iluminación actual), mientras que la última establece el nivel de iluminación mínimo al se desea llegar.

Una de las formas de efectuar este ahorro consiste en reducir la tensión en los bornes de las lámparas, ya sea a través de la regulación bajo carga del transformador (lo cual es técnicamente casi imposible debido a la característica escalonada de dicha regulación y a la casi inexistencia de los dispositivos de regulación bajo carga en los transformadores de distribución) o a través de la conexión de una reactancia inductiva en serie que provoque la caída de tensión adecuada.

En el caso particular las cargas eléctricas representativas de las situaciones de consumo normal y consumo reducido correspondientes tanto a la Avda. San Martín (instalación de Sodio) como a las calles residenciales (instalación de Mercurio) son las siguientes:

CONSUMO NORMAL $\rightarrow U = 1pu \Leftrightarrow$ Sodio: 20 KVA
 $\cos\varphi = 0.85$

\rightarrow Mercurio: 83 KVA
 $\cos\varphi = 0.85$

CONSUMO REDUCIDO → Sodio \cong 16 KVA → $U \cong 0.914$ pu

→ Mercurio \cong 70 KVA → $U \cong 0.936$ pu

Aquí se encuentra una dificultad técnica dado que si bien es posible ahorrar casi un 20 % de la potencia en las lámparas de Sodio y un 15 % de la potencia en las lámparas de Mercurio, esto se lograría con *distintas tensiones de línea* (0.915 pu y 0.935 pu respectivamente) y la morfología del circuito impide en la práctica disponer de ambas tensiones simultáneamente, esto debido a que en cada transformador existe una única barra correspondiente al alumbrado público. Por lo tanto solo es factible disponer de una única tensión de alimentación a las instalaciones de alumbrado público, ya sean de Sodio o de Mercurio.

Esto obliga a redefinir las tensiones para la situación de flujo reducido; desde el punto de vista luminotécnico los ahorros de Φ_L *no deben ser menores* a los considerados ya que no se cumplirían los mínimos niveles de iluminación recomendados, por lo que la tensión en las lámparas de Sodio debe ser mayor o igual a 0.915 pu y en las de Mercurio no menor a 0.935 pu; por lo que debe adoptarse esta última restricción para el cálculo ya que contiene a la otra.

En consecuencia las lámparas de Sodio funcionarán con una tensión de 0.935 pu por lo que la reducción de Φ_L será menor que la calculada y por ende la reducción de potencia también será menor.

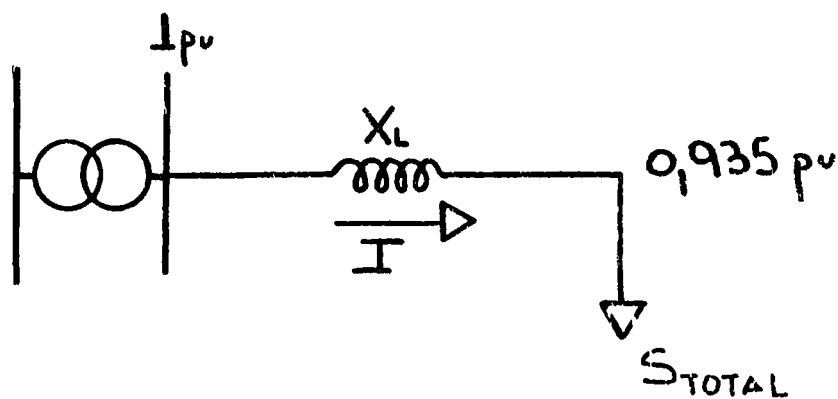
De acuerdo a los catálogos de los fabricantes a las lámparas de Sodio con una tensión de 0.935 pu le corresponde una potencia de 0.85 pu; en consecuencia para la situación de consumo reducido se tendrán:

INSTALACION DE SODIO: $S = 17 \text{ KVA}$
 $\cos\varphi = 0.85$

INSTALACION DE MERCURIO: $S = 70 \text{ KVA}$
 $\cos\varphi = 0.85$

Por lo que la carga total será: $S = 87 \text{ KVA}$
 $\cos\varphi = 0.85$

En definitiva para el cálculo de la reactancia inductiva serie el diagrama unifilar será:



Se adopta para los cálculos: $S_b(\text{trifásica}) = 100 \text{ KVA}$
 $U_b(\text{trifásica}) = 380 \text{ V}$

por lo que $Z_b = 1.444 \Omega$
 $I_b = 152 \text{ A}$

en consecuencia:

$$I = S/U = \frac{0.87 e^{-j31.8}}{0.935} = 0.93 e^{-j31.8} \quad (1)$$

entonces:

$$1 e^{j\varphi_1} = 0.935 + 0.93 e^{-j31.8} * X_L e^{j\varphi_0}$$

igualando módulos se tiene:

$$1 = (0.935 + 0.93 X_L \cos 58.2)^2 + (0.93 X_L \sin 58.2)^2$$

de donde se llega a:

$$0 = X_L^2 + 1.0521 X_L - 0.1454$$

resolviendo esta se tiene:

$$X_L = 0.1237 \text{ pu} \rightarrow X_L = 0.1786 \Omega \rightarrow \underline{L = 0.39 \text{ mH}}$$

de (1) se tiene: $|I| = 0.93 \text{ pu} \rightarrow |I| = 141.4 \text{ A}$

por lo que cada reactancia queda definida por : $L = 0.39 \text{ mH}$
 $I = 150 \text{ A}$

Para el diseño de la reactancia se utiliza la fórmula de NAGAOKA:

$$L = \frac{\mu_0 \mu_r \pi r^2 N^2 K}{l}$$

donde : K = constante de Nagaoka
 r = radio de la bobina
 l = longitud de la bobina
 N = número de espiras

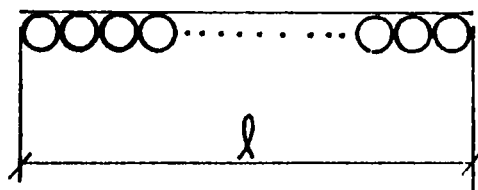
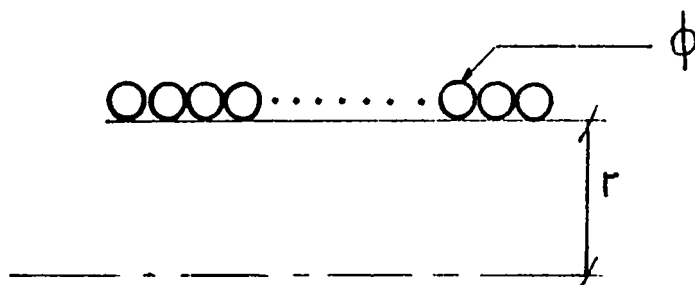


Fig. N°1

de la Fig N° 1 se tiene $N\varnothing = l$ y adoptando $r=l$ queda:

$$L = \mu_0 \mu_r \pi N^3 \varnothing K$$

si $I_m = 150$ A \rightarrow se adopta una sección del conductor de 70 mm^2
por lo que $\varnothing \cong 9.44 \text{ mm} = 9.44 * 10^{-3} \text{ m}$; por lo que la única
incógnita N vale:

$$N^3 = \frac{0.39 * 10^{-3} \text{ H}}{4 * \pi^2 * 10^{-7} \text{ H} * 9.44 * 10^{-3} * K}$$

$$\underline{N = 27}$$

entonces se tendrá:

$$r = l = N \varnothing = 27 * 9.44 \text{ mm} = 254.9 \text{ mm}$$

longitud del conductor (por bobina) = $2 \pi r N = 43.24 \text{ m}$

por lo que para las tres bobinas será necesaria una longitud
de cable de:

$$\text{Longitud total} \cong 130 \text{ m. (sección } 70 \text{ mm}^2)$$

ANEXO V

DETERMINACION DEL PUNTO DE TRABAJO DE LAS LAMPARAS
FUNCIONANDO CON FLUJO REDUCIDO

A partir del análisis luminotécnico puede determinarse el ahorro posible de flujo luminoso en los momentos de menor tránsito vehicular; pero como el *rendimiento de las lámparas no es constante* para todo punto de funcionamiento, el ahorro de energía no será de igual magnitud que el de flujo luminoso.

En principio puede decirse (según las curvas dadas en los catálogos por los fabricantes) que si la lámpara se opera a una tensión menor que la nominal el rendimiento decae y por consiguiente el ahorro de energía será menor que el de Φ_L ; en caso de trabajar la lámpara a una tensión mayor que la nominal las curvas preveen un mayor rendimiento, pero en esta situación se vería afectada seriamente la vida útil de las mismas debido principalmente al aumento de temperatura al que se verían sometidas.

En el presente trabajo se consideran dos formas distintas de reducir el flujo luminoso de las lámparas, una consiste en reducir la tensión en bornes de las lámparas y la otra en regular la potencia entregada a estas a través de un dispositivo electrónico.

La estrategia en la primera alternativa radica en conectar en la salida del transformador de distribución (en la terna correspondiente a la alimentación del alumbrado público) una reactancia inductiva en serie, lo cual sería, desde el punto de vista de las lámparas, equivalente a reducir la tensión en bornes de la misma por lo que la determinación

del punto de funcionamiento es directa a partir de las curvas características dadas en los catálogos.

Con respecto a la segunda alternativa de operación de la lámpara a flujo reducido la misma consiste en la utilización de "dimmers"; el principio de funcionamiento de estos dispositivos consiste en alimentar la lámpara con una onda de tensión "recortada"; esto se logra conectando en serie con la misma un triac o dos tiristores conectados en antiparalelo y regulando (dentro de ciertos márgenes) el ángulo de disparo de éstos.

La particularidad eléctrica de funcionamiento de una lámpara de descarga consiste en trabajar a tensión aproximadamente constante (de polaridad positiva y negativa alternativamente) durante la conducción y en una zona de su característica eléctrica de resistencia negativa, esto provoca la necesidad de limitar la corriente en la misma y la forma mas eficiente para lograrlo es a través de la conexión en serie de un balasto (reactancia inductiva).

Lo anterior trae como consecuencia una característica de corriente deformada (respecto de una senoide) y desfasada respecto de la tensión un ángulo tal que permita la conducción continua, este ángulo depende de la relación entre la tensión de pico de la red y la tensión de funcionamiento de la lámpara (esto último es válido solo si se desprecia la resistencia del balasto)

La utilización de "dimmers" para regular la potencia entregada a la lámpara trae aparejada la necesidad de variar este ángulo de desfasaje (aumentarlo) y como consecuencia existirá conducción discontinua. La forma de la onda de corriente dependerá del ángulo de disparo así como la potencia entregada.

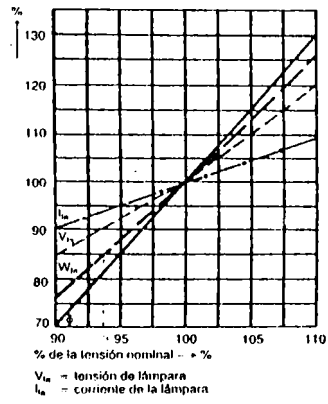
Para determinar la potencia (el ángulo de disparo) que corresponde a un dado valor de flujo luminoso (menor que el nominal) deberían efectuarse ensayos para distintos ángulos de disparo midiendo en cada caso el flujo luminoso total; en la actualidad, en parte debido al uso poco frecuente de estos dispositivos, no se cuenta con este tipo de datos sino que los fabricantes ofrecen "dimmers" que entregan a la lámpara un porcentaje de la potencia nominal, sin indicar a que porcentaje de flujo nominal corresponde.

En consecuencia, y a fin de tomar valores más o menos realistas para el cálculo económico comparativo, se adoptaron para ambos casos (reducción de la tensión en bornes de la lámpara y "dimmers") los mismos valores de potencia y flujo reducidos, tomados de las curvas de Φ_L vs. U_n y $W_{l\grave{a}mp.}$ vs. U_n que se encuentran en los catálogos.

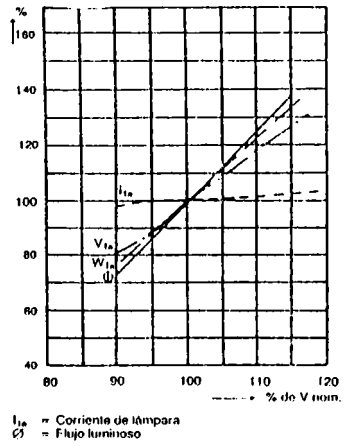
A continuación se muestran las curvas antedichas para lámparas de Sodio y Mercurio correspondientes a los catálogos de la fábrica PHILIPS; como puede verse las curvas son muy aproximadamente lineales por lo que partiendo del porcentaje de flujo nominal deseado es inmediato el valor de tensión

nominal al que ello ocurre y en consecuencia la potencia consumida en ese punto de funcionamiento.

Efectos de la variación de tensión de línea en las características de la lámpara



LAMPARAS DE SODIO



LAMPARAS DE MERCURIO