

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES  
FACULTAD TECNICA  
CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA**



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN  
DE LA CARRETERA  
“VARIANTE CIUDAD DE TUPIZA”  
DEPARTAMENTO POTOSI**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCION DEL  
GRADO DE LICENCIATURA**

**POSTULANTE: Roberto Carlos Valencia Carretero**

**TUTOR: Ing. Miguel A. Núñez G.  
Ing. Héctor L. Tapia G.**

**LA PAZ - BOLIVIA  
2012**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a Dios, por haberme iluminado durante el tiempo que me llevo realizar el presente proyecto.

Un agradecimiento especial a mi esposa e hijo por haberme brindado una colaboración incondicional, que sin ellos este trabajo no se hubiera realizado.

A mi madre y hermanas, quienes me apoyaron en todo momento de forma incondicional y por haberme mostrado el camino de la superación y trabajo.

Agradecimiento a los docentes de la carrera de Electromecánica.

## **DEDICATORIA**

A mi madre, hermanas, esposa y a mi querido hijo por haber contribuido en mi formación brindándome su apoyo, amor y cariño.

# INDICE

Introducción	6
Planteamiento del problema	7
Objetivos del proyecto	7
• Objetivo general	7
• Objetivos específicos	7
Justificación del proyecto	8
Alcance del proyecto	8
<b>CAPITULO 1: ASPECTOS GENERALES ENTORNO A LA CARRETERA</b>	
1. 1 Características de área de influencia del proyecto	
9	
1.1.1 Descripción de la variante Tupiza	9
1.1.2 Ubicación geográfica	
9	
1.1.3 Información meteorológica	10
1.1.4 Información básica de la zona	10
1.1.5 Población	11
1.1.6 Parque automotor	12
1.2 Estudio del tráfico vehicular	13
1.3 Generalidades	13
1.4 Trafico vehicular en la variante Tupiza	14
1.5 Velocidad vehicular	14
1.6 Información del tráfico vehicular	14

1.7 Trafico vehicular desde y hacia Tupiza	15
1.8 Trafico vehicular anual	15
1.9 Proyección del tráfico vehicular por los próximos diez años	16
<b>CAPITULO 2 FUNDAMENTACIÓN TEORICA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN</b>	
2.1 Factores que influyen en la visión	17
2.1.1 Iluminación	17
2.1.2 Contraste	18
2.1.3 Sombras	18
2.1.4 Deslumbramiento	19
2.1.5 Ambiente cromático	19
2.2 Características de las lámparas que se utilizan en el alumbrado publico	20
2.2.1 Lámparas de vapor de mercurio	20
2.2.2 Lámparas de vapor de sodio de baja presión	21
2.2.3 Lámparas de vapor de sodio de alta presión	22
2.3 Características de luminaria	23
2.3.1 Clasificación de las luminarias empleadas en el alumbrado publico	23
2.4 Elección del nivel de iluminación	25
2.5 Altura de los puntos de luz	27
2.6 Relación entre separación y altura de los puntos de luz	29
2.7 Coeficiente o factor de utilización	30
2.8 Relación entre los parámetros fundamentales	30
2.9 Factor de conservación	31
2.10 Protección contra los contactos directos y contra la penetración de polvo	32
<b>CAPITULO 3 CALCULO LUMINOTECNICO</b>	

3.1	Introducción	34
3.2	Método de cálculo del nivel de iluminación	34
3.3	Calculo de iluminación por el método del flujo luminoso total	35
3.4	Calculo del nivel de iluminación por el método punto por punto	42
3.5	Calculo del nivel de iluminación mediante el uso del software respectivo	59
3.6	Resumen del cálculo de iluminancia	59
3.7	Calculo del nivel de luminancia	61
3.8	Uniformidad de la luminancia	63
3.9	limitación del deslumbramiento	64
3.9.1	Deslumbramiento molesto $G$	64
3.9.2	Deslumbramiento perturbador $Tl$	66
3.10	Clasificación de los pavimentos	66
3.11	Calculo de la luminancia por el método punto por punto	68
3.12	Resumen del cálculo de la luminancia	69
<b>CAPITULO 4: DISEÑO DE LA RED ELÉCTRICA DE DISTRIBUCIÓN</b>		
4.1	Introducción	71
4.2	Dimensionamiento de los transformadores de distribución	72
4.3	Potencia instalada de la red de alumbrado	82
4.4	Calculo de la sección de los conductores de los circuitos	83
4.5	Calculo de la caída de tensión y pérdida de potencia por efecto Joule	89
4.6	Equipo de protección	101
4.6.1	Determinación de las corrientes de corto circuito	101

4.6.2 Selectividad entre los equipos de protección	106
4.6.3 Interruptores termomagnéticos y fusibles	109
4.6.4 Seccionador-Fusible	111
4.6.5 Pararrayos	112
4.7 Equipos de medición	113
4.8 Control de encendido de las luminarias	114
4.9 Ampliación de la red primaria de distribución	115
4.10 Compensación del factor de potencia	116
4.10.1 Dimensionamiento del banco de capacitores en el sistema de Iluminación	116
<b>CAPITULO 5: CALCULO DE LAS ESTRUCTURAS</b>	
5.1 Introducción	121
5.2 Esfuerzo axial	122
5.3 Esfuerzo cortante	125
5.4 Fundaciones	127
<b>CAPITULO 6: ANALISIS COSTO - BENEFICIO</b>	
6.1 Costo total del alumbrado publico	129
6.2 Costo de ampliación de la red primaria	136
6.3 Costo de la red de alumbrado mas la ampliación de la red primaria	137
6.4 Costo de mantenimiento	138
6.5 Costo de operación del alumbrado	139
6.6 Financiamiento	139
6.7 Evaluación de alternativas propuestas para el financiamiento de la red primaria	140

6.7.1 Extensión de la red primaria de la COOPELECT.	140
6.7.2 Paneles fotovoltaicos	141
6.8 Análisis comparativo Con y Sin proyecto	141
6.9 Evaluación del impacto ambiental	145
<b>CONCLUSIONES</b>	147

## **REFERENCIA BIBLIOGRAFICA**

## **ANEXOS**

**ANEXO A:** Ubicación geográfica de Tupiza.

**ANEXO B:** Datos técnicos de las luminarias utilizadas.

**ANEXO C:** Aplicación del método punto por punto, superficies de cálculo.

**ANEXO D-E:** Calculo del nivel de iluminancia y luminancia mediante el uso del software respectivo y tablas R.

**ANEXO F:** Catalogo de conductores, interruptores, termomagneticos, fusibles, seccionador- fusible, pararrayos.

**ANEXO G:** Estructuras, tablas de transformadores y tablas de capacitores.

**ANEXO H:** Esquemas Unifilares.

**ANEXO I:** Estructuras para luminarias y ventanilla de inspección

**ANEXO J:** Planos de la variante Tupiza



## PRESENTACION

El presente proyecto se refiere al “**DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LA VARIANTE CIUDAD DE TUPIZA** “, que por las características del tema representa un aporte técnico en el macro del proyecto para el desarrollo de la ciudad de Tupiza y sus habitantes.

El trabajo se estructura de la siguiente forma:

**En el capítulo 1.** Se indican los aspectos generales entorno a la carretera, las características más importantes del área de influencia del proyecto como también el estudio del tráfico vehicular en la variante ciudad de Tupiza.

**En el capítulo 2.** Se realiza la fundamentación teórica del sistema de iluminación, asimismo los factores que influyen en la visión y también las características de las lámparas. Cabe señalar que, la determinación del nivel medio de iluminación, no esta en función al numero de vehículos que circulan por la avenida, sino a la importancia que tendrá la misma en el futuro.

**En el capítulo 3.** Se realiza el cálculo luminotécnico, tanto para la determinación del nivel de iluminancia media, como también del nivel de luminancia media; a través de los métodos de flujo luminoso total, iluminación punto por punto y mediante el uso de software correspondiente. En este acápite, se recomienda la luminaria mas apropiada para su uso en la variante, considerando las características fundamentales de la variante.

**El capítulo 4.** Trata del diseño de la red eléctrica de distribución para el alumbrado de la variante ciudad de Tupiza, calculando los diferentes circuitos mas apropiados. Por tanto se recomienda la ampliación de la red primaria de distribución en 6.6 Kv de la cooperativa de servicios eléctricos Tupiza Ltda.

**En el capítulo 5.** Se efectúan los cálculos de las estructuras o postes telescópicos, que sirven de soportes para las luminarias, considerando principalmente los esfuerzos y el tipo de material que se usara para la construcción de los mismos. También se dan las dimensiones exactas de los postes.

**En el capítulo 6.** Se hará un análisis costo-beneficio de la red del alumbrado, la ampliación de la red primaria, mantenimiento y operación, que requiere el proyecto.

## INTRODUCCIÓN

Los proyectos, buscan soluciones para contribuir con el desarrollo local y nacional, dirigidos a sectores y actividades de orden prioritario, ya que, un proyecto es un conjunto de antecedentes que permite analizar las ventajas y desventajas económicas que derivan de asignar determinados recursos, tanto humanos, materiales y financieros, para la producción de un determinado bien y/o servicio.

Las actividades humanas en la actualidad, hacen que estas se realicen no solamente de día, sino también durante la noche; es por eso que el alumbrado público siendo un servicio o bien público necesario que adquiere un rol importante para el cumplimiento de dichas actividades.

La variante ciudad de Tupiza tendrá una longitud aproximada de 7.5 km, con dos vías en los tramos de ingreso y varían en los tramos centrales de circulación, para el desplazamiento de vehículos motorizados pesados y livianos que tendrán necesidad de ingresar a la ciudad para proseguir viaje y para recorrer la ciudad de norte a sur.

La avenida de la variante enlazará con el proyecto caminero Cotagaita-Tupiza y Tupiza-Villazon, siendo esta la segunda fase del proyecto. La Variante, concebida técnicamente por la ABC (Administradora Boliviana de Caminos). Será la variante más importante de la ciudad por su longitud, trascendencia y funcionalidad, ya que, se establece una ruta maestra de norte a sur, además de ser parte importante del corredor bioceánico, que unirá los océanos Atlántico y Pacífico. Es por eso que el alumbrado de la variante ciudad de Tupiza por su situación estratégica e importancia es de suma trascendencia, tanto para la ciudad de Tupiza como para el resto del país.

## **Planteamiento del problema.**

Tupiza a sido declarada por la UNESCO como “Capital Cultural de la juventud Boliviana” debido a la intensa actividad cultural, juvenil y estudiantil, tradicionalmente se denomina “La joya Bella de Bolivia” por su atractivo clima y su naturaleza.

En el siglo XXI, Tupiza se proyecta a Bolivia y al mundo como una región de espectacular encanto ofreciendo interesantes lugares eco turístico, ambos lados de RIO DE TUPIZA se observan los espectaculares muestras arquitectónicas de cerros colorados. Por lo que el río Tupiza es transitado a través de los tres puentes que esta localizado a lo largo de la carretera principal que ahora se lo llama Variante “Ciudad de Tupiza” que sirve para el desplazamiento de vehículos, motorizados pesados y livianos que tienen la necesidad de ingresar a la ciudad o para proseguir viaje.

Debido a la construcción de la Variante Ciudad de Tupiza, se crea la necesidad de realizar, el Diseño del sistema de iluminación denominado “Variante Ciudad de Tupiza”

## **Objetivos del proyecto.**

### **Objetivo general.**

Realizar el diseño luminotécnico y eléctrico del sistema de alumbrado de la carretera “Variante Ciudad de Tupiza”.

### **Objetivos específicos.**

Entre los objetivos específicos se citan los siguientes:

- Plantear la innovación del uso de Filtros, para la reducción y/o eliminación de corrientes armónicas en el sistema eléctrico de iluminación.

- Realizar el dimensionamiento de banco de capacitores, para el mejoramiento del Factor de Potencia del sistema eléctrico de iluminación.
- Realizar y analizar el análisis costo - beneficio del proyecto.

### **Justificación del proyecto.**

Debido a que en el presente la carretera se encuentra asfaltada, se hace necesaria la elaboración del proyecto a diseño final, asimismo con la introducción e implementación de Banco de Capacitores y Filtro de armónicos en el sistema eléctrico, se prevé que exista un ahorro en el costo de la energía eléctrica consumida.

Por lo mencionado anteriormente se justifica plenamente la elaboración del proyecto.

### **Alcances del proyecto**

- Realizar el diseño y dimensionamiento luminotécnico y eléctrico de manera teórica
- Presentar de manera teórica los oscilogramas de las formas de onda de tensión y corriente.
- Presentar la valoración económica del proyecto

## CAPITULO I

### ASPECTOS GENERALES ENTORNO A LA CARRETERA

#### 1.1 Características del área de influencia del proyecto.

A continuación se detalla la información general de las características más importantes de la zona en estudio.

##### 1.1.1. Descripción de la variante Tupiza.

Las características principales de la “Variante Ciudad de Tupiza” son las siguientes:

Longitud = km 7 + 177.72

Ancho de la calzada = 7.3 m

Ancho de la jardinera o separación = 2m

La variante constará de dos vías, separada por una jardinera central, cada vía tendrá dos carriles y también tendrá una vía en ambos accesos a la ciudad de dos carriles.

##### 1.1.2. Ubicación geográfica.

La “Variante ciudad de Tupiza” está ubicada en la ciudad de Tupiza, provincia Sud Chichas del Departamento de Potosí, al norte con la Provincia Nor Chichas y la Segunda Sección Municipal de la Provincia Sud Chichas, al sur con la Provincia Modesto Omiste Municipio de Villazón y la República de Argentina, al este con el Departamento de Tarija y el Departamento de Chuquisaca, al oeste con la Provincia Sud Lipez y Nor Lipez; se hace notar que existen poblaciones intermedias importantes que tienen gran número de habitantes, y por lo tanto

existe un tráfico vehicular considerable. La ubicación se muestra en el ANEXO A.

### **1.1.3. Información meteorológica.**

Altitud: 2959 m.s.n.m.

Precipitación pluvial media anual: 26.6 mm

Precipitación pluvial en el mes de Enero: 83.3 mm

Temperatura máxima: 30 °C

Temperatura media: 15 °C

Temperatura mínima: 1 °C

Humedad relativa mensual: 71%

Velocidad máxima del viento (norte): 60 km/h

### **1.1.4. Información básica de la zona.**

Como se sabe la ciudad de Tupiza cuenta con una gran cantidad de reservas mineras, como es característico en todo el Departamento de Potosí, se tienen registrados 382 concesiones mineras teniendo 2,463 cuadrículas que corresponden a una extensión territorial de 61,550 Has.

La producción agrícola es una de las más grandes fortalezas del Municipio de Tupiza, cuenta con seis distritos rurales con gran producción agrícola y potencialidad de tener una explotación agrícola tanto intensiva como extensiva y dos distritos urbanos que también tiene producción agrícola, pero para el auto consumo familiar y con escaso excedente comercial.

Siendo el Municipio de Tupiza como un municipio turístico por excelencia y con inigualables atractivos naturales e históricos (el Porongo, el paso del duende,

Reynecillas, Batalla de Suipacha, la ruta Sundance Kid y Butch Cassidy entre otros).

Otra de las potencialidades de la ciudad de Tupiza es la producción pecuaria y con mayor énfasis la crianza de ganado caprino y bovino, potencial que tiene que ser consolidado con políticas de apoyo a la producción ganadera y también a la especies de menor actividad en la zona como ser los camélidos.

### 1.1.5. Población.

La población de la ciudad de Tupiza según los resultados del Censo de Población y Vivienda del 2001 alcanza a **38.337** habitantes, de los cuales 52,58 % corresponde a mujeres y 47,42 % a hombres. Según el levantamiento de información de Boletas Comunales y OTBs y/o Barrios para el Diagnóstico Municipal Consolidado del 2004 alcanza a **39.620** habitantes, de los cuales 19.769 son varones haciendo el 49.90%, mientras que las mujeres llegan a 19.851 significando el 50.10%, donde se aprecia una tasa de crecimiento anual urbano del 3.14%

**TABLA 1.1 Población del Municipio de TUPIZA**

Área	Hombres	Mujeres	Total Población	Porcentaje
Rural	7.885	8.745	16.630	43,38
Urbana	10.294	11.413	21.707	56,62
<b>Total</b>	<b>18.179</b>	<b>20.158</b>	<b>38.337</b>	<b>100.00</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>47,42</b>	<b>52,58</b>	<b>100.00</b>	

Fuente: Censo Nacional de Población y Vivienda, según censo 2001



**TABLA 1.1.1 Población del Municipio Tupiza, según Diagnóstico 2004**

Área	Hombres	Mujeres	Total Población	Porcentaje
Rural	9.542	9.035	18.577	46.89%
Urbana	10.227	10816	21.043	53.11%
<b>Total</b>	<b>19.769</b>	<b>19.851</b>	<b>39.620</b>	<b>100.00</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>49.90</b>	<b>50.10</b>	<b>100.00</b>	

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal 2006-2010

Se nota claramente que existe una migración del campo hacia la ciudad, incrementando la población citadina, haciendo que la ciudad se expanda en todas las direcciones, en lo referente al área.

**1.1.6. Parque automotor.**

A continuación, se muestra el número de vehículos existentes en la ciudad de Tupiza. El incremento en los últimos diez años ha sido considerable, como se puede apreciar en tabla 1.2.

**TABLA 1.2 Parque automotor de la ciudad de Tupiza**

AÑO	AUTOMÓVILES	CAMIONES	VAGONETAS	BUSES	MOTOS	TOTAL
2001	125	154	95	47	6	427
2002	132	162	100	50	6	450
2003	139	171	105	53	6	474
2004	147	180	111	56	8	502
2005	155	190	117	59	12	533
2006	164	201	124	62	13	564
2007	173	212	131	65	16	597
2008	183	224	138	69	23	637
2009	193	236	146	73	42	690
2010	204	249	154	77	68	752
2011	215	263	163	81	83	805

Fuente: Organismo Operativo de Tránsito

Donde se advierte un incremento importante del 56 %, y una tasa de incremento anual del 5.6 %.

Como consecuencia del incremento del parque automotor, fue aumentando los problemas de tránsito urbano, debido a que paralelamente surgieron los vehículos de transporte público; en la ciudad, éstos representan un importante porcentaje del total de vehículos, según se puede apreciar en la tabla 1.3.

**TABLA 1.3 Vehículos particulares y de servicio público**

<b>AÑO</b>	<b>VEHÍCULOS PARTICULARES</b>	<b>VEHÍCULOS DE SERV. PÚBLICO</b>	<b>TOTAL</b>
2001	223	197	420
2002	234	207	441
2003	246	217	463
2004	258	228	486
2005	271	239	510
2006	284	251	535
2007	298	263	561
2008	313	276	589
2009	329	290	619
2010	345	304	649
2011	362	319	681

Fuente: Organismo Operativo de Tránsito

Las tablas 1.2 y 1.3 dan una idea cabal, acerca del movimiento vehicular en la ciudad de Tupiza; haciendo que la variante sea una válvula de escape al tráfico vehicular que existe en la ciudad.

## **1.2. Estudio del tráfico vehicular**

### **1.3. Generalidades.**

El estudio del tráfico vehicular, adquiere gran importancia para determinar el nivel de iluminación requerido para la Variante. En éste sentido, se hará un estudio del tráfico

vehicular en lo referente a las salidas y llegadas, hacia y desde la ciudad de Tupiza;. Se hace éste estudio, para justificar la importancia del proyecto, porque la mayoría de los vehículos pesados, semipesados y livianos circularán por la carretera “variante ciudad de Tupiza, con la finalidad de transportar pasajeros, transportar carga y pasear por la avenida.

#### **1.4. Tráfico vehicular actual en la variante Tupiza.**

El tráfico vehicular actual en la variante Tupiza es considerable, ya que, la variante presenta un camino asfaltado, de dos vías y de una sola vía. El tráfico vehicular existente, es en su mayoría de vehículos de alto tonelaje, que hacen su recorrido desde y hacia la ciudad de Tupiza. La Cantidad de vehículos que hacen uso de esta variante supera el centenar de moviidades por día, es por eso, que el diseño de un sistema de iluminación de la variante contribuirá a que exista mayor tráfico de moviidades, con el consiguiente beneficio de resguardar las unidades móviles, cuidar el asfalto existente.

A Continuación se dará información acerca del tráfico vehicular, desde y hacia la ciudad, especialmente del transporte interdepartamental e interprovincial harán uso de la variante, tanto en horario diurno como en horario nocturno.

#### **1.5. Velocidad vehicular.**

Dadas las características de la avenida, la velocidad máxima permisible será de 80 km/h, pero por disposiciones vigentes la velocidad promedio no deberá exceder los 50 km/h.

#### **1.6. Información del tráfico vehicular.**

La información que se tiene del tráfico de vehículos, se obtuvo por intermedio del Organismo Operativo de Tránsito, con muestras del movimiento vehicular según las

clases y servicios del año 2010 y los meses de abril, mayo y junio de 2011. Las consideraciones a tomarse en cuenta para la información del tráfico vehicular, son las siguientes:

### 1.7 Tráfico vehicular desde y hacia Tupiza.

Dada la importancia estratégica de la ciudad de Tupiza, en lo que al transporte de vehículos se refiere, se realizarán las mediciones respectivas del tráfico vehicular desde y hacia la ciudad, donde se advierte el movimiento vehicular hacia las diferentes ciudades del país, y a las localidades del departamento; ya sea del servicio público, como del servicio particular.

### 1.8. Tráfico vehicular anual.

Con los datos obtenidos, se presenta a continuación el detalle del tráfico vehicular de año 2010; además se registra el promedio de vehículos pro mes, vehículos por día y vehículos por hora.

**TABLA 1.4 Tráfico vehicular desde y hacia la ciudad – 2011**

<b>SALIDAS</b>	<b>VEHÍCULOS</b>	<b>%</b>	<b>Veh/mes</b>	<b>Veh/día</b>	<b>Veh/h</b>
Cap. de Dpto.	5400	28.8	450	15	
Localidades	4680	25	390	13	
<b>SUBTOTAL</b>	<b>10080</b>	<b>53.8</b>	<b>840</b>	<b>28</b>	<b>1</b>
<b>LLEGADAS</b>					
Cap. de Dpto.	4680	25	390	13	
Localidades	3960	21.2	330	11	
<b>SUBTOTAL</b>	<b>8640</b>	<b>46.2</b>	<b>720</b>	<b>24</b>	<b>1</b>
<b>TOTAL</b>	<b>18720</b>	<b>100</b>	<b>1560</b>	<b>52</b>	<b>2</b>

Fuente: Organismo Operativo de Tránsito

Se observa que existe un movimiento de vehículos moderado, que hacen uso de las carreteras existentes hacia el interior del país, además debe tomarse en cuenta que

no está contabilizados todos los vehículos en su totalidad, porque una medición exacta es muy difícil de realizar.

### 1.9. Proyección del tráfico vehicular para los próximos diez años.

No existiendo una serie histórica que muestre índices de crecimiento reales, se adoptan algunos criterios que permiten de alguna manera efectuar una proyección aproximada del tráfico vehicular. Como índices de crecimiento referenciales se van a considerar el índice de crecimiento del parque automotor que es del orden del 5.6 % anual, y el índice de crecimiento del parque automotor es bastante mayor que el índice de crecimiento urbano, por lo tanto, el primero predomina en el cálculo de la proyección.

Entonces, el índice de crecimiento que adopta para la proyección del tráfico vehicular, en el presente trabajo, es del 3 % anual. Tal como se puede apreciar en la tabla 1.5.

**TABLA 1.5 Proyección del tráfico vehicular desde y hacia la ciudad para los próximos diez años**

AÑO	VEHÍCULOS	Veh/mes	Veh/día	Veh/h
2010	19281	1607	54	2
2011	19842	1653	55	2
2012	20403	1700	57	2
2013	20964	1747	58	2
2014	21525	1794	60	2
2015	22086	1840	61	2
2016	22647	1887	63	3
2017	23208	1934	64	3
2018	23769	1981	66	3
2019	24330	2027	68	3

Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO 2

### FUNDAMENTACIÓN TEORICA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

A continuación se hará una breve explicación teórica para una mejor comprensión del tema propuesto, cuyo tema central es de luminotecnia. El contenido de la teoría, abarca los siguientes tópicos: factores que influyen en la visión, tipos de lámparas y tipos de luminarias; que serán desarrollados desde el punto 2.1 hasta el punto 2.4.

#### 2.1. Factores que influyen en la visión. [1]

Sin luz no hay visión, pues el ojo no puede transmitir al cerebro ninguna información de todo cuanto nos rodea, si ello no se encuentra iluminado por la luz natural del sol o cualquier otra fuente artificial. En la percepción visual de los objetos influyen los siguientes factores:

- Iluminación.
- Contraste.
- Sombras.
- Deslumbramiento.
- Ambiente cromático.

Todos guardan relación entre si y cualquiera de ellos puede tener un valor decisivo.

##### 2.1.1. Iluminación.

Se ha podido comprobar en numerosas investigaciones que la capacidad visual depende de la iluminación y esta afecta al estado de animo de las personas, y a su aptitud para desarrollar un trabajo, un deporte, etc. Cada actividad requiere una determinada iluminación nominal que debe existir como valor medio en la zona que se desarrolla aquella.



El valor medio de iluminación para una determinada actividad, esta en función de una serie de factores, entre ellos se puede citar los siguientes:

- Tamaño de los detalles a captar.
- Distancia entre el ojo y el objeto.
- Factor de reflexión del objeto.
- Contraste entre los detalles del objeto
- Tiempo empleado en la observación.
- Rapidez de movimiento del objeto.

### **2.1.2. Contraste.**

La diferencia de luminancia entre el objeto que se observa y su espacio inmediato, es lo que se conoce como contraste.

Los trabajos que requieran gran agudeza visual precisan un mayor contraste, combinando bien los grados de reflexión de las superficies de un recinto, se obtiene una distribución armónica de la luminancia, produciéndose con ello un contraste fácil de distinguir.

Las mejores condiciones visuales se consiguen cuando el contraste de luminancia entre el objeto y las superficies circundantes se mantiene dentro de límites determinados. La relación de luminancias en el campo visual no debe ser menor de 1:3 ni mayor de 3:1.

### **2.1.3. Sombras.**

Si no tuviéramos dos ojos, no veríamos los objetos en relieve; es decir unos mas cerca que otros. Ello se debe a que en cada ojo se forma una imagen ligeramente distinta, y al juntarse los dos en el cerebro dan la sensación de relieve. Pero además, para poder captar el relieve de los objetos, es preciso

que estos presenten unas zonas menos iluminadas que otras. Estas zonas menos iluminadas son las sombras, las cuales destacan las formas plásticas de los objetos.

Las sombras en si son el resultado de una diferencia de luminancias respecto a zonas mas iluminadas. Se distinguen dos clases de sombras fuertes y suaves.

#### **2.1.4. Deslumbramiento.**

El deslumbramiento es un fenómeno fisiológico que reduce la capacidad visual, debido a un exceso de luminancia a la que el ojo no puede adaptarse. Ello produce una enérgica reacción fotoquímica en la retina, insensibilizándola durante un cierto tiempo, transcurrido el cual vuelve a recuperarse. Los factores determinantes del deslumbramiento son:

- La luminancia de la fuente de luz o de las superficies iluminadas, a mayor luminancia corresponde mayor deslumbramiento.
- Las dimensiones de las fuentes de luz en función del ángulo subtendido por el ojo a partir de los 45° con respecto a la vertical.
- A mayor contraste de luminancia mayor deslumbramiento.
- Una luminancia de bajo valor puede producir deslumbramiento de exposición es largo.

#### **2.1.5. Ambiente cromático.**

Los colores facilitan el reconocimiento de cuanto nos rodea. Los efectos psicofisiológicos que producen constituyen el ambiente cromático, de gran influencia en el estado de ánimo de las personas.



Un buen ambiente cromático es aquel en el cual los colores están perfectamente armonizados y adaptados a la función visual o trabajo a desarrollar.

## **2.2. Características de las lámparas que se utilizan en el alumbrado publico.[2]**

Los factores que intervienen para el empleo de la gran variedad de lámparas existentes son los siguientes: rendimiento luminoso, utilización anual, el costo de las lámparas, el color de la luz, tensión de la red, temperatura ambiente, etc. A continuación se describen las características más importantes de las lámparas empleadas en el alumbrado público.

### **2.2.1. Lámparas de vapor de mercurio.**

#### **Áreas de utilización:**

Alumbrado de vías publicas, plazas, jardines.

#### **Ventajas:**

Eficiencia luminosa buena, luminancia de tipo medio (4 – 25 cd/cm<sup>2</sup>); rendimiento cromático bueno; reducido tamaño y larga duración (unas 1200 horas); ninguna limitación en cuanto a la posición de funcionamiento, amplia gama de potencias.

#### **Desventajas:**

Empleo de equipo auxiliar para el arranque de la descarga. El encendido no es inmediato, deben transcurrir varios minutos antes de obtener la máxima emisión luminosa; si se las vuelve a poner en circuito cuando todavía están calientes son necesarios de 4 a 10 minutos para el encendido. Factor de potencia bajo (= 0.5), por tanto es preciso corregir la fase.

**TABLA 2.1 Características de las lámparas de mercurio**

Potencia nominal (W)	Potencia absorbida (W)	Flujo Luminoso (lm)	Eficiencia Luminosa (lm/W)	Diámetro (mm)	Longitud (mm)
50	60	2000	33.3	55	130
80	90	3800	42.2	70	156
125	140	6300	45.0	75	170
250	266	13700	51.5	90	226
400	425	23100	54.3	120	292
700	735	42000	57.1	150	343
1000	1045	60000	57.4	165	380
2000	2070	135000	65.2	185	420

Fuente: Iluminación exterior, Vittorio Re

### **2.2.2. Lámparas de vapor de sodio de baja presión.**

#### **Áreas de utilización:**

Iluminación de bifurcaciones, encrucijadas, túneles y para señalización en general, situaciones de peligro. Son óptimas para las zonas de niebla frecuente.

#### **Ventajas:**

Eficiencia luminosa elevadísima y buena duración (8000 horas); luminancia de tipo medio (7.5 – 14 cd/cm<sup>2</sup>).

#### **Desventajas:**

La luz emitida es monocromática (amarilla) y los colores de los cuerpos iluminados resultan alterados desfavorablemente; son utilizables, por lo tanto, en aquellos casos que la correcta reproducción de los colores tiene poca importancia. Requieren equipo auxiliar para la alimentación y solo transcurridos unos 10 ó 15 minutos después de la conexión inicial se alcanza el 80 % de la emisión máxima. Posición preferentemente de funcionamiento

horizontal (se admite una inclinación de hasta 20°), factor de potencia bajo (= 0.3), por lo que hay que corregir la fase. De considerables dimensiones.

**TABLA 2.2 características de las lámparas de vapor de sodio de baja presión**

Potencia nominal (W)	Potencia absorbida (W)	Flujo Luminoso (lm)	Eficiencia Luminosa (lm/W)	Diámetro (mm)	Longitud (mm)
35	56	4600	82	51	310
55	76	7600	100	51	425
90	113	12500	110	65	528
135	175	21500	123	65	775
180	220	31000	140	65	1120
200	235	31000	132	45	1200

Fuente: Iluminación externa, Vittorio Re

### 2.2.3 Lámparas de vapor de sodio de alta presión.

#### Áreas de utilización:

Iluminación de grandes arterias, plazas y zonas aeroportuarias, edificios y monumentos.

#### Ventajas:

Eficiencia luminosa óptima; larga duración (12000 horas); buen rendimiento cromático. Posición de funcionamiento no condicionada, se pueden emplear como alternativa a las lámparas de vapor de mercurio en aquellos casos en que requieren elevados niveles de iluminación y se persigue una reducción de la potencia instalada.

#### Desventajas:

Empleo de equipo auxiliar para el encendido y la alimentación. Factor de potencia bajo (= 0.5); hay que corregir fase.

**TABLA 2.3 Características de las lámparas de vapor de sodio de alta presión**

Tipo de ampolla	Potencia nominal (W)	Potencia Absorbida (W)	Flujo Luminoso (lm)	Eficiencia Luminosa (lm/W)	Diámetro (mm)	Longitud (mm)
Cilindro claro	150	170	14500	85.0	221	46
	250	275	25500	92.7	257	46
	400	450	50000	111.1	285	46
	1000	1090	130000	119.2	373	45
Elipsoidal difusora	150	170	14000	82.5	226	90
	250	275	25000	90.9	226	90
	400	450	47000	104.4	292	120
	1000	1090	120000	110.0	400	165

Fuente: Iluminación externa, Vittorio Re

### 2.3. Características de las luminarias.[1]

Según la definición del C.I.E. (Comisión Internacional de Iluminación), las luminarias son aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas.

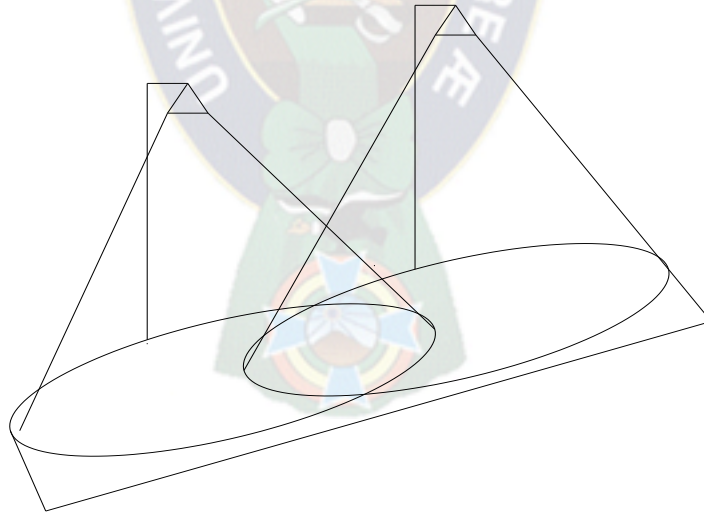


Fig. 2.1 Distribución asimétrica

#### 2.3.1. Clasificación de las luminarias empleadas en el alumbrado publico.

Basándose en que las intensidades luminosas emitidas por una luminaria en las direcciones de observación usual de la misma por un conductor, pueden

producir molestias visuales al mismo, la C.I.E. hizo una clasificación de las luminarias para alumbrado público en tres categorías siguiente:

- a) Luminarias “Cut-off” o de haz recortado.
- b) Luminarias “Semi cut-off” o de haz semirecortado.
- c) Luminarias “Non cut-off” o de haz no recortado.

**a) Luminarias “Cut-off” o de haz recortado.**

En ellas la intensidad luminosa en la horizontal debe ser inferior al 5% de la máxima, y la intensidad a 60° será inferior a 30 candelas por 1000 lúmenes. Prácticamente suprimen las radiaciones en un ángulo superior a 75°. Este tipo de luminarias es el más empleado en el alumbrado público en países desarrollados.

**b) Luminarias “Semi cut-off” o de haz semirecortado.**

La intensidad luminosa en la horizontal no debe ser superior a 3% de la máxima, y la intensidad a 60° será inferior a 100 candelas por lumen. Prácticamente suprimen radiaciones luminosas en un ángulo superior a 80 – 85°.

**c) Luminarias “Non cut-off” o de haz no recortado.**

En ellas la intensidad luminosa en las direcciones que forman un ángulo superior a 80° con relación a la vertical hacia abajo, no se produce sencillamente, por lo cual la intensidad horizontal puede ser superior a la indicada para las luminarias “Semi cut-off”.

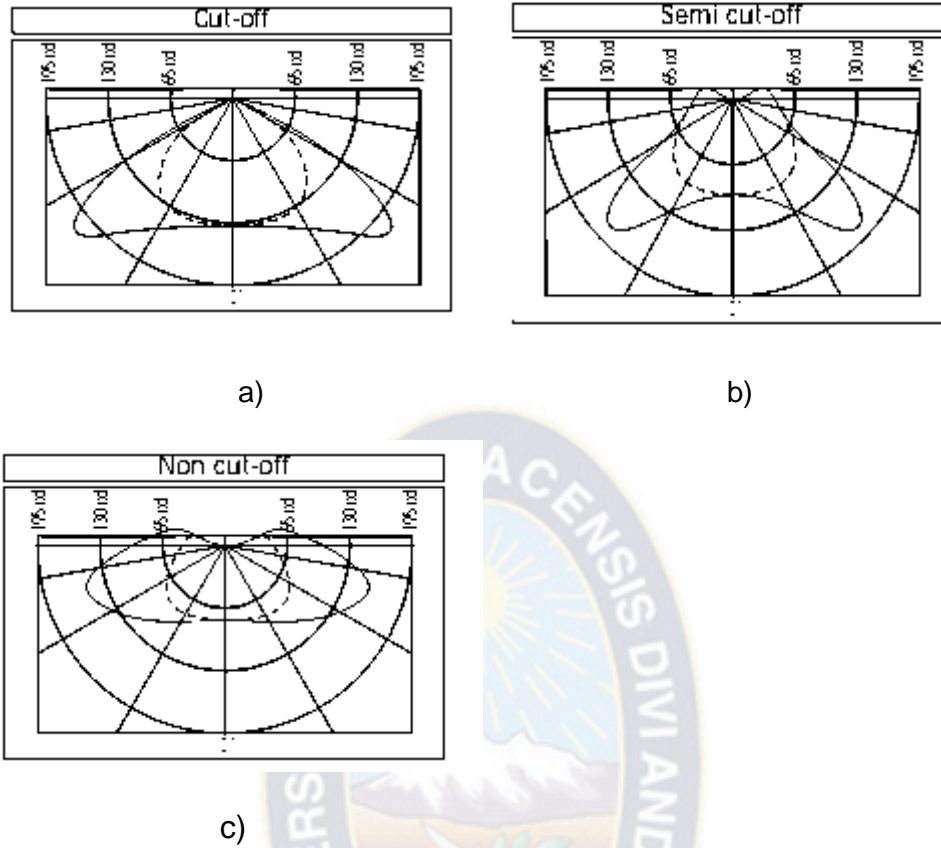


Fig. 2.2 Ejemplos de curvas fotométricas de luminarias asimétricas

#### 2.4. Elección del nivel de iluminación.

El nivel de iluminación depende del tipo de instalación para el alumbrado. En la tabla siguiente se ofrecen valores orientativos acerca de la iluminación nominal.



**TABLA 2.4. Nivel de iluminación para vías públicas**

Clase de instalación	Tipo de vía pública	Em (lux) fondo claro	Em (lux) fondo oscuro	Ug	Deslumbramiento
A1	Carreteras con intenso tráfico rodado y escaso tránsito de peatones (autopistas, carreteras etc.)	20 - 25	25 - 35	Optimo 1/3	Extremadamente reducido
A2	Vías exteriores de mediano tráfico	10 - 15	15 - 20	Optimo 1/3	Extremadamente reducido
B1	Vías urbanas con intenso tráfico rodado y fuerte tránsito de peatones (calles o plazas de importancia)	10 - 15	15 - 20	Bueno 1/3.5	Reducido
B2	Vías y paseos residenciales o secundarios con escaso tráfico	10 - 15	10 - 15	Discreto 1/4	Reducido
C1	Vías y paseos residenciales o secundarios con escaso tráfico	5 - 10	5 - 10	Cualquiera	Moderado
C2	Vías reservadas solo para peatones paseos, etc.	5 - 10	5 - 10	Cualquiera	moderado

Fuente: Iluminación externa, Vittorio Re

En consecuencia, de acuerdo a lo expresado en la tabla anterior, para la elección del nivel de iluminación de la Variante se tiene:

<p><b>Clase de instalación: A2</b></p> <p><b>Tipo de vía pública: Vía exterior de mediano tráfico</b></p> <p><b>Iluminación media horizontal Em: 15 (lux)</b></p> <p><b>Grado de uniformidad Ug: 1/3</b></p> <p><b>Deslumbramiento: Extremadamente reducido.</b></p>
--

El factor de uniformidad Ug esta dado por relación:

$$Ug = \frac{E \text{ min}}{E \text{ max}}$$

Donde:

E min = Iluminación mínima (lux).

E max = Iluminación máxima (lux).

Y el factor de uniformidad medio Ug med viene dado por:

$$Ug \text{ med} = \frac{E \text{ min}}{E \text{ med}}$$

Donde:

E med = Iluminación media horizontal (lux).

## 2.5 Altura de los puntos de luz.

La altura de los puntos de luz en una instalación de alumbrado público, ejerce una gran influencia sobre la calidad de iluminación y sobre todo sus costos, definiéndose la calidad de iluminación, fundamentalmente por el reparto de luminancias sobre la calzada, y por la ausencia de posibles causas de deslumbramiento.

Con relación al ancho de la calzada, se tiene:

**TABLA 2.5 Altura de los puntos de luz con relación al ancho de la calzada**

Clase de instalación de alumbrado	Ancho de la calzada (m)	Disposición recomendada	Altura de montaje (m)
A1	8 – 10	1 – 2	10 – 12
	≥ 10	2- 4	≥ 12
A2	≤ 10	1	≥ 10
	> 10	2 - 3	10 – 12
B1	< 8	1	≥ 8
	8 – 10	1 – 2	8 – 10
	> 10	2 – 3	≥ 10
B2	≤ 8	1	> 7.5
	> 8	1	8 – 9
C1 – C2	--	1	7.5 – 9

Fuente: Iluminación externa, Vittorio Re



1 Unilateral; 2 Bilateral a tresbolillo; 3 Bilateral pareada; 4 Doble central.

Se tiene para la variante, lo siguiente:

<p><b>Clase de instalación de alumbrado: A2.</b></p> <p><b>Ancho de la calzada: 7.3 (m)</b></p> <p><b>*Disposición recomendada: 1</b></p> <p><b>**Altura de montaje: 10 (m)</b></p>
---

\*La disposición recomendada es para una sola vía, en el caso presente, la disposición de las luminarias es doble, central.

\*\*La altura de montaje dependerá del cálculo a realizarse, es decir, del cálculo del nivel de iluminación por el método punto por punto.

**TABLA 2.6 Altura de los puntos de luz con relación al tipo y potencia de la lámpara**

Clase de Instalación de alumbrado	Tipo	Potencia (w)	Altura de montaje (m)
A1 – A2	Sodio a alta presión	400	≥ 12
	Yoduros metálicos Vapor de mercurio o sodio a alta presión	250	9 – 12
B1 – B2	Sodio a baja presión	90 – 135	9 – 12
B2 – C1	Vapor de mercurio	80 – 125	8 – 10
C2	Vapor de mercurio	50	>6

Fuente: Iluminación externa, Vittorio Re

Para la variante, se tiene:

<p><b>Clase de instalación de alumbrado: A2.</b></p> <p><b>*Luminaria: GENERAL ELECTRIC.</b></p> <p><b>Lámpara:</b></p> <p><b>*Tipo: Vapor de sodio a alta presión.</b></p> <p><b>**Potencia: 200 – 250 (w)</b></p> <p><b>Altura de montaje <i>h</i>: 10 (m).</b></p>
---

\*El tipo de la luminaria se determinará cuando se haga el análisis técnico, resultante de la comparación de la altura, distancia, potencia, luminaria, etc.

\*\*La potencia de la lámpara dependerá del cálculo del nivel de iluminación por el método punto por punto.

## 2.6. Relación entre separación y la altura de los puntos de luz. [2]

La relación entre la separación y altura de los puntos de luz, afecta directamente a la uniformidad de la iluminancia que se consigue sobre la calzada, a los valores absolutos de las luminancias y a las características fotométricas de la luminaria. A medida que la relación es menor, la uniformidad es más elevada y mejor el reparto de las luminancias, consiguiéndose una mayor comodidad visual para los usuarios de la vía. La tabla siguiente da valores orientativos para este fin.

**TABLAS 2.7 Relación entre la separación y altura de los puntos de luz**

<b>Emed (lux)</b>	<b>Relación separación/altura (d/h)</b>
$2 \leq E_{med} < 7$	4 a 5
$7 \leq E_{med} < 15$	3.5 a 4
$15 \leq E_{med} \leq 30$	2 a 3.5

Fuente: Manual de luminotecnia, OSRAM

Por lo tanto se tiene:

**Iluminación media horizontal *E<sub>med</sub>*: 15 (lux).**  
**Relación separación/ altura *d/h*: 3.5 – 4**

Donde:

d= Separación entre puntos de luz (m).

h= Altura de los puntos de luz (m).

$$\rightarrow d/h = 3.5 \rightarrow d = 3.5h = 3.5 \cdot 10 = 35 \text{ (m)}$$

$$d = 35 \text{ (m)}$$

$$\rightarrow d/h = 4 \rightarrow d = 4h = 4 \cdot 10 = 40 \text{ (m)}$$

$$d = 40 \text{ (m)}$$

## 2.7 Coeficiente o factor de utilización. [2]

Se refiere a la relación entre el flujo luminoso que alcanza la calzada y al flujo emitido por la lámpara, o sea:

$$\eta_u = \frac{\phi_u}{\phi_L}$$

Donde:

$\eta_u$  = Coeficiente o factor utilización.

$\phi_u$  = Flujo útil sobre la calzada (lm).

$\phi_L$  = Flujo luminoso de la lámpara (lm).

Varía según el tipo de luminaria (rendimiento y distribución fotométrica); la disposición de los puntos de luz (altura y saliente sobre el bordillo); y el ancho de la calzada. En la práctica, el orden de magnitud del coeficiente de utilización se sitúa entre 0.20 y 0.50 para una vía de anchura similar a la altura de la instalación.

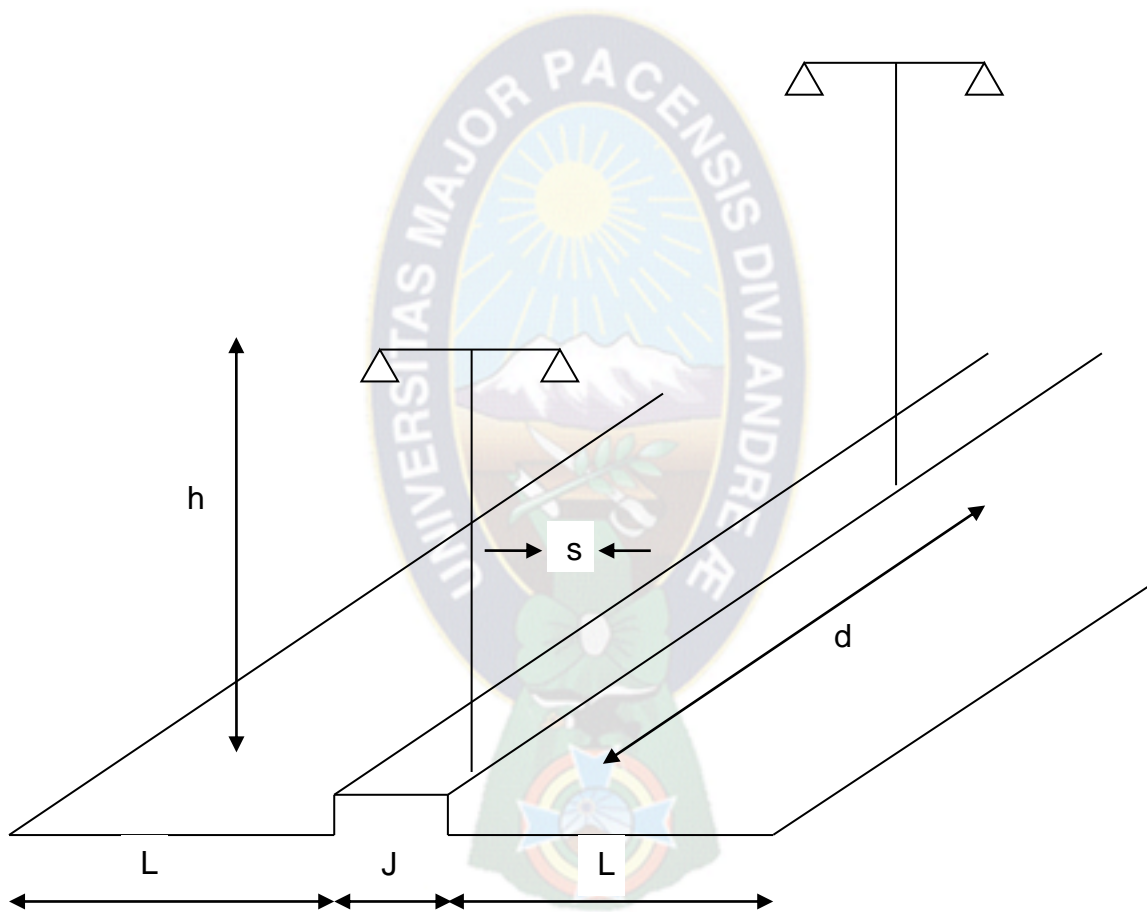
## 2.8 Relación entre los parámetros fundamentales. [2]

Los parámetros fundamentales relativos a la instalación de la iluminación para la variante ciudad de Tupiza son:

- El tipo de luminaria, de cuyas características ópticas depende la forma del sólido fotométrico (distribución del flujo luminoso).
- El tipo y potencia de la fuente luminosa.

- El ancho de la calzada ( $L$ ).
- La altura de montaje del punto de luz ( $h$ ).
- El saliente del centro luminoso con relación al bordillo de la calzada ( $s$ ).

Variando estos parámetros, varía asimismo el porcentaje del flujo luminoso útil para la iluminación de la vía, por lo tanto, el coeficiente de utilización.



**Fig. 2.3 Parámetros de la variante**

### 2.9 Factor de conservación. [1]

El factor de conservación se considera como el producto de dos factores, uno debido a la reducción del flujo luminoso de la lámpara, y otro debido a la acumulación de

suciedad sobre el punto de luz. Se pueden emplear los datos indicados en las tablas siguientes.

**TABLAS 2.8 Factor de depreciación de lámparas**

TIPO DE LÁMPARA	K <sub>d</sub>
Incandescentes	0.80
Luz mezcla	0.75
Mercurio a alta presión	0.80
Sodio a alta presión	0.80
Sodio a baja presión	0.90

Fuente: Manual de luminotecnia, OSRAM

**TABLAS 2.9 Factor de mantenimiento de luminarias**

TIPO DE LUMINARIA	K <sub>m</sub>
Hermética	0.80 – 0.87
Ventilada	0.70 – 0.80
Abierta	0.65 – 0.70

Fuente: Manual de luminotecnia, OSRAM

Según características de las luminarias a utilizarse, se tiene:

<b>K<sub>d</sub> = 0,80</b>	<b>K<sub>m</sub> = 0,75</b>
-----------------------------	-----------------------------

## 2.10. Protección contra contactos indirectos y contra la penetración de líquidos y polvo. [2]

Con relación al tipo de protección, los aparatos destinados al alumbrado público se clasifican según la tabla 2.10.

**TABLA 2.10 Protección contra los contactos directos y contra la penetración de líquidos y polvo**

<b>Símbolo (*)</b>	<b>Tipo de protección</b>	<b>Aplicación</b>
IP 22	Ninguna protección contra la penetración al polvo; protección contra la filtración de agua con una inclinación de la luminaria de hasta 15°	En el exterior, bajo cubierto.
IP 23	Ninguna protección contra la penetración de polvo; protección contra la lluvia.	En el exterior, Alumbrado público (luminarias abiertas)
IP 54	Protección parcial contra la penetración de polvo; protección contra las salpicaduras.	Alumbrado público (luminarias abiertas).
IP 55	Protección parcial contra la penetración de polvo; protección contra los chorros de agua.	Túneles
IP 57	Protección parcial contra la penetración de polvo; estanco a la inmersión.	En lugares polvorientos y muy mojados
IP 65	Protección total contra polvo; estanco a los chorros de agua.	Proyectores a al intemperie

Fuente: Iluminación externa, Vittorio Re

\*Las normas CEI consideran también otros tipos de protección, pero se ha preferido limitarse a las previstas para el exterior. La primera cifra indica el grado de protección contra el contacto directo con los elementos bajo tensión, y el grado de protección del material contra la penetración de cuerpos sólidos, extraños y polvo; la segunda cifra indica el grado de protección contra la penetración de líquidos.

## CAPITULO 3

### CALCULO LUMINOTECNICO

#### 3.1. Introducción.

En este capitulo se hará el análisis y calculo del nivel de iluminación o iluminancia que requerirá la variante “ciudad de Tupiza”. Para el cálculo del nivel de iluminación se utilizaran los siguientes métodos:

- Calculo de la iluminancia por el método del flujo luminoso total.
- Calculo de la iluminancia por el método punto por punto.

También se realizara el cálculo de la iluminancia de dos maneras:

- Manual, utilizando las curvas isolux de la luminaria elegida.
- Utilizando el software correspondiente a la luminaria.

#### 3.2. Métodos de cálculo del nivel de iluminación.

Permiten definir las magnitudes geométricas y luminotécnicas de la instalación. Entre las primeras se encuentran:

- La altura de los puntos de luz  $h$ .
- La separación entre los puntos de luz  $d$ .
- El saliente del brazo  $l$ .
- El saliente al borde de la calzada  $s$ .

Las magnitudes fotométricas a considerar son

- El nivel de iluminación media en la calzada  $E_m$ .
- El coeficiente de utilización  $U_u$
- El flujo luminoso emitido por cada punto de luz  $\Phi_L$
- El factor de uniformidad de iluminación  $U_g$



Para calcular dichas magnitudes se adopta el método del flujo luminoso total (o del coeficiente de utilización), y el otro es el que se basa en el empleo de las curvas isolux o iluminación punto por punto.

### 3.3. Cálculo del nivel de iluminación por el método del flujo luminoso total.

Mediante este método se calcula el flujo luminoso para un tramo de la vía, aplicando la fórmula:

$$\Phi_t = \frac{E_m * S}{U * k_d * k_m}$$

Donde:

$\Phi_t$  = Flujo luminoso total necesario (lm).

$E_m$  = Nivel de iluminación medio (lux).

$S$  = Superficie a iluminar (m<sup>2</sup>).

$U$  = Coeficiente o factor de utilización.

$K_d$  = Coeficiente o factor de depreciación o conservación de flujo luminoso.

$K_m$  = Coeficiente o factor de mantenimiento o conservación por suciedad.

La superficie a iluminar es:

Donde:

$$S = d * L$$

$d$  = Separación entre puntos de luz (m).

$L$  = Ancho de la calzada (m).

Para el cálculo se utilizará la conocida luminaria de renombre mundial, como es:

– GENERAL ELECTRIC.



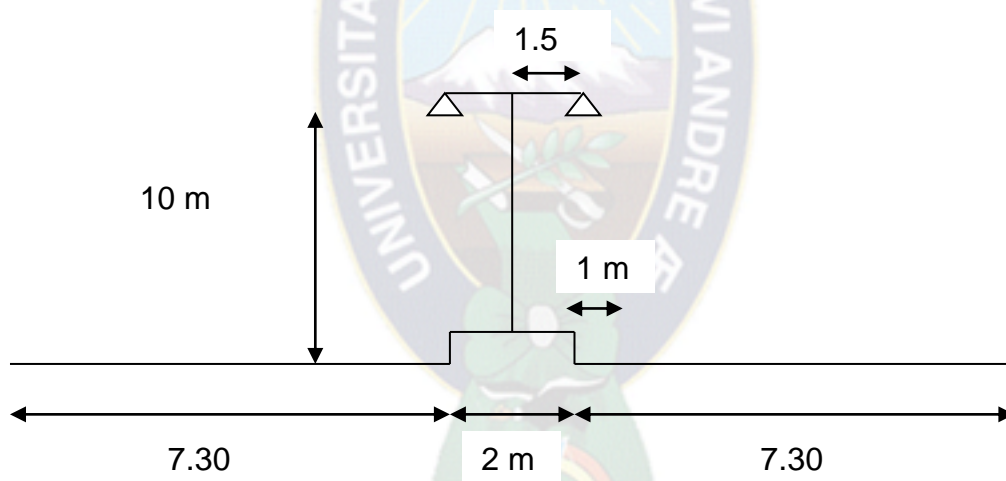
También se comprobarán las potencias y sus respectivos flujos luminosos de las lámparas mencionadas, para luego hacer un análisis técnico-económico y, finalmente se recomendará la luminaria y lámpara que mejor se ajuste a los requerimientos del proyecto.

Se hará el estudio para el siguiente tipo de vía:

- Avenida:

De acuerdo con los planos de la avenida que se tienen, a continuación se empieza con el cálculo del nivel de iluminación por el método del flujo luminoso total.

**Avenida.**



**FIG. 3.1 Longitudes de la calzada, jardinera, bordillo y altura de montaje de las luminarias**

**DATOS:**

$E_m = 15$ (lux)	$L = 7.30$ (m)	$h = 10$ (m)	$S = 1$ (m)
$d = 35-40$ (m)	$K_d = 0,80$	$K_m = 0.75$	

**A) Luminaria M-250R2 GENERAL ELECTRIC con h = 10 (m) y d = 35 (m).**

**Curva fotométrica 35-177305 (Tipo cut-off)**

- Superficie iluminada

$$S = d \cdot L = 35 \cdot 7.30 = 255.5 \text{ (m}^2\text{)}$$

- Coeficientes de utilización:

Proviene de las curvas facilitadas por los fabricantes. Para el lado de la calzada se tiene:

$$L/h = 7.30/10 = 0.73 \rightarrow \mathcal{U}_a = 0.29$$

- Flujo luminoso

$$\phi_e = \frac{E_m \cdot S}{\mathcal{U}_a \cdot k_d \cdot k_m} = \frac{15 \cdot 255.5}{0.29 \cdot 0.80 \cdot 0.75} = 22025.86 \text{ (lm)}$$

Se adopta por tanto, una lámpara LU250 de 250 (W), cuyo flujo luminoso es 27500 (lm), que es el más próximo al calculado.

- Nivel de iluminación media de la calzada, en el momento de poner la instalación en servicio será:

$$E_m = \frac{\mathcal{U}_a \cdot \phi_L}{S} = \frac{0.29 \cdot 27500}{255.5} = 31.2 \text{ (lux)}$$

$$\boxed{E_m = 31.2 \text{ (lux)}}$$

- Nivel de iluminación media de la calzada, una vez depreciado:

$$E_m \cdot K_d \cdot K_m = 31.2 \cdot 0.80 \cdot 0.75 = 18.7 \text{ (Lux)}$$

$$\boxed{E_m = 18.7 \text{ (Lux)}}$$

**B) Luminaria M-250R2 GENERAL ELECTRIC con h = 10 (m) y d = 35 (m).**

**1) Curva fotométrica 35-177260 (Tipo semi cut-off)**

- Superficie iluminada

$$S = d \cdot L = 35 \cdot 7.30 = 255.5 \text{ (m}^2\text{)}$$

- Coeficientes de utilización:

Proviene de las curvas facilitadas por los fabricantes. Para el lado de la calzada se tiene:

$$L/h = 7.30/10 = 0.73 \rightarrow \mathcal{U}_u = 0.31$$

- Flujo luminoso

$$\phi_e = \frac{E_m \cdot S}{\mathcal{U}_u \cdot k_d \cdot k_m} = \frac{15 \cdot 255.5}{0.31 \cdot 0.80 \cdot 0.75} = 20604.8 \text{ lm}$$

Se adopta por tanto, una lámpara LU250 de 250 (W), cuyo flujo luminoso es 27500 (lm), que es el más próximo al calculado.

- Nivel de iluminación media de la calzada, en el momento de poner la instalación en servicio será:

$$E_m = \frac{\mathcal{U}_u \cdot \phi_L}{S} = \frac{0.31 \cdot 27500}{255.5} = 33.4 \text{ (lux)}$$

$$\boxed{E_m = 33.4 \text{ (lux)}}$$

- Nivel de iluminación media de la calzada, una vez depreciado:

$$E_m \cdot K_d \cdot K_m = 33.4 \cdot 0.80 \cdot 0.75 = 20 \text{ (Lux)}$$

$$\boxed{E_m = 20 \text{ (Lux)}}$$

## 2) Curva fotométrica 35-177260 (Tipo semi cut-off)

- Superficie iluminada

$$S = d \cdot L = 35 \cdot 7.30 = 255.5 \text{ (m}^2\text{)}$$

- Coeficientes de utilización:

Proviene de las curvas facilitadas por los fabricantes. Para el lado de la calzada se tiene:

$$L/h = 7/10 = 0.73 \rightarrow u = 0.31$$

- Flujo luminoso

$$\phi_t = \frac{E_m \cdot S}{u \cdot k_d \cdot k_m} = \frac{15 \cdot 255.5}{0.31 \cdot 0.80 \cdot 0.75} = 20604.8 \text{ lm}$$

Se adopta por tanto, una lámpara LU200 de 200 (W), cuyo flujo luminoso es 22000 (lm), que es el más próximo al calculado.

- Nivel de iluminación media de la calzada, en el momento de poner la instalación en servicio será:

$$E_m = \frac{u \cdot \phi_L}{S} = \frac{0.31 \cdot 22000}{255.5} = 27 \text{ (lux)}$$

$$E_m = 27 \text{ (lux)}$$

- Nivel de iluminación media de la calzada, una vez depreciado:

$$E_m \cdot K_d \cdot K_m = 27 \cdot 0.80 \cdot 0.75 = 16.2 \text{ (Lux)}$$

$$E_m = 16.2 \text{ (Lux)}$$

**C) Luminaria M-250R2 GENERAL ELECTRIC con h = 10 (m) y d = 40 (m).**

**Curva fotométrica 35-177260 (Tipo semi cut-off)**

- Superficie iluminada

$$S = d \cdot L = 40 \cdot 7.30 = 292 \text{ (m}^2\text{)}$$

- Coeficientes de utilización:

Proviene de las curvas facilitadas por los fabricantes. Para el lado de la calzada se tiene:

$$L/h = 7.30/10 = 0.73 \rightarrow \mathcal{U}_u = 0.31$$

- Flujo luminoso

$$\phi_L = \frac{E_m \cdot S}{\mathcal{U}_u \cdot k_d \cdot k_m} = \frac{15 \cdot 292}{0.31 \cdot 0.80 \cdot 0.75} = 23548.4 \text{ lm}$$

Se adopta por tanto, una lámpara LU250 de 250 (W), cuyo flujo luminoso es 27500 (lm), que es el más próximo al calculado.

- Nivel de iluminación media de la calzada, en el momento de poner la instalación en servicio será:

$$E_m = \frac{\mathcal{U}_u \cdot \phi_L}{S} = \frac{0.31 \cdot 27500}{292} = 29 \text{ (lux)}$$

$$E_m = 29 \text{ (lux)}$$

- Nivel de iluminación media de la calzada, una vez depreciado:

$$E_m \cdot K_d \cdot K_m = 29 \cdot 0.80 \cdot 0.75 = 17.4 \text{ (Lux)}$$

$$E_m = 17.4 \text{ (lux)}$$

## 2) Curva fotométrica 35-177260 (Tipo semi cut-off)

- Superficie iluminada

$$S = d \cdot L = 40 \cdot 7.30 = 292 \text{ (m}^2\text{)}$$

- Coeficientes de utilización:

Proviene de las curvas facilitadas por los fabricantes. Para el lado de la calzada se tiene:

$$L/h = 7.3/10 = 0.73 \rightarrow \mathcal{U}_u = 0.31$$

- Flujo luminoso

$$\phi_e = \frac{E_m \cdot S}{\mathcal{U}_u \cdot k_d \cdot k_m} = \frac{15 \cdot 292}{0.31 \cdot 0.80 \cdot 0.75} = 23548.6 \text{ lm}$$

Se adopta por tanto, una lámpara LU200 de 200 (W), cuyo flujo luminoso es 22000 (lm), que es el más próximo al calculado.

- Nivel de iluminación media de la calzada, en el momento de poner la instalación en servicio será:

$$E_m = \frac{\mathcal{U}_u \cdot \phi_L}{S} = \frac{0.31 \cdot 22000}{292} = 23.3 \text{ (lux)}$$

$$\mathbf{E_m = 23.3 \text{ (lux)}}$$

- Nivel de iluminación media de la calzada, una vez depreciado:

$$E_m \cdot K_d \cdot K_m = 23.3 \cdot 0.80 \cdot 0.75 = 14 \text{ (Lux)}$$

$$\mathbf{E_m = 14 \text{ (lux)}}$$

### **3.4. Calculo del nivel de iluminación por método punto por punto.**

Para llevar acabo los cálculos mediante este método, se precisa:

- Disponer de las curvas isolux de la luminaria prevista (ANEXO B).
- Conocer la inclinación del brazo del báculo
- Disponer de una tabla (modulo de calculo) en la que se anotan todos los valores de iluminación obtenidos de las curvas isolux.
- Dibujar en una hoja de papel cebolla el trazado de la instalación a una escala adecuada.

#### **Curvas isolux.**

Indican los puntos que en el plano de la vía tienen igual nivel de iluminación. Substancialmente se trata de una familia de curvas trazadas sobre un dibujo realizado a una escala aproximada.

#### **Alturas y flujos convencionales.**

Convencionalmente se supone que la luminaria esta instalada a un metro de altura. De este modo es posible utilizar la misma familia de curvas para cualquier altura de suspensión. Siempre convencionalmente, se trazan las curvas isolux para un flujo de 1000 lumen.

#### **Aplicación del método punto por punto.**

Los valores de iluminación se obtienen colocando encima de las curvas isolux el dibujo correspondiente al trazado de la instalación, hecho en papel cebolla. Por transparencia se leen los valores de las isolux correspondientes a los puntos considerados en el área repetitiva.

Se trata pues de un método gráfico que impone la identidad de escalas entre las curvas isolux y el dibujo de la instalación; por otra parte, para reducir los errores de lectura, es necesario efectuar las lecturas con la máxima precisión posible.

Desde luego, cuanto menor sea la reducción con que se han trazado las isolux, tanto mas fácil y precisa resulta la interpolación entre dos curvas contiguas.

Se ha dicho que las curvas isolux, convencionalmente se han trazado considerando a la luminaria a un metro de altura; por lo tanto se tiene que referir las dimensiones características de la instalación a dicha altura, operando de la siguiente manera:

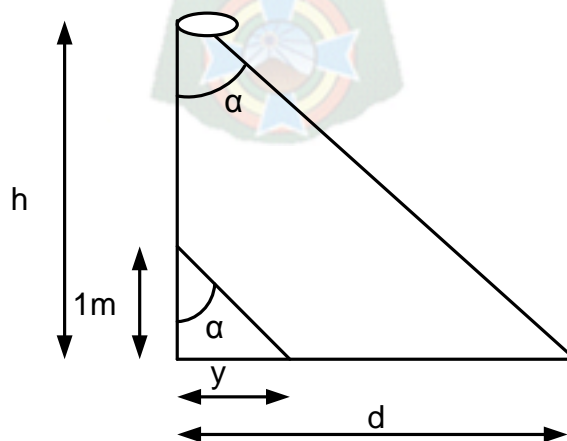
$r$  = milímetros que en la grafica isolux corresponde a un metro en la escala de distancias.

$d$  = dimensión cualquiera en metros, correspondiente al trazado de la instalación.

$h$  = altura de suspensión de las luminarias, en metros.

Por semejanza de triangulo se tiene:

$$\frac{h}{d} = \frac{1}{y} \rightarrow y = \frac{d}{h}$$



Para representar la dimensión  $y$  en la escala  $r$ , se tiene:



$$\frac{r}{1} = \frac{x}{y} \quad \text{de donde:} \quad x = \frac{ry}{1} = \frac{rd}{h}$$

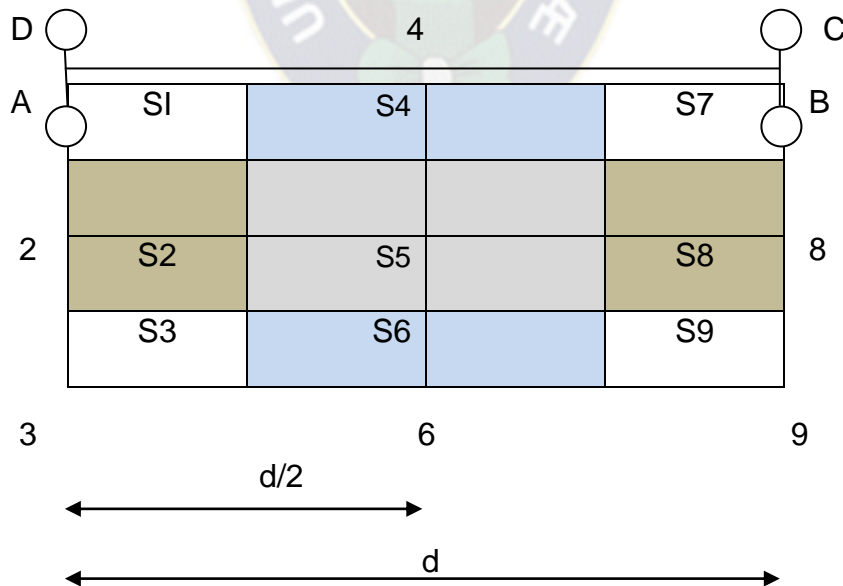
Siendo  $x$  la dimensión  $d$  a trazar en la hoja de papel vegetal. Tomando en consideración las medidas se tiene:

$$x (m) = \frac{r (m)d (m)}{h (m)}$$

### **Elección de los puntos de cálculo.**

Por medio de las curvas isolux es posible determinar el valor de la iluminación. En cualquier punto de la calzada. Sin embargo, por razones practicas conviene considerar solamente un cierto numero de ellos, por ejemplo nueve, correspondiente a un área repetitiva (porción de la calzada cuyos puntos se repiten a los fines de alumbrado)

Para la avenida se tiene:



**FIG. 3.2 Elección de los puntos de cálculo**

El área repetitiva esta constituida por la mitad de la separación entre unidades luminosas, por cuanto, debido a la simetría de la instalación, los valores de iluminación se repiten a derecha e izquierda del soporte considerado. Algunos puntos caen sobre el borde de la calzada, estos son los más significativos para el cálculo del grado de uniformidad  $U_g$ . De hecho, entre ellos se encontraran con seguridad, los valores máximos y mínimos de la iluminación.

La iluminación media de la calzada se deduce de la media de los valores determinados para cada punto. Es preciso, no obstante tener en cuenta la contribución que las otras luminarias pueden aportar al área repetitiva.

#### **Determinación de los valores de iluminación.**

Se ha dicho ya que las curvas isolux se trazan para una instalación ficticia: altura de suspensión sobre el suelo = 1m; flujo luminoso = 1000 lm. La formula general que proporciona la iluminación horizontal en un punto, escrita ya sea para la altura efectiva de suspensión  $h$ , o para la altura de un metro es la siguiente:

$$E_h = \frac{I_\alpha \cos^3 \alpha}{h^2} ; E_{1m} = \frac{I_\alpha \cos^3 \alpha}{1^2}$$

$$\text{O Sea: } E_h h^2 = I_\alpha \cos^3 \alpha = E_{1m} 1^2 \Leftrightarrow E_{1m} = E_h h^2.$$

De ello se desprende: la iluminación  $E$  por la altura efectiva de suspensión  $h$  en un punto cualquiera, o el valor de la iluminación media real se puede deducir de los valores de iluminación  $E_{1m}$  representados en las curvas isolux, o sea:

$$E_h = \frac{E_{1m} * \Phi_L}{h^2}$$

Finalmente; puesto que los valores correspondientes a  $E_{1m}$  se determina en función de un flujo equivalente a 1000 lumen, si el flujo efectivo emitido por la lámpara es  $\Phi_L$  el valor  $E_n$  se tendrá que referir  $\Phi_L / 1000$ . Por lo tanto, la formula definitiva será:

$$E_{real} = \frac{E_{1m} * \Phi_L}{1000 h^2}$$

### Evaluación de la iluminación media.

**Media aritmética:** Una vez obtenidos los valores de iluminación en los nueve puntos correspondientes a la calzada, se tiene:

$$E_m = \frac{E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6 + E_7 + E_8 + E_9}{9}$$

**Media ponderada:** Por “pesas” se entienden las superficies unitarias (o múltiplos) del área repetitiva. La iluminación media del área respectiva  $S$  se deduce mediante la conocida relación  $E_m = \Phi / S$ . El flujo que alcanza cada área singular será por tanto:  $\Phi / S = E_1 S_1; \Phi_2 = E_2 S_2; \text{ etc.}$

Habiendo elegido la subdivisión en nueve puntos, resulta que la superficie correspondiente a los puntos 1-3-7-9 tiene un área que es la mitad de los puntos 2-4-6-8 y un cuarto de la central, dentro de la que se ha colocado el punto 5. Considerando las áreas por separado se tiene:

$$E_m = \frac{E_1 S_1 + E_2 S_2 + E_3 S_3 + E_4 S_4 + E_5 S_5 + E_6 S_6 + E_7 S_7 + E_8 S_8 + E_9 S_9}{S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 + S_7 + S_8 + S_9}$$

Pero, de acuerdo a lo dicho anteriormente con la relación a las superficies se tiene:

$$E_m = \frac{E_1 + 2 E_2 + E_3 + 2 E_4 + 4 E_5 + 2 E_6 + E_7 + 2 E_8 + E_9}{16}$$

El método punto por punto conjuntamente con la media ponderada, es la forma más correcta de cálculo de la iluminación media y el factor de uniformidad.

A continuación, se tiene el desarrollo del método expuesto anteriormente para la avenida, se hace notar que se hará variar la distancia entre los puntos de luz y la altura de los mismos, para distintas potencias y flujos luminosos, de las luminarias y lámparas hacer utilizadas. La marca de las luminarias es:

- GENERAL ELECTRIC (industria norteamericana)

Se empieza con el cálculo del nivel de iluminación por el método punto por punto.

**A) Luminaria GENERAL ELECTRIC M-250R2 con h = 10 (m) y d = 35 (m).**

**curva fotométrica 35-177305(tipo cut-off)**

La escala de la curva fotométrica es:

$$r = 24 \text{ (mm)}$$

Las dimensiones a trazar en el papel son:

Parámetro	Relación x	Dimensiones a trazar en el papel vegetal (mm)
Ancho de la calzada	24*7.3/10	17.52
Ancho de la jardinera	24*2/10	4.8
Separación del bordillo	24*1/10	2.4
Separación entre puntos de luz	24*35/10	84.0

El numero de luminarias que pueden influir con su flujo en la superficie de cálculo es cuatro, tal como se mostro en un gráfico anterior, según se puede comprobar colocando el dibujo en papel vegetal sobre las curvas isolux. Las superficies de cálculo se muestran en el ANEXO C.

A continuación se llena la tabla de cálculos siguiente:

Luminaria: M – 250 R2 G.E. Inclinación: 0° Altura de suspensión: 10(m)					Fuente: LU250 POTENCIA: 250 (W) Flujo luminoso: 27500 (lm)				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	209	220	175	31	31	29	6	8	6
B	6	8	6	31	31	29	209	220	175
C	4	2.9	1.4	24	15	10	170	65	32
D	170	65	32	24	15	10	4	2.9	1.4
S	389	295.9	214.4	110	92	78	389	295.9	214.4
K	1	2	1	2	4	2	1	2	1
б	389	591.8	214.4	220	368	156	389	591.8	214.4

$$Em = \frac{\Phi_L * \sum \delta}{1000 * h^2 * \sum K} = \frac{27500 * 3144.2}{1000 * 10^2 * 16} = 54 \text{ (lux)}$$

$$Ug = \frac{E_{\min}}{E_{\max.}} = \frac{78}{389} = 0.2 = 20 \%$$

EL	107	81.4	59	30.2	25.3	21.4	107	81.4	59
----	-----	------	----	------	------	------	-----	------	----

Donde:

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9: Numeración de los puntos del área a iluminar.

A, B, C, D: Indicación de las luminarias.

S: Suma de la contribución de las luminarias a los puntos considerados.

K: coeficiente para la media ponderada.

б: producto de S\*K.

EL: Valores reales de la iluminación local (lux).

EL nivel de iluminación media de la instalación nueva es:

$$E_m = 54 \text{ (Lux)}$$

El nivel de iluminación media, una vez depreciada será:

$$E_m = 54 * 0.80 * 0.75 = 32.4 \text{ (lux)}$$

$$E_m = 32.4 \text{ (Lux)}$$

**B) Luminaria GENERAL ELECTRIC M – 250 R2 con h = 10(m) y d= 35 (m).**

**1) Curva fotométrica 35177293 (tipo semi cut – off) con P= 250 (w) y 27500 (Lm).**

La escala de la curva fotométrica es:

$$r = 27 \text{ (mm)}$$

Las dimensiones a trazar en el papel son:

Parámetro	Relación x	Dimensiones a trazar en el papel vegetal (mm)
Ancho de la calzada	27*7.3/10	19.7
Ancho de la jardinera	27*2/10	5.4
Separación del bordillo	27*1/10	2.7
Separación entre puntos de luz	27*35/10	94.5

El numero de luminarias que pueden influir con su flujo en la superficie de cálculo es cuatro, tal como se mostro en un grafico anterior, según se pude comprobar colocando el dibujo en papel vegetal sobre las curvas isolux. Las superficies de cálculo se muestran en el ANEXO C.

A continuación se llena la tabla de cálculo siguiente:

<b>Luminaria: M – 250 R2 G.E.</b>					<b>Fuente: LU250</b>				
<b>Inclinación: 0°</b>					<b>Potencia: 250 (W)</b>				
<b>Altura de suspensión: 10 (m)</b>					<b>Flujo Luminoso: 27500 (lm)</b>				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	134	150	98	37	48	47	6	9	10
B	6	9	10	37	48	47	134	150	98
C	6	4	2.7	32	20	15	75	49	30
D	75	49	30	32	20	15	6	6	2.7
S	221	212	140.7	138	136	124	221	212	140.7
K	1	2	1	2	4	2	1	2	1
6	221	424	140.7	276	544	248	221	424	140.7

$$E_m = \frac{\Phi_L * \sum \phi}{1000 * h^2 * \sum K} = \frac{27500 * 2639.4}{1000 * 10^2 * 16} = 45.4 \text{ (lux)}$$

$$U_g = \frac{E_{\min}}{E_{\max}} = \frac{124}{221} = 0.56 = 56 \%$$

E <sub>L</sub>	60.8	58.3	38.7	38	37.4	34.1	60.8	58.3	38.7
----------------	------	------	------	----	------	------	------	------	------

El nivel de iluminación media de la instalación nueva es:

$$E_m = 45.4 \text{ (lux)}$$

El nivel de iluminación media, una vez depreciada será:

$$E_m = 45.4 * 0.80 * 0.75 = 27.4 \text{ (lux)}$$

$$E_m = 27.2 \text{ (lux)}$$

**2) Curva fotométrica 35 - 177293 (tipo Semi cut – off) con P = 200 (w) y 22000 (Lm)**

La escala de la curva fotométrica es:

$$r = 27(\text{mm})$$



Las dimensiones a trazar en el papel son:

Parámetro	Relación x	Dimensiones a trazar en el papel vegetal (mm)
Ancho de la calzada	27*7.3/10	19.7
Ancho de la jardinera	27*2/10	5.4
Separación del bordillo	27*1/10	2.7
Separación entre puntos de luz	27*35/10	94.5

El número de luminarias que pueden influir con su flujo en la superficie de cálculo es cuatro. Las superficies de cálculo se muestran en el ANEXO C.

A continuación se llena la tabla de cálculo siguiente:

Luminaria: M – 250R2 G.E. Inclinación: 0° Altura de suspensión: 10 (m)					Fuente: LU200 Potencia: 200(W) Flujo luminoso: 22000 (lm)				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	134	150	98	37	48	47	6	9	10
B	6	9	10	37	48	47	134	150	98
C	6	4	2.7	32	20	15	75	49	30
D	75	49	30	32	20	15	6	6	2.7
S	221	212	140.7	138	136	124	221	212	140.7
K	1	2	1	2	4	2	1	2	1
6	221	424	140.7	276	544	248	221	424	140.7

$$Em = \frac{\Phi_L * \sum \phi}{1000 * h^2 * \sum K} = \frac{22000 * 2639.4}{1000 * 10^2 * 16} = 36.3 \text{ (lux)}$$

$$Ug = \frac{E_{\min}}{E_{\max}} = \frac{124}{221} = 0.56 = 56 \%$$



$E_L$	48.6	46.6	30.9	30.4	29.9	27.3	48.6	46.6	30.9
-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

El nivel de iluminación media de la instalación nueva es:

<b><math>E_m = 36.3</math> (lux)</b>
--------------------------------------

El nivel de iluminación media, una vez depreciada será:

$$E_m = 36.3 * 0.80 * 0.75 = 21.8 \text{ (lux)}$$

<b><math>E_m = 21.8</math> (lux)</b>
--------------------------------------

**C) Luminaria GENERAL ELECTRIC M – 250R2 con  $h = 10$  (m) y  $d = 40$  (m).**

**1) Curva fotométrica 35 - 177260 (Tipo semi cut – off) con  $P = 250$  (w) y 27500 (lm)**

La escala de la curva fotométrica es:

$$r = 27(\text{mm})$$

Las dimensiones a trazar en el papel son:

<b>Parámetro</b>	<b>Relación x</b>	<b>Dimensiones a trazar en el papel vegetal (mm)</b>
Ancho de la calzada	$27 * 7.3 / 10$	19.7
Ancho de la jardinera	$27 * 2 / 10$	5.4
Separación del bordillo	$27 * 1 / 10$	2.7
Separación entre puntos de luz	$27 * 40 / 10$	108

El numero de luminarias que pueden influir con su flujo en la superficie de cálculo es cuatro, tal como se mostro en un grafico anterior, según se pude comprobar

colocando el dibujo en papel vegetal sobre las curvas isolux. Las superficies de cálculo se muestran en el ANEXO C.

A continuación se llena la tabla de cálculo siguiente:

<b>Luminaria:</b> M – 250R2 G.E.					<b>Fuente:</b> LU250				
<b>Inclinación:</b> 0°					<b>Potencia:</b> 250 (W)				
<b>Altura de suspensión:</b> 10 (m)					<b>Flujo luminoso:</b> 27500 (lm)				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	134	150	98	29	40	41	4.2	5	6
B	4.2	5	6	29	40	41	134	150	98
C	4.2	2.8	1.8	24	16	12	75	49	27
D	75	49	27	24	16	12	4.2	2.8	1.8
S	217.4	206.8	132.8	106	112	106	217.4	206.8	132.8
K	1	2	1	2	4	2	1	2	1
6	217.4	413.6	132.8	212	448	212	217.4	413.6	132.8

$$E_m = \frac{\Phi_L * \sum \phi}{1000 * h^2 * \sum K} = \frac{27500 * 2399.6}{1000 * 10^2 * 16} = 41.3 \text{ (lux)}$$

$$U_g = \frac{E_{\min}}{E_{\max}} = \frac{106}{217.4} = 0.48 = 48 \%$$

E <sub>L</sub>	58.7	46.2	30.9	21.3	25.7	24.7	58.7	46.2	30.9
----------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

El nivel de iluminación media de la instalación nueva es:

<b>Em = 41.3 (lux)</b>
------------------------

El nivel de iluminación media, una vez depreciada será:

$$E_m = 41.3 * 0.80 * 0.75 = 24.8 \text{ (lux)}$$

<b>Em = 24.8 (lux)</b>
------------------------

**2) Curva fotométrica 35 - 177260 (Tipo semi cut – off) con P = 200 (w) y 22000 (lm).**

La escala de la curva fotométrica es:

$$r = 27(\text{mm})$$

Las dimensiones a trazar en el papel son:

<b>Parámetro</b>	<b>Relación x</b>	<b>Dimensiones a trazar en el papel vegetal (mm)</b>
Ancho de la calzada	27*7.3/10	19.7
Ancho de la jardinera	27*2/10	5.4
Separación del bordillo	27*1/10	2.7
Separación entre puntos de luz	27*40/10	108

El numero de luminarias que pueden influir con su flujo en la superficie de cálculo es cuatro, tal como se mostro en un grafico anterior, según se pude comprobar colocando el dibujo en papel vegetal sobre las curvas isolux. Las superficies de cálculo se muestran en el ANEXO C.

A continuación se llena la tabla de cálculo siguiente:

<b>Luminaria:</b> M – 250 R2 G.E.					<b>Fuente:</b> LU200				
<b>Inclinación:</b> 0°					<b>Potencia:</b> 200 (W)				
<b>Altura de suspensión:</b> 10 (m)					<b>Flujo luminoso:</b> 22000 (lm)				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	134	150	98	29	40	41	4.2	5	6
B	4.2	5	6	29	40	41	134	150	98
C	4.2	2.8	1.8	24	16	12	75	49	27
D	75	49	27	24	16	12	4.2	2.8	1.8
S	217.4	206.8	132.8	106	112	106	217.4	206.8	132.8
K	1	2	1	2	4	2	1	2	1
6	217.4	413.6	132.8	212	448	212	217.4	413.6	132.8

$$Em = \frac{\Phi_L * \sum \phi}{1000 * h^2 * \sum K} = \frac{22000 * 2399.6}{1000 * 10^2 * 16} = 33 \text{ (lux)}$$

$$Ug = \frac{E_{\min}}{E_{\max}} = \frac{106}{217.4} = 0.48 = 48 \%$$

EL	47.8	45.5	29.2	23.3	24.6	23.3	47.8	45.5	29.2
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------

El nivel de iluminación media de la instalación nueva es:

$$Em = 33 \text{ (lux)}$$

El nivel de iluminación media, una vez depreciada será:

$$Em = 33 * 0.80 * 0.75 = 19.8 \text{ (lux)}$$

$$Em = 19.8 \text{ (lux)}$$

**D) Para una sola vía**

**1) Curva fotométrica 35-177260 (Tipo semi cut – off) con P = 250 (w) y 27500 (lm).**

La escala de la curva fotométrica es:  $r = 27(\text{mm})$

Las dimensiones a trazar en el papel son:

Parámetro	Relación x	Dimensiones a trazar en el papel vegetal (mm)
Ancho de la calzada	$27 \cdot 7.3/10$	19.7
Separación del bordillo	$27 \cdot 1/10$	2.7
Separación entre puntos de luz	$27 \cdot 40/10$	108

Las superficies de cálculo se muestran en el ANEXO C.

A continuación se llena la tabla de cálculo siguiente:

Luminaria: M – 250 R2 G.E. Inclinación: 0° Altura de suspensión: 10 (m)					Fuente: LU250 Potencia: 250 (W) Flujo luminoso: 27500 (lm)				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	120	150	99	28	39	40	4.2	4.9	6
B	6	4.9	4.2	28	39	40	99	150	120
C	99	140	110	28	39	40	6.2	4.9	4.2
S	225	294.9	213.2	84	117	120	109.4	159.8	130.2
K	1	2	1	2	4	2	1	2	1
6	225.	589.8	213.2	168	468	240	109.4	319.6	130.2

$$E_m = \frac{\Phi_L \cdot \sum \phi}{1000 \cdot h^2 \cdot \sum K} = \frac{27500 \cdot 2463.2}{1000 \cdot 10^2 \cdot 16} = 42.3 \text{ (lux)}$$

$$U_g = \frac{E_{\min}}{E_{\max}} = \frac{84}{294.9} = 0.29 = 29 \%$$

E <sub>L</sub>	61.9	81.1	58.6	23.1	32	33	30	43.9	35.8
----------------	------	------	------	------	----	----	----	------	------

El nivel de iluminación media de la instalación nueva es:

$$E_m = 42.3 \text{ (lux)}$$

El nivel de iluminación media, una vez depreciada será:

$$E_m = 42.3 * 0.80 * 0.75 = 25.4 \text{ (lux)}$$

$$E_m = 25.4 \text{ (lux)}$$

**2) Curva fotométrica 35 - 177260 (Tipo semi cut – off) con P = 200 (w) y 22000 (lm).**

La escala de la curva fotométrica es:

$$r = 27(\text{mm})$$

Las dimensiones a trazar en el papel son:

Parámetro	Relación x	Dimensiones a trazar en el papel vegetal (mm)
Ancho de la calzada	27*7.3/10	19.7
Separación del bordillo	27*1/10	2.7
Separación entre puntos de luz	27*40/10	108

El numero de luminarias que pueden influir con su flujo en la superficie de cálculo, tal como se mostro en un grafico anterior, según se pude comprobar colocando el dibujo en papel vegetal sobre las curvas isolux. Las superficies de cálculo se muestran en el ANEXO C.

A continuación se llena la tabla de cálculo siguiente:

<b>Luminaria:</b> M – 250 R2 G.E.					<b>Fuente:</b> LU200				
<b>Inclinación:</b> 0°					<b>Potencia:</b> 200 (W)				
<b>Altura de suspensión:</b> 10 (m)					<b>Flujo luminoso:</b> 22000 (lm)				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	120	150	99	28	39	40	4.2	4.9	6
B	6	4.9	4.2	28	39	40	99	150	120
C	99	140	110	28	39	40	6.2	4.9	4.2
S	225	294.9	213.2	84	117	120	109.4	159.8	130.2
K	1	2	1	2	4	2	1	2	1
$\bar{\phi}$	225.	589.8	213.2	168	468	240	109.4	319.6	130.2

$$E_m = \frac{\phi_L * \sum \phi}{1000 * h^2 * \sum K} = \frac{22000 * 2463.2}{1000 * 10^2 * 16} = 34 \text{ (lux)}$$

$$U_g = \frac{E_{\min}}{E_{\max}} = \frac{84}{294.9} = 0.29 = 29 \%$$

$E_L$	49.5	64.9	46.9	18.5	25.7	26.4	24	35.2	28.6
-------	------	------	------	------	------	------	----	------	------

El nivel de iluminación media de la instalación nueva es:

$$E_m = 34 \text{ (lux)}$$

El nivel de iluminación media, una vez depreciada será:

$$E_m = 34 * 0.80 * 0.75 = 20.4 \text{ (lux)}$$

$$E_m = 20.4 \text{ (lux)}$$



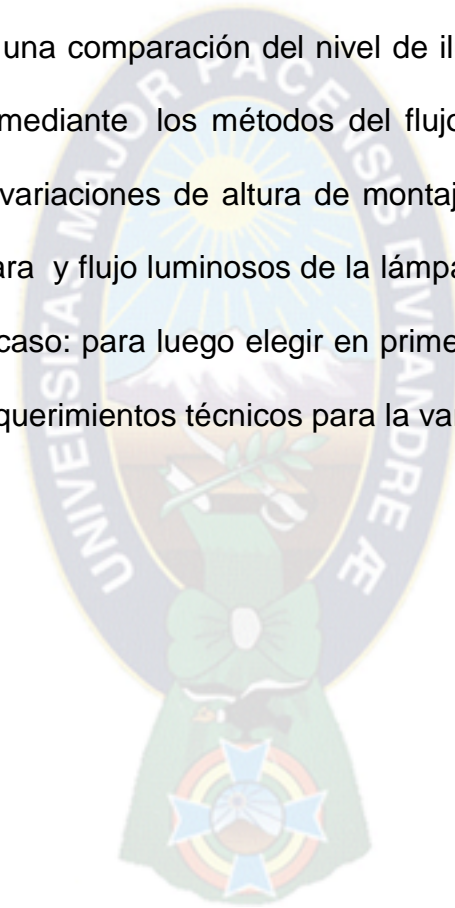
### **3.5. Cálculo de nivel de iluminación mediante el uso del software respectivo.**

Con la ayuda del ordenador, y a través de un paquete de luminarias utilizadas denominado ULISES compañía SOCELEC, se procederá con el corrido del mismo, con los datos utilizados en el punto 3.3.

El corrido del programa se muestra en el ANEXO D.

### **3.6. Resumen del cálculo de iluminancia.**

A continuación, se hará una comparación del nivel de iluminación media y grado de uniformidad calculados mediante los métodos del flujo luminoso total y punto por punto, con las distintas variaciones de altura de montaje, distancia entre puntos de lux, potencia de la lámpara y flujo luminosos de la lámpara, de la marca de luminaria utilizada en el presente caso: para luego elegir en primera instancia la luminaria que mejor se adapte a los requerimientos técnicos para la variante y rotonda.





**TABLA 3.1 Calculo del nivel de iluminación media en la avenida  
Comparación técnica de las luminarias utilizadas**

No	AVENIDA					MÉTODO							
						FLUJO TOTAL		PUNTO POR PUNTO			SOFTWARE		
	Luminaria	Potencia (W)	Flujo luminoso(lm)	h (m)	d (m)	Em (lux)	Em (lux) depreciado	Em (lux)	Em (lux) depreciado	Ug (%)	Em (lux)	Em (lux) depreciado	Ug (%)
1	M- 250 R2 G.E.	250	27500	10	35	26,1	15,7	54	32	20	48	28,8	15
2	M- 250 R2 G.E.	250	27500	10	35	34,8	21,0	45,4	27,2	56	47,2	28,3	34,2
3	M- 250 R2 G.E.	200	22000	10	35	27,8	16,7	36,3	21,8	56	28,9	23,3	34,2
4	M- 250 R2 G.E.	250	27500	10	40	30,4	18,2	41,3	24,8	48	41,3	24,8	30,3
5	M- 250 R2 G.E.	200	27500	10	40	24,3	14,6	33	19,8	48	33	19,8	30,3
6	M- 250 R2 G.E.	250	27500	10	40	24,3	14,6	42,3	25,4	29	33	19,8	30,3
7	M- 250 R2 G.E.	200	22000	10	40	24,3	14,6	34	20,4	29	33	19,8	30,3

Nota: Las Luminarias del 1 es del tipo "cut - off"

Nota: Las Luminarias del 2 al 7 son del tipo "Semi cut off"

Nota: La Luminaria 1 curva fotométrica 35 – 177305

Nota: Las Luminarias del 2 al 7 curva fotométrica 35 - 177260

Con todos los detalles expuestos en las tablas 3.1 se concluye lo siguiente:

- a) Teniendo en cuenta la longitud de la variante como factor principal en el aspecto económico principalmente, ya que, un aumento o disminución de la distancia entre puntos de luz, altura de los mismos y la potencia de las lámparas es de gran importancia, se recomienda la siguiente disposición:

**Disposición: central**

**d = 40 (m)**

**h = 10 (m)**

**l (longitud del brazo) = 1.5 (m)**

**S = 1 (m)**

**Inclinación = 0 °**

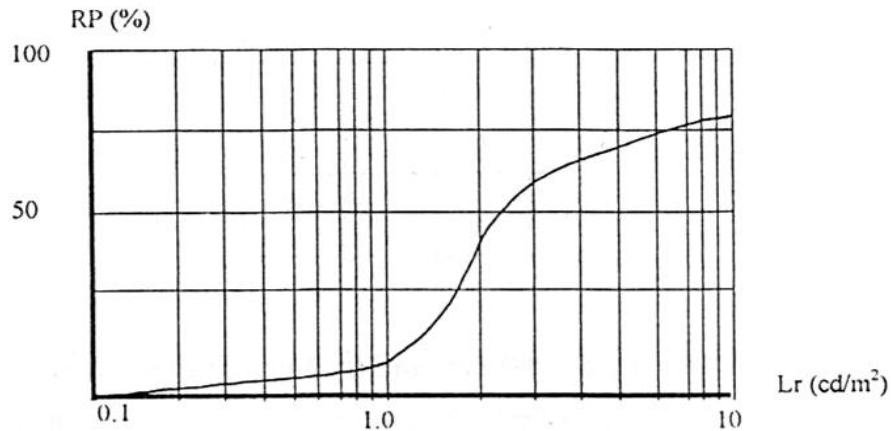
**Potencia = 250 (w)**

**Flujo luminoso = 27500 (lm)**

**Tipo: "Semi cut – off"**

### **3.7. Calculo del nivel de luminancia. [3]**

El nivel de luminancia en la superficie de una calzada influye sobre la sensibilidad a los contrastes del ojo del conductor y por consiguiente, sobre su seguridad de percepción. La figura muestra esta influencia en función del poder revelador (que es la probabilidad de visión para un grupo definido de objetos), comparado con el aumento de la luminancia media de una vía (media desde 60 a 160 metros frente al observador).



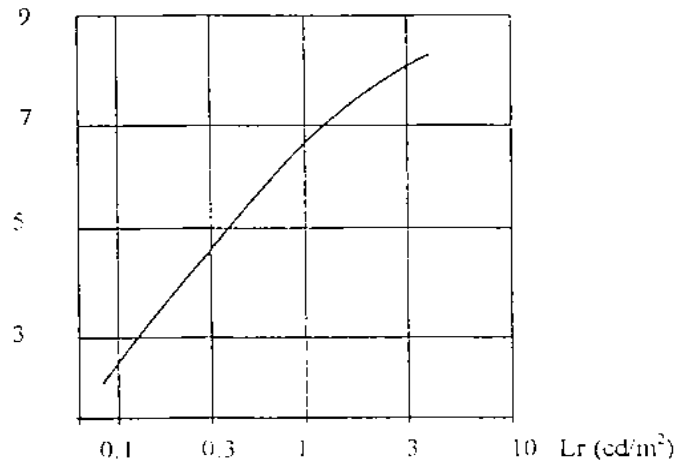
**FIG. 3.3 Poder revelador RP**

En gran número de pruebas se solicitó a observadores que opinaran si consideraban adecuados los niveles de luminancia encontrados en distintas instalaciones a lo largo de un recorrido. La tabla 3.2 muestra la escala de calificaciones que se empleó, la figura 3.4, los resultados de las pruebas. Estos se promediaron y trazaron un gráfico en función de la luminancia media de la vía. Resultado que el calificativo de “bueno” correspondió a una luminancia de aproximadamente 1.5 cd/m<sup>2</sup>.

**TABLA 3.2 Escala de evaluación de las instalaciones de un alumbrado público**

Índice	Evaluación
1	Malo
3	Inadecuado
5	Regular
7	Bueno
9	excelente

Fuente: manual de alumbrado PHILIPS

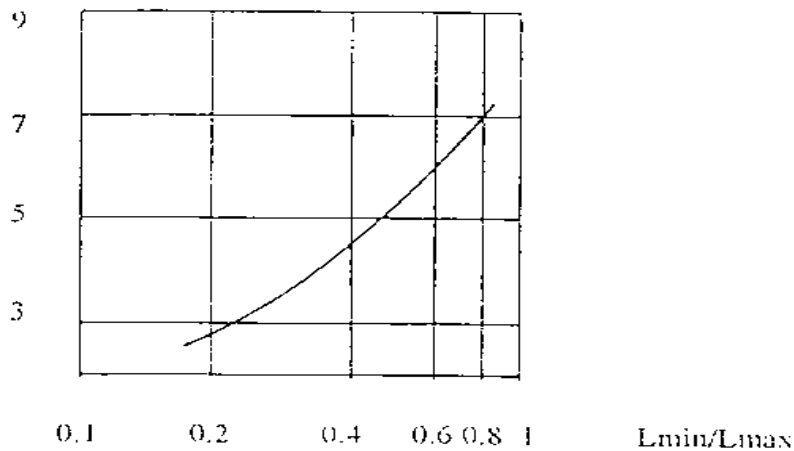


**FIG. 3.4 Evaluación de calidad de la luminancia de un pavimento, en función de la luminancia media  $L_r$**

### 3.8. Uniformidad de la luminancia. [3]

Las recomendaciones adecuadas sobre uniforme de la luminancia, depende del punto de vista económico. Cualquiera que sea el sistema de alumbrado, una mejor uniformidad solo puede lograrse mediante un menor espaciamiento de las luminarias o un sistema óptico de la luminaria más cuidadosamente diseñado, todo lo cual aumente el costo de la instalación.

El criterio de uniformidad desde el punto de vista de la “seguridad de percepción” es la relación  $L_{min}/L_r$ , que en ningún lugar de la vía debe ser inferior a 0.4. Se ha establecido sin embargo, que un alumbrado de vías, aun cuando cumpla con este requisito, puede siempre presentar un aspecto desagradable de luz-sombra. Por consiguiente, se debe emplear un criterio adicional, el de “facilidad de percepción”. Este criterio se expresa mediante la relación  $L_{min}/L_{max}$ , medida a lo largo del eje de cada carril. La figura 3.5 muestra la correlación entre este segundo criterio y la evaluación subjetiva de la tabla 3.2.



**FIG.3.5 Evaluación subjetiva de la uniformidad longitudinal**

**En función de  $L_{min}/L_{max}$**

### 3.9 Limitación del deslumbramiento. [4]

En el alumbramiento exterior se utiliza dos criterios relacionados con el deslumbramiento. El deslumbramiento “fisiológico” o “perturbador” se califica en términos de perceptibilidad; el deslumbramiento “psicológico” o “molesto” se califica en términos de seguridad.

#### 3.9.1 Deslumbramiento molesto G.

El deslumbramiento molesto de una vía pública depende de los siguientes factores:

- La intensidad lumínica en un ángulo de  $80^\circ$  con la vertical en el plano  $C = 0^\circ$ ,  $I_{80^\circ}$
- La intensidad lumínica en un ángulo de  $88^\circ$  con la vertical en el plano  $C = 0^\circ$ ,  $I_{88^\circ}$
- La luz emitida en el área aparente de las luminarias, proyectada bajo un ángulo de  $76^\circ$ , F.

- La luminancia media de la superficie de la calzada, Lr.
- La altura entre el plano visual y el de las luminarias, h<sup>1</sup>.
- El número de luminarias por kilómetro, p.
- El factor de corrección de color, c.

C = 0.4 para sodio a baja presión.

C = 0.1 para sodio a alta presión.

C = -0.1 para mercurio a alta presión.

C = 0 para otras lámparas.

A continuación se da una escala para evaluar el deslumbramiento molesto.

**TABLA 3.3 Evaluación del deslumbramiento molesto G**

Índice	Deslumbramiento	Evaluación
1	Insoportable	Malo
3	Inquietante	Inadecuado
5	Justamente admisible	Regular
7	Satisfactorio	Bueno
9	imperceptible	excelente

Fuente: Manual de alumbrado, PHILIPS

La fórmula a continuación, es válida para alturas inferiores a 20 metros.

$$G = 13.84 - 3.31 \log I_{80} + 1.3 \sqrt{\log \frac{I_{80}}{I_{88}}} - 0.08 \log \frac{I_{80}}{I_{88}} + 1.29 \log F + 0.97 \log Lr + 4.41 \log h^1 - 1.46 \log p + c$$

### 3.9.2 Deslumbramiento perturbador $TI$ .

El criterio para el deslumbramiento perturbador, es el llamado “incremento del umbral”  $TI$ , que se puede calcular mediante la sensibilidad de contraste del ojo, que depende de la luminancia media  $L_r$  y luminancia veladora  $L_v$ . Para valores de  $L_r$  entre 0.05 y 5  $cd/m^2$ .

A continuación, se muestran las recomendaciones de la CIE para una instalación de alumbrado público, en lo referente a la luminancia.

**TABLA 3.4 Recomendaciones CIE para el calculo de la luminancia**

Clase de vía	Alrededor	$L_r$ ( $cd/m^2$ ) $\geq$	$U_0$ >	$U_L$ >	$G$ >	$TI$ % <
Autopista	Cualquiera	2	0.4	0.7	6	10
Carretera arteria	Claro	2	0.4	0.7	5	10
	Oscuro	1			6	10
Carretera principal	Claro	2	0.4	0.5	5	20
	Oscuro	1			6	10
Calle comercial	Claro	2	0.4	0.5	4	20
Calle interconexión	Claro	1	0.4	0.5	4	20
	oscuro	0.5	0.3		5	20

Fuente: Manual de alumbrado, PHILIPS

### 3.10 Clasificación de los pavimentos. [3]

Para lo calculo de la luminancia de la superficie de una calzada, es indispensable conocer sus características reflectivas.

#### **Coefficiente de luminancia.**

Las características reflectivas de una vía pueden expresarse mediante el coeficiente de luminancia  $q$ . este coeficiente se define como la relación entre la



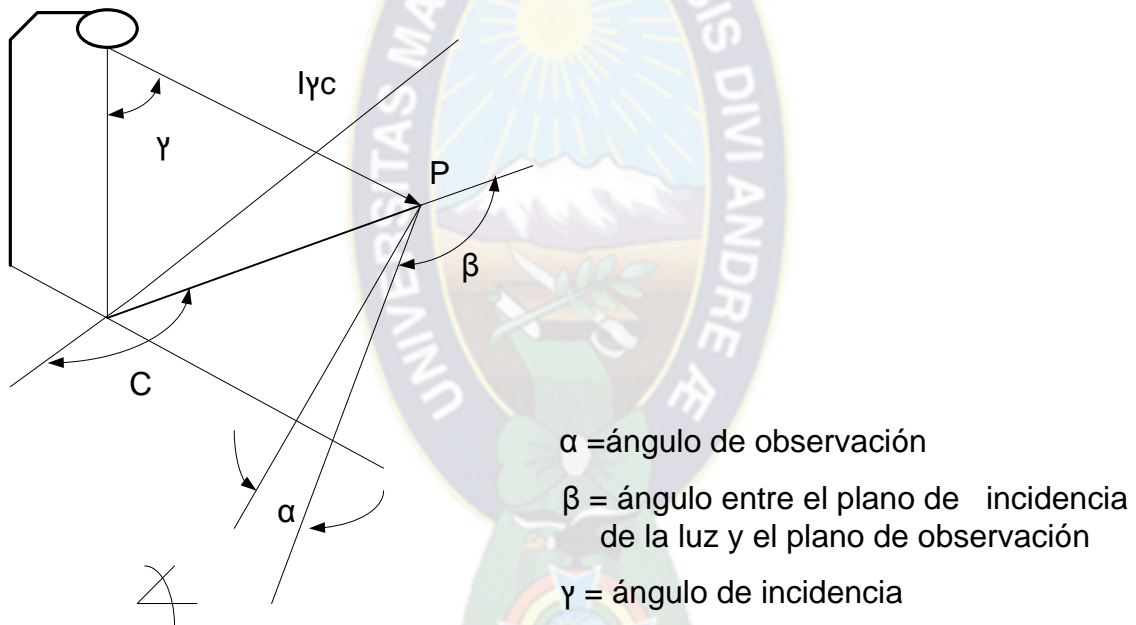
$$q = \frac{L}{E}$$

luminancia en un punto determinado y la iluminación horizontal en ese mismo punto.

El coeficiente de luminancia depende de las posiciones del observador y de la fuente luminosa con respecto al punto  $P$  que se considera:

$$q = q(\alpha, \beta, \gamma)$$

Tal como se muestra en la figura siguiente:



**FIG.3.6 Angulo de los cuales depende el coeficiente de luminancia**

Para la zona de la vía que importa al conductor de un vehículo, entre 60 y 160 metros delante de el, el ángulo  $\alpha$  varia entre 1.5 y 0.5 grados. Por consiguiente, para fines de estudio se ha establecido un valor fijo de 1 grado.

Los cálculos de iluminación y luminancia se basan en las siguientes fórmulas:



$$E_p = \frac{I \cdot \cos^3 \gamma}{h^2}$$

$$L_p = q \cdot E_p$$

Donde:

$E_p$  = Iluminación horizontal en el punto p (lux)

$I$  = Intensidad luminosa en dirección al punto p (cd)

$\gamma$  = Angulo de incidencia ( $^\circ$ )

$h$  = Altura de la luminaria (m)

$L_p$  = Luminancia en el punto p ( $\text{cd}/\text{m}^2$ )

$q$  = Coeficiente de luminancia

Así, para el alumbrado viario, puede decirse que, el coeficiente de luminancia depende de los valores de solo dos ángulos,  $\beta$  y  $\gamma$ . Las propiedades de reflexión, pueden por tanto especificarse en una tabla, en la cual, para cada continuación permanente de  $\beta$  y  $\gamma$ , se da el valor de  $q$ . por comodidad, cuando se hace cálculos de luminancia, dichas tablas se dan en términos de  $q \cdot \cos^3 \gamma$ , y se conoce como tablas de reflexión de calzadas (TABLAS R). Se tienen los siguientes tipos de tablas R:

- RTAB1: Hormigón, CIE Estándar C1
- RTAB2: Asfalto, CIE Estándar C2
- RTAB3: Asfalto, CIE Estándar R3
- RTAB4: Asfalto, CIE Estándar R4

### 3.11. Calculo de la luminancia por el método punto por punto.

El método para calcular la luminancia de un punto, es análogo al aplicable al cálculo de la iluminancia por el método punto por punto.

La luminancia de un punto de la superficie de una vía es la suma de todas las luminancias parciales producidas por las luminarias en ese punto. La luminancia total en ese punto P es:

$$L_p = \sum \frac{I_{yc}}{h^2} q(\beta \gamma) \cos^3 \gamma$$

Donde:

$I_{yc}$  = Intensidad luminosa de la luminaria en dirección del punto P, indicada por los ángulos  $\gamma$  y c (fig. 3.6).

Por ser difíciles de realizar los cálculos de manera manual, se recurrirá a la ayuda de la computadora. El corrido del software se muestra en el ANEXO E.

### **3.12. Resumen del cálculo de la luminancia.**

El resumen se muestra en la tabla 3.5, Como en el calculo del nivel de iluminancia, el calculo del nivel de luminancia esta en función a las características de la instalación del alumbrado, por lo que se recomienda observar las mismas características dadas en el punto 3.3.

**TABLA 3.5 Calculo del nivel de luminancia media en la variante**

**Comparación técnica de las luminarias utilizadas**

N°	VARIANTE							
	Luminaria	Potencia(w)	Flujo Luminoso (lm)	h (m)	d (m)	Lr(cd/m <sup>2</sup> )	U <sub>o</sub> (%) Lmin/Lr	UI (%) Lmin/Lmax
1	M-250R2 G.E	250	27500	10	35	3,13	0,388	0,591
2	M-250R2 G.E	250	27500	10	35	4,31	0,407	0,779
3	M-250R2 G.E	200	22000	10	35	3,79	0,384	0,701
4	M-250R2 G.E	250	27500	10	40	3,03	0,384	0,701
5	M-250R2 G.E	200	22000	10	40	3,55	0,537	0,398
6	M-250R2 G.E	250	27500	10	40	3,55	0,537	0,398
7	M-250R2 G.E	200	22000	10	40	3,55	0,537	0,398

Nota: La luminaria 1 es del tipo "Cut-off"

Nota: Las luminarias del 2 al 7 son del tipo "Semi Cut-off"

Nota: La Luminaria 1 curva fotométrica 35 – 177305

Nota: Las Luminarias del 2 al 7 curva fotométrica 35 - 177260

## CAPITULO 4

### DISEÑO DE LA RED ELÉCTRICA DE DISTRIBUCIÓN

#### 4.1 Introducción

Se realizará el cálculo de la red eléctrica de distribución del alumbrado público para la variante Tupiza, considerando el sistema actual de la red primaria de distribución de la Cooperativa de Servicios Eléctricos Tupiza Ltda. (COOPELECT), en 6.6 KV. Para este propósito se utilizara transformadores exclusivos para la red, tomando la energía de los alimentadores que pasan por la Variante Tupiza. En los lugares donde no exista la red primaria, se propondrá la ampliación de la misma, por que actualmente existe un tramo de la variante Tupiza que no cuenta con la red primaria. Justificándose de esta manera la ampliación de la red primaria en dicho tramo.

- Primera fase: que abarca desde el Km 0+000 tranca norte salida a Cotagaita, hasta el Km 2+440 inmediaciones de San Antonio.
- Segunda fase: que abarca desde el Km 2+480 hasta el Km 3+960 inmediaciones de Chacrahuasi.
- Tercera fase: que abarca desde el km 4+000 hasta el Km 5+480 inmediaciones del puente Tupiza.
- Cuarta fase. que abarca desde el Km 5+520 hasta el Km 7+000 salida a Villazón.

Se divide en fases el diseño de la red de alumbrado por la razón siguiente: como, existen zonas urbanizadas lo cual se justifica la iluminación de la variante por que actualmente son zonas pobladas y de importante tráfico vehicular.

Hay que señalar que el diseño de la red eléctrica del alumbrado público en la variante será una red SUBTERRÁNEA, por las razones siguientes:

- Estética
- Seguridad en el sistema en caso de accidentes.
- Modernidad

Por contrapartida, el sistema subterráneo es mas costoso que el sistema aéreo, en aproximadamente el 20% más, pero por ser una avenida de gran importancia, la red subterránea se justifica plenamente.

También se dimensionarán los siguientes equipos que formara parte de la red:

- Transformadores de distribución.
- Conductores eléctricos.
- Equipos de medición.
- Equipos de protección
- Accesorios y otros.

#### **4.2 Dimensionamiento de los transformadores de distribución.**

Se dimensionaran sobre las bases de potencias nominales de las luminarias (incluidas las reactancias y accesorios).

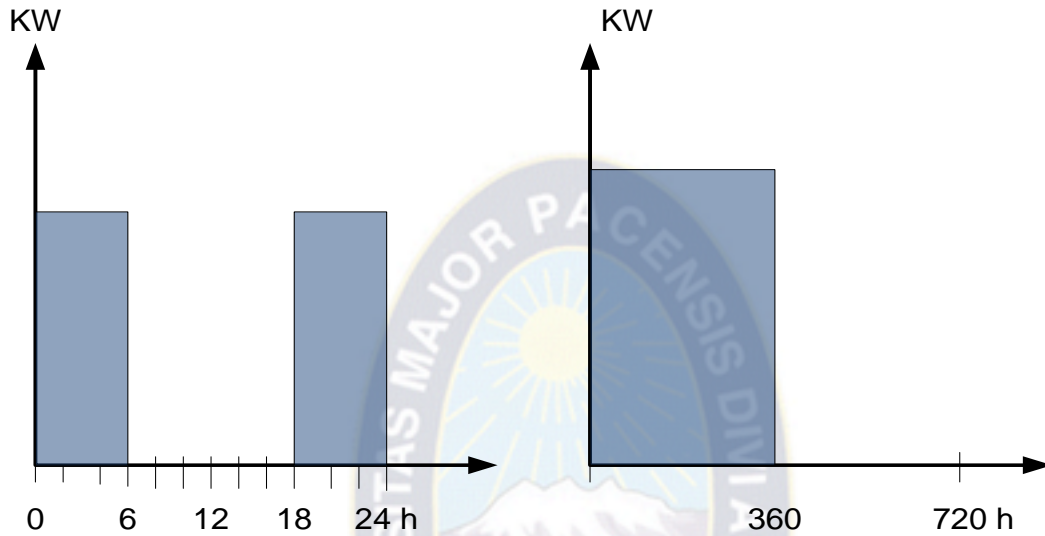
La demanda máxima será igual a la suma de las potencias nominales de las luminarias:

$$D_{max} = \sum P_i$$

De donde se obtiene el factor de la demanda  $f_D$  [4] será:

$$f_D = \frac{D_{max}}{P_{ins}} = 1$$

Se obtiene los siguientes gráficos:



**FIG. 4.1 Curva de carga diaria y variación mensual de carga**

Como se dijo el dimensionamiento de los transformadores se realizará por tramos, teniendo en cuenta el ruteo de los alimentadores de la red primaria de distribución de COOPELECT.

Los transformadores de distribución en todos los casos será monofásico los circuitos se pueden apreciar en los planos correspondientes.

**Calculo de las potencias:**

**Circuito 1:**

**Circuito 1a:**

Va desde el Km 0+000 por donde pasa la red primaria de COOPELECT, hasta el Km 0+640.

Nº de luminarias de 250 W = 16

### **Circuito 1b:**

Va desde el Km 0+640 hasta el Km 1+240.

N° de luminarias de 250 W = 15

La potencia consumida en la reactancia y el equipo auxiliar, son aproximadamente el 10% de la potencia nominal; todas las lámparas tienen un factor de potencias de 0.9, entonces:

$$S_{250} = (250 + 25)/0.9 = 305,5 \text{ (VA)} \quad I = 305,5/220 = 1,39 \text{ (A)}$$

Por tanto la potencia instalada será:

$$S_{ins} = 16*305,5 + 15*305,5 = 9470,5 \text{ (VA)}$$

Considerando una reserva del 25%, se tiene:

$$S_{ins} = 1.25*9470,5 = 11838,12 \text{ (VA)}$$

Normalizando:

$$S_{NT} = 15 \text{ (KVA)}$$

### **CIRCUITO 2:**

#### **Circuito 2a:**

Va desde el Km 1+240 hasta el Km 1+840 por donde pasaría la red primaria de COOPELECT.

N° de luminarias de 250 W = 15

#### **Circuito 2b:**

Va desde el Km 1+840 hasta el Km 2+440

N° de luminarias de 250 W = 15

Por tanto la potencia instalada será:

$$S_{ins} = 15*305,5 + 15*305,5 = 9165 \text{ (VA)}$$

Considerando una reserva del 25 %, se tiene:



$$S_{ins} = 1.25 \cdot 9165 = 11456,25 \text{ (VA)}$$

Normalizando:

$$S_{NT} = 15 \text{ (KVA)}$$

### **CIRCUITO 3:**

#### **Circuito 3a:**

Va desde el Km 2+440 hasta el km 2+820 por donde pasaría la red primaria de la COOPELECT.

$$N^{\circ} \text{ de luminarias de } 250 \text{ W} = 19$$

#### **Circuito 3b:**

Va desde el Km 2+820 hasta el Km 3+200

$$N^{\circ} \text{ de luminarias de } 250 \text{ W} = 19$$

Por tanto la potencia instalada será:

$$S_{ins} = 19 \cdot 305,5 + 19 \cdot 305,5 = 11609 \text{ (VA)}$$

Considerando una reserva de 25 %, se tiene:

$$S_{ins} = 1.25 \cdot 11609 = 14511,25 \text{ (VA)}$$

Normalizando:

$$S_{NT} = 15 \text{ (KVA)}$$

### **CIRCUITO 4:**

#### **Circuito 4a:**

Va desde el Km 3+200 hasta el Km 3+580 por donde pasa la red primaria de COOPELECT.

$$N^{\circ} \text{ de luminarias de } 250 \text{ W} = 19$$



**Circuito 4b:**

Va desde el Km 3+580 hasta el Km 3+960

$$N^{\circ} \text{ de luminarias de } 250 \text{ W} = 19$$

Por tanto le potencia instalada será:

$$S_{ins} = 19 \cdot 305,5 + 19 \cdot 305,5 = 11609 \text{ (VA)}$$

Considerando una reserva del 25 %, se tiene:

$$S_{ins} = 1,25 \cdot 11609 = 14511,25 \text{ (VA)}$$

Normalizando:

$$S_{NT} = 15 \text{ (KVA)}$$

**CIRCUITO 5:****Circuito 5a:**

Va desde el Km 3+960 hasta el Km 4+340 por donde pasaría la red primaria de COOPELECT.

$$N^{\circ} \text{ de luminarias de } 250 \text{ W} = 19$$

**Circuito 5b:**

Va desde el Km 4+340 hasta el Km 4+720

$$N^{\circ} \text{ de luminarias de } 250 \text{ W} = 19$$

Por tanto la potencia instalada será:

$$S_{ins} = 19 \cdot 305,5 + 19 \cdot 305,5 = 11609 \text{ (VA)}$$

Considerando una reserva del 25 %, se tiene:

$$S_{ins} = 1,25 \cdot 11609 = 14511,25 \text{ (VA)}$$

Normalizando:

$$S_{NT} = 15 \text{ (KVA)}$$

## **CIRCUITO 6:**

### **Circuito 6a:**

Va desde el Km 4+720 hasta el Km 5+100 por donde pasaría la red primaria de COOPELECT.

No de luminarias de 250 W = 19

### **Circuito 6b:**

Va desde el km 5+100 hasta el Km 5+480

N° de luminarias de 250 W = 19

Por tanto la potencia instalada será:

$$S_{ins} = 19 \cdot 305,5 + 19 \cdot 305,5 = 11609 \text{ (VA)}$$

Considerando una reserva del 25 %, se tiene:

$$S_{ins} = 1.25 \cdot 11609 = 14511,25 \text{ (VA)}$$

Normalizando:

$$S_{NT} = 15 \text{ (KVA)}$$

## **CIRCUITO 7:**

### **Circuito 7a:**

Va desde el Km 5+480 hasta el Km 5+860 por donde pasaría la red primaria de COOPELECT.

N° de luminarias de 250 W = 19

### **Circuito 7b:**

Va desde el Km 5+860 hasta el Km 6+240

N° de luminarias de 250 W = 19

Por lo tanto la potencia instalada será:

$$S_{ins} = 19 \cdot 305,5 + 19 \cdot 305,5 = 11609 \text{ (VA)}$$

Considerando una reserva del 25 %, se tiene:

$$S_{ins} = 1.25 \cdot 11609 = 14511,25 \text{ (VA)}$$

Normalizando:

$$S_{NT} = 15 \text{ (KVA)}$$

### **CIRCUITO 8:**

#### **Circuito 8a:**

Va desde el Km 6+240 hasta el Km 6+620 por donde pasa la red primaria de COOPELECT.

$$\text{No de luminarias de } 250 \text{ W} = 19$$

#### **Circuito 8b:**

Va desde el Km 6+620 hasta el Km 7+000

$$\text{N}^\circ \text{ de luminarias de } 250 \text{ W} = 19$$

Por tanto la potencia instalada será:

$$S_{ins} = 19 \cdot 305,5 + 19 \cdot 305,5 = 11609 \text{ (VA)}$$

Considerando una reserva del 25 %, se tiene:

$$S_{ins} = 1.25 \cdot 11609 = 14511,25 \text{ (VA)}$$

Normalizando:

$$S_{NT} = 15 \text{ (KVA)}$$

## Calculo de las corrientes:

### Circuito 1:

$$I_{ins} = \frac{S_{ins}}{V_s} \quad ; \quad I = \frac{S}{V_s}$$

Donde:

$I_{ins}$  = Corriente en (A) para la potencia instalada.

$I$  = Corriente en (A) considerando la reserva del 25 %.

$S_{ins}$  = Potencia instalada en (VA).

$S$  = Potencia en (VA) considerando la reserva del 25 %.

$V_s$  = Tensión del suministro en (V).

$$I_{ins} = 9470/220 = 43 \text{ (A)} \quad ; \quad I = 11838.12/220 = 54 \text{ (A)}$$

### Circuito 1a:

$$I_{ins} = 4888/220 = 22 \text{ (A)} \quad ; \quad I = 6110/220 = 28 \text{ (A)}$$

### Circuito 1b:

$$I_{ins} = 4582/220 = 21 \text{ (A)} \quad ; \quad I = 5727.5/220 = 26 \text{ (A)}$$

### Circuito 2:

$$I_{ins} = 9165 /220 = 42 \text{ (A)} \quad ; \quad I = 11456.25/220 = 52 \text{ (A)}$$

### Circuito 2a:

$$I_{ins} = 4582/220 = 21 \text{ (A)} \quad ; \quad I = 5727.5/220 = 26 \text{ (A)}$$

### Circuito 2b:

$$I_{ins} = 4582/220 = 21 \text{ (A)} \quad ; \quad I = 5727.5/220 = 26 \text{ (A)}$$

### Circuito 3:

$$I_{ins} = 11609/220 = 53 \text{ (A)} \quad ; \quad I = 14511.25/220 = 66 \text{ (A)}$$

**Circuito 3a:**

$$\text{Inst} = 5804.5/220 = 26.5 \text{ (A)} \quad ; \quad \text{I} = 7255.6/220 = 33 \text{ (A)}$$

**Circuito 3b:**

$$\text{Inst} = 5804.5/220 = 26.5 \text{ (A)} \quad ; \quad \text{I} = 7255.6/220 = 33 \text{ (A)}$$

**Circuito 4:**

$$\text{Inst} = 11609/220 = 53 \text{ (A)} \quad ; \quad \text{I} = 14511.25/220 = 66 \text{ (A)}$$

**Circuito 4a:**

$$\text{Inst} = 5804.5/220 = 26.5 \text{ (A)} \quad ; \quad \text{I} = 7255.6/220 = 33 \text{ (A)}$$

**Circuito 4b:**

$$\text{Inst} = 5804.5/220 = 26.5 \text{ (A)} \quad ; \quad \text{I} = 7255.6/220 = 33 \text{ (A)}$$

**Circuito 5:**

$$\text{Inst} = 11609/220 = 53 \text{ (A)} \quad ; \quad \text{I} = 14511.25/220 = 66 \text{ (A)}$$

**Circuito 5a:**

$$\text{Inst} = 5804.5/220 = 26.5 \text{ (A)} \quad ; \quad \text{I} = 7255.6/220 = 33 \text{ (A)}$$

**Circuito 5b:**

$$\text{Inst} = 5804.5/220 = 26.5 \text{ (A)} \quad ; \quad \text{I} = 7255.6/220 = 33 \text{ (A)}$$

**Circuito 6:**

$$\text{Inst} = 11609/220 = 53 \text{ (A)} \quad ; \quad \text{I} = 14511.25/220 = 66 \text{ (A)}$$

**Circuito 6a:**

$$\text{Inst} = 5804.5/220 = 26.5 \text{ (A)} \quad ; \quad \text{I} = 7255.6/220 = 33 \text{ (A)}$$

**Circuito 6b:**

$$\text{Inst} = 5804.5/220 = 26.5 \text{ (A)} \quad ; \quad \text{I} = 7255.6/220 = 33 \text{ (A)}$$

**Circuito 7:**

$$\text{Inst} = 11609/220 = 53 \text{ (A)} \quad ; \quad \text{I} = 14511.25/220 = 66 \text{ (A)}$$

**Circuito 7a:**

$$\text{Inst} = 5804.5/220 = 26.5 \text{ (A)} \quad ; \quad I = 7255.6/220 = 33 \text{ (A)}$$

**Circuito 7b:**

$$\text{Inst} = 5804.5/220 = 26.5 \text{ (A)} \quad ; \quad I = 7255.6/220 = 33 \text{ (A)}$$

**Circuito 8:**

$$\text{Inst} = 11609/220 = 53 \text{ (A)} \quad ; \quad I = 14511.25/220 = 66 \text{ (A)}$$

**Circuito 8a:**

$$\text{Inst} = 5804.5/220 = 26.5 \text{ (A)} \quad ; \quad I = 7255.6/220 = 33 \text{ (A)}$$

**Circuito 8b:**

$$\text{Inst} = 5804.5/220 = 26.5 \text{ (A)} \quad ; \quad I = 7255.6/220 = 33 \text{ (A)}$$

A continuación se tiene un resumen de la longitud y las potencias nominales de los transformadores de los circuitos

**TABLA 4.1 Longitud y potencia nominal de los circuitos**

FASE	CIRCUITO	DESDE (Km)	HASTA (Km)	LONGITUD (m)	S <sub>NT</sub> (KVA)
1	1	0+000	1+240	1260	15
	2	1+280	2+440	1220	15
2	3	2+480	3+200	780	15
	4	3+240	3+960	780	15
3	5	4+000	4+720	780	15
	6	4+460	5+480	780	15
4	7	5+520	6+240	780	15
	8	6+300	7+000	780	15

Se hace notar que todas las longitudes se los agrega unos 20 metros, que seria la distancia desde la caja de distribución ubicado en la estructura o poste donde se hallara el transformador, hasta la medida de la avenida.

Se tiene los siguientes tipos de circuitos:

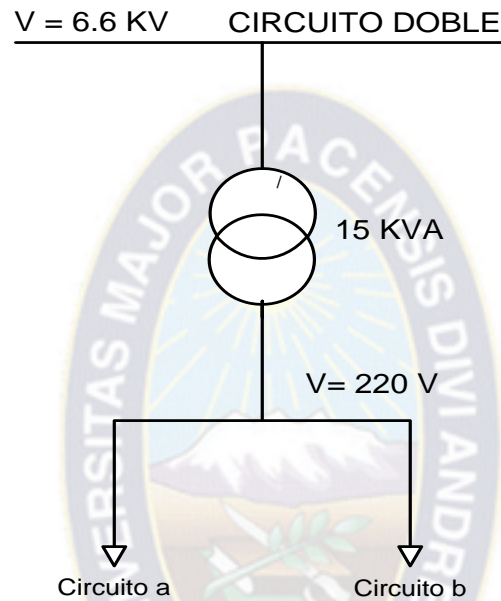


Fig. 4.2 Tipo de circuito

La distancia del secundario del transformador Hasta la caja de distribución no es considerable, por eso, no se tomara en cuenta en los cálculos de caída de tensión.

#### 4.3 Potencia instalada de la red de alumbrado.

La potencia instalada de la red de alumbrado en la avenida de circunvalación será igual a la suma de la potencia nominal de cada luminaria, incluidas las potencias consumidas por el ballast, ignito y capacitor, que alcanza aproximadamente al 10 % de la potencia nominal. Se debe indicar que el factor de potencia de las luminarias es igual a 0.9.

La potencia instalada se detalla en la tabla 4.2



**TABLA 4.2 Potencia instalada de la red de la luminaria de alumbrado de la Variante Ciudad de Tupiza**

CIRCUITO	P(W)	P+Preac (W)	S (VA)
1	7750	8525	11838.12
2	7500	8250	11456.25
3	9500	10450	14511.25
4	9500	10450	14511.25
5	9500	10450	14511.25
6	9500	10450	14511.25
7	9500	10450	14511.25
8	9500	10450	14511.25
<b>TOTAL</b>	<b>72250</b>	<b>79475</b>	<b>110361.87</b>

La potencia instalada será:

$$S_{ins} = 110.37 \text{ (KVA)}$$

COOPELECT. tiene una capacidad instalada de 3 MVA de potencia.

#### **4.4 Cálculo de la sección de los conductores de los circuitos.**

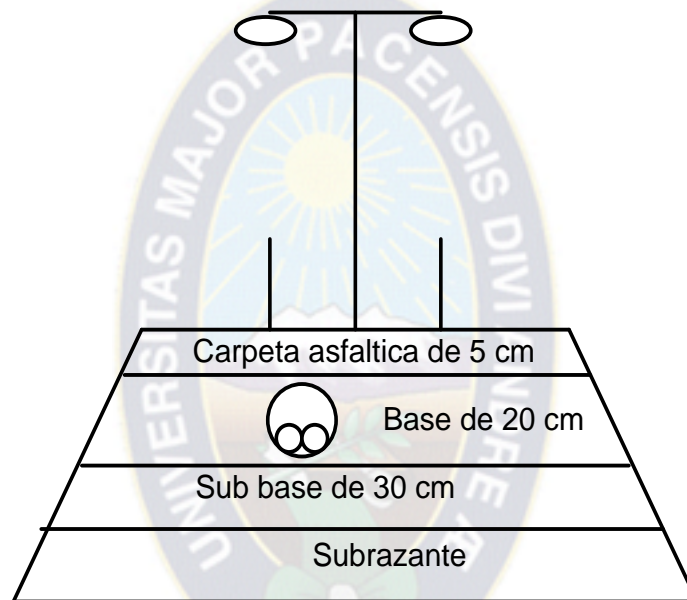
Para tal efecto se utilizarán los datos de los conductores eléctricos VINIL 0.6/1 KV de la marca SIEMENS (Brasil), los datos técnicos constructivos son:

- Conductor formado por los hilos de cobre eléctrico.
- Aislamiento de PVC (70 °C).
- Capa interna de PVC, en secciones de cables multicolores.



Estos conductores son aplicables y recomendados para circuitos de alimentación y distribución de energía eléctrica, al aire libre en electroductos y en sistemas subterráneos de todo tipo.

El sistema de distribución de energía para los circuitos de iluminación será una red subterránea. Los conductores serán enterrados en ductos o tubos a una profundidad aproximadamente de 25 cm, tal como se muestra en la figura siguiente:



**FIG. 4.3 Profundidad de enterramiento de los conductores**

Los conductores a utilizarse serán de tipo bipolar, que ira a lo largo de cada circuito calculado anteriormente.

Se usara un factor de corrección para hallar la corriente de diseño, por lo siguiente: en canaletas cerradas y ductos enterrados, el calor generado por los conductores se disipa a través de paredes en todas las direcciones. El calor acumulado aumenta la temperatura ambiente en el interior del ducto y/o canaleta, lo que significa que la capacidad de conducción de corriente de los conductores debe reducirse en comparación a los conductores instalados al aire libre. [5]

El calentamiento de la canaleta o ducto depende solamente de la cantidad de potencia disipada por los conductores, no teniendo ninguna influencia la disposición de los mismos, la potencia disipada por los conductores corresponde a las pérdidas por efecto de Joule.

Para la determinación del factor de corrección en canaletas y ductos, se emplea la siguiente ecuación:

$$f = \sqrt{\frac{T_c - T_a - \Delta T}{T_c - T_a}}$$

Donde:

$f$  = Factor de corrección de la capacidad de corriente.

$T_c$  = Máxima temperatura admisible del conductor al régimen normal de operación (°C).

$T_a$  = Máxima temperatura ambiente en la canaleta con los conductores sin carga (°C).

$\Delta T$  = Aumento de la temperatura ambiente provocado por la disipación de calor en los conductores (°C).

Las pérdidas por efecto Joule (Sistema monofásico) son:

$$W_{tot} = 2 \cdot I_n^2 \cdot R_{cct} \cdot 10^{-3}$$

donde:

$W_{tot}$  = Pérdida totales por efecto Joule (W/m).

$R_{cct}$  = Resistencia óhmica del conductor en corriente continua a temperatura máxima admisible en el conductor ( $\Omega/\text{Km}$ ).

$$R_{cct} = 1.1965 \cdot R_{cc}$$

Rcc = Resistencia óhmica de los conductores en corriente continua a 20°

( $\Omega/Km$ ) el aumento de temperatura es:

$$\Delta T = \frac{W_{tot}}{3p}$$

donde:

p= Perímetro de la canaleta o ducto (m).

Para un cálculo más preciso puede ser considerada la pérdida de efecto capacitivo que corresponde a la pérdida en el dieléctrico, como esa pérdida no llega al 4% de la pérdida total en el conductor, esta se desprecia.

Entonces se produce el cálculo en primera instancia de la sección de los conductores de los diferentes circuitos.

1) La corriente de diseño en primera instancia será:

$$I' = \frac{In}{f_t * f_a}$$

donde:

I' = Corriente de diseño (A), en primera instancia.

In = Corriente nominal de los circuitos (A).

$f_t$  = Factor de reducción por temperatura (a 10°C = 1.10, en todos los casos)

$f_a$  = Factor de reducción por agrupamiento.

Los factores de reducción y las normalizadas se encuentran en el ANEXO F.

**TABLA 4.3 Secciones de los circuitos considerando los factores de reducción.**

CIRCUITO		In (A)		fa		I (A)		S (mm <sup>2</sup> )	
1	1a	54	28	1	0.75	49	33.9	10	6
	1b		26		0.75		31.5		4
2	2a	52	26	1	0.75	47.3	31.5	10	4
	2b		26		0.75		31.5		4
3	3a	66	33	1	0.75	60	40	16	10
	3b		33		0.75		40		10
4	4a	66	33	1	0.75	60	40	16	10
	4b		33		0.75		40		10
5	5a	66	33	1	0.75	60	40	16	10
	5b		33		0.75		40		10
6	6a	66	33	1	0.75	60	40	16	10
	6b		33		0.75		40		10
7	7a	66	33	1	0.75	60	40	16	10
	7b		33		0.75		40		10
8	8a	66	33	1	0.75	60	40	16	10
	8b		33		0.75		40		10

- 2) Luego se halla la resistencia óhmica para cada circuito y después se calcula las perdidas por efecto Joule.

**TABLA 4.4 Resistencia óhmica y perdida por efecto joule de los circuitos.**

CIRCUITO		Rcc ( $\Omega/\text{Km}$ )		Rcct ( $\Omega/\text{Km}$ )		W (W/m)	
1	1a	---	3.08	---	3.685	---	8.469
	1b	---	4.61	---	5.515	---	10.944
2	2a	---	4.61	---	5.515	---	10.944
	2b	---	4.61	---	5.515	---	10.944
3	3a	---	1.83	---	2.189	---	7.004
	3b	---	1.83	---	2.189	---	7.004
4	4b	---	1.83	---	2.189	---	7.004
	4b	---	1.83	---	2.189	---	7.004
5	5a	---	1.83	---	2.189	---	7.004
	5b	---	1.83	---	2.189	---	7.004
6	6a	---	1.83	---	2.189	---	7.004
	6b	---	1.83	---	2.189	---	7.004
7	7a	---	1.83	---	2.189	---	7.004
	7b	---	1.83	---	2.189	---	7.004
8	8a	---	1.83	---	2.189	---	7.004
	8b	---	1.83	---	2.189	---	7.004

Las secciones de los circuitos dobles que van desde el secundario del transformador hasta la caja de distribución, no serán corregidas porque no serán subterráneos, además de que la longitud de los mismos es muy corta.

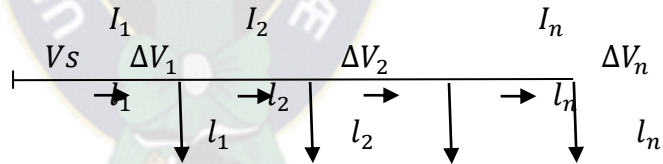
- 3) Después se halla el factor de corrección  $f$  para cada circuito y, finalmente se halla la sección del conductor de todos los circuitos. Hay que señalar que los ductos tendrán un diámetro interno de 3 pulgadas, igual a 0,0762 metros, por lo tanto el perímetro es igual a  $p = \pi * D = 0.2394$  (m). Además que  $T_c = 70(^{\circ}C)$  y  $T_a = 10(^{\circ}C)$ .

**TABLA 4.5 Secciones corregidas mediante el factor de corrección  $f$ .**

CIRCUITO		$\Delta T$ (°C)		F		$I_D = I'/f$ (A)		S (mm <sup>2</sup> )	
1	1a	----	11.791	1	0.896	49	37.834	10	6
	1b		15.238		0.863		36.500		6
2	2a	----	15.238	1	0.863	47.3	36.500	10	6
	2b		15.238		0.863		36.500		6
3	3a	----	9.752	1	0.915	60	43.715	25	10
	3b		9.752		0.915		43.715		10
4	4a	----	9.752	1	0.915	60	43.715	25	10
	4b		9.752		0.915		43.715		10
5	5a	----	9.752	1	0.915	60	43.715	25	10
	5b		9.752		0.915		43.715		10
6	6a	----	9.752	1	0.915	60	43.715	25	10
	6b		9.752		0.915		43.715		10
7	7a	----	9.752	1	0.915	60	43.715	25	10
	7b		9.752		0.915		43.715		10
8	8a	----	9.752	1	0.915	60	43.715	25	10
	8b		9.752		0.915		43.715		10

#### 4.5 Cálculo de caída de tensión y pérdida de potencias por efecto Joule.

Para el cálculo de la caída de tensión en el distribuidor, se lo realiza de la siguiente manera [4]:



$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \dots + \Delta V_n$$

$$\Delta V_1 = i_1 * (r_1 * \cos\varphi_1 + jx_1 * \sen\varphi_1) * l_1$$

$$\Delta V_2 = i_2 * (r_2 * \cos\varphi_2 + jx_2 * \sen\varphi_2) * l_2$$

$$\Delta V_n = i_n * (r_n * \cos\varphi_n + jx_n * \sen\varphi_n) * l_n$$

$$i_1 = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

$$i_2 = I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

$$i_n = I_n$$

$$\rightarrow \Delta V_n = (I_1 + I_2 + \dots + I_n) * (r_1 * \cos\varphi_1 + jx_1 * \sen\varphi_1) * (I_1 + I_2 + \dots + I_n) * \\ (r_2 * \cos\varphi_2 + jx_2 * \sen\varphi_2) * I_2 + \dots + I_n * (r_n * \cos\varphi_n + jx_n * \sen\varphi_n) * I_n$$

La caída de tensión considerando el mismo conductor será:

$$\Delta V = 2 \left( r \sum_{k=1}^n l_k * \cos\varphi_k * l_k + jx \sum_{k=1}^n l_k * \sen\varphi_k * l_k \right)$$

La caída de tensión porcentual será:

$$av\% = \frac{\Delta V}{V_s} * 100 \quad (\%)$$

La pérdida de potencia por efecto joule será:

$$\Delta P = 2 * r \sum_{k=1}^n l_k^2 * l_k \quad (KW)$$

Los cálculos a realizarse son tanto para la caída de tensión y para la pérdida de potencia en los diferentes circuitos, esto se debe a la cantidad de circuitos existentes y además por las derivaciones que hay en cada circuito.

La máxima caída de tensión permisible será del 5%, para permitir que las luminarias se enciendan con un voltaje mínimo de 209 voltios, a pesar que los fabricantes admiten el funcionamiento normal de las luminarias en un margen de  $\pm 10\%$ , es decir, entre 198 y 242 voltios respectivamente. Pero para asegurar que se enciendan las luminarias, se da el valor de la máxima caída de tensión antes mencionada.

Aquellos circuitos que excedan el margen de tensión, serán recalculados así se determinara en forma definitiva la sección de los conductores.



## CALCULO DE CAIDAS DE TENSION Y PERDIDA DE POTENCIA

### CIRCUITO MONOFASICO

#### ILUMINACIÓN DE LA VARIANTE CIUDAD DE TUPIZA

##### N° de circuito: 1a

Sección del conductor =  $10 \text{ mm}^2$

$r = 1.830 (\Omega/\text{Km})$

$X = 0.103 (\Omega/\text{Km})$

Tensión de suministro =  $220\text{V}$

$\text{Cos}\phi = 0.9$

$\text{Sen}\phi = 0.44$

N° de derivaciones = 16

Resultados:

$\Delta V = 47.590 \text{ V}$

$\Delta V\% = 47.590/220 \cdot 100 > 5\%$

(Se tiene que recalculer aumentando la sección)

Sección del conductor =  $50 \text{ mm}^2$

$r = 0.387 (\Omega/\text{Km})$

$X = 0.094 (\Omega/\text{Km})$

$\Delta V = 10.90 \text{ (V)}$

$\Delta V\% = 10.90/220 \cdot 100 = 4.95\% < 5\%$

Tensión al final de la línea =  $209.11 \text{ (V)}$

Perdida de potencia (W)

$\Delta P = 239.75 \text{ (W)}$

Si se aumenta a 2.5% de la tensión, con el tap:

Tensión al final de la línea =  $214.61 \text{ (V)}$

##### N° de circuito: 1b

Sección del conductor =  $50 \text{ mm}^2$

$r = 0.387 (\Omega/\text{Km})$

$X = 0.094 (\Omega/\text{Km})$

Tensión de suministro =  $220\text{V}$





$$\text{Cos}\phi = 0.9$$

$$\text{Sen}\phi = 0.44$$

$$\text{N}^\circ \text{ de derivaciones} = 15$$

Resultados:

$$\Delta V = 10.7 \text{ (V)}$$

$$\Delta V\% = 10.7/220*100 = 4.86\% < 5\%$$

$$\text{Tensi3n al final de la l3nea} = 209.30 \text{ (V)}$$

Perdida de potencia (W)

$$\Delta P = 204.80 \text{ (W)}$$

Si se aumenta a 2.5% de la tensi3n, con el tap:

$$\text{Tensi3n al final de la l3nea} = 214.80 \text{ (V)}$$

**N° de circuito: 2a**

$$\text{Secci3n del conductor} = 50 \text{ mm}^2$$

$$r = 0.387(\Omega/\text{Km})$$

$$X = 0.094(\Omega/\text{Km})$$

$$\text{Tensi3n de suministro} = 220\text{V}$$

$$\text{Cos}\phi = 0.9$$

$$\text{Sen}\phi = 0.44$$

$$\text{N}^\circ \text{ de derivaciones} = 15$$

Resultados:

$$\Delta V = 10.7 \text{ (V)}$$

$$\Delta V\% = 10.7/220*100 = 4.86\% < 5\%$$

$$\text{Tensi3n al final de la l3nea} = 209.30 \text{ (V)}$$

Perdida de potencia (W)

$$\Delta P = 204.80 \text{ (W)}$$

Si se aumenta a 2.5% de la tensi3n, con el tap:

$$\text{Tensi3n al final de la l3nea} = 214.80 \text{ (V)}$$

**N° de circuito: 2b**

$$\text{Secci3n del conductor} = 50 \text{ mm}^2$$

$$r = 0.387(\Omega/\text{Km})$$

$$X = 0.094(\Omega/\text{Km})$$



Tensión de suministro = 220V

$\text{Cos}\phi = 0.9$

$\text{Sen}\phi = 0.44$

N° de derivaciones = 15

Resultados:

$\Delta V = 10.7 \text{ (V)}$

$\Delta V\% = 10.7/220*100 = 4.86\% < 5\%$

Tensión al final de la línea = 209.30 (V)

Perdida de potencia (W)

$\Delta P = 204.80 \text{ (W)}$

Si se aumenta a 2.5% de la tensión, con el tap:

Tensión al final de la línea = 214.80 (V)

**N° de circuito: 3a**

Sección del conductor = 50 mm<sup>2</sup>

$r = 0.387(\Omega/\text{Km})$

$X = 0.094(\Omega/\text{Km})$

Tensión de suministro = 220V

$\text{Cos}\phi = 0.9$

$\text{Sen}\phi = 0.44$

N° de derivaciones = 9

Resultados:

$\Delta V = 9.24 \text{ (V)}$

$\Delta V\% = 9.24/220*100 = 4.2\% < 5\%$

Tensión al final de la línea = 210.76 (V)

Perdida de potencia (W)

$\Delta P = 303 \text{ (W)}$

Si se aumenta a 2.5% de la tensión, con el tap:

Tensión al final de la línea = 216.26 (V)

**N° de circuito: 3b**

Sección del conductor = 50 mm<sup>2</sup>

$r = 0.387(\Omega/\text{Km})$



$$X = 0.094 (\Omega/\text{Km})$$

Tensión de suministro = 220V

$$\cos\phi = 0.9$$

$$\sin\phi = 0.44$$

N° de derivaciones = 10

Resultados:

$$\Delta V = 10.26 \text{ (V)}$$

$$\Delta V\% = 10.26/220 * 100 = 4.66\% < 5\%$$

Tensión al final de la línea = 209.74 (V)

Perdida de potencia (W)

$$\Delta P = 337 \text{ (W)}$$

Si se aumenta a 2.5% de la tensión, con el tap:

Tensión al final de la línea = 215.24 (V)

**N° de circuito: 4a**

Sección del conductor = 50 mm<sup>2</sup>

$$r = 0.387 (\Omega/\text{Km})$$

$$X = 0.094 (\Omega/\text{Km})$$

Tensión de suministro = 220V

$$\cos\phi = 0.9$$

$$\sin\phi = 0.44$$

N° de derivaciones = 9

Resultados:

$$\Delta V = 9.24 \text{ (V)}$$

$$\Delta V\% = 9.24/220 * 100 = 4.2\% < 5\%$$

Tensión al final de la línea = 210.76 (V)

Perdida de potencia (W)

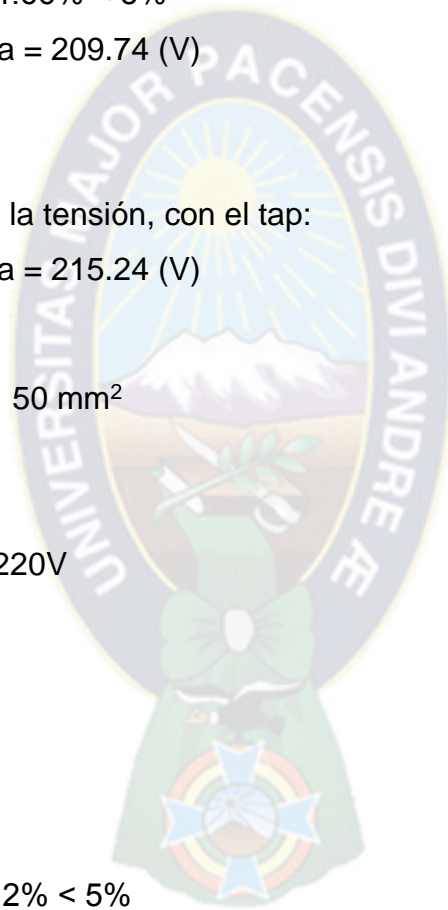
$$\Delta P = 303 \text{ (W)}$$

Si se aumenta a 2.5% de la tensión, con el tap:

Tensión al final de la línea = 216.26 (V)

**N° de circuito: 4b**

Sección del conductor = 50 mm<sup>2</sup>



$$r = 0.387(\Omega/\text{Km})$$

$$X = 0.094(\Omega/\text{Km})$$

Tensión de suministro = 220V

$$\text{Cos}\phi = 0.9$$

$$\text{Sen}\phi = 0.44$$

N° de derivaciones = 10

Resultados:

$$\Delta V = 10.26 \text{ (V)}$$

$$\Delta V\% = 10.26/220 \cdot 100 = 4.66\% < 5\%$$

Tensión al final de la línea = 209.74 (V)

Perdida de potencia (W)

$$\Delta P = 337 \text{ (W)}$$

Si se aumenta a 2.5% de la tensión, con el tap:

Tensión al final de la línea = 215.24 (V)

**N° de circuito: 5a**

Sección del conductor = 50 mm<sup>2</sup>

$$r = 0.387(\Omega/\text{Km})$$

$$X = 0.094(\Omega/\text{Km})$$

Tensión de suministro = 220V

$$\text{Cos}\phi = 0.9$$

$$\text{Sen}\phi = 0.44$$

N° de derivaciones = 9

Resultados:

$$\Delta V = 9.24 \text{ (V)}$$

$$\Delta V\% = 9.24/220 \cdot 100 = 4.2\% < 5\%$$

Tensión al final de la línea = 210.76 (V)

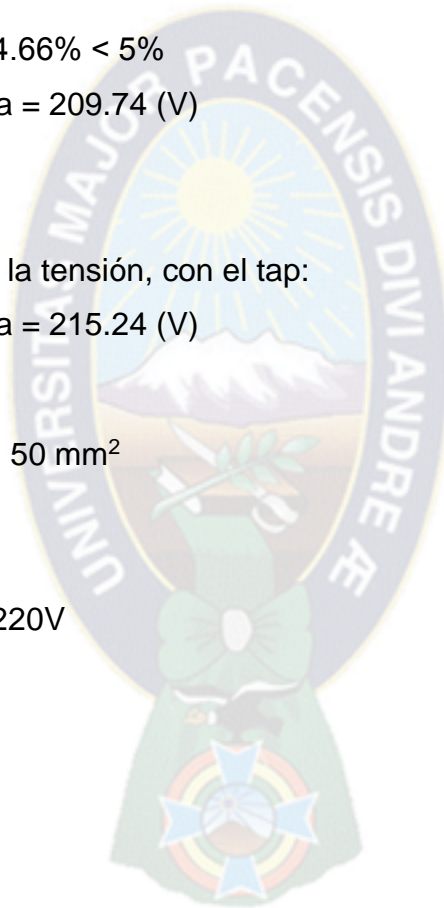
Perdida de potencia (W)

$$\Delta P = 303 \text{ (W)}$$

Si se aumenta a 2.5% de la tensión, con el tap:

Tensión al final de la línea = 216.26 (V)

**N° de circuito: 5b**



Sección del conductor =  $50 \text{ mm}^2$

$r = 0.387 (\Omega/\text{Km})$

$X = 0.094 (\Omega/\text{Km})$

Tensión de suministro =  $220\text{V}$

$\text{Cos}\phi = 0.9$

$\text{Sen}\phi = 0.44$

Nº de derivaciones = 10

Resultados:

$\Delta V = 10.26 \text{ (V)}$

$\Delta V\% = 10.26/220 * 100 = 4.66\% < 5\%$

Tensión al final de la línea =  $209.74 \text{ (V)}$

Perdida de potencia (W)

$\Delta P = 337 \text{ (W)}$

Si se aumenta a 2.5% de la tensión, con el tap:

Tensión al final de la línea =  $215.24 \text{ (V)}$

**Nº de circuito: 6a**

Sección del conductor =  $50 \text{ mm}^2$

$r = 0.387 (\Omega/\text{Km})$

$X = 0.094 (\Omega/\text{Km})$

Tensión de suministro =  $220\text{V}$

$\text{Cos}\phi = 0.9$

$\text{Sen}\phi = 0.44$

Nº de derivaciones = 9

Resultados:

$\Delta V = 9.24 \text{ (V)}$

$\Delta V\% = 9.24/220 * 100 = 4.2\% < 5\%$

Tensión al final de la línea =  $210.76 \text{ (V)}$

Perdida de potencia (W)

$\Delta P = 303 \text{ (W)}$

Si se aumenta a 2.5% de la tensión, con el tap:

Tensión al final de la línea =  $216.26 \text{ (V)}$



**N° de circuito: 6b**

Sección del conductor = 50 mm<sup>2</sup>

$r = 0.387(\Omega/\text{Km})$

$X = 0.094(\Omega/\text{Km})$

Tensión de suministro = 220V

$\text{Cos}\phi = 0.9$

$\text{Sen}\phi = 0.44$

N° de derivaciones = 10

Resultados:

$\Delta V = 10.26 \text{ (V)}$

$\Delta V\% = 10.26/220 \cdot 100 = 4.66\% < 5\%$

Tensión al final de la línea = 209.74 (V)

Perdida de potencia (W)

$\Delta P = 337 \text{ (W)}$

Si se aumenta a 2.5% de la tensión, con el tap:

Tensión al final de la línea = 215.24 (V)

**N° de circuito: 7a**

Sección del conductor = 50 mm<sup>2</sup>

$r = 0.387(\Omega/\text{Km})$

$X = 0.094(\Omega/\text{Km})$

Tensión de suministro = 220V

$\text{Cos}\phi = 0.9$

$\text{Sen}\phi = 0.44$

N° de derivaciones = 9

Resultados:

$\Delta V = 9.24 \text{ (V)}$

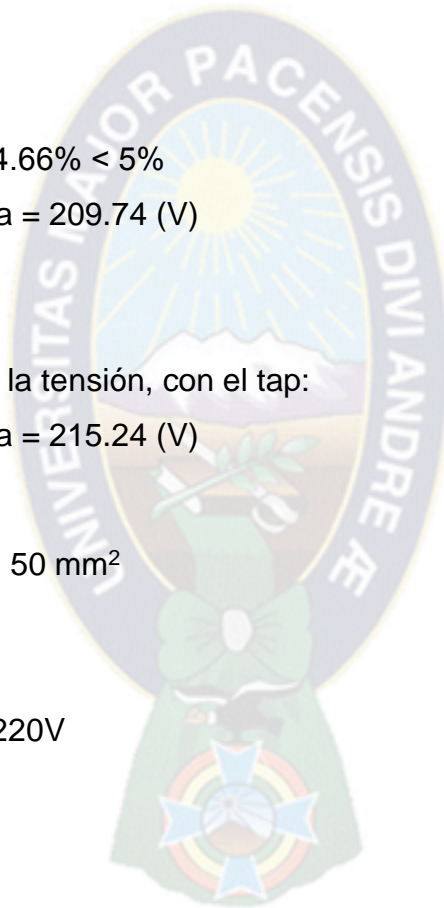
$\Delta V\% = 9.24/220 \cdot 100 = 4.2\% < 5\%$

Tensión al final de la línea = 210.76 (V)

Perdida de potencia (W)

$\Delta P = 303 \text{ (W)}$

Si se aumenta a 2.5% de la tensión, con el tap:



Tensión al final de la línea = 216.26 (V)

**N° de circuito: 7b**

Sección del conductor = 50 mm<sup>2</sup>

r= 0.387(Ω/Km)

X= 0.094(Ω/Km)

Tensión de suministro = 220V

Cosφ = 0.9

Senφ = 0.44

N° de derivaciones = 10

Resultados:

ΔV = 10.26 (V)

ΔV% = 10.26/220\*100 = 4.66% < 5%

Tensión al final de la línea = 209.74 (V)

Perdida de potencia (W)

ΔP = 337 (W)

Si se aumenta a 2.5% de la tensión, con el tap:

Tensión al final de la línea = 215.24 (V)

**N° de circuito: 8a**

Sección del conductor = 50 mm<sup>2</sup>

r= 0.387(Ω/Km)

X= 0.094(Ω/Km)

Tensión de suministro = 220V

Cosφ = 0.9

Senφ = 0.44

N° de derivaciones = 9

Resultados:

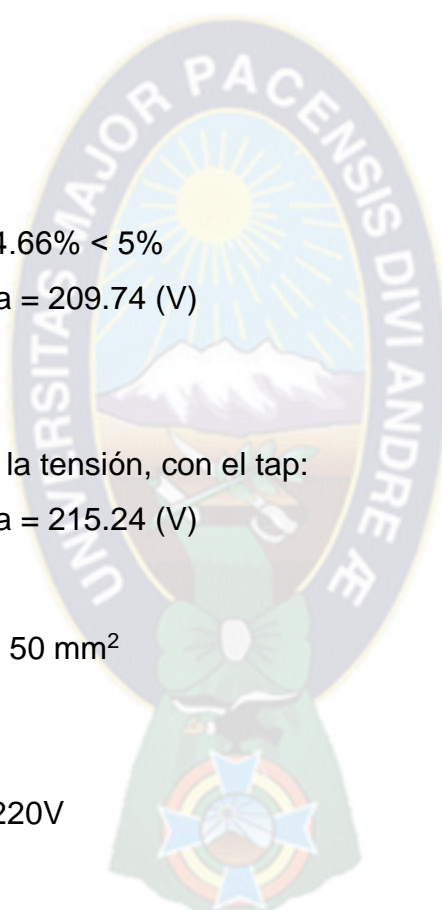
ΔV = 9.24 (V)

ΔV% = 9.24/220\*100 = 4.2% < 5%

Tensión al final de la línea = 210.76 (V)

Perdida de potencia (W)

ΔP = 303 (W)





Si se aumenta a 2.5% de la tensión, con el tap:

Tensión al final de la línea = 216.26 (V)

**N° de circuito: 8b**

Sección del conductor = 50 mm<sup>2</sup>

r= 0.387(Ω/Km)

X= 0.094(Ω/Km)

Tensión de suministro = 220V

Cosφ = 0.9

Senφ = 0.44

N° de derivaciones = 10

Resultados:

ΔV = 10.26 (V)

ΔV% = 10.26/220\*100 = 4.66% < 5%

Tensión al final de la línea = 209.74 (V)

Perdida de potencia (W)

ΔP = 337 (W)

Si se aumenta a 2.5% de la tensión, con el tap:

Tensión al final de la línea = 215.24 (V)

Para finalizar este punto, a continuación se dan los valores definitivos de las secciones de los conductores de los diferentes circuitos, además de los valores de caídas de tensión y pérdidas por efecto Joule.



**TABLA 4.6 Caídas de tensión, perdidas por efecto joule y secciones definitivas de los circuitos**

CIRCUITO		TENSIÓN AL FINAL (V)	PERDIDAS POR EFECTO JOULE (W)	S (mm <sup>2</sup> )
1	1a	209.11	239.75	50
	1b	209.30	204.80	
2	2a	209.30	204.80	50
	2b	209.30	204.80	
3	3a	210.76	303.00	50
	3b	209.74	337.00	
4	4a	210.76	303.00	50
	4b	209.74	337.00	
5	5a	210.76	303.00	50
	5b	209.74	337.00	
6	6a	210.76	303.00	50
	6b	209.74	337.00	
7	7a	210.76	303.00	50
	7b	209.74	337.00	
8	8a	210.76	303.00	50
	8b	209.74	337.00	

Al haber encontrado las secciones de los circuitos mediante el factor de corrección  $f$  en tabla 4.5, se tuvo que hacer un análisis de la caída de tensión, esto significa que se tuvo que corregir las secciones encontradas anteriormente porque existía mucha caída de tensión; para hallar las secciones definitivas que cumplen con la condición de no exceder el margen propuesto de caída de tensión, que del orden del 5%.

Además se debe indicar que la tensión al final de cada circuito o ultima derivación, se puede aumentar entre un 2.5% a un 5% por el motivo siguiente: al dimensionar la potencia de los transformadores, se debe incluir en las especificaciones de los mismos un cambiador de tomas o taps de  $2 + 2.5\%$  de la tensión nominal, y de esta manera elevar la tensión tanto al principio como al final de cada circuito,

consiguiendo de esta manera asegurar que se enciendan las luminarias sin ningún problema.

#### 4.6. Equipos de protección

El sistema de alumbrado público requiere un diseño eléctrico que contemple protección por sobre corriente en la base de cada poste.

##### 4.6.1 Determinación de las corrientes de cortocircuito.[6]

Es la elevación de la capacidad nominal de cortocircuito de los equipos, se desarrolla comparando el nivel de cortocircuito en la subestaciones donde esta instalado el equipo, en falla trifásica, con su capacidad nominal de cortocircuito.

Para los disyuntores, seccionadores y transformadores de corriente, la corriente de cortocircuito simétrica ( $I_k$ ) que pasa por ellos se debe compara con su corriente nominal de cortocircuito ( $I_{kn}$ ).

Entonces el equipo se considera superado por corriente de cortocircuito si:

$$I_k > I_{kn}$$

Para el cálculo de la inductancia de la línea de 6.6 KV, se toma en cuenta la disposición de los conductores.

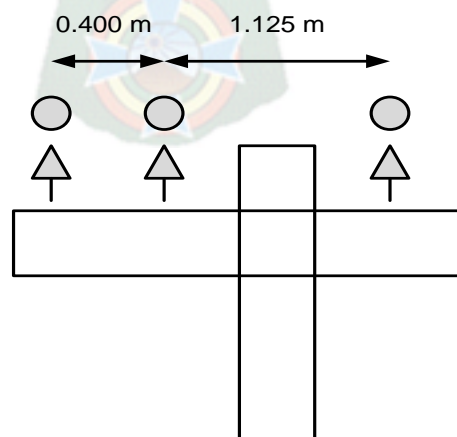


FIG. 4.4 Disposición de conductores en 6.6 KV

La línea de 6.6 KV compuesta de dos conductores de secciones diferentes; una de 1/0 AWG de aluminio (alimentador principal), y la otra de 2 AWG de aluminio (derivación).

A continuación se calculara la resistencia y reactancia de ambas secciones.

La resistencia de corriente alterna es:

$$R_{ca} = (1 + 7.5 * f^2 * D^4 * 10^{-7}) * R_{cc}$$

donde:

$R_{ca}$  = Resistencia en corriente alterna ( $\Omega/\text{Km}$ )

$R_{cc}$  = Resistencia en corriente continua ( $\Omega/\text{Km}$ )

$f$  = Frecuencia del sistema (Hz)

$D$  = Diámetro del conductor (cm).

La resistencia en corriente continua se calculara para 10 °C.

$$R_{10} = \frac{R_{20}}{1 + \alpha * \Delta T}$$

donde:

$R_{10}$  = Resistencia en corriente continua para 10 °C ( $\Omega/\text{Km}$ ).

$R_{20}$  = Resistencia en corriente continua para 20 °C ( $\Omega/\text{Km}$ ).

$\alpha$  = Coeficiente de dilatación del material ( $1/^\circ\text{C}$ ).

$\Delta T$  = Diferencia de temperatura de trabajo ( $^\circ\text{C}$ ).

Para el conductor 1/0 AWG de aluminio:

$$R_{10} = 0.535 / (1+0.00393*10) = 0.516 (\Omega/\text{Km}).$$

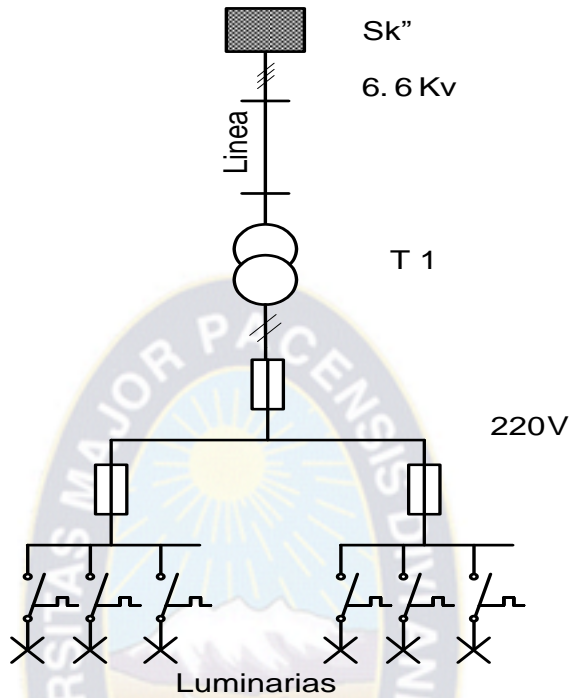
$$R_{ca} = (1+7.5*50^2*1.011^4*10^{-7})*0.515 = 0.516 (\Omega/\text{Km}).$$

Para el conductor 2 AWG de aluminio:

$$R_{10} = 0.524 / (1+0.00393*10) = 0.504 (\Omega/\text{Km}).$$

$$R_{ca} = (1 + 7.5 \cdot 50^2 \cdot 0.890^4 \cdot 10^{-7}) \cdot 0.504 = 0.509 \text{ } (\Omega/\text{Km}).$$

Se distinguen los siguientes tipos de circuitos:



**FIG. 4.5 Circuito Unifilar**

**Impedancia de la red:**

$$Z_Q = \frac{1.1 \cdot U_s^2}{S_{K''}}$$

donde:

$Z_Q$  = Impedancia de la red ( $\Omega$ ).

$U_s$  = Tensión de suministro (Kv).

$S_{K''}$  = Potencia de cortocircuito de la red (MVA)

**Resistencia y reactancia de la red:**

$$R_Q = 0.1 \cdot X_Q \quad X_Q = \frac{Z_Q}{1.005}$$

donde:

$R_Q$  = Resistencia de la red ( $\Omega$ ).

$X_Q$  = Reactancia de la red ( $\Omega$ ).

Fasorialmente:

$$Z_Q = R_Q + jX_Q$$

Impedancia de la línea:

$$Z_L = l(R_L + jX_L)$$

donde:

$Z_L$  = Impedancia de la línea ( $\Omega/\text{Km}$ ).

$R_L$  = Resistencia de la línea ( $\Omega/\text{Km}$ ).

$X_L$  = Reactancia de la línea ( $\Omega/\text{Km}$ ).

$l$  = longitud de la línea (Km).

Sumando las impedancias hasta el primario del transformador:

$$Z_\alpha = Z_Q + Z_L (\Omega)$$

Refiriendo la impedancia al secundario del transformador:

$$Z_{\alpha'} = Z_\alpha \left( \frac{U_{NUS}}{U_{NOS}} \right)^2$$

donde:

$Z_{\alpha'}$  = Impedancia referida al secundario del transformador ( $\Omega$ ).

$U_{NUS}$  = Tensión nominal del secundario (KV)

$U_{NOS}$  = Tensión nominal del primario (KV).

**Impedancia del transformador:**

$$Z_T = \frac{u_K * U_{NUS}^2}{100 * S_{NT}}$$

donde:

$Z_T$  = Impedancia del transformador ( $\Omega$ )

$U_K$  = Tensión nominal de cortocircuito (%).

$S_{NT}$  = Potencia nominal del transformador (MVA).

#### **Resistencia del transformador:**

$$R_T = \frac{u_r * U_{NUS}^2}{100 * S_{NT}}$$

donde:

$R_T$  = resistencia del transformador ( $\Omega$ ).

$U_r$  = Caída óhmica de tensión (%).

#### **Reactancia del transformador:**

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}$$

donde:

$X_T$  = Resistencia del transformador ( $\Omega$ ).

La impedancia fasorial del transformador:

$$Z_T = R_T + jX_T \quad (\Omega)$$

#### **Impedancia de falla:**

$$Z_K = Z_{\alpha'} + Z_T \quad (\Omega)$$

#### **Corriente de cortocircuito bipolar sin contacto a tierra:**

$$I_{K2\phi}'' = \frac{U_N}{2 * Z_K}$$

donde:

$I_{K2\phi}''$  = Corriente de cortocircuito bipolar (KA).

$U_N$  = Tensión nominal en el punto de falla (KV).

### Corriente de impulso:

$$I_S = X * \sqrt{2} * I_{K2\Phi}$$

donde:

$I_S$  = Corriente de impulso (KA).

X = Factor segundo.

El factor segundo es:

$$X = 1.02 + 0.97e^{-3.11 \frac{R_K}{X_K}}$$

donde:

$R_K$  = Resistencia en el punto de falla ( $\Omega$ ).

$X_K$  = Reactancia en el punto de falla ( $\Omega$ ).

#### 4.6.2 Selectividad entre los equipos de protección.

La selectividad entre equipos de protección es necesaria cuando se quiere garantizar la máxima continuidad del servicio, aún en las condiciones más críticas de operación.

Como en una red existe diversos dispositivos de protección que actúan en función de la corriente, tales como fusibles e interruptores termomagnéticos, es necesario que haya una actuación selectiva de los mismos entre sí.

Analizando las maneras de cómo estos elementos podrán ser encontrados en un circuito, se tienen las siguientes combinaciones:

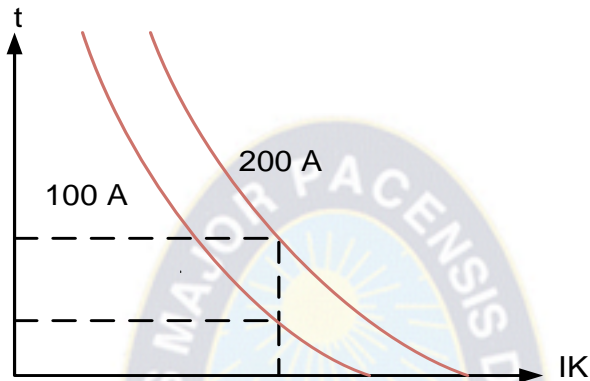
- a) Fusible en serie con fusible.
- b) Interruptor en serie con interruptor.
- c) Interruptor en serie con fusible.
- d) Fusible en serie con interruptor.

Se hará un análisis individual de cada una de estas combinaciones.



**a) Selectividad entre fusibles conectados en serie.**

Los fusibles en serie son selectivos entre si, cuando la capacidad nominal del fusible conectado aguas arriba, es por lo menos el doble de la capacidad nominal del fusible conectado aguas abajo, se observa en la figura siguiente.



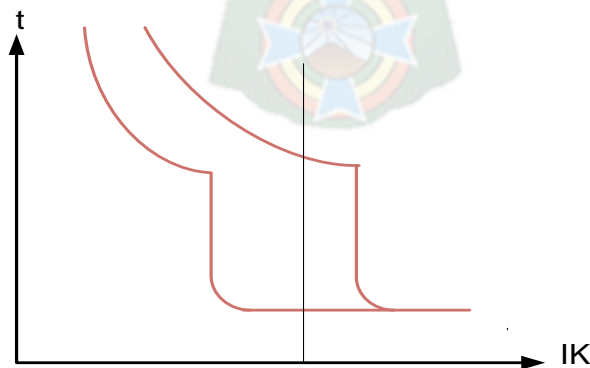
**FIG. 4.6 Selectividad entre fusibles conectados en serie**

**b) Selectividad de interruptores termomagnéticos conectados en serie.**

Se distinguen dos tipos:

**1) Discriminación en corriente.**

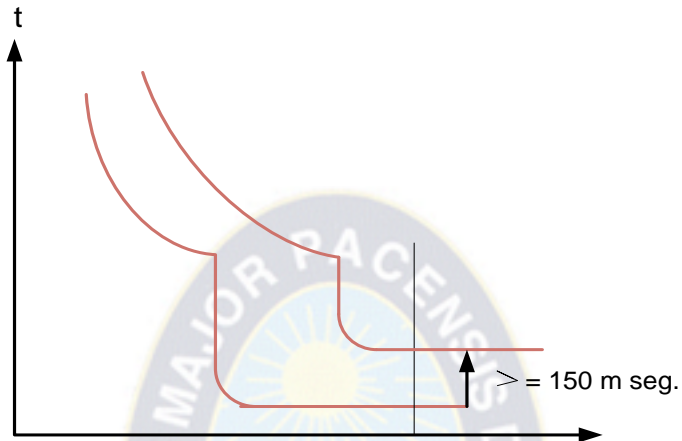
Este método es posible cuando el cortocircuito en los puntos donde están instalados los interruptores, son suficientemente diferente entre si.



**FIG. 4.7 selectividad de interruptores conectados en serie**

## 2) discriminación en tiempo.

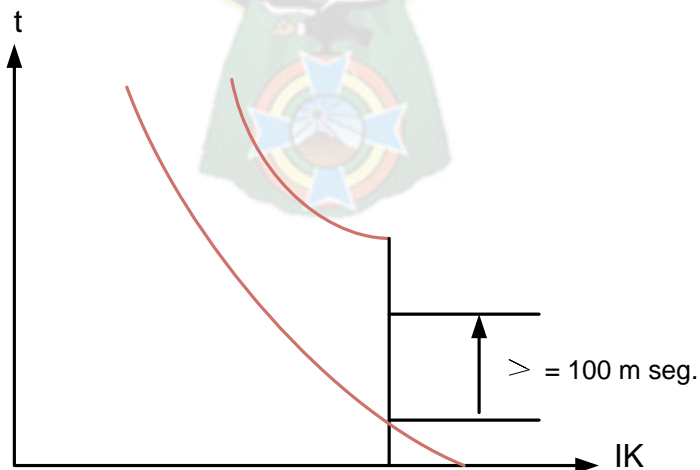
Existe selectividad cuando el tiempo de retardo entre los dispositivos de protección es mayor o igual a 150 milisegundos.



**FIG. 4.8 Selectividad entre interruptor conectados en serie**

### c) Selectividad entre interruptor y fusible conectados en serie.

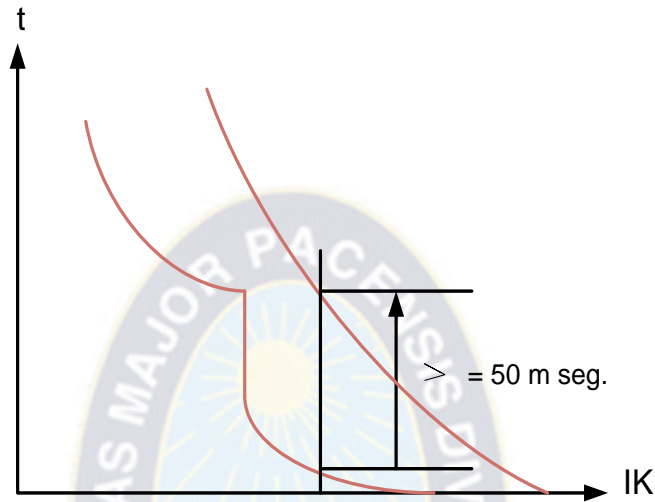
La selectividad durante un cortocircuito esta garantizada, si el tiempo de retardo del interruptor tiene un valor de disparo o de actuación al menos 100 milisegundos encima de la curva característica del fusible.



**FIG. 4.9 Selectividad entre interruptor y fusible conectados en serie**

**d) Selectividad entre fusible e interruptor conectados en serie.**

En caso de cortocircuito, es suficiente que la curva característica del fusible se mantenga 50 milisegundos encima de la curva característica del interruptor.



**FIG. 4.10 Selectividad entre fusible e interruptor conectados en serie**

Para las protecciones utilizados en los circuitos calculados anteriormente, se hará el análisis de selectividad de los circuitos 1 y 2, para comprobar que, en caso de falla en cualquier de los circuitos, exista selectividad entre los dispositivos de protección.

**4.6.3 Interruptores termomagnéticos y fusibles.**

Como ya se tiene los valores de falla, entonces se va a proceder al dimensionamiento de las capacidades nominales de los interruptores termomagnéticos y fusibles.

**TABLA 5.9 Capacidades de los interruptores termomagneticos y fusibles**

CIRCUITO		INTERRUPTOR In (A)		FUSIBLE In (A)	
1	1a	----	----	63	25
	1b				25
2	2a	----	----	63	25
	2b				25
3	3a	----	----	63	35
	3b				35
4	4a	----	----	63	35
	4b				35
5	5a	----	----	63	35
	5b				35
6	6a	----	----	63	35
	6b				35
7	7a	----	----	63	35
	7b				35
8	8a	----	----	63	35
	8b				35

La capacidad de los interruptores en su parte magnética, esta en función al valor de la corriente de cortocircuito; mientras que la parte térmica, esta en función a la corriente nominal de cada circuito, entonces:

$$I_{\text{magnética}} = f(I_{k2\phi})$$

$$I_{\text{térmica}} = f(I_n)$$

Se utilizaran los interruptores automático termomagneticos, la marca MEDEX, estos tiene una capacidad de corte de 10 KA; y en el caso de los fusible se utilizara el tipo DIAZED de la marca SIEMENS, que tiene un poder de corte ilimitado cuando la corriente nominal es de 25 a 63 A, y un poder de corte de 70 KA cuando la corriente nominal es de 80 a 100 A.

A continuación se dan los valores normalizados de los interruptores termomagneticos y fusibles para los circuitos de la red de alumbrado.

$I_{250} = 1.40$  (A) por luminaria  $\rightarrow$  2.22 (A) por derivación

Entonces se utilizara interruptores en todas las derivaciones:

Interruptor termomagnetico de 4 (A)

Los datos técnicos de los fusibles DIAZED son:

**Marca:** SIEMENS  
**Tensión nominal:** 500 V  
**Corriente nominal:** 2 a 100 A  
**Característica:** gL  
**Capacidad de ruptura para 200 V:**  
**In:** 2 a 63 A  $\rightarrow$  ilimitada  
**In:** 80 a 100 A  $\rightarrow$  70 KA

Los datos técnicos de los interruptores termomagneticos son:

**Marca:** SIEMENS  
**Tensión nominal:** 500 V  
**Corriente nominal:** 2 a 50 A (serie S)  
**Capacidad de ruptura:** 10 KA  
**Corriente nominal:** 50 a 63 A (serie L7)  
**Capacidad de ruptura:** 15 KA

#### 4.6.4 Seccionador – fusible.

Su objetivo es de interrumpir corriente de cortocircuito a través del fusible.

Entonces se utilizaran fusibles del tipo “K”, por ser rápidos en su tiempo de fusión.

Los fusibles se dimensionaran de acuerdo a la potencia nominal del transformador en

el lado primario (6.6 KV). La corriente nominal del fusible será igual a la corriente nominal del primario del transformador, entonces se tiene la siguiente tabla:

**TABLA 4.10 Corrientes nominales de los fusibles tipo “K”**

CIRCUITO	SNT (KVA)	INP (A)	FUSIBLE
1	15	2.17	3K
2	15	2.17	3K
3	15	2.17	3K
4	15	2.17	3K
5	15	2.17	3K
6	15	2.17	3K
7	15	2.17	3K
8	15	2.17	3K

Características del seccionador-fusible tipo “K”, para los puestos de transformación es:

<p><b>Marca:</b> A. B. CHANCE</p> <p><b>Tipo:</b> STANDARD TIPO C</p> <p><b>Tensión nominal:</b> 15 (KV)</p> <p><b>Corriente nominal continua:</b> 100 (A)</p> <p><b>Capacidad de interrupción:</b> 8 (KA)</p> <p><b>BIL:</b> 95 (KV)</p>
---

#### 4.6.5 Pararrayos.

Los pararrayos protegen las instalaciones contra sobre tensiones de origen atmosférico. Para la elección del pararrayos se consideran los siguientes aspectos:

- Tensión de extinción.
- Tensión máxima de la red.
- Tipo de la red que puede ser: puesta a tierra rígida, puesta a tierra a través de resistencia o red aislada.
- Corriente nominal de descarga.

- Altura de instalación.
- Tensión de descarga.

Los pararrayos se instalarán entre fase y tierra en los puestos de transformación, para ello se elige el pararrayo Dyna Var, cuyas características son:

**Marca:** OHIO BRASS COMPANY  
**Tensión nominal:** 9 KV  
**Tipo:** Dyna Var metal-oxide  
**Tensión de descarga máxima con onda de impulso de 8\*20 useg:** 25 KV  
**Corriente nominal descarga:** 5 KA  
**BIL:** 95 KV

La sección del conductor que va desde el pararrayos a tierra viene dado por:

$$S = 24 + 0.4 * Vn$$

donde:

S = Sección del conductor de cobre (mm<sup>2</sup>).

Vn = Voltaje nominal del pararrayos (KV)

$$S = 24 + 0.4 * 9 = 27.6 (mm^2) \rightarrow S = 30 (mm^2)$$

#### 4.7. Equipos de medición.

Se considera que la medición es asunto exclusivo de la empresa suministradora de energía, en este caso COOPELEC. Según la empresa el equipo de medición se instala en función a la carga instalada, que puede estar en el lado de alta o en el lado de baja tensión. Se sugiere lo siguiente:

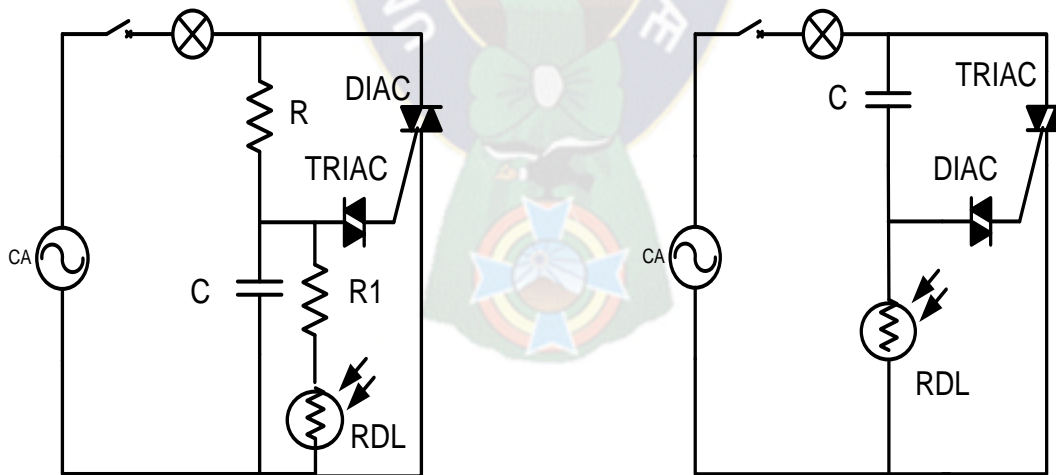
- Medición individual para cada puesto de transformación en el lado de baja tensión.



#### 4.8. Control de encendido de las luminarias.

Cada lámpara deberá contar con su respectiva fotocélula, ubicada en su parte superior, vale decir que tendrá su equipo de encendido individualmente.

En esta parte el elemento fotosensible o fotocélula, actúa cuando la luz incide sobre la superficie fotosensible dando lugar a una disminución de la resistencia de la fotocélula e impidiendo el incremento de la tensión del condensador de disparo; en consecuencia no se alcanza la tensión de cebado del diac, y todo el circuito se mantiene inactivo durante ese tiempo. Si la luz no incide sobre la fotocélula, la tensión disminuye hasta cierto nivel o desaparece totalmente; la fotocélula se desactiva aumentando bruscamente su resistencia interna y en consecuencia el condensador del circuito RC inicia su carga hasta alcanzar la tensión de disparo del diac poniendo al triac en estado de conducción, y haciendo que todo el sistema de iluminación se ponga en funcionamiento.



a) Apagar

b) Encender

**FIG.4.11 Circuito de control de iluminación (fotocélula)**

#### 4.9. Ampliación de la red primaria de distribución.

Para iluminar la variante ciudad de Tupiza se requiere que exista la red primaria, es por eso, que se recomienda la ampliación de la red para los puestos de transformación que se tiene calculado y que lo requieran. Según el plano de la eléctrico de la COOPELEC, donde existen líneas adyacentes a la avenida, se medirá la longitud del ultimo punto existente de la línea hasta el puesto de transformación calculado anteriormente, además se indicara los tipos de estructuras a utilizarse, tomando en cuenta el vano promedio de 50 a 60 metros para la red primaria, según COOPELEC.

Los planos de las estructuras se pueden apreciar en el ANEXO G.

A continuación se detallan en la tabla las siguientes longitudes requeridas de los circuitos que necesitan ampliación y tipos de estructuras a utilizarse.

**TABLA 4.11 Ampliación de la red primaria de distribución**

<b>CIRCUITO</b>	<b>LUNGITUD (m)</b>	<b>E.D.P.</b>	<b>E.D.P.C.A</b>	<b>E.C.D.D</b>	<b>E.D.PD.R</b>	<b>E.P.D.T</b>
<b>1</b>	-	-	-	-	-	<b>1</b>
<b>2</b>	-	-	-	-	-	<b>1</b>
<b>3</b>	-	-	-	-	-	<b>1</b>
<b>4</b>	<b>460</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	-	-	<b>1</b>
<b>5</b>	<b>240</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	-	-	<b>1</b>
<b>6</b>	-	-	-	-	-	<b>1</b>
<b>7</b>	-	-	-	-	-	<b>1</b>
<b>8</b>	-	-	-	-	-	<b>1</b>

E.D.P: Estructura de paso

E.D.P.C.A: Estructura de paso con ángulo

E.C.D.D: Estructura cambio de dirección.

E.D.P.D.R: Estructura de paso doble remate.

E.P.D.T: Estructura puesto de transformación.

La sección del conductor de la red primaria normalizada para las derivaciones es de 2 AWG de aluminio.

#### **4.10. Compensación del factor de potencia**

Para la compensación del factor de potencia y la reducción de armónicos en el sistema eléctrico de iluminación de la variante ciudad de Tupiza se utilizarán condensadores eléctricos estáticos ya que es el medio más simple para producir potencia reactiva, y la única forma de reducir el efecto de las perturbaciones electromagnéticas que se deberán tomar las precauciones en la instalación de cables y aparatos.

Sin embargo, cuando en una instalación hay una potencia instalada importante de aparatos electrónicos, las distorsiones en la forma de onda debido a las armónicas introducidas por ellos en la red pueden perforar el dieléctrico de los condensadores.

La correcta instalación y elección de filtros y condensadores nos evitara consecuencias desagradables y así podemos garantizar la continuidad del servicio.

##### **4.10.1. Dimensionamiento del banco de capacitores en el sistema eléctrico de iluminación.**

En el dimensionamiento del banco de capacitores para mejorar el factor de potencia en el sistema eléctrico de iluminación debemos tomar en cuenta la energía activa y reactiva que consume la instalación, así podemos calcular la potencia necesaria (KVAR) que deben tener los condensadores para lograr la compensación deseada.

### Calculo de capacitores.

A continuación se indica los valores calculados de la potencia del banco de condensadores necesarios para compensar el factor de potencia del sistema eléctrico de iluminación.

- Potencia Aparente:  $S = V \times I$  (KVA)
- Potencia Activa:  $P = V \times I \times \text{Cos}\phi$  (KW)
- Potencia reactiva:  $Q = S \times \text{Sen}\phi$  (KVAr)

#### Circuito 1:

Según datos obtenidos de la tabla 4.2 y 4.3 tenemos:

$$S = 11,838 \text{ KVA} \quad P = 7,75 \text{ KW}$$

Según tablas que se pueden apreciar en el ANEXO G

$$\text{Cos}\phi_{\text{inicial}} = 0,6 \quad \text{Cos}\phi_{\text{final}} = 0,9$$

Consultado la tabla obtenemos un coeficiente  $C = 0,849$

Entonces la potencia de la batería será:

$$Q_c = P \times C = 7,75 \times 0,849 = 6,6 \text{ KVAr}$$

$$\text{Mas próximo es } Q_c = 10 \text{ KVAr}$$

#### Circuito 2:

Según datos obtenidos de la tabla 4.2 y 4.3 tenemos:

$$S = 11,456 \text{ KVA} \quad P = 7,5 \text{ KW}$$

Según tablas que se pueden apreciar en el ANEXO G

$$\text{Cos}\phi_{\text{inicial}} = 0,6 \quad \text{Cos}\phi_{\text{final}} = 0,9$$

Consultado la tabla obtenemos un coeficiente  $C = 0,849$

Entonces la potencia de la batería será:

$$Q_c = P \times C = 7,5 \times 0,849 = 6,4 \text{ KVAR}$$

Mas próximo es  $Q_c = 10 \text{ KVAR}$

### **Circuito 3:**

Según datos obtenidos de la tabla 4.2 y 4.3 tenemos:

$$S = 14,511 \text{ KVA} \quad P = 9.5 \text{ KW}$$

Según tablas que se pueden apreciar en el ANEXO G

$$\text{Cos}\phi_{\text{inicial}} = 0,6 \quad \text{Cos}\phi_{\text{final}} = 0,9$$

Consultado la tabla obtenemos un coeficiente  $C = 0,849$

Entonces la potencia de la batería será:

$$Q_c = P \times C = 9,5 \times 0,849 = 8 \text{ KVAR}$$

Mas próximo es  $Q_c = 10 \text{ KVAR}$

### **Circuito 4:**

Según datos obtenidos de la tabla 4.2 y 4.3 tenemos:

$$S = 14,511 \text{ KVA} \quad P = 9.5 \text{ KW}$$

Según tablas que se pueden apreciar en el ANEXO G

$$\text{Cos}\phi_{\text{inicial}} = 0,6 \quad \text{Cos}\phi_{\text{final}} = 0,9$$

Consultado la tabla obtenemos un coeficiente  $C = 0,849$

Entonces la potencia de la batería será:

$$Q_c = P \times C = 9,5 \times 0,849 = 8 \text{ KVAR}$$

Mas próximo es  $Q_c = 10 \text{ KVAR}$

### **Circuito 5:**

Según datos obtenidos de la tabla 4.2 y 4.3 tenemos:

$$S = 14,511 \text{ KVA} \quad P = 9.5 \text{ KW}$$

Según tablas que se pueden apreciar en el ANEXO G

$$\text{Cos}\varphi_{\text{inicial}} = 0,6 \quad \text{Cos}\varphi_{\text{final}} = 0,9$$

Consultado la tabla obtenemos un coeficiente  $C = 0,849$

Entonces la potencia de la batería será:

$$Q_c = P \times C = 9,5 \times 0,849 = 8 \text{ KVAr}$$

Mas próximo es  $Q_c = 10 \text{ KVAr}$

#### **Circuito 6:**

Según datos obtenidos de la tabla 4.2 y 4.3 tenemos:

$$S = 14,511 \text{ KVA} \quad P = 9.5 \text{ KW}$$

Según tablas que se pueden apreciar en el ANEXO G

$$\text{Cos}\varphi_{\text{inicial}} = 0,6 \quad \text{Cos}\varphi_{\text{final}} = 0,9$$

Consultado la tabla obtenemos un coeficiente  $C = 0,849$

Entonces la potencia de la batería será:

$$Q_c = P \times C = 9,5 \times 0,849 = 8 \text{ KVAr}$$

Mas próximo es  $Q_c = 10 \text{ KVAr}$

#### **Circuito 7:**

Según datos obtenidos de la tabla 4.2 y 4.3 tenemos:

$$S = 14,511 \text{ KVA} \quad P = 9.5 \text{ KW}$$

Según tablas que se pueden apreciar en el ANEXO G

$$\text{Cos}\varphi_{\text{inicial}} = 0,6 \quad \text{Cos}\varphi_{\text{final}} = 0,9$$

Consultado la tabla obtenemos un coeficiente  $C = 0,849$

Entonces la potencia de la batería será:

$$Q_c = P \times C = 9,5 \times 0,849 = 8 \text{ KVAr}$$

Mas próximo es  $Q_c = 10 \text{ KVAr}$

**Circuito 8:**

Según datos obtenidos de la tabla 4.2 y 4.3 tenemos:

$$S = 14,511 \text{ KVA} \quad P = 9.5 \text{ KW}$$

Según tablas que se pueden apreciar en el ANEXO G

$$\text{Cos}\phi_{\text{inicial}} = 0,6 \quad \text{Cos}\phi_{\text{final}} = 0,9$$

Consultado la tabla obtenemos un coeficiente  $C = 0,849$

Entonces la potencia de la batería será:

$$Q_c = P \times C = 9,5 \times 0,849 = 8 \text{ KVAR}$$

Más próximo es  $Q_c = 10 \text{ KVAR}$

**TABLA 4.12 Banco de capacitores del sistema eléctrico de iluminación**

Circuito	Qc (KVAR) Calculado	Qc (KVAR) Normalizado
1	6,6	10
2	6,4	10
3	8	10
4	8	10
5	8	10
6	8	10
7	8	10
8	8	10



## CAPITULO 5

### CALCULO DE LAS ESTRUCTURAS

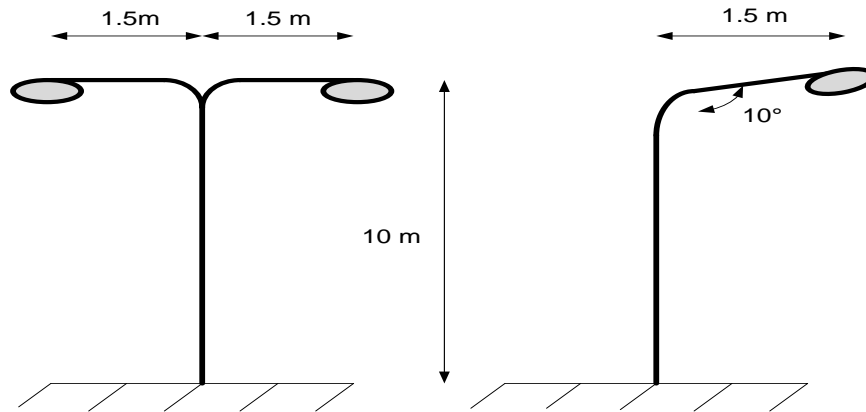
#### 5.1 Introducción.

Las estructuras metálicas ó postes, que hacen de soporte de las luminarias del alumbrado serán de acero que pueden ser trefilados y/o soldados, y tendrán la forma telescópica por razones mecánicas y económicas. En todos los casos los postes deben presentar buena resistencia a las solicitaciones mecánicas (empuje del viento, peso de la luminaria, etc.) y a la corrosión, si se hace el tratamiento adecuado para prevenir esa situación.

En función al calculo luminotécnico realizado en el capitulo 4, se darán las dimensiones propuestas de los postes telescópicos a utilizar.

**Altura total del h = 10 (m)**  
**Longitud del brazo = 1.5 (m)**  
**Diámetros:**  
**Tramo 1 = 2"; e = 0.64 (cm)**  
**Tramo 2 = 3", e = 0.95 (cm)**  
**Tramo 3 = 4"; e = 1.27 (cm)**

Se utilizaran postes doble brazo y postes simple brazo en la variante; como la distribución de la energía será de forma subterránea, los postes no serán empotrados, los serán emperrados a través de una base o plancha con la fundación correspondiente.



**FIG: 5.1 Postes doble brazo y simple brazo**

## 5.2 Esfuerzo axial. [7]

Esta componente corresponde a la acción de empujar que representa a una fuerza de compresión que tiene al cortarlo. Entre estas fuerzas se tienen: el peso del brazo o brazos, peso de las luminarias y además del peso de la nieve o granizo.

Este análisis se hace para que el poste, bajo la acción de de las cargas (fuerzas mencionadas anteriormente) no se rompa por flexión lateral o pandeo ante una carga mucho menor que la necesaria para romperla por aplastamiento.

Se tiene:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

donde:

$\sigma$  = Esfuerzo de compresión (Kg/cm<sup>2</sup>)

P = Esfuerzo axial o vertical (Kg.)

A = Área de la sección transversal (cm<sup>2</sup>)

El peso del tubo de acero en cualquier tramo es:

$$Pd = \frac{\pi}{4} h(D^2 - d^2) * \rho$$

donde:

$h$  = Longitud del tramo (cm)

$D$  = Diámetro extremo del tubo (cm)

$d$  = Diámetro interno del tubo (cm)

$\rho$  = Densidad del acero ( $7.85 \cdot 10^{-3}$  Kg/cm<sup>3</sup>)

### Tramo 1.

$P_1$  = Peso de los brazos + peso de las luminarias + peso del granizo

$$P_1 = P_b + P_l + P_n$$

$$P_b = \pi/4(50 + 157 + 50)(5.72^2 + 5.08^2) * 7.80 * 10^{-3} = 19.77(\text{Kg})$$

$$P_l = 2 * 20 = 40(\text{Kg})$$

$$P_n = 2(\text{Kg})$$

$$\rightarrow P_1 = 19.77 + 40 + 2 = 61.77(\text{Kg})$$

$$\rightarrow \sigma_1 = 61.77/5.43 = 11.38(\text{Kg/cm}^2)$$

Tiene de cumplirse que:

$$\sigma = \leq \sigma_{adm}$$

donde:

$\sigma_{adm}$  = esfuerzo admisible de compresion (2299 Kg/cm<sup>2</sup> para el acero A36)

$$\rightarrow 11.38 \leq 2299 \rightarrow \text{¡ cumple la condicion!}$$

### Tramo 2:

$$P_2 = P_{\text{tubo}} + P_2$$

$$P_{\text{tubo}} = \pi/4 (150)(5.72^2 - 5.08^2) * 7.85 * 10^{-3} = 6.39(\text{Kg})$$

$$\rightarrow P_2 = 6.39 + 61.77 = 68.16(\text{Kg})$$

$$\rightarrow \sigma_2 = 68.16/5.43 = 12.55(\text{Kg/cm}^2)$$

Tiene que cumplirse que:

$$\sigma = \leq \sigma_{adm}$$

donde:

$\sigma_{adm}$  = esfuerzo admisible de compresion (2299 Kg/cm<sup>2</sup> para el acero A36)

→ **12.55 ≤ 2299** → ¡ cumple la condicion!

**Tramo 3:**

$$P_3 = P_{tubo} + P_3$$

$$P_{tubo} = \pi/4 (300)(8.57^2 - 7.62^2) * 7.85 * 10^{-3} = 28.53(\text{Kg})$$

$$\rightarrow P_2 = 28.53 + 68.16 = 96.69(\text{Kg})$$

$$\rightarrow \sigma_3 = 96.69/15.38 = 6.29(\text{Kg/cm}^2)$$

Tiene que cumplirse que:

$$\sigma = \leq \sigma_{adm}$$

donde:

$\sigma_{adm}$  = esfuerzo admisible de compresion (2299 Kg/cm<sup>2</sup> para el acero A36)

→ **6.29 ≤ 2299** → ¡ cumple la condicion!

**Tramo 4:**

$$P_4 = P_{tubo} + P_4$$

$$P_{tubo} = \pi/4 (400)(11.43^2 - 10.16^2) * 7.85 * 10^{-3} = 67.62(\text{Kg})$$

$$\rightarrow P_4 = 67.62 + 96.69 = 164.31(\text{Kg})$$

$$\rightarrow \sigma_4 = 164.31/21.53 = 7.63(\text{Kg/cm}^2)$$

Tiene que cumplirse:

$$\sigma = \leq \sigma_{adm}$$

donde:

$\sigma_{adm} =$  esfuerzo admisible de compresion (2299 Kg/cm<sup>2</sup> para el acero A36)

→  $7.63 \leq 2299$  → ¡ cumple la condicion!

### 5.3 Esfuerzo cortante. [8]

El esfuerzo cortante es producido por fuerza que actúa paralelamente al plano que las resiste, en este caso, fuerzas horizontales como es principalmente la fuerza del viento sobre la estructura.

La velocidad máxima del viento  $v$  en la zona es:

$$v = 60(\text{km/h}) = 16.67(\text{m/sg})$$

La presión estática  $q$  del viento es:

$$q = v^2/16 = 16.67^2/16 = 17.36(\text{kg/m}^2)$$

La carga  $w$  debida al viento

$$w = c * q$$

donde:

$c =$  coeficiente que depende de la forma de construcción = 1.2 (forma cilíndrica)

#### Presión del viento sobre las luminarias:

$$w_l = 2 * c * q * S_l = 2 * 1.2 * 17.36 * 0.1 = 4.17(\text{kg})$$

#### Presión del viento sobre los brazos:

$$w_b = 2 * c * q * S_b = 2 * 1.2 * 17.36 * 0.09 = 3.75(\text{kg})$$

#### Presión del viento sobre el tramo 1:

$$w_1 = c * q * S_1 = 1.2 * 17.36 * 0.09 = 1.87(\text{kg})$$

#### Presión del viento sobre el tramo 2:

$$w_2 = c * q * S_2 = 1.2 * 17.36 * 0.026 = 5.42(\text{kg})$$

**Presión del viento sobre el tramo 3:**

$$w_3 = c * q * S_3 = 1.2 * 17.36 * 0.46 = 9.58(\text{kg})$$

**Luego se halla el momento máximo en cada tramo.**

**Momento sobre los brazos y luminarias:**

$$M(b + 1) = (w_l + w_b) * h = (4.17 + 3.75) * 1 = 7.92(\text{kg} - \text{m})$$

**Momento sobre el tramo 1:**

$$M_1 = w_1 * h = 1.87 * 2 = 3.74(\text{kg} - \text{m})$$

**Momento sobre el tramo 2:**

$$M^2 = w_2 * h = 5.42 * 3 = 16.26(\text{kg} - \text{m})$$

**Momento sobre el tramo 3:**

$$M^3 = w^3 * h = 9.58 * 4 = 38.32(\text{kg} - \text{m})$$

Luego se calcula el esfuerzo máximo con la formula:

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{S}$$

donde:

M = momento máximo en cada tramo (Kg-cm)

S = Modulo de resistencia (cm<sup>3</sup>)

$$S = \frac{\pi}{4R} (R^4 - r^4)$$

Esfuerzo máximo sobre los brazos y luminarias:

$$\sigma_{(b+1)} = 7.92 * 100/7.12 = 111.24(\text{kg}/\text{cm}^2)$$

Esfuerzo máximo sobre el tramo 1:

$$\sigma_1 = 3.74 * 100/7.12 = 52.11(\text{kg}/\text{cm}^2)$$

Esfuerzo máximo sobre el tramo 2:

$$\sigma_2 = 16.26 * 100/23.17 = 70.18(\text{kg}/\text{cm}^2)$$

Esfuerzo máximo sobre el tramo 3:

$$\sigma_3 = 38.32 * 100/55.08 = 69.57(\text{kg}/\text{cm}^2)$$

El esfuerzo máximo total será:

$$\sigma_{\text{max}} = 111.24 + 52.11 + 70.18 + 69.57 = 303.1(\text{kg}/\text{cm}^2)$$

→ **303.1 ≤ 2299** → ¡ cumple la condicion!

#### 5.4 Fundaciones. [9]

Se calculara la fundación o cimiento que requiera el poste telescópico, que sirva de base para el mismo. La base será de hormigón, y las dimensiones propuestas son:

$$A = 0.5 \text{ (m)} \rightarrow \text{Ancho}$$

$$B = 0.5 \text{ (m)} \rightarrow \text{Largo}$$

$$C = 0.9 \text{ (m)} \rightarrow \text{Profundidad}$$

Entonces el área requerida por la base es:

$$Ar = \frac{P}{q_a}$$

Donde:

Ar = Área requerida por la base (m<sup>2</sup>).

P = Carga total, que incluye el peso del cimiento menos el peso de la tierra extraída (Kg).

q<sub>a</sub> = Capacidad portante del suelo = 10 (t/m<sup>2</sup>).

El peso total o carga total es:

$$P = P_L + P_P + P_N + P_{\text{acc}} + P_H + P_T$$

donde:

P<sub>L</sub> = Peso de las luminarias



$P_P$  = Peso del poste (Kg).

$P_N$  = Peso de la Nieve (Kg).

$P_{acc}$  = Peso de los accesorios (Kg).

$P_H$  = Peso del hormigón (Kg) =  $V * \gamma_H$

$V$  = Volumen del hormigón ( $m^3$ )

$\gamma_H$  = Peso específico del hormigón ( $2400 \text{ Kg}/m^3$ ).

$P_T$  = Peso de la tierra extraída (Kg).

$V$  = Volumen del hormigón ( $m^3$ ).

$\gamma_T$  = Peso específico de la tierra ( $2000 \text{ Kg}/m^3$ ).

$$\rightarrow P = 2 * 20 + 164.31 + 2 + 2 + 0.5 * 0.5 * 0.9 * 2400 + 0.5 * 0.5 * 0.7 * 2000 = 298.3(\text{kg})$$

$$\rightarrow Ar = \frac{298.3}{10} = 0.028(m^2)$$

Esto significa que un área de  $17\text{cm} * 17\text{cm}$  sería la adecuada, pero la base propuesta de  $50\text{cm} * 50\text{cm}$  es suficiente.

La caja de conexión por donde irán los conductores a las luminarias. ANEXO I

## CAPITULO 6

### ANALISIS COSTO-BENEFICIO

#### 6.1 Costo total del alumbrado publico.

Se realizara análisis del costo total del alumbrado en la Variante ciudad de Tupiza, a través del análisis de precios unitarios de Item, y los materiales que se utilizaran en cada actividad esto incluye gastos generales (10%), utilidades (10%) y el impuesto al valor agregado (13%).

Las actividades o ítems a realizarse son:

Ítem 1: Replanteo topográfico.

Ítem 2: Excavación de hoyos.

Ítem 3: Colocación de cimientos.

Ítem 4: Empotramiento de postes.

Ítem 5: Instalación de luminarias y cableado.

Ítem 6: Instalación de los puestos de transformación.

No se toma en cuenta la aplicación de la red primaria de distribución en 6.6 KV, porque el proyecto no abarca dicha aplicación, pero se realizara el análisis del costo total de ampliación para conocimiento del mismo.

A continuación se tienen los siguientes ítems para el alumbrado público:

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Proyecto: <b>DISEÑO DE ILUMINACIÓN DE LA VARIANTE TUPIZA</b>			Fecha: Junio/12	
			Tipo de cambio:	
Item(1): REPLANTEO TOPOGRAFICO			Unidad: KM.	
Descripción del insumo / Parametro	Und.	Cantidad	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
<b>A. Materiales:</b>				
ESTACAS	Pza.	7,00	0,500	3,50
PINTURA	Lt.	0,15	31,500	4,73
<b>Costo de material</b>				<b>8,23</b>
<b>B. Mano de Obra:</b>				
TOPOGRAFO	hr	30,00	15	450,00
ALERIFE	hr	30,00	6,000	180,00
AYUDANTE	hr	30,00	3,000	90,00
				-
<b>Costo de mano de obra</b>				<b>720,00</b>
<b>C. Equipo y Maquinaria:</b>				
EQUIPO TOPOGRAFICO	hr	30,00	5,500	165,00
MOVILIDAD	hr	30,00	10,000	300,00
				0,00
				0,00
<b>Costo del equipo y maquinaria</b>				<b>465,00</b>
D. Herramientas Menores:		5 % de (B) =		36,00
E. Beneficios Sociales:		12 % de (B)=		86,40
F. Mano de obra Indirecta:		0% de (B) =		0,00
G. Total Materiales		(A) =		8,23
H. Total Mano de Obra:		(B+E+F) =		806,40
I. Total Equipo:		(C+D) =		501,00
<b>J. Parcial Item:</b>		<b>(G+H+I) =</b>		<b>1.315,63</b>
K. Gastos Generales:		10 % de (J) =		131,56
L. Utilidad:		10 % de (J) =		131,56
<b>M. Subtotal:</b>		<b>(J+K+L) =</b>		<b>1.578,75</b>
N. I.V.A:		13 % de (M) =		205,24
O. I.T.:		3 % de (M) =		47,36
<b>P. Total Item:</b>		<b>(M+N+O) =</b>		<b>1.831,35</b>

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Proyecto: <b>DISEÑO DE ILUMINACIÓN DE LA VARIANTE TUPIZA</b>		Fecha: Junio/12		
Item(2): EXCAVACIÓN DE HOYOS		Tipo de cambio:		
		Unidad: Glb.		
Descripción del insumo / Parametro	Und.	Cantidad	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
<b>A. Materiales:</b>				
GASOLINA	Lt.	20,00	3,80	76,00
<b>Costo del material</b>				<b>76,00</b>
<b>B. Mano de Obra:</b>				
EXCAVADORES	hr	120,00	8,00	960,00
AYUDANTES	hr	120,00	4,50	540,00
				-
				-
<b>Costo de mano de obra</b>				<b>1.500,00</b>
<b>C. Equipo y Maquinaria:</b>				
VEHICULO	hr	24,00	10,00	240,00
HERRAMIENTAS MENORES	hr	120,00	1,00	120,00
				0,00
				0,00
<b>Costo del equipo y maquinaria</b>				<b>360,00</b>
D. Herramientas Menores:	5 % de (B) =			75,00
E. Beneficios Sociales:	12% de (B)=			180,00
F. Mano de obra Indirecta:	0 % de (B) =			0,00
G. Total Materiales	(A) =			76,00
H. Total Mano de Obra:	(B+E+F) =			1680,00
I. Total Equipo:	(C+D) =			435,00
<b>J. Parcial Item:</b>	<b>(G+H+I) =</b>			<b>2191,00</b>
K. Gastos Generales:	10 % de (J) =			219,10
L. Utilidad:	10 % de (J) =			219,10
<b>M. Subtotal:</b>	<b>(J+K+L) =</b>			<b>2629,20</b>
N. I.V.A:	13 % de (M) =			341,80
O. I.T.:	3 % de (M) =			78,88
<b>P. Total Item:</b>	<b>(M+N+O) =</b>			<b>3049,87</b>

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Proyecto: <b>DISEÑO DE ILUMINACIÓN DE LA VARIANTE TUPIZA</b>		Fecha: Junio/11		
		Tipo de cambio:		
Item(3): COLOCACIÓN DE CIMIENTOS		Unidad: Glb.		
Descripción del insumo / Parametro	Und.	Cantidad	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
<b>A. Materiales:</b>				
CEMENTO	Bolsa	200,00	58,00	11600,00
ARENA	M3	24,20	60,00	1452,00
PIEDRA	M3	24,20	60,00	1452,00
GASOLINA	Lt.	50,00	3,80	190,00
<b>Costo del material</b>				<b>14694,00</b>
<b>B. Mano de Obra:</b>				
ALBAÑILES	hr	48,00	10,00	480,00
ALBAÑILES	hr	48,00	10,00	480,00
				-
				-
<b>Costo de mano de obra</b>				<b>960,00</b>
<b>C. Equipo y Maquinaria:</b>				
MESCLADORA	hr	48,00	20,00	960,00
MOVILIDAD	hr	48,00	10,00	480,00
				0,00
				0,00
<b>Costo del equipo y maquinaria</b>				<b>1440,00</b>
D. Herramientas Menores:		5 % de (B) =		48,00
E. Beneficios Sociales:		12% de (B)=		115,20
F. Mano de obra Indirecta:		0% de (B) =		0,00
G. Total Materiales		(A) =		14694,00
H. Total Mano de Obra:		(B+E+F) =		1075,20
I. Total Equipo:		(C+D) =		1488,00
<b>J. Parcial Item:</b>		<b>(G+H+I) =</b>		<b>17257,20</b>
K. Gastos Generales:		10 % de (J) =		1725,72
L. Utilidad:		10 % de (J) =		1725,72
<b>M. Subtotal:</b>		<b>(J+K+L) =</b>		<b>20708,64</b>
N. I.V.A:		13 % de (M) =		2692,12
O. I.T.:		3 % de (M) =		621,26
<b>P. Total Item:</b>		<b>(M+N+O) =</b>		<b>24022,02</b>

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Proyecto: <b>DISEÑO DE ILUMINACIÓN DE LA VARIANTE TUPIZA</b>		Fecha: Junio/12		
		Tipo de cambio:		
Item(4): EMPOTRAMIENTO DE POSTES		Unidad: Glb.		
Descripción del insumo / Parametro	Und.	Cantidad	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
<b>A. Materiales:</b>				
POSTES TELESCOPICOS DE 10m DOBLE BRAZO	Pzas.	114,00	1800,00	205200,00
POSTES TELESCOPICOS DE 10m SIMPLE BRAZO	Pzas.	61,00	1650,00	100650,00
PERNOS 3/4*20"	Pzas.	120,00	20,00	2400,00
<b>Costo del material</b>				<b>308250,00</b>
<b>B. Mano de Obra:</b>				
AYUDANTES	hr	96,00	10,00	960,00
AYUDANTES	hr	96,00	10,00	960,00
AYUDANTES	hr	96,00	10,00	960,00
				-
<b>Costo de mano de obra</b>				<b>2880,00</b>
<b>C. Equipo y Maquinaria:</b>				
GRUA	hr	96,00	40,00	3840,00
MOVILIDAD	hr	96,00	10,00	960,00
GASOLINA	Lt.	60,00	3,80	228,00
				0,00
<b>Costo del equipo y maquinaria</b>				<b>5028,00</b>
D. Herramientas Menores:	5 % de (B) =			144,00
E. Beneficios Sociales:	12 % de (B)=			345,60
F. Mano de obra Indirecta:	0 % de (B) =			0,00
G. Total Materiales	(A) =			308250,00
H. Total Mano de Obra:	(B+E+F) =			3225,60
I. Total Equipo:	(C+D) =			5172,00
<b>J. Parcial Item:</b>	<b>G+H+I) =</b>			<b>316647,60</b>
K. Gastos Generales:	10 % de (J) =			31664,76
L. Utilidad:	10 % de (J) =			31664,76
<b>M. Subtotal:</b>	<b>(J+K+L) =</b>			<b>379977,12</b>
N. I.V.A:	13 % de (M) =			49397,03
O. I.T.:	3 % de (M) =			11399,31
<b>P. Total Item:</b>	<b>(M+N+O) =</b>			<b>440773,46</b>

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Proyecto: <b>DISEÑO DE ILUMINACIÓN DE LA VARIANTE TUPIZA</b>			Fecha: Junio/12	
			Tipo de cambio:	
Item(5): <b>INSTALACIÓN DE LUMINARIAS Y CABLEADO</b>			Unidad: Glb.	
Descripción del insumo / Parametro	Und.	Cantidad	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
<b>A. Materiales:</b>				
LUMINARIAS DE 250 W HPS	Pzas.	289,00	1900,00	549100,00
CONDUCTOR BIPOLAR DE Cu 10 AWG	M	4.250,00	7,00	29750,00
CONDUCTOR BIPOLAR DE Cu 1/0 AWG	M	7.500,00	40,00	300000,00
INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO DE 4A	Pzas.	175,00	95,00	16625,00
DUCTO DE PVC DE 2"	M	7.500,00	9,00	67500,00
CAMARAS DE DERIVACIÓN 12*12*5 cm	Pzas.	175,00	12,00	2100,00
<b>Costo del material</b>				<b>965075,00</b>
<b>B. Mano de Obra:</b>				
AYUDANTE	Hrs.	96,00	10,00	960,00
AYUDANTE	Hrs.	96,00	10,00	960,00
AYUDANTE	Hrs.	96,00	10,00	960,00
AYUDANTE	Hrs.	96,00	10,00	960,00
<b>Costo de mano de obra</b>				<b>3840,00</b>
<b>C. Equipo y Maquinaria:</b>				
GRUA	hr	96,00	40,00	3840,00
MOVILIDAD	hr	96,00	10,00	960,00
GASOLINA	Lt.	60,00	3,80	228,00
				0,00
<b>Costo del equipo y maquinaria</b>				<b>5028,00</b>
D. Herramientas Menores:	5 % de (B) =			192,00
E. Beneficios Sociales:	12 % de (B)=			460,80
F. Mano de obra Indirecta:	0 % de (B) =			0,00
G. Total Materiales	(A) =			965075,00
H. Total Mano de Obra:	(B+E+F) =			4300,80
I. Total Equipo:	(C+D) =			5220,00
<b>J. Parcial Item:</b>	<b>(G+H+I) =</b>			<b>974595,80</b>
K. Gastos Generales:	10 % de (J) =			97459,58
L. Utilidad:	10 % de (J) =			97459,58
<b>M. Subtotal:</b>	<b>(J+K+L) =</b>			<b>1169514,96</b>
N. I.V.A:	13 % de (M) =			152036,94
O. I.T.:	3 % de (M) =			35085,45
<b>P. Total Item:</b>	<b>(M+N+O) =</b>			<b>1356637,35</b>



## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Proyecto: <b>DISEÑO DE ILUMINACIÓN DE LA VARIANTE TUPIZA</b>		Fecha: Junio/12		
Item(6): <b>INSTALACIÓN DE PUESTO DE TRANSFORMACIÓN</b>		Tipo de cambio: Unidad: Glb.		
Descripción del insumo / Parametro	Und.	Cantidad	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
<b>A. Materiales:</b>				
TRANSFORMADOR MONOFASICO 15 KVA	Pzas.	8,00	6.500,00	52000,00
PARARRAYOS 9 KV, 5 KV	Pzas.	8,00	450,00	3600,00
SECCIONADOR FUSIBLE 15 KV	Pzas.	16,00	550,00	8800,00
FUSIBLE DIAZED 25	Pzas.	4,00	7,00	28,00
FUSIBLE DIAZED 35	Pzas.	12,00	9,00	108,00
FUSIBLE NEOZED DE 80 A	Pzas.	8,00	30,00	240,00
ACCESORIOS	Pzas.	22,00	25,00	550,00
<b>Costo del material</b>				<b>65326,00</b>
<b>B. Mano de Obra:</b>				
AYUDANTE	Hrs.	96,00	10,00	960,00
AYUDANTE	Hrs.	96,00	10,00	960,00
AYUDANTE	Hrs.	96,00	10,00	960,00
AYUDANTE	Hrs.	96,00	10,00	960,00
<b>Costo de mano de obra</b>				<b>3.840,00</b>
<b>C. Equipo y Maquinaria:</b>				
GRUA	hr	96,00	40,00	3840,00
MOVILIDAD	hr	96,00	10,00	960,00
GASOLINA	Lt.	60,00	3,80	228,00
				0,00
<b>Costo del equipo y maquinaria</b>				<b>5028,00</b>
D. Herramientas Menores:	5% de (B) =			192,00
E. Beneficios Sociales:	12% de (B)=			460,80
F. Mano de obra Indirecta:	0% de (B) =			0,00
G. Total Materiales	(A) =			65326,00
H. Total Mano de Obra:	(B+E+F) =			4.300,80
I. Total Equipo:	(C+D) =			5220,00
<b>J. Parcial Item:</b>	<b>(G+H+I) =</b>			<b>74.846,80</b>
K. Gastos Generales:	10% de (J) =			7.484,68
L. Utilidad:	10 % de (J) =			7.484,68
<b>M. Subtotal:</b>	<b>(J+K+L) =</b>			<b>89.816,16</b>
N. I.V.A:	13 % de (M) =			11.676,10
O. I.T.:	3 % de (M) =			2.694,48
<b>P. Total Item:</b>	<b>(M+N+O) =</b>			<b>104.186,75</b>

Haciendo un resumen de los precios unitarios de cada ítem se tiene.

**TABLA 6.1 Costo total de la red de alumbrado en la variante ciudad de Tupiza**

Descripción del ítem	Unid.	Cant.	P/U(Bs)	P/T (Bs)
Replanteo topográfico	Glb.	1.00	2035.66	2035.66
Excavación de hoyos	Glb.	1.00	3047.87	3047.87
Colocación de cimientos	Glb.	1.00	24.022,02	24022.02
Empotramiento de postes	Glb.	1.00	440773.41	440773.41
Instalación de luminarias y cableado	Glb.	1.00	1356637.35	1356637.35
Instalación de puesto de transformación	Glb.	1.00	104186.75	104186.75
<b>TOTAL (Bs)</b>				<b>1.930.703,06</b>

El costo de la red de alumbrado público es:

**Costo total de la red de alumbrado: 1.930.703,06 Bs.**

## 6.2 Costo de ampliación de la red primaria en 6.6 Kv.

El costo total de la red primaria de distribución se hará de forma resumida, por no ser el tema central del presente proyecto. Se hace notar que se eligen postes de palma negra y hormigón de 10 m.

DETALLE	Und.	Cantidad	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
ESTRUCTURA DE PASO	Pza.	7,00	700,00	4.900,00
ESTRUCTURA DE PASO CON ANGULO	Pza.	3,00	910,00	2.730,00
ESTRUCTURA PUESTO DE TRANSFORMACIÓN	Pza.	8,00	1.944,00	15.552,00
CONDUCTOR 2 AWG ASCR	M.	3.000,00	9,00	27.000,00
<b>SUBTOTAL:</b>				<b>50182,00</b>
Mano de obra 10%				5.018,20
Gastos generales 10%				5.018,20
Utilidad 10%				5.018,20
I.V.A. 13 %				6.523,66
<b>TOTAL (Bs)</b>				<b>71.760,26</b>

\*En la instalación de las estructuras de los puestos de transformación, no se toma en cuenta la instalación de los pararrayos y seccionadores-fusibles, porque ya fueron tomados en cuenta en el ítem 6 del análisis de precios unitarios.

Con los que el costo total de la ampliación de la red primaria en 6.6 KV seria aproximadamente de:

**Costo total de la ampliación: 71.760,26**

### **6.3 Costo total de la red de alumbrado más la ampliación de la red primaria.**

El costo de la red de alumbrado público de la avenida más el costo total de la ampliación de la red primaria de distribución en 6.6 KV da lo siguiente:

$$\text{COSTO TOTAL} = 1.930.703,06 + 71.760,26 = 2.002.463,32 \text{ Bs.}$$

**COSTO TOTAL: 2.002.463,32 Bs.**

El anterior costo puede variar dentro de un margen de  $\pm 10\%$  por los motivos:

- Importación directa da como menor precio unitario.
- La compra al por mayor también resulta un menor precio unitario.
- El precio del dólar varía en el tiempo.
- Deben tomarse en cuenta los gastos imprevistos.

Con lo que el anterior costo total calculado, resulta ser una referencia aceptable.

#### **6.4 Costos de mantenimiento.**

En lo referente a la vida útil de las lámparas a utilizarse, estas tienen una vida media de 22000 horas, con factor de degradación final de 0.73; por lo que se recomienda cambiar las luminarias cada 5 años, según el análisis siguiente:

Promedio encendido = 12 horas/día = 4380 horas/año.

Vida útil de las lámparas = 22000 horas.

Cambio de lámpara =  $22000 / 4380 = 5.023$  años

**Cambio de lámparas: cada 5 años**

Se prevé que el 3% del total de las luminarias, sean motivo de reposición anual, específicamente hablando, las lámparas y fotocélulas, que son motivo de permanente falla. El costo de esos artefactos es el siguiente:

Costo de lámparas = 1.300,00 Bs

Costo de la fotocélula = 70,00 Bs

Ese 3% representa aproximadamente 8 luminarias, entonces el costo del remplazo de los artefactos es:

Costo de mantenimiento =  $8 (1.300,00 + 70,00) = 10.960,00$  Bs/año

**Costo de mantenimiento = 10.960,00 Bs/año**

Se recomienda hacer limpieza de la luminarias por lo menos una vez al año, para mantener el nivel de iluminación en optimas condiciones.

### **6.5 Costo de operación del alumbrado.**

El costo de operación de alumbrado, se refiere al costo de la energía consumida durante un año.

Considerando la tasa de alumbrado en la ciudad, según COOPELECT es:

Costo de alumbrado publico = 0.97 Bs/KWh

La potencia instalada en la red de alumbrado es:

Potencia instalada =72.25 KW

Si se supone que el alumbrado funcionara 12 hora/día, 4380/horas/año, entonces:

Costo de operación =  $72.25 \times 0.97 \times 4380 = 306.961,35$  Bs/año

**Costo de operación = 306.961,35 Bs/año**

### **6.6 Financiamiento.**

Como se sabe, existe fuentes internacionales de financiamiento como la Corporación Andina de Fomento y Banco de Desarrollo Interamericano entre otros, que están apoyando actualmente la realización de proyectos en el departamento de Potosí; en el caso presente el encargado de buscar el financiamiento respectivo es la Alcaldía Autónoma de Tupiza, que es la que se ocupada del alumbrado publico en el área citadina.

La alcaldía Autónoma de Tupiza tendrá qué movilizarse para conseguir recursos económicos par el financiamiento de este proyecto u otro que trate el mismo tema.

## **6.7 Evaluación de alternativas propuestas para el financiamiento de la red primaria.**

Los criterios que a continuación detallamos son los que se tomarán en cuenta para la selección.

- Existe disponibilidad local de la fuente energética
- Existe estabilidad y permanencia a largo plazo.
- La alternativa satisface el nivel de demanda cuantificada.
- El precio es asequible y se ajusta al servicio del alumbrado.

Se han identificado las siguientes alternativas económicamente factibles para la zona del proyecto.

- Extensión de la red primaria de la COOPELECT.
- Empleo de paneles fotovoltaicos.

### **6.7.1 Extensión de la red primaria de la COOPELECT.**

La COOPELECT es una cooperativa eléctrica que administra la distribución de energía eléctrica en la ciudad de Tupiza que une mediante sus líneas, varios distritos.

La posibilidad de electrificar la zona del proyecto, esta sujeta a la línea del circuito que es la más próxima al lugar, obviamente, luego de un análisis de capacidad de reserva de potencia, tanto de la subestación transmisora, como de los conductores empleados.

Las ventajas de este sistema son las siguientes:

- Continuidad del servicio.
- Amplio margen de utilización, de acuerdo a la carga conectada.
- Potencia firme apta para usos en proyectos.



- Capacidad de operación a cargo de la COOPELECT. Cooperativa que ya cuenta con experiencia de manejo de sistemas eléctricos.

### **6.7.2 Paneles fotovoltaicos.**

Para su implementación, se debe conocer, la radiación solar media, las horas de duración la temperatura ambiente media. Este recurso tiene gran dependencia con la ubicación geográfica del lugar.

La radiación solar es considerable, el promedio anual es de 5.22 KWh/m<sup>2</sup> y existen diferentes proyectos ejecutados que ya cuentan con energía eléctrica empleando paneles solares. Entre las ventajas destacan:

- Contaminación e impacto ambiental nulo.
- Bajo costo de operación y mantenimiento.

Tomando en cuenta todas las consideraciones, para la electrificación de los puestos de transformación del proyecto, se elige la alternativa de Extensión de Red.

### **6.8. Análisis Comparativo Con y Sin Proyecto.**

#### **A) Situación Sin Proyecto**

1) En la actualidad la carretera variante Tupiza, no cuenta con un sistema de iluminación eficiente de acuerdo a las expectativas de la actual generación, mismos que conllevan a una serie factores negativos, como la inseguridad ciudadana, poca visibilidad para los conductores de vehículos y peatones, lo más crítico los accidentes de tránsito.

2) A falta del alumbrado público, parcial o total en algunos casos, no existe emprendimientos económicos en la carretera variante Tupiza, lo que implica la migración a otros departamentos del país o en algunos casos al exterior en busca de mejores condiciones de vida.



3) En el desplazamiento sin proyecto, se observa que para el alumbrado público de la carretera variante Tupiza, se usan lámparas fluorescentes (lámparas de vapor de mercurio a baja presión), lo que significa que son ineficientes para el alumbrado de exteriores, básicamente por la influencia que ejerce la temperatura en su funcionamiento. Las características técnicas de este tipo de alumbrado se presentan en el siguiente cuadro.

<b>Tipo de Lámpara</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Flujo luminoso (Lm)</b>	<b>Eficacia sin Balasto (Lm/W)</b>	<b>Duración (Hrs.)</b>
Fluorescente	65	5.100	38-91	7.500

4) Con las características actuales de iluminación de la carretera variante Tupiza, no existe calidad de vida en relación al alumbrado público para los habitantes del tramo carretero, además al no existir el servicio básico del alumbrado público, se vulnera el derecho del vivir bien establecido en normas legales vigentes.

5) El tendido de línea actual existente es aéreo, lo que significa un deterioro de los conductores, inclusive antes de que concluya su vida útil esto implica un costo de mantenimiento con más frecuencia para el municipio de Tupiza.

6) El consumo de energía eléctrica medido a una determinada fecha es superior, al consumo de energía propuesto con proyecto, es decir los costos por consumo para el municipio de Tupiza son significativos si se utiliza lámparas fluorescentes, además la iluminación es inferior o deficiente respecto al que se propone en el proyecto.

7) Para visualizar la carretera los conductores de automóviles en todo el trayecto del proyecto utilizan las luces altas y bajas lo cual significa un consumo de energía y consecuentemente mayor gasto de operación.

## **B) Situación Con Proyecto**

1) El sistema de iluminación de la carretera, es un servicio básico de iluminación pública de las vías de circulación, que permitirá el desarrollo normal de actividades nocturnas. Además, sin duda el objeto subyacente del proyecto es minimizar los índices de inseguridad ciudadana, minimizar los índices por accidentes de tránsito, mejorar la visibilidad de los peatones y conductores de vehículos.

2) Con el asfaltado de la carretera, más aun con la implementación del proyecto del sistema de iluminación de la variante ciudad de Tupiza, permitirá generar nuevos emprendimientos económicos de actividades comerciales, industriales, servicios, mismos que permitirá mejores ingresos económicos, y en muchos casos la creación de fuentes de trabajo para los habitantes en general.

3) En el sistema de iluminación del proyecto se emplea tecnología moderna, utilizando luminarias de Sodio de Alta Presión con potencias adecuadas y en cantidades suficientes para lograr niveles de iluminación óptimos, para la iluminación del tránsito vehicular, peatonal; los que implica considerar los siguientes aspectos:

- Geometría de la zona a iluminar.
- Adecuada selección de luminaria.
- Selección del tipo de tecnología.
- Considerar una política de mantenimiento.

El tipo de luminaria que se considera en el proyecto se muestra en el cuadro siguiente:

Tipo de Lámpara	Potencia (W)	Flujo luminoso (Lm)	Eficacia sin Balasto (Lm/W)	Duración (Hrs.)
Vapor de Sodio de alta presión	250	27.500	70-130	24.000

Por lo tanto, en el diseño se debe buscar la optimización económica pensando en el corto plazo para la etapa de construcción del proyecto, de la siguiente forma:

Si el diseño incluye la separación entre postes para la instalación de luminarias, menos puntos luminosos será necesario instalar y la inversión será mas baja.

Pensando en el largo plazo, se debe garantizar el funcionamiento de todos los puntos luminosos instalados, por lo tanto, entre menos puntos existan, mas fácil será manejar las operaciones de reparaciones, porque las probabilidades de falla será mas bajas si existe menor cantidad de elementos instalados lo que implica bajar los costos de mantenimiento.

4) Con las características técnicas y el análisis de sensibilidad, el servicio básico del alumbrado público la carretera variante Tupiza, coadyuvará a la calidad de vida en relación al alumbrado público para los habitantes del tramo carretero, además al existir el servicio básico del alumbrado público, los habitantes del tramo carretero ejercerán su derecho a vivir bien.

5) El presente proyecto propone el tendido de línea subterránea, los que significa una vida útil razonable inclusive mayor a los estándares establecido, lo que representa un ahorro en los costos de mantenimiento para el municipio de Tupiza.

6) Ahorro de energía por los vehículos principalmente por la luz alta es significativo en todo el tramo del proyecto propuesto, lo que significa que los costos de mantenimiento de los acumuladores (Baterías) serán con menos frecuencia, para las

empresas de servicio público de taxis, micros, y particulares que circulan por este tramo carretero.

### **6.9. Evaluación del Impacto Ambiental.**

El presente proyecto considera solo el **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN “VARIANTE CIUDAD DE TUPIZA” DEPARTAMENTO POTOSI.** Es indudable que el alumbrado exterior es un logro que hace posible desarrollar múltiples actividades en la noche, pero es imprescindible iluminar de forma adecuada, evitando la emisión de luz directa a la atmosfera y empleando la cantidad de luz estrictamente necesaria.

Por tanto es posible aplicar medidas que manteniendo un correcto nivel de iluminación, llevaría a prevenir el problema de la contaminación lumínica, para lo cual se han tomado en cuenta los siguientes Programas de Prevención y Mitigación Ambiental para evitar impacto en los factores aire, agua, suelo, fauna y flora.

#### **PPM para evitar impacto en el factor aire**

- Impedir que la luz se emita por encima de la horizontal y dirigirla sólo allí donde es necesaria.
- Usar lámparas de espectro poco contaminante y gran eficiencia energética, preferentemente de vapor de sodio a baja presión (VSBP) o de vapor de sodio a alta presión (VSAP), con una potencia adecuada al uso.
- Iluminar exclusivamente aquellas áreas que lo necesiten, de arriba hacia abajo y sin dejar que la luz escape fuera de estas zonas.
- Ajustar los niveles de iluminación en el suelo a los recomendados por la Comisión Internacional de Iluminación.

- La electrificación a través de conductores, fenómeno que no produce efectos negativos al medio ambiente.
- La potencia requerida para electrificar la zona del proyecto es pequeña y no gravita en la necesidad de incorporar nuevas unidades de generación que pudieran sumarse a la emanación de CO<sub>2</sub> a la atmosfera, de manera que desde el punto de vista de un análisis del conjunto del SIN, será perfectamente absorbida (la potencia) por el factor de diversidad del sistema.

#### **PPM para evitar impacto en el factor agua**

- El área del proyecto se encuentra en una zona urbanizada, se caracteriza por tener el terreno relativamente plano, se evidencia la presencia del río Tupiza que atraviesa a unos 50 metros del límite posterior del terreno del proyecto. El mismo que no se verá afectado por las actividades que se realicen en el proyecto.
- Las estructuras se ubicaran fuera de cursos de agua.

#### **PPM para evitar impacto en el factor suelo**

- Control de la filtración de agua por medio de aterrados
- Las excavaciones requeridas para plantar los postes no generan alteraciones en el medio, puesto que se volverá a utilizar el material para el relleno.
- Remodelación de topografía alterada, de modo que se ajuste lo mas posible a lo natural

#### **PPM para evitar impacto en el factor flora**

- La zona de estudio se encuentra desprovista de su cubierta natural, toda vez que la vegetación original ha sido reemplazada en su mayoría por árboles de

eucaliptos y pastizales, se debe a su alta ocupación en la construcción de carreteras y viviendas que han dado origen a la degradación de los recursos naturales.

### **PPM para evitar impacto en el factor fauna**

- Como se indicó anteriormente, el área del proyecto se localiza en una zona ya urbanizada por lo tanto, el hecho de ser un área intervenida no se localizó animales de importancia significativa.

### **Paisaje Natural**

Con respecto al paisaje, cabe mencionar que por tratarse de una zona totalmente intervenida, ya sea en la construcción de vivienda y vías de acceso, etc., el paisaje ha perdido su encanto natural, sin embargo, el área de ubicación del proyecto presenta un atractivo paisaje turístico por la presencia del río Tupiza y la implementación de áreas verdes, lo que dará un atractivo visual importante.

### **CONCLUSIONES.**

Con lo expuesto anteriormente, se puede concluir que, tanto la construcción de la carretera “variante ciudad de Tupiza” como la iluminación de tal variante, es de vital importancia para los habitantes y estantes de la ciudad de Tupiza, ya que, se habrá dado un gran paso para lograr un mejor desarrollo para la ciudad y el departamento.

Fundamentalmente se debe considerar un aspecto importante como es:

Tráfico vehicular del transporte público interdepartamental, interprovincial y alto tonelaje.

Las percepciones visuales de los objetos, que en el presente caso tales objetos serán los vehículos, la calzada, peatones, etc. Se conseguirá un adecuado nivel



de iluminación a lo largo y ancho de la variante, previniendo de esta manera cualquier tipo de percance si se cumplen los factores enunciados anteriormente.

Se puede concluir que las lámparas de vapor de mercurio, vapor de sodio a baja presión y vapor de sodio a alta presión, son las más indicadas para su empleo en el alumbrado público. Entonces las lámparas de sodio a alta presión, por su buen rendimiento luminoso, buen rendimiento cromático y su larga duración, se elige su uso para la iluminación de la carretera “variante ciudad de Tupiza”.

Se deben cumplir todas las características enunciadas para que la instalación de las luminarias en la variante ciudad de Tupiza cumpla las normas emitidas por el C.I.E.

Se utilizarán luminarias de distribución asimétrica, para un mejor aprovechamiento del flujo luminoso, que a la vez deberá ser del tipo “Cut-off” o del tipo “Semi cut-off”.

El sistema de distribución propuesto es subterráneo, que por razones de estética y modernidad fundamentalmente se justifica, pero a la vez es mucho más costoso que el aéreo, particularmente en los conductores que necesariamente tiene que ser aislados y los ductos por donde irán los mismos.

Los diagramas unifilares de los circuitos correspondientes calculados anteriormente con todas sus características se tiene en el ANEXO H.



## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- [1] Manual de luminotecnia, OSRAM: Ed. Dossat - España
- [2] Re Vitorio, ILUMINACIÓN EXTERNA. Ed. Marcombo - España
- [3] Manual de alumbrado, PHILIPS. Ed. Paraninfo - España
- [4] Blanco Armengol, SISTEMAS ELECTRICOS DE DISTRIBUCIÓN
- [5] Conductores eléctricos termoplásticos, SIEMENS - Brasil
- [6] Seip Gunter, INSTALACIONES ELECTRICAS Ed. SIEMENS
- [7] Singer, RESISTENCIA DE MATERIALES. Ed. Haria - Mexico
- [8] Kalender-Beton, MANUAL TEORICO-PRÁCTICO DEL HORMIGON
- [9] Launder V. C., CIMIENTOS. Ed. Blume - España
- [10] LEYDEN, Ingeniería en capacitores - Argentina

