

1.-INTRODUCCIÓN.-

La iluminación vial consiste en proporcionar comodidad o confort para el tráfico vehicular y peatonal proporcionándole una adecuada visibilidad durante los días nublados, de nieblas y las noches. Para cumplir este propósito el sistema de iluminación vial debe cumplir tanto aspectos cuantitativos como cualitativos que permitan una rápida y confortable visibilidad en las condiciones medio ambientales más adversas.

En Bolivia las vías urbanas y carreteras de todo el país son vulnerables a accidentes de tránsito por la deficiente iluminación en las vías que incrementan la tasa de mortalidad en las carreteras es por esta razón que en 2010, gobiernos de todo el mundo, incluido el de Bolivia, proclamaron el Decenio de Acción para la Seguridad Vial (2011–2020), cuyo objetivo consiste en estabilizar, y reducir, la tendencia al aumento de las muertes por accidentes de tránsito. Para alcanzar el objetivo del Decenio, la OMS elaboró un Plan de Acción Mundial, el Informe sobre la situación mundial de la Seguridad vial 2013 sirve de referencia para el seguimiento al cumplimiento del Plan.

En Tarija las normas reguladoras de tránsito y la responsabilidad de los usuarios de la vía pública componen el principal punto en la seguridad vial., con el apoyo de estas reglamentaciones para el tránsito mejoramos las conductas humanas (Educación Vial) particulares o colectivas. Las autoridades departamentales competentes y promotores voluntarios deben llevar a cabo en forma permanente campañas, programas y cursos de Seguridad y educación vial.

El autor quiere realizar el estudio sobre la influencia del alumbrado vial en la seguridad vial Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés para poder analizar si este tramo carretero brinda la seguridad vial necesaria para el conductor y peatón, siendo un problema frecuente y sensible en la sociedad. El autor espera realizando

este trabajo que el índice de mortalidad de los accidentes baje considerablemente a través de un sistema de iluminación con condiciones técnicas óptimas.

El aporte teórico que el autor quiere brindar a la universidad y sociedad en su conjunto mediante la elaboración de este trabajo es contribuir y brindar en futuras investigaciones posteriores, aportes importantes en la universidad para poder mejorar la calidad de vida de la sociedad en general.

La aplicación práctica de este trabajo se realizara desde la Rotonda Héroes de la Tablada hasta la comunidad de San Andrés , siendo una vía conflictiva al existir volúmenes considerables de tráfico tanto conductores y peatones están expuestos a sufrir accidentes de tránsito careciendo de una adecuada iluminación vial.

La relevancia social que el autor pretende mediante este estudio es mejorar y crear conciencia de la seguridad vial en este tramo Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés, promoviendo alternativas de solución técnicamente viables en las zonas en estudio, por lo que la relevancia de este tema deberá orientarse no solo al conocimiento de las distintas señales, sino primordialmente respetando las indicaciones de estas señales y cuidando la iluminación en la vía entendiendo que se colocaron pensando en evitar accidentes promoviendo la seguridad para la vida humana, comodidad, confort para el tráfico vehicular y peatonal, por tal motivo , todo conductor e inclusive el peatón deben conocerlas, interpretarlas, acatarlas y contribuir a su conservación para mejorar la seguridad en la sociedad.

2.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.-

2.1.-ALUMBRADO VIAL.-

El mayor propósito de toda iluminación vial, aplicada a vías urbanas de todo tipo: aparcamientos, vías expresas, viaductos, etc., está en: promover la seguridad y comodidad o confort para el tráfico vehicular y peatonal proporcionándole una adecuada visibilidad durante los días nublados, de nieblas y las noches.

Para cumplir este propósito el sistema de iluminación vial debe cumplir tanto aspectos cuantitativos como cualitativos que permitan una rápida y confortable visibilidad en las condiciones medio ambientales más adversas.*

Hoy en día se sabe que los niveles luminosos y uniformidades deben expresarse en términos de luminancia, valor subjetivo percibido por el observador, pero la dificultad de manejar de una manera rápida los datos para calcular dichos valores, hace que sea necesario hablar de valores de luminancia. Además, la amplia gama de aparatos del mercado, permite solucionar todos los problemas que se presentan en alumbrado público, entendiendo como tal, el alumbrado de vías urbanas, accesos industriales, carreteras, viaductos.*

a).-Factores que contribuyen a una mayor visibilidad en la circulación nocturna.-

La visibilidad está mezclada directamente con todos los aspectos de la seguridad del tránsito. Los factores que fundamentalmente y de forma directa influyen en la visibilidad son:

- ❖ Brillantez de los objetos sobre o cerca de la vía.
- ❖ Brillantez de la superficie del pavimento.
- ❖ Tamaño e identificación de los objetos.
- ❖ El contraste entre un objeto y su medio circundante.

b).-Situaciones que requieren especial consideración de iluminación vial.-

No todos los problemas de iluminación vial que afronta un ingeniero consisten en la simple iluminación de una vía recta. Existen especiales situaciones, intersecciones, curvas, cruces de ferrocarril, puentes, pasos elevados, zonas de tuberías elevadas que requieren un tratamiento especial y sobre las que queremos dar algunos elementos a tener en cuenta durante el diseño de la iluminación vial.*

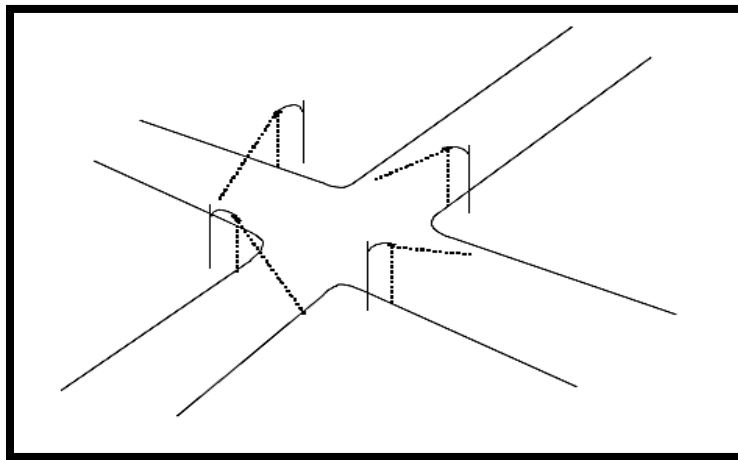
* *MANUAL SOCOLEC Iluminación de vías públicas.*

C.-Intersecciones.-

Durante las horas de iluminación natural las intersecciones constituyen unos de los puntos de mayores riesgos y peligrosidad en el tráfico vial, lo cual se aumenta durante la noche y nos obliga a proporcionar una iluminación que garantice una adecuada visibilidad en la intersección.*

Es recomendable que el nivel de iluminación de las intersecciones sea superior a la media del resto de la vía .En una intersección de vía urbana las luminarias deben colocarse de forma tal que garanticen la iluminación total de la intersección validando la dirección de la circulación según se muestra en la figura.*

Figura 1.-Iluminacion vial en Intersecciones

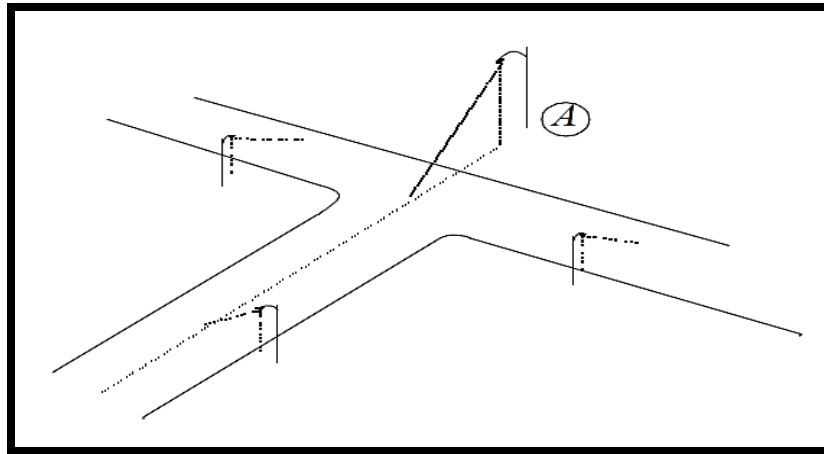


Fuente: Iluminación de vías públicas SOCOLEC

Cuando las intersecciones son en forma de T, es decir, que una de las dos vías de la intersección termina en ese punto, normalmente se requiere una mayor iluminación que para una intersección convencional. Es esencial la indicación para los choferes del punto de terminación de la vía. Por esta razón se ubica una luminaria (A) coincidente con el eje de la vía que termina y en el lado opuesto de la vía de intersección secundaria.*

* *MANUAL SOCOLEC Iluminación de vías públicas.*

Figura 2.- Intersección en forma de T



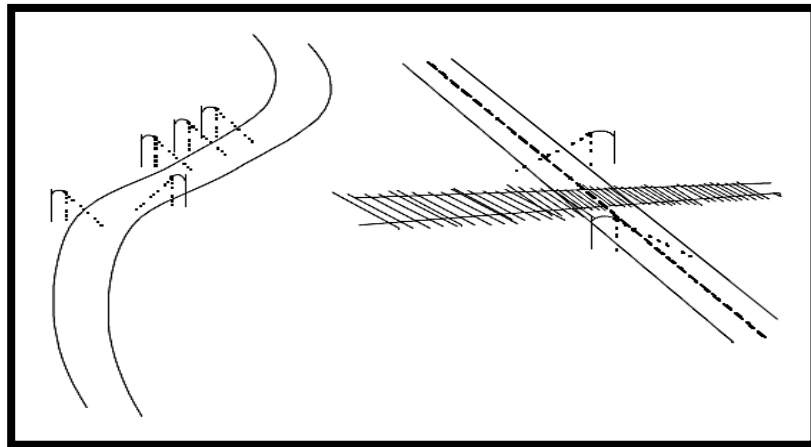
Fuente: Iluminación de vías públicas SOCOLEC

d).-Curvas.-

Las luminarias deben ser ubicadas a lo largo y en el borde externo de la curva para una mejor visibilidad en especial cuando el pavimento está húmedo.

Es práctico señalar las curvas y lugares de intersecciones mediante la ubicación de luminarias a ambos lados externos y con lámparas de color e intensidad diferentes al resto de los tramos rectos de las vías. Las luminarias de sodio, de bajo consumo y gran intensidad son comúnmente empleadas.*

Figura 3.- Ubicación de luminarias a ambos lados externos en curvas



Fuente: Iluminación de vías públicas SOCOLEC

e).-Cruces de ferrocarril.-

Los cruces ferroviarios deben estar correctamente señalizados. Se recomienda como mínimo la colocación de dos luminarias en el punto de cruce una a cada lado de la vía y no en posición opuesta. Ver esquema de la figura. Es importante que la iluminación de esta área permita apreciar cuándo está detenido o en marcha el ferrocarril. La distancia de las luminarias a la línea férrea debe ser una vez y media la altura de la luz de la lámpara.*

f).-Puentes, pasos a niveles y viaductos.-

El nivel de iluminación para las obras estructurales sobre-elevadas no debe ser diferente al resto de la vía y en correspondencia con el tráfico. En zonas industriales la iluminación de los puentes de tuberías y demás pasos por debajo de estructuras, se hacen con luminarias del tipo bajo (alumbrado de bajo nivel). Este tipo de alumbrado acrecienta la baja silueta y apariencia de los pasos superiores.*

g).-Parques o áreas arboladas.-

En muchas ocasiones tenemos que diseñar la iluminación de calles en interiores de parques o en zonas urbanizadas con árboles y es necesario tener en consideración, tanto para la implantación de las luminarias como para la iluminación en general la ubicación de los árboles y los efectos que los mismos producen sobre la dispersión y el efecto de sombras móviles del follaje sobre la vía.*

3.- JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE APLICACIÓN.-

La iluminación vial es un factor importante en la optimización de la visibilidad de la calzada por las noches, por lo tanto el sistema de iluminación en vías urbanas y carreteras debe encontrarse en condiciones óptimas de funcionamiento para garantizar la circulación segura en la vía.

* *MANUAL SOCOLEC Iluminación de vías públicas.*

La iluminación vial no es la misma en todas las vías, sin embargo cada una es un caso particular con requerimientos y características distintas que se debe tomar en cuenta para su diseño.

El estudio particular de la iluminación vial en un tramo específico es muy importante porque permite evidenciar sobre las condiciones de iluminancia que tiene la vía lo que permite tomar las acciones correctivas.

Por ello la iluminación de vías debe ser parte integral del proyecto vial, ya que ni las vías se diseñan basándose en la iluminación, ni la iluminación se debe simplemente adecuar a la vía, más bien deben complementarse a la hora de elaborar un proyecto.

Hoy en día la rápida evolución de las actividades económicas que existe en toda la zona del tramo, van generando un incremento considerable en el volumen de tráfico, esto se traduce en el requerimiento de contar con una vía más segura teniendo un sistema de iluminación óptimo, eficiente y de mejor calidad, para poder brindar una circulación cómoda visiblemente, aumentando la velocidad de recorrido, teniendo la reflectancia necesaria hacia las señales.

El estudio a realizar permitirá a las instituciones relacionadas con el alumbrado vial tener una referencia en cuanto a la iluminancia, su homogeneidad distribución y seguridad que tiene la vía.

Por lo tanto, la iluminación debe proporcionar seguridad a todos los usuarios de la vía, permitir a los conductores tener una buena visibilidad, proporcionar buena orientación, marcar el trazado de la vía, hacer especial hincapié en las zonas peligrosas y buenos niveles lumínicos en las zonas donde existe circulación de peatones.

Es importante considerar en el diseño del sistema de iluminación vial el diseño geométrico de la carretera, ya que la iluminación no se debe acomodar simplemente a la vía, si no debe ser parte integral del proyecto.

4.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.-

4.1.- SITUACIÓN PROBLÉMICA.-

Actualmente la vía Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés se ve seriamente afectada por la inseguridad vial que existe porque no tiene elementos de control del tráfico vehicular que tengan condiciones técnicas óptimas, no existe iluminación vial adecuada.

Este es un problema que es constante sumados a un deficiente mantenimiento haciendo que la seguridad de los conductores y peatones en esta vía esté en peligro. Existen señales en la vía que no son visibles incrementando el riesgo de accidentes.

Como en todas las ciudades de Bolivia, Tarija tiene un incremento del volumen de tráfico pesado, mediano y liviano, por tal motivo y por ser una zona turística la vía Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés se vuelve potencialmente insegura tanto para el conductor y peatón con probabilidades altas de ocasionar accidentes de tránsito.

Ante el incremento del volumen vehicular, congestionamiento, accidentes de tránsito, se hace indispensable buscar los mecanismos más eficientes para garantizar la seguridad vial siendo entre ellos indispensable una adecuada señalización (horizontal y vertical) y también un adecuado alumbrado vial donde ambos cumplan con las condiciones técnicas óptimas con el motivo de garantizar la circulación del peatón y del conductor, disminuyendo en gran medida los accidentes de tránsito en la vía Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés.

Durante la noche, la falta de luz en la mayor parte de la vía, unida a otros efectos asociados a los hábitos nocturnos (cansancio, consumo de alcohol), hace que la conducción resulte más peligrosa.

4.2.- PROBLEMA.-

¿Cuáles son las condiciones técnicas óptimas de iluminación y señalización vial que aumente la seguridad de la circulación vial y peatonal en la vía Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés?

5.- OBJETIVOS DEL PROYECTO DE APLICACIÓN.-

5.1.- OBJETIVO GENERAL.-

- Realizar un estudio que permita determinar la influencia que tiene la iluminación y señalización en la seguridad vial en la circulación vehicular y peatonal, en la vía Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés mediante condiciones técnicas óptimas, que aumenten la seguridad y visibilidad de los cambios o condiciones presentes en la calzada.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.-

Para alcanzar el objetivo general, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Analizar los aspectos relevantes sobre la seguridad vial en el tramo en estudio.
- Describir características técnicas, óptimas de la iluminación y señalización vial.
- Realizar la recopilación de la información en la vía Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés.
- Realizar las mediciones de luminosidad de las lámparas de toda la vía verificando si es segura la circulación.
- Realizar un relevamiento de iluminación y señalización en la vía Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés.
- Determinar la influencia que tiene la iluminación y señalización vial en el tráfico vehicular en la vía Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés.
- Proponer alternativas de mejoramiento en la zona en estudio a partir de precautelar la seguridad vial.
- Establecer conclusiones y recomendaciones.

6.- DISEÑO METODOLÓGICO.-

6.1.- COMPONENTES.-

➤ UNIDADES DE ESTUDIO Y DECISIÓN MUESTRAL.-

✓ **Unidad de Estudio:** *Iluminación en las vías*

La selección de la unidad en estudio es la iluminación en las vías porque tiene bastante relevancia en la ingeniería de tráfico en nuestra ciudad, y en la vía Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés en particular, debemos mencionar que la iluminación en la seguridad vial con condiciones óptimas adecuadas es importante porque permite reducir drásticamente los accidentes de tránsito, brinda seguridad a los conductores como a los peatones.

✓ **Población:** *Iluminación y señalización en las vías secundarias de la ciudad de Tarija.*

- ✓ Se considera que la población para la unidad en estudio es la Iluminación y Señalización en vías secundarias de la ciudad de Tarija porque existe mayor posibilidad de participar en un accidente de tránsito en vías donde no existe una iluminación y señalización adecuada con condiciones técnicas óptimas más aun cuando estas vías tienen alto volumen de tráfico.

✓ **Muestra:** *Vía Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés*

Verificando el peligro constante que existe en esta vía muy transitada y conflictiva de la ciudad, se selecciona como muestra para poder estudiar y analizar. Se observó que en la vía Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés, existe deslumbramiento a

causa de la poca iluminación que contiene la vía, este es un elemento de riesgo en la conducción.

✓ **Muestreo:** *Criterio propio (Análisis de luminarias).*

Se realizara el tratamiento estadístico correspondiente en el área de estudio, en este tramo vial se realizara la medición de los niveles de iluminancia de las lámparas para poder verificar si cumplen con los niveles luminosos adecuados, se analizara la iluminación actual que tiene la vía, y observar la influencia de la iluminación en la seguridad vial del tramo Rotonda Héroes de la tablada - San Andrés

6.2.- MÉTODOS, TÉCNICAS EMPLEADAS.-

❖ Método Experimental.-

En el presente estudio se aplicara el método experimental y la metodología del estudio se realizara de acuerdo a los siguientes pasos:

1.-Revision Bibliográfica:

El estudio se iniciara con la revisión bibliográfica, que pueda respaldar el estudio y a su vez nos sirva de una guía para una adecuada realización de nuestro trabajo.

2.- Observación del área problemica:

Se realizara un análisis de la iluminación vial actual en la vía Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés si cumple con condiciones técnicas óptimas para que posteriormente proponer acciones de mejoramiento en la seguridad vial.

✓ **Condiciones técnicas óptimas que debe existir en la iluminación:**

El alcance de una luminaria nos indica la capacidad de ésta para iluminar la calzada en sentido longitudinal. Se define por el ángulo γ máx., existiendo tres tipologías:

$\gamma_{\max} < 60^\circ$: alcance corto.

$70^\circ \geq \gamma_{\max} \geq 60^\circ$: alcance medio.

$\gamma_{\max} > 70^\circ$: alcance largo.

Figura 4.- Conos luminosos

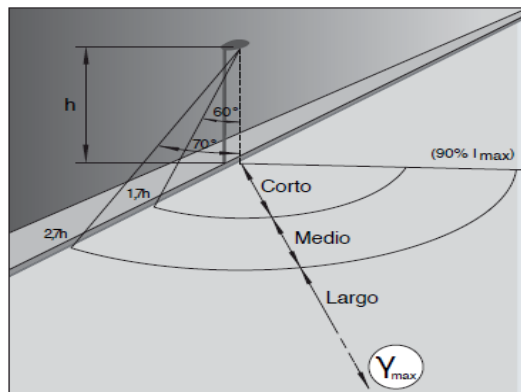
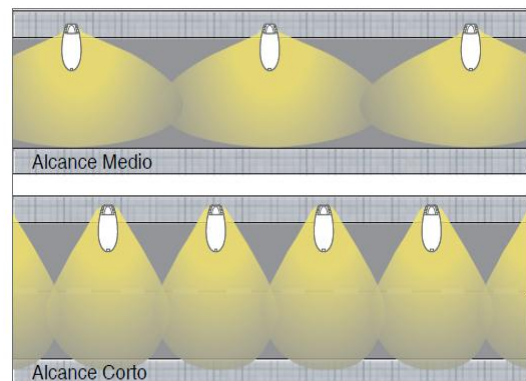


Figura 5.- Alcance de la luminaria



Fuente: Luminotecnia Iluminación de Interiores y Exteriores

Una instalación de iluminación en carreteras, debe asegurar una continuidad óptica sobre el carril de circulación y sobre la geometría de la vía, a fin de elevar la seguridad por la velocidad de circulación. ♦

Se deben tener en cuenta tres variables al considerar la selección o diseño de una instalación de alumbrado público: la velocidad de circulación, la frecuencia y naturaleza de los obstáculos a ver y el tipo de usuarios de la vía. ♦

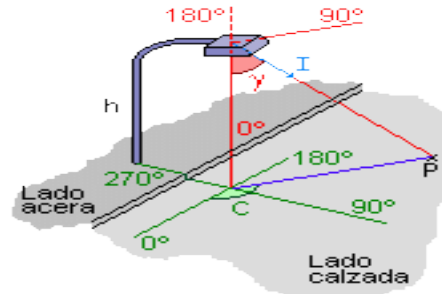
La iluminancia indica la cantidad de luz que llega a una superficie y se define como el flujo luminoso recibido por unidad de superficie: ♦

$$E = \frac{d\Phi}{dw}$$

♦ Javier García Fernández Luminotecnia Iluminación de Interiores y Exteriores, 2004

Si la expresamos en función de la intensidad luminosa nos queda como:

Figura 6.- Intensidad de luz en la calzada



Fuente: Luminotecnia Iluminación de Interiores y Exteriores, 2004

$$E_H = \frac{I(C, \gamma)}{h^2} \cdot \cos^3 \gamma$$

Donde I es la intensidad recibida por el punto P en a la dirección definida por el par de ángulos (C, γ) y h la altura del foco luminoso. Si el punto está iluminado por más de una lámpara, la iluminancia total recibida es entonces: ♦

$$E_H = \sum_{i=1}^n \frac{I(C_i, \gamma_i)}{h_i^2} \cdot \cos^3 \gamma_i$$

3.-Recopilación de los datos:

Se realizara un inventario en la vía Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés de la iluminación y señalización actual que tiene esta vía conflictiva de la ciudad donde se ocasionaron consecutivamente accidentes de tránsito. En la recopilación de los datos de campo se verificara si la iluminación vial están cumpliendo con las condiciones técnicas adecuadas y si las luminarias están bien ubicadas y dimensionadas se utilizara planillas de niveles de iluminancia para tener registros de la intensidad luminosa de los distintos puntos en estudio donde se especifique las características

_____.

♦Javier García Fernández *Luminotecnia Iluminación de Interiores y Exteriores, 2004*

principales de las luminarias y poder determinar que influencia directa tiene la señalización e iluminación. También se tomara fotografías como información visual para poder justificar el estudio.

4.-Análisis de Influencia de la iluminación vial:

Se realizara un análisis de la influencia que tiene la iluminación en el tráfico vehicular en la vía Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés y el impacto que esto llega a causar en la sociedad en general para que posteriormente obtener resultados del estudio.

5.-Resultados:

Para obtener buenos resultados se realizara un exhaustivo trabajo de campo para determinar las características más importantes de la iluminación vial en el tramo vía Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés, con el objetivo final de detectar factores comunes en este tramo en estudio que pudieran estar ligados al buen comportamiento desde el punto de vista de la seguridad vial para mejorar la circulación de los peatones y conductores.

✓ Proposición de alternativas de solución:

Una vez obtenidos los resultados del estudio realizado se procederá a proponer alternativas de mejoramiento en esta vía en estudio justificadas y fundamentadas a partir de precautelar la seguridad vial.

❖ TÉCNICAS DEL MUESTREO.-

- ✓ No probabilístico: Criterio del investigador

❖ **APLICACIÓN DE INSTRUMENTOS EN EL ESTUDIO:**

A continuación se nombra los equipos e instrumentos que se utilizarán para realizar el estudio:

- **Luxómetro:**

Es un equipo que nos permitirá medir la intensidad luminosa que tiene las lámparas en la vía para poder verificar si están cumpliendo con los niveles de luminosidad suficientes para este tipo de vía.

- **Cámara fotográfica:**

Se utilizará una cámara fotográfica para poder registrar de forma visual todos los datos de campo que así lo ameriten.

- **Planilla de intensidad luminosa y de niveles de iluminancia:**

Para registrar las intensidades luminosas en los distintos puntos de cada lámpara, en esta área en estudio.

- **Cinta métrica:**

Este instrumento será utilizado para mediciones que sean necesarias en el levantamiento de datos como ser: distancias entre luminarias, altura de los postes de iluminación, radios de los conos luminosos en las lámparas de iluminación.

6.3.- PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS Y LA INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN.-

➤ **TRATAMIENTO ESTADÍSTICO:**

El tratamiento estadístico en el trabajo de campo con la aplicación de distintos instrumentos de recogida de datos, se obtienen obviamente los datos que necesitamos, y que nos propusimos en el proyecto, los que nos permitirán arribar a conclusiones

fundamentadas y concretas, pero, esos datos así obtenidos “en bruto” no nos aportan muchos elementos, por este motivo es necesario realizar un tratamiento estadístico para ello necesitamos procesarlos, es decir, organizarlos, tabularlos, presentarlos y analizarlos, de manera que faciliten nuestra labor investigativa. La ciencia que se dedica a este trabajo con los datos es la Estadística. En el presente estudio no pretendemos dar un tratamiento profundo a esta temática, pues existen infinidad de textos que lo abordan, sino plantear algunos elementos que se emplean más comúnmente por los investigadores.

6.4.- ALCANCE DEL ESTUDIO DE APLICACIÓN.-

En el presente trabajo se realizará un estudio de la influencia del alumbrado vial en la seguridad vial Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés, específicamente se realizará un estudio realizando mediciones del nivel de iluminancia que tienen las diferentes Luminarias ubicadas a lo largo del tramo en estudio.

Se estudiará las condiciones técnicas optimas de las luminarias de ese tipo de potencia en común que tiene la vía (altura de montaje, flujo luminoso, Interdistancia entre luminarias,).

Este estudio contemplará, las mediciones del nivel de iluminancia de las lámparas, para verificar si cumple con los límites mínimos de iluminancia utilizando un equipo de última generación como el luxómetro y de esta forma comprobar si la iluminación existente brinda seguridad vial a conductores y peatones en el tramo.

Se utilizara el equipo llamado luxómetro el mismo nos ayudara a medir la iluminancia que existe en la lámpara para luego poder identificar el grado de homogeneidad o heterogeneidad de la iluminancia a lo largo de la vía.

En lo que se refiere al tema central del trabajo, una vez que se haya realizado el estudio teórico de la influencia del alumbrado vial en la seguridad vial Rotonda Héroes de la tablada – San Andrés, además de la obtención de resultados de la medición, se realizará un análisis que permitirá establecer las condiciones de

iluminación que se tiene por las lámparas de alumbrado vial actual en la vía, para determinar si cumplen con las condiciones mínimas establecidas y cuáles son las zonas más críticas sobre la iluminación de la vía.

Se medirán 51 lámparas en todo el tramo vial en estudio, cada lámpara tendrá seis puntos medidos cinco radiales (P1, P2, P3, P4, P5) y un punto central (Pc.) serán medidas 4 lámparas por cada kilómetro aproximadamente para tener un estudio homogéneo de todas las lámparas, sumando las 51 lámparas.

Una vez realizado todo el estudio del alumbrado vial en este tramo, lo que se pretende es elaborar recomendaciones que tengan como objetivo la optimización de la iluminación vial, que vayan a mejorar la calidad de la iluminancia de las mismas y también la vida útil que tienen éstas.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO

1.1.- INTRODUCCIÓN.-

La ingeniería de tráfico es la rama de la ingeniería que trata del planteamiento, trazado y funcionamiento de las calles y carreteras, así como de los aparcamientos, terrenos colindantes y zonas de influencia y de su relación con otros medios de transporte. Su objetivo es que el movimiento de personas y mercancías se realice de la forma más segura, eficaz y cómoda posible.¹

En el complejo fenómeno del tráfico destacan tres características no independientes que lo definen técnicamente y que se pueden interpretar de forma matemática.

La *intensidad* de tráfico, o número de los vehículos que pasan por una determinada sección de la calle o carretera en una unidad de tiempo.

La *composición* o clases de vehículos que forman la corriente de tráfico.

La *velocidad*, bien sea del conjunto de la corriente de tráfico o bien de los vehículos aislados.¹

Esta definición recoge bien todos los campos que competen a la ingeniería de tráfico, desde la solución de pequeños problemas locales, hasta la elaboración de complejos planes de transporte y ha sido aceptada muy universalmente.¹

Las variadas actividades de la ingeniería de tráfico pueden dividirse en dos grandes grupos, que generalmente están bien diferenciados, aunque tienen ciertamente muchos aspectos comunes.¹

El primer grupo corresponde a lo que puede llamarse planeamiento de tráfico muy relacionado con otras técnicas.

¹ Valdez González A. Ingeniería de tráfico, (4^{ta} Edición), editorial Dossat, 2001.

El segundo grupo, que ha sido el primitivo origen de esta rama de la ingeniería comprende la ordenación de la circulación, y generalmente se dedica al estudio de acciones inmediatas, que posteriormente se tendrá que cumplir. La función principal de la ingeniería de tráfico es lograr el máximo rendimiento de las redes viarias existentes, sin modificar físicamente su estructura o al menos con modificaciones muy pequeñas.¹

En los últimos años se tiende a contemplar el campo más amplio del transporte en todas sus formas, ya que, especialmente en las zonas urbanas, no pueden aceptarse soluciones parciales que solo se refieren al problema de la circulación de los vehículos sino también de la seguridad vial que se brinda al peatón en las calles y carreteras del país.¹

Si determinada área, urbana o rural, desea crecer y prosperar, será necesario planear, estudiar, proyectar, construir, operar, conservar y administrar nuevos sistemas lo suficientemente amplios, tanto para el transporte público como privado, que permitan conectar e integrar las actividades que se desarrollan en los diferentes lugares de la región, mediante la movilización de personas y mercancías.¹

Estos sistemas, al igual que los sistemas existentes, deberán ser manejados de tal manera que se produzca el máximo flujo libre en el tránsito. Aún más, si se desea mantener un nivel de amenidad más o menos razonable, los nuevos sistemas deberán planearse manteniendo un uso económico y eficiente del suelo, y a la vez contribuyan estéticamente al medio ambiente, tanto de los usuarios como de los circundantes.¹

La actual sociedad está más que comprometida, las entidades gubernamentales en todos sus niveles, las universidades y las compañías particulares están de una u otra manera respondiendo a estas necesidades, mediante la conformación de las autoridades apropiadas, grupos de planeación, profesionales y oficinas de estudio e investigación.¹

¹ Valdez González A. Ingeniería de tráfico, (4^{ta} Edición), editorial Dossat, 2001.

1.2.- FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROBLEMA DE TRÁFICO.-

Las ciudades dependen grandemente de sus sistemas de calles, ofreciendo servicios de transporte. Muchas veces, estos sistemas tienen que operar por arriba de su capacidad, con el fin de satisfacer los incrementos de demanda por servicios de transporte, ya sea para tránsito de vehículos livianos, tránsito comercial, transporte público, acceso a las distintas propiedades o estacionamientos, etc.; originando obviamente problemas de tránsito, cuya severidad por lo general se puede medir en términos de accidentes y congestión.²

A pesar de que en los últimos tiempos con los avances tecnológicos se han logrado proyectar y construir sistemas viales más acordes con los vehículos que los utilizan, al igual que diseños urbanos modernistas, los problemas de tránsito en muchos lugares aún persisten. A continuación se enuncian cinco factores que podrían incrementar estos problemas y que deben ser tomados en cuenta en cualquier intento de solucionarlos:²

✓ *Diferentes tipos de vehículos en la misma vialidad*

- Diferentes dimensiones, velocidades y características de aceleración
- Automóviles diversos
- Camiones y autobuses, de alta velocidad
- Camiones pesados, de baja velocidad, incluyendo remolques
- Vehículos tirados por animales, que aún subsisten en algunos países
- Motocicletas, bicicletas, vehículos de mano, etc.

✓ *Superposición del tránsito motorizado en vialidades inadecuadas*

- Relativamente pocos cambios en el trazo urbano
- Calles angostas, torcidas y pronunciadas pendientes
- Aceras insuficientes
- Carreteras que no han evolucionado

²Rafael Cal y Mayor R. Ingeniería de tránsito,(7ª Edición) editorial Alfaomega, 2000

- ✓ *Falta de planificación en el tránsito*
 - Calles, carreteras y puentes que se siguen construyendo con especificaciones anticuadas
 - Intersecciones proyectadas sin base técnica
 - Previsión casi nula para estacionamiento
 - Localización inapropiada de las zonas residenciales en relación con zonas industriales o comerciales

- ✓ *El automóvil no considerado como una necesidad pública*
 - Falta de apreciación de las autoridades sobre la necesidad del vehículo dentro de la economía del transporte

 - Falta de apreciación del público en general a la importancia del vehículo automotor

- ✓ *Falta de asimilación por parte del gobierno y del usuario*
 - Legislación y reglamentos del tránsito anacrónicos que tienden más a forzar al usuario de los mismos, que adaptarse a las necesidades del usuario

 - Falta de educación vial del conductor y del peatón ²

1.3.- ELEMENTOS FUNDAMENTALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO.-

Los elementos básicos que componen la ingeniería de tráfico son: el usuario (relacionado con peatones y conductores), el vehículo y la vialidad (relacionado con calles y carreteras).²

²Rafael Cal y Mayor R. Ingeniería de tránsito, (7ª Edición) editorial Alfaomega, 2000.

1.3.1.- ELEMENTO USUARIO.-

1.3.1.1.- PEATÓN.- Se puede considerar como peatón potencial a la población en general, desde personas de un año hasta de cien años. Prácticamente todos somos peatones, por tanto, a todos nos interesa este aspecto. También puede decirse, que el número de peatones en un país casi equivale al censo de la población.²

Fig I-1.- Zona de alto volumen peatonal



Es importante estudiar al peatón porque no solamente es víctima del tránsito, sino también una de sus causas. En la mayoría de los países del mundo, que cuentan con un número grande de vehículos, los peatones muertos anualmente en accidentes de tránsito ocupan una cifra muy alta. Muchos de los accidentes sufridos por peatones ocurren porque estos no cruzan en las zonas marcadas para ellos o bien conocen poco las normas del tráfico o es poco consciente de sus deberes dentro del conjunto de la circulación lo que es un factor negativo para su propia seguridad.²

Las actitudes de los peatones son más diversas que las de los conductores y obedecen con menor rigor a las normas específicas y a la señalización, ello hace más difícil ordenar sus movimientos y mejorar su seguridad.¹

El peatón no se ha asimilado al medio; en general, aún no ha comprendido lo que significa el transporte automotor. En las actividades comunes del peatón en las calles, en la vida diaria, sigue existiendo una situación anormal.

² Rafael Cal y Mayor R. Ingeniería de tránsito, (7ª Edición) editorial Alfaomega, 2000.

¹ Valdez González A. Ingeniería de tráfico, (4ª Edición), editorial Dossat, 2001.

Fig. I-2 Paso peatonal en una vía urbana



A semejanza con los servicios para vehículos se puede establecer un nivel de servicio para el tránsito de peatones.

Cuadro I-1.- Niveles de servicio para tránsito peatonal

Nivel de Servicio	Volumen de servicio (peat./min./m)	m ² por peatón	Velocidad mínima de operación	
			m/min.	Km./h
A	22	3.5	77	4.6
B	30	2.5	75	4.5
C	46	1.5	69	4.1
D	62	1	52	3.7
E	81	0.5	40	2.4
F	Variable	<0.5	<40	<2.4

Fuente: Rafael Cal y Mayor R. Ingeniería de tránsito

En la tabla anterior se acepta el nivel de servicio E como aquel al cual se llega al máximo volumen de servicio o capacidad, la que indica que por cada metro de sección transversal de acera pueden pasar un máximo de 81 peatones por minuto, a

una velocidad de 2.4 kilómetros por hora. Esto en otras palabras, en términos de espacio representa 0.5 metros cuadrados por peatón. Para efectos de comparación, en la tabla siguiente se muestran los criterios adoptados por el manual de capacidad de carreteras de los Estados Unidos, en la definición de los niveles de servicio peatonales, para condiciones promedio en periodos de 15 minutos.²

Cuadro I-2.- Niveles de servicio en aceras

Nivel de Servicio	Flujo de servicio esperado (peat./min./m)	Espacio m ² por peatón	Velocidad media esperada	
			m/min.	Km./h
A	≤7	≥12.1	≥79	≥4.7
B	≤23	≥3.7	≥76	≥4.6
C	≤33	≥2.2	≥73	≥4.4
D	≤49	≥1.4	≥69	≥4.1
E	≤82	≥0.6	≥46	≥2.8
F	Variable	<0.6	<46	<2.8

Fuente: Rafael Cal y Mayor R. Ingeniería de tránsito

Obsérvese que , al comparar las dos tablas anteriores, los valores finalmente adoptados por el manual de capacidad en la definición de los niveles de servicio peatonales son mucho mas exigentes, sobre todo para el nivel de servicio A .Sin embargo, en cuanto a capacidad son bastante consistente.²

Si se pudiera prever el volumen de peatones que va a tener cierta sección comercial de la ciudad, se partiría de esta base para proyectar el ancho de las aceras. También se puede medir la deficiencia de las aceras actuales, pues se sabe que muchas de las que

²Rafael Cal y Mayor R. Ingeniería de tránsito, (7ª Edición) editorial Alfaomega, 2000.

se tienen en el centro comercial, son insuficientes, o que no llenan el requisito de capacidad, por lo que se pueden tomar acciones tendientes a mejorar sus condiciones.

1.3.1.2.- CONDUCTOR.-

El conductor es considerado en forma individual o colectiva aquella persona que maneje un vehículo motorizado que circula en el tráfico. Este elemento está sujeto en su comportamiento a unos análisis físicos y a las reacciones físicas y psicológicas que pueda tener al manejar un vehículo.¹

Fig. I-3.- Conductor apto y hábil para conducir



El conductor tiene una libertad de acción, puede escoger su destino, el itinerario que seguirá y la velocidad con que lo recorrerá en cada momento.¹

La cualidad física del conductor está basada en el órgano de la visión que es el que le da facultad para conducir un vehículo este órgano de la visión normalmente un conductor forma un cono visual cuya amplitud puede ser variable sin embargo en estudios realizados se ha comprobado que una visión segura se produce considerando una amplitud de ángulo de 10° a partir del órgano de la visión donde todos los objetos son identificados con tal claridad más allá de esta amplitud puede el conductor visualizar pero sin detalle a los objetos.⁴

¹ Valdez González A. Ingeniería de tráfico, (4^{ta} Edición), editorial Dossat, 2001.

⁴ Ronald Cesar Gómez Johnson. Texto del alumno Ingeniería de tráfico (San Simón), 2004.

Existen algunos defectos en la visión que pueden ser perjudiciales o no en los conductores entre ellos la miopía, el astigmatismo, el estrabismo, la presbicia, etc. son considerados no perjudiciales ya que se pueden corregir por medio de lentes, gracias a este recurso no hay razón para impedir que un individuo con estos defectos pueda conducir vehículo.

Sin embargo hay otros defectos como el daltonismo cuya consecuencia es la no distinción de colores que puede ser perjudicial en un conductor para efectos de señalización y semaforización. los conductores tienen dos tipos de reacciones una física o condicionada y otra psicológica o no condicionada.⁴

La reacción física condicionada esta referida a los aspectos de habilidad y hábito un conductor puede tener una mayor o menor habilidad debido al tiempo dentro del manejo vehicular a las condiciones de destreza y facilidad que tienen cada individuo y a las condiciones de hábitos a las que está sometido debido a la repetición de acciones diarias que puede tener un conductor al utilizar ciertas rutas de circulación diariamente. Se consideran condicionada porque tienen ese efecto en el momento de reacción.⁴

Existen otras reacciones que son **psicológicas o no condicionadas** que dependen más de aspectos emocionales a las que puede estar sometido un individuo en cierto momento, siendo estas emociones las que van al cerebro y a través de los órganos sensitivos se envía un mensaje para reaccionar y tomar una decisión para actuar como una orden al músculo apropiado. Algunos factores que pueden modificar el comportamiento del individuo por consiguiente el mismo tiempo de reacción son:

- * La fatiga
- * Enfermedad provocada por el alcohol
- * Estado emocional
- * Las condiciones del tiempo⁴

⁴Ronald Cesar Gómez Johnson. Texto del alumno Ingeniería de tráfico (San Simón), 2004.

Estos tiempos de reacción que tienen los conductores y que dependen de estos factores tanto físicas como psicológicas han sido estudiados la AASHO recomienda al proyectar carreteras adoptar como tiempos de reacción para frenar 2.5 seg., en cada caso de vías urbanas este valor puede ser 0.75 a 1 seg., el cansancio, enfermedades, defectos físicos o edad del conductor pueden afectar al tiempo para reaccionar y los valores pueden ser en un 50% más. Se considera que un buen conductor debe tener las siguientes cualidades:

- 1.- Poseer reacciones buenas a los estímulos visuales
- 2.- Calcular correctamente las distancias y velocidades de acuerdo con el movimiento de los vehículos y peatones.
- 3.- Ser rápidos y estar habituados a las situaciones de urgencia
- 4.- Tener aptitud mecánica y habilidad para el vehículo
- 5.- Ser personas de confianza prontas a asumir responsabilidades y respetar el derecho de los demás.⁴

1.3.2.- ELEMENTO VEHÍCULO.- Debido a que el vehículo es uno de los tres elementos primordiales del tránsito, es necesario estudiarlo con cierto detalle la evolución; que a través de los años ha experimentado el número de vehículos en el mundo.²

Fig. I-4.- Los primeros automóviles



Fig. I-5.- Evolución del automóvil



⁴ Ronald Cesar Gómez Johnson. Texto del alumno Ingeniería de tráfico (San Simón), 2004.

² Rafael Cal y Mayor R. Ingeniería de tránsito, (7ª Edición) editorial Alfaomega, 2000.

El vehículo como elemento fundamental es necesario conocerlo desde varios puntos de vista como ser:

- a).- Sus características físicas
- b).- Uso o utilización del vehículo
- c).- Características que inciden en la circulación

Características Físicas:

El vehículo ha tenido desde sus inicios una constante transformación en cuanto a sus características físicas de ancho y largo sin embargo la tendencia actual es la de estandarizar estas dimensiones en todas las fabricas habiendo la tendencia de reducir la dimensiones y aumentar la potencia y velocidad.⁴

Estas dimensiones sin embargo varían de acuerdo a los tipos de vehículos considerando como tipos de vehículos a los automóviles, camiones y autobuses, Los automóviles los consideramos aquellos que tienen 4 ruedas en los que están incluidos los jeeps y camionetas pequeñas; los camiones son aquellos que los consideramos para transporte de carga normalmente tienen 6 ruedas o más estos pueden ser simples o combinados, los simples son los que tienen solo dos ejes y los combinados son los que tienen más de dos ejes que pueden tener remolque o semi remolque. Finalmente autobuses consideramos a los vehículos para transporte de pasajeros con una capacidad de más 24 personas.⁴

A continuación indicaremos algunas dimensiones más o menos comunes de acuerdo a los tipos de vehículos.

⁴Ronald Cesar Gómez Johnson. Texto del alumno Ingeniería de tráfico (San Simón), 2004.

Cuadro I-3.-Dimensiones de Automóviles

<i>Dimensión</i>	<i>Máxima (mts)</i>	<i>Mínima (mts)</i>
Ancho	2.06	1.14
Largo	6.0	4.56
Alto	1.75	1.25

Fuentes: Ronald C. Gómez Johnson. Texto del alumno Ingeniería de tráfico
(San Simón) 2004

Cuadro I-4.- Dimensiones Camiones

<i>Dimensiones</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Ancho	1.88	2.44
Largo	5.75	11.0
Alto	1.75	3.81

Fuentes: Ronald C. Gómez Johnson. Texto del alumno Ingeniería de tráfico
(San Simón) 2004

Cuadro I-5.-dimensiones Autobuses

<i>Dimensiones</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Ancho	2.44	2.44
Largo	7.15	12.25
Alto	2.44	2.90

Fuentes: Ronald C. Gómez Johnson. Texto del alumno Ingeniería de tráfico
(San Simón) 2004

➤ **TIPOS DE VEHÍCULOS.-**

Los vehículos que actualmente se fabrican están destinados a muy distintos usos, por lo que su peso, dimensiones y maniobrabilidad, varían de acuerdo con estos usos, pero en todo caso condicionan las características de trazado y resistencia de las vías. Los vehículos se clasifican generalmente por su tamaño, peso y movilidad. Según esto puede distinguirse cuatro tipos esencialmente distintos: ¹

- Biciclos
- Ligeros
- Pesados
- Especiales

BICICLOS.-Las motocicletas y las bicicletas con o sin motor forman este grupo. Dadas sus reducidas dimensiones y gran movilidad, su presencia en el tráfico no suele tener gran trascendencia en cuanto a la capacidad de las vías, a no ser que se encuentre en elevada proporción, como ocurre en algunas ciudades muy llanas y en determinadas zonas agrícolas. Sin embargo, la influencia de estos vehículos en los accidentes suele ser considerable¹

Fig. I-6.- Veh. de dos ruedas con motor



Fig. I-7.- Veh. de dos ruedas sin motor



¹ Valdez González A. Ingeniería de tráfico, (4^{ta} Edición), editorial Dossat, 2001.

LIGEROS.- Pertenecen a este grupo los vehículos de cuatro ruedas destinados al transporte de pocas personas (generalmente de dos a nueve y con más frecuencia de cuatro a seis), o de mercancías ligeras. La denominación castellana más común de estos vehículos cuando están destinados al transporte de personas varía de unos países de habla hispana a otros; en algunos países se llaman coches aunque también pueden llamarse no con demasiada propiedad automóviles o vehículos de turismo.¹

Fig. I-8.- Vehículo de cuatro ruedas



También pueden considerarse incluidos en este grupo los vehículos destinados al transporte y reparto de mercancías no muy voluminosas, cuya carga útil no sea superior a 2 toneladas como son las camionetas y pequeños furgones.¹

El grupo de los vehículos ligeros es el más importante desde el punto de vista del tráfico, ya que su participación en el mismo es casi siempre muy superior a la de los demás vehículos. Por esta razón sus características son las que más condicionan los elementos relacionados con la geometría de la vía y con la regulación del tráfico.¹

PESADOS.- Estos vehículos suelen construir una parte importante, aunque no mayoritaria del tráfico. Sus dimensiones y pesos son muy superiores a los del resto de los vehículos y están destinados generalmente al transporte de mercancías pesadas o voluminosas con remolque o con semirremolque, así como los autobuses.¹

¹ Valdez González A. Ingeniería de tráfico, (4^{ta} Edición), editorial Dossat, 2001.

Fig. I-9.- Vehículo para transporte de carga Fig.I-10.- Autobús para transporte de personas



Menor importancia tiene los tranvías y trolebuses, aunque en algunas zonas urbanas son objeto de atención preferente, desde el punto de vista del transporte como de la circulación, generalmente estos vehículos condicionan los elementos resistentes de la vía.

ESPECIALES.- Pueden incluirse en este grupo aquellos vehículos que aun no encontrándose en gran número, pueden afectar sensiblemente al tráfico a causa de sus grandes dimensiones, de su lentitud de movimiento, o de ambas cosas a la vez. A este grupo pertenecen los tractores agrícolas, maquinaria pesada, los vehículos gigantes de transporte e incluso los carros y carretas de tracción animal.¹

Fig.I-11.- Maquinaria pesada

Fig.I-12.- Vehículo gigante de transporte



¹ Valdez González A. Ingeniería de tráfico, (4^{ta} Edición), editorial Dossat, 2001.

En general las vías públicas no se dimensionan para ser utilizadas normalmente por los vehículos especiales de gran peso o volumen, los cuales han de adaptar sus itinerarios a aquellas vías que pueden soportar su paso.

1.3.3.- ELEMENTO VÍA.- Se entiende por vía, aquella faja de terreno acondicionada para el tránsito de vehículos. La denominación de vía incluye a nivel rural las llamadas carreteras y a nivel urbano las calles de la ciudad.²

Ciertamente uno de los patrimonios más valiosos con los que cuenta cualquier país, es la infraestructura de su red vial, por lo que su magnitud y calidad representan uno de los indicadores del grado de desarrollo del mismo. Se encontrara siempre que un país atrasado tendrá una red deficiente.

El diseño geométrico de las carreteras y calles, incluye todos aquellos elementos relacionados con el alineamiento horizontal, el alineamiento vertical y los diversos componentes de la sección transversal.

1.3.3.1.-PARTES INTEGRANTES DE UNA VÍA.-

Calzada o superficie de rodamiento.-Es aquella faja que se ha acondicionado especialmente para el tránsito de los vehículos. En las carretas de primera categoría esta superficie será pavimentada.

El carril.- Es aquella parte de la calzada o superficie de rodamiento, de ancho suficiente para la circulación de una sola fila de vehículos.

Acotamientos.- Se encuentra a ambos lados de la superficie de rozamiento, son fajas laterales que sirven de confinamiento lateral de la superficie de rodamiento y que eventualmente se pueden utilizar como estacionamiento provisional para alojar vehiculos en casos de emergencia.

Corona.- Es la superficie terminada de una vía, comprendida entre sus hombros, por lo que incluye la calzada más los acotamientos.

Hombro.- Es el punto de intersección de las líneas definidas por el talud del terraplén y la corona o por estay el talud interior de la cuneta.

Cunetas.- Están ubicadas paralelamente a los acotamientos destinadas a facilitar el drenaje superficial longitudinal de la vía.

Contra cunetas.- Puede existir en aquellos tramos donde se prevea la necesidad de desviar las corrientes de agua y evitar que invadan la carretera o sobrecarguen la cuneta.

Taludes.- Son las superficies laterales inclinadas, comprendidos entre las cunetas y el terreno natural.

Drenaje transversal.- Esta formado por las alcantarillas y estructuras mayores (puentes), que permitirán que el agua cruce de un lado a otro de la carretera sin invadir su superficie.

Rasante.- Es la proyección vertical del desarrollo del eje real de la superficie de rodamiento de la vía.

Subrasante.- Es aquella superficie de terreno especialmente acondicionada sobre la cual se apoya la estructura del pavimento.

Pavimento.- Se denomina así a la superficie especialmente tratada con materiales perdurables y que permiten un tránsito rápido, eficiente y sin polvo. Los primeros pavimentos conocidos fueron los de piedra, usados por los pueblos como los romanos en Europa y por los mayas en América. De este tipo de pavimentos se han usado variaciones como los empedrados, los embaldosados y los adoquinados.²

1.3.3.2.- VÍAS INTERURBANAS.-

Las vías interurbanas comúnmente conocidas como carreteras, pueden definirse como aquellas vías de dominio y uso público concebidas, proyectadas y construidas para la circulación exclusiva de vehículos automóviles. Este tipo de redes son empleadas para realizar trayectos largos, sirviendo únicamente como vía de paso.³

² Rafael Cal y Mayor R. Ingeniería de tránsito, (7ª Edición) editorial Alfaomega, 2000.

problemas de disposición de suelo, lo que posibilita una mayor libertad de trazado y una disposición más espaciada de enlaces para resolver las intersecciones entre vías. Los vehículos que utilizan este tipo de infraestructuras cubren largas distancias, por lo que les es aplicable el término de redes de larga distancia.³

En el siguiente cuadro se resumen las características de cada una de las redes comentadas:

Cuadro I-6.- Características de las redes urbanas e interurbanas

Redes interurbanas	Redes urbanas
<ul style="list-style-type: none"> - Mayor libertad de trazado - Ausencia casi total de circulación peatonal - Empleo de enlaces, dispuestos más espaciadamente - Accesos más restringidos desde el exterior - Redes de larga distancia 	<ul style="list-style-type: none"> - Condicionadas por el espacio - Dos tipos de circulación: peatonal y de vehículos - Abundancia de intersecciones, generalmente a nivel - Multitud de accesos desde el exterior - Redes de corta distancia

Fuente: Luis Bañon Blázquez, José F. Bevia García Manual de carreteras.

1.3.3.2.1.- CLASIFICACIÓN DE VIAS INTERURBANAS.-

(a) Autopistas: Son carreteras especialmente concebidas, construidas y señalizadas para la circulación de automóviles, cumpliendo los siguientes requisitos:

- Control total de accesos, existiendo únicamente accesos puntuales y localizados, y procurando la inaccesibilidad a la vía desde las propiedades colindantes.
- Inexistencia de cruces a nivel con otra vía, línea férrea, senda o servidumbre de paso alguno.³

³ Luis Bañon Blázquez José F. Bevia García Manual de carreteras.

- Constar de distintas calzadas para cada sentido de circulación, separadas entre sí salvo en puntos singulares o con carácter temporal, por una franja de terreno no destinada a la circulación, denominada mediana, pudiendo ésta sustituirse excepcionalmente por dispositivos análogos.

(b) Autovías: Se definen como vías de características análogas a la autopista que, no reuniendo todas las características exigibles a aquélla, cumplen una serie de requisitos:

- Disponer de distintas calzadas para cada sentido de circulación.
- No cruzan a nivel ninguna otra vía, línea de ferrocarril o de tranvía.
- No son cruzadas a nivel por sendas o servidumbres de paso.
- Tienen limitación de acceso a propiedades colindantes.

Debe subrayarse que la existencia de una tarifa o peaje no es una característica que diferencie a autopistas de autovías. La existencia de tarifas para el uso de determinadas vías es únicamente consecuencia de la política de explotación de la misma, y no de su tipología.³

(c) Carreteras convencionales: Se definen por exclusión como aquellas vías que no reúnen las suficientes características como para formar parte de uno de los dos grupos anteriores. Generalmente constan de dos carriles, uno para cada sentido de circulación, con intersecciones a nivel y accesos directos desde sus márgenes. Este grupo es el más heterogéneo, encontrándose en él carreteras bien proyectadas geométricamente, que posibilitan altas velocidades, y otras de trazado más estricto por las que circula un tráfico escaso y a velocidades más reducidas.³

1.3.3.3.- VÍAS URBANAS.-

Están formadas en su mayor parte por calles que permiten la circulación tanto de vehículos como de peatones, empleando para ello infraestructuras.

³ Luis Bañon Blázquez José F. Bevia García Manual de carreteras.

diferenciadas. Predominan las intersecciones, así como los puntos de acceso desde los edificios colindantes, y los vehículos realizan principalmente recorridos cortos; podrían denominarse también redes de corta distancia.

Las vías que conforman este tipo de redes deben estar diseñadas teniendo en cuenta el ambiente urbano en el que se hallan inmersas, y su funcionalidad va a depender en gran medida de que sean capaces de gestionar grandes caudales de tráfico en cortos períodos de tiempo, especialmente en determinadas zonas de grandes núcleos de población.³

1.3.3.3.1.- CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS.-

- *Vías primarias (VPU).*-

Diseñadas para canalizar los movimientos de **larga distancia**, cumplen funciones de conexión y distribución de los vehículos que acceden a la ciudad o la atraviesan sin detenerse en ella. Forman parte de un itinerario más amplio, de características interurbanas.

Las vías primarias urbanas son de muy distinto tipo según sean los condicionantes impuestos por las intensidades y tipo de tráfico que alberguen, así como por el medio físico atravesado. Pueden distinguirse dos grupos:

(a) Vías no convencionales: Este tipo de vías se caracteriza por poseer características similares a las vías interurbanas de alta velocidad, es decir, una circulación continua de vehículos, control total de accesos, uso exclusivo para el automóvil y total separación de las vías peatonales:

- **Autopistas urbanas (APU):** Responden a la definición de autopista convencional, teniendo un control total de los accesos a la misma y empleando intersecciones a distinto nivel para la resolución de los cruces con otras vías, aunque sus exigencias geométricas son más estrictas..³

³ Luis Bañon Blázquez José F. Bevia García Manual de carreteras.

- **Autovías urbanas (AVU):** Al igual que las anteriores, mantienen las mismas características que las exigidas a sus homólogas interurbanas.
- **Vías rápidas urbanas (VRU):** Se incluyen en este grupo aquellas carreteras de calzada única que disponen de control de accesos. Suelen constituir la primera fase de una futura autovía o autopista urbana. El diseño de este tipo de vías suele basarse en las necesidades generadas por el tráfico de media y larga distancia.³

Fig. I-13. – Enlace entre una autopista elevada y la ciudad de Tokio (Japón)



(b) Vías convencionales: Se identifican con las carreteras convencionales, y comparten las características aplicables a éstas: circulación interrumpida por intersecciones a nivel, ausencia de control de accesos, uso no exclusivo de automóviles, etc.

Destacan las vías arteriales urbanas (VAU), compuestas por una o dos calzadas con acceso a los usos colindantes. Asimismo, admite intersecciones y un mayor grado de integración en el tejido urbano que la circunda. Aunque da prioridad a la circulación

³ Luis Bañón Blázquez José F. Bevia García Manual de carreteras.

continua de automóviles sobre la discontinua y la peatonal, en el diseño de este tipo de vías se emplean componentes de carácter urbano.³

- **VÍAS COLECTORAS O DISTRIBUIDORAS (VCU).**-

Se encargan de recoger y distribuir el tráfico proveniente de o con destino a las vías locales. La mayor parte del tráfico realiza recorridos cortos, no teniendo su origen o destino en dicha vía, aunque se debe permitir el acceso a los edificios adyacentes. Las intersecciones con vías locales y colectoras son a nivel, aunque es necesario regularlas convenientemente tanto las intersecciones como el resto de la vía mediante semáforos o dispositivos análogos.³

- **VÍAS LOCALES (VLU).**-

Utilizadas generalmente por vehículos cuyo punto de origen o destino se encuentra en ellas, siendo los recorridos realizados cortos y a pequeña velocidad. La principal finalidad de este tipo de vías es permitir el acceso a los edificios existentes en sus márgenes. Las intersecciones son a nivel, y raramente están semaforizadas, al ser poco importante su regulación.³

1.4.- DISPOSITIVOS EN EL CONTROL DE CIRCULACIÓN.-

Se denominan dispositivos para el control de tránsito a las señales, marcas, semáforos y cualquier otro dispositivo, que se colocan sobre o adyacente a las calles y carreteras por una autoridad pública, para prevenir, regular y guiar a los usuarios de las mismas.

Los dispositivos de control indican a los usuarios las precauciones (prevenciones) que deben tener en cuenta, las limitaciones (restricciones) que gobiernan el tramo en circulación y las informaciones (guías) estrictamente necesarias, dadas las condiciones específicas de la calle o carretera.²

³ Luis Bañon Blázquez José F. Bevia García Manual de carreteras.

² Rafael Cal y Mayor R. Ingeniería de tránsito, (7ª Edición) editorial Alfaomega, 2000.

Cualquier dispositivo para el control del tránsito debe llenar los siguientes requisitos fundamentales.

- Satisfacer una necesidad
- Llamar la atención
- Transferir un mensaje simple y claro
- Imponer respeto a los usuarios de las calles y carreteras
- Estar en el lugar apropiado con el fin de dar tiempo para reaccionar ²

1.4.1.- SEÑALIZACIÓN.-

Son dispositivos de control que se encuentran en las carreteras o calles para prevenir a conductores y peatones sobre peligros existentes y guiarlos en sus recorridos por las vías a fin de evitar accidentes y demoras innecesarias; divulgar oportunamente disposiciones de las leyes y reglamentos de tráfico, así como dar a conocer restricciones específicas que se impongan a la circulación en una vía o en parte de la misma; y asignar alternativamente el derecho de paso a distintas corrientes vehiculares; estos dispositivos pueden ser horizontales y verticales. Una vía correctamente señalizada se aprovecha mejor en la circulación de vehículos aumentando la seguridad de los conductores y peatones en las calles y carreteras. La señalización tiene las cuatro funciones siguientes:

- a) **Informar** al conductor de las condiciones que reúne aquello que le rodea, además la información se encamina a que el conductor sepa donde esta, cual es el mejor camino para alcanzar su destino y cuando a llegado a él.
- b) **Regular** el uso de la vía en cada momento.
- c) **Avisar** los posibles peligros que pueda encontrar el conductor.
- d) **Aconsejar** en que forma debe conducirse para sacar el mejor partido posible del vehículo y de la vía, sin sobrepasar los límites de seguridad.⁴

² Rafael Cal y Mayor R. Ingeniería de tránsito, (7ª Edición) editorial Alfaomega, 2000.

⁴ Ronald Cesar Gómez Johnson. Texto del alumno Ingeniería de tráfico (San Simón), 2004.

1.4.1.1.- CRITERIOS GENERALES PARA SU UTILIZACIÓN.-

Para que una señal cumpla su cometido debe reunir unas condiciones tales que los conductores puedan comprender su mensaje en las condiciones de tráfico o de clima que interese. Así por ejemplo, una señal que limite la duración del estacionamiento no es necesario que se vea cuando se circula a gran velocidad, pero una señal que limite la velocidad máxima debe percibirse claramente, ya sea de noche o de día, llueva o haga sol y todo ello por un conductor que circule a una velocidad bastante mayor que la indicada como límite.¹

Todos los actuales sistemas de señalización tienden a unas señales lo más sencillas posible y al mismo tiempo a que el color como la forma acorten el tiempo necesario para comprender lo que con ellas se indica.¹

De todas formas en este aspecto poco puede hacer en ingeniero ya que cada día se observa una tendencia mayor a la uniformidad de las señales más usuales.¹

La uniformidad en la señalización es muy deseable, ya que evita muchas falsas interpretaciones y disminuye la distribución mental que para el conductor supone una señal desconocida. Esta uniformidad es aconsejable no solo en las señales en sí que deberán atenerse a las normas vigentes en cada país sino en los criterios que deben seguirse para su instalación y que a continuación se indican.¹

- Las inscripciones que lleven las señales deberán ser uniformes en cuanto se refiere a su texto, forma y colocación.
- Conviene emplear en menor número posible de señales y nunca deberá recargarse la atención del conductor.
- Deberá instalarse la señal que imponga una menor restricción. Lo contrario representa un exceso de seguridad e incita a la desobediencia de las señales.¹
- En cada poste se deberá colocarse solo una señal y nunca por ningún motivo colocar más de dos.¹

¹ Valdez González A. Ingeniería de tráfico, (4^{ta} Edición), editorial Dossat, 2001.

La uniformidad no es solo conveniente dentro de un area urbana, sino que es necesaria entre las diferentes ciudades de un mismo país o de países diferentes.¹

1.4.2.- TIPOS DE SEÑALES VIALES.-

❖ SEÑALES HORIZONTALES.-

Las señales horizontales o demarcaciones, son marcas o elementos instalados sobre el pavimento, que mediante el uso de símbolos y leyendas determinadas cumplen la función de ordenar y regular el uso de la calzada.⁵

Se entiende por señales horizontales preventivas aquellas que tienen objeto de prevención tanto para el conductor como para el peatón de acuerdo a la marca podrá utilizar líneas amarillas o blancas. Las marcas de tipo restrictivos van a tener el objetivo de que sean pintadas sobre el pavimento no puedan ser utilizadas por la circulación vehicular restringiéndose tanto su circulación y las maniobras.¹

Las marcas de tipo indicativos tienen el objetivo de guiar la circulación generalmente tienen el color blanco.

Existen diversas marcas sobre el pavimento que son colocadas con objetivos específicos esos objetivos están planteados de tal manera que se trate de señales universales, es decir que todos los países traten de normalizar su señalización horizontal de la misma manera.²

Actualmente se ha conseguido que todos los países panamericanos a través de un congreso hayan definido leyes normativas generales tanto para la señalización horizontal y vertical.¹

✓ TIPOLOGÍA DE SEÑALES HORIZONTALES.-

Existen diferentes tipos de señales horizontales que son pintadas sobre el pavimento entre los más importantes tenemos: ⁵

¹ Valdez González A. Ingeniería de tráfico, (4^{ta} Edición), editorial Dossat, 2001.

⁵ Manual Administradora Boliviana de Carreteras Dispositivos de control de tránsito, 2009

- a) Líneas transversales
- b) Símbolos y leyendas
- c) Otras demarcaciones

a) Líneas Longitudinales.-

Las líneas longitudinales se emplean para poder delimitar pistas y calzadas, para indicar zonas con y sin prohibición de adelantar, zonas con prohibición de estacionar y para delimitar pistas de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos, por ejemplo pistas exclusivas de bicicletas o buses.⁵

Este tipo de línea se utiliza para delinear sub ejes longitudinales principales de la calzada de una vía. Se tiene:

- Líneas de eje
 - Líneas de carril
 - Líneas de borde de calzada
 - Líneas de prohibición de estacionamiento
 - Líneas de transición (Reducción o ampliación)
-
- **Líneas de eje.-** Las líneas de eje central se utilizan en calzadas bidireccionales para indicar donde se separan los flujos de circulación opuestos. Se ubican generalmente en el centro de dichas calzadas, sin embargo, cuando la asignación de pistas para cada sentido de circulación es desigual, dicha ubicación no coincide con el centro.⁵

El ancho de las demarcaciones centrales varía según el tipo de línea y la velocidad máxima permitida en la vía, como se detalla más adelante para cada tipo de línea. Dada la importancia de esta línea en la seguridad del tránsito, ella debería encontrarse

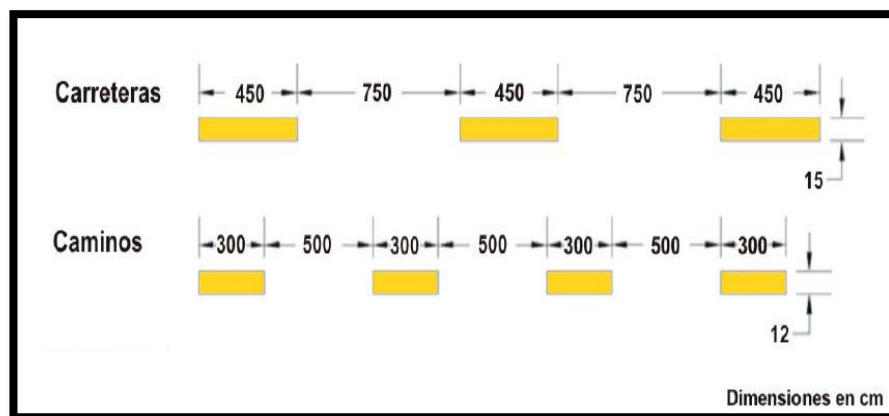
⁵ Manual Administradora Boliviana de Carreteras Dispositivos de control de tránsito, 2009.

siempre presente en toda la vía bidireccional cuya calzada exceda los 5m. de ancho. En calzadas con anchos inferiores no es recomendable demarcar el eje central.⁵

Las líneas de eje central pueden ser: segmentadas, continuas dobles o mixtas.

- **Líneas amarillas discontinuas.**- Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde se permite la maniobra de adelantamiento. Para velocidades menores a 60 km./hr. En ancho de la línea continua será de 12 cm. Para rutas con velocidades mayores su ancho será de 15 cm.

Fig.I-14.- Líneas Amarillas Continuas



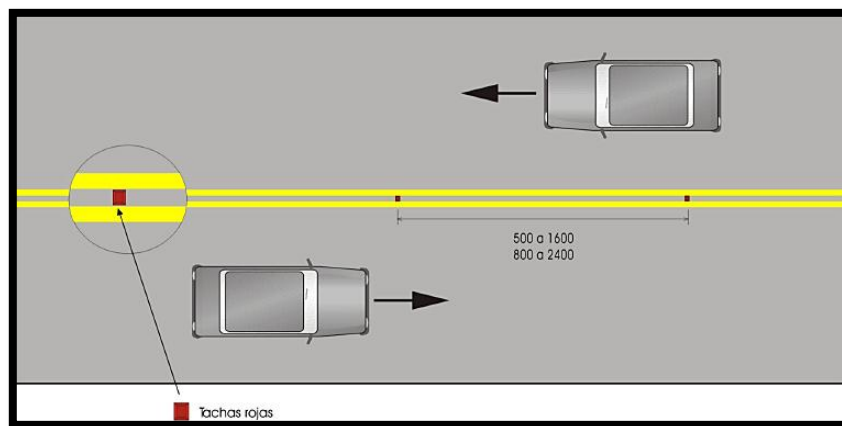
Fuente: Manual Administradora Boliviana de Carreteras

Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde no es permitida la maniobra de adelantamiento.

-**Líneas doble continua.**- Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde no es permitida la maniobra de adelantamiento.⁵

⁵ Manual Administradora Boliviana de Carreteras Dispositivos de control de tránsito ,2009.

Fig.I-15.- Línea doble continua



Fuente: Manual Administradora Boliviana de Carreteras

- **Línea doble amarilla continua y discontinua.**- Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde la maniobra de adelantamiento es permitida solo para el tránsito adyacente a la línea de trazado discontinuo.⁵

- **Línea doble amarilla discontinua.**- Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo, se utiliza para indicar carriles reversibles.⁵

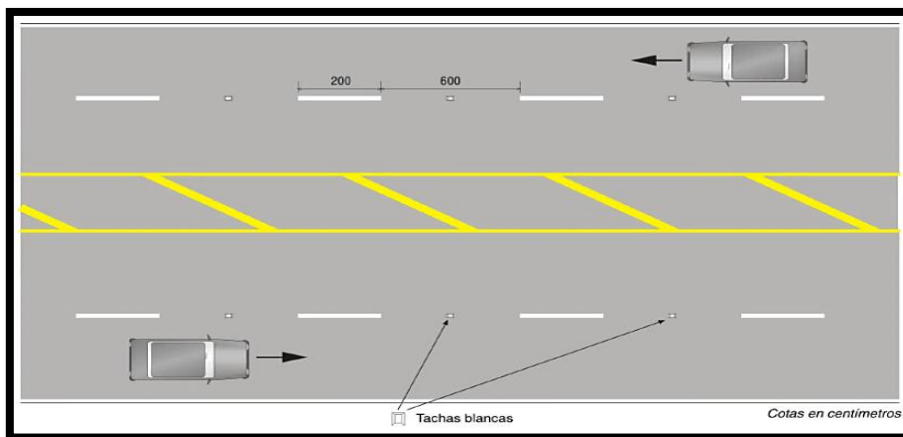
▪ **Líneas de carril.**-

La función principal de las líneas de pista es ordenar el tránsito y posibilitar un uso más seguro y eficiente de las vías, especialmente en zonas congestionadas. Estas líneas separan flujos de tránsito en la misma dirección y pueden ser de dos tipos continuas o segmentadas.

-**Línea blanca discontinua.**- Se utiliza para demarcar la separación de carriles de un mismo sentido de flujo en donde si es permitida la maniobra de adelantamiento.⁵

⁵ Manual Administradora Boliviana de Carreteras Dispositivos de control de tránsito ,2009.

Fig.I-16.- Línea Blanca discontinua



Fuente: Manual Administradora Boliviana de Carreteras

-Línea blanca continua.- Como ya se ha indicado, la línea continua sobre la calzada significa que ningún conductor con su vehículo debe atravesarla ni circular sobre ella. Acorde a lo anterior la línea continua se utiliza para demarcar la separación de carriles y demarcar el borde derecho de la calzada.⁵

▪ **Líneas de borde de calzada.-**

Estas líneas indican a los conductores especialmente en condiciones de visibilidad reducida, donde se encuentra el borde de la calzada lo que les permite posicionarse correctamente sobre esta.⁵

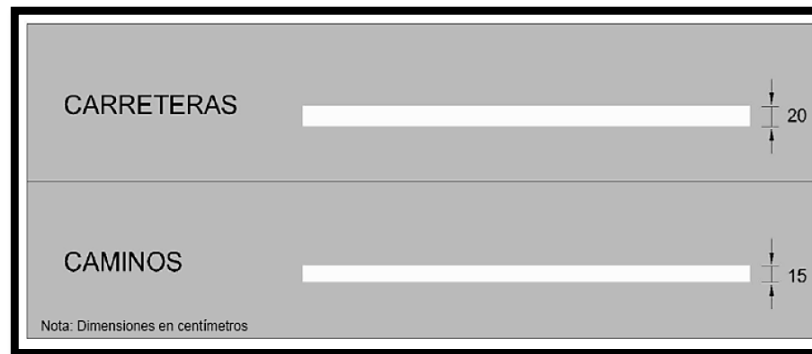
Estas demarcaciones son la única orientación para un conductor cuando es encandilado por un vehículo que transita en el sentido contrario, de allí la importancia que presenta en caminos y carreteras bidireccionales.⁵

Para velocidades menores a 60 km/hr. En ancho de la línea continua será de 12 cm.

Para rutas con velocidades mayores su ancho será de 15 cm.

⁵ Manual Administradora Boliviana de Carreteras Dispositivos de control de tránsito, 2009.

Fig.I-17.- Línea de borde de calzada



Fuente: Manual Administradora Boliviana de Carreteras

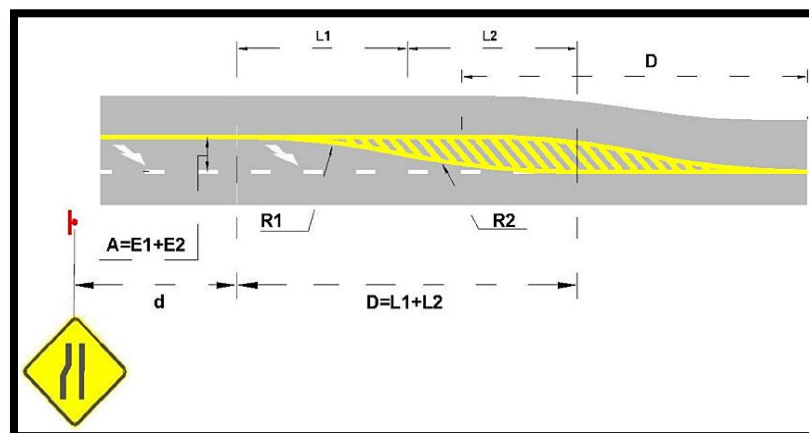
▪ **Líneas de prohibición de estacionamiento.-**

Estas líneas señalan la prohibición de estacionamiento permanente a lo largo de un tramo de vía, son continuas, amarillas y se ubican junto al borde de calzada o en la solera en caso que esta exista.

▪ **Líneas de transición (Reducción o ampliación).-**

Cuando el ancho de la calzada se reduce disminuyendo el número de pistas disponibles, se debe demarcar una zona de transición con líneas de eje y de borde de calzada convergente, que indiquen al conductor dicha reducción.⁵

Fig.I-18.- Reducción de pista



Fuente: Manual Administradora Boliviana de Carreteras

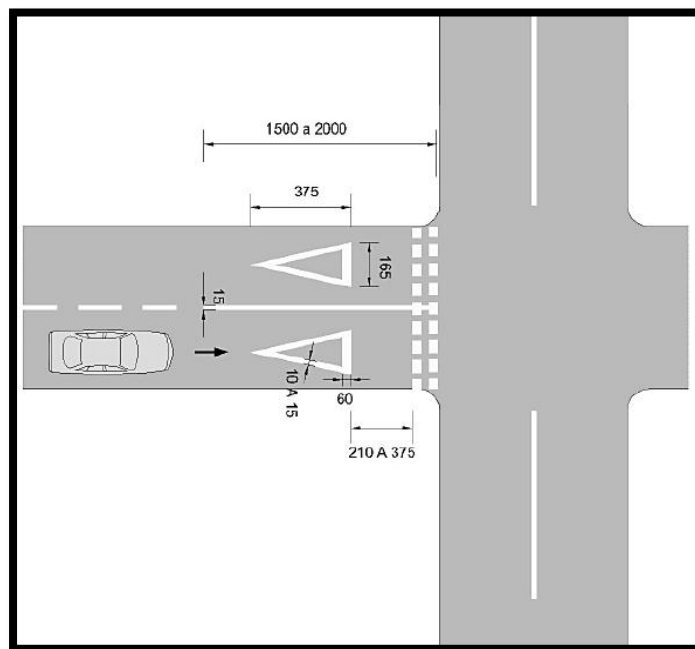
⁵ Manual Administradora Boliviana de Carreteras Dispositivos de control de tránsito, 2009.

b) Líneas transversales.-

Estas líneas tienen la función de definir puntos de detención y sendas de cruce de peatones y ciclistas, pueden ser de dos tipos; líneas de detención y líneas de cruce.⁵

-Líneas de detención.- Corresponden a las líneas que indican el lugar, ante el cual, los vehículos que se aproximan a un cruce o paso para peatones, deben detenerse. En vías urbanas con velocidades máximas permitidas iguales o inferiores a 60 Km/hr.

FigI-19.- Líneas de detención



Fuente: Manual Administradora Boliviana de Carreteras

c) Símbolos y leyendas.-

Los símbolos y leyendas se emplean para indicar al conductor maniobras permitidas, regular la circulación y advertir sobre los peligros. Se incluyen en este tipo de demarcación flechas, señales como CEDA EL PASO y PARE, leyendas como LENTO entre otras.⁵

⁵ Manual Administradora Boliviana de Carreteras Dispositivos de control de tránsito, 2009.

Atendiendo a su tipo, estas señales se clasifican en:

- Flechas
- Leyendas
- Otros símbolos

- **Flechas.**- Las flechas demarcadas en el pavimento se utilizan fundamentalmente para indicar y advertir al conductor, la dirección y sentido que deben seguir los vehículos que transitan por una vía de circulación, lo que contribuye a la seguridad y expedición del tránsito.¹

Según las maniobras asociadas a ellas se tienen los siguientes tipos de flechas:

- Flecha recta
 - Flecha de viraje
 - Flecha recta y de viraje
 - Flecha recta y de salida
 - Flecha de advertencia inicio línea de eje central continua
 - Flecha de incorporación
 - Flecha de incorporación a pistas de tránsito exclusivo
 - Flecha de incorporación a pistas de tránsito lento.¹
- **Leyendas.**- Se debe utilizar en pistas de aceleración y otras dado el peligro que advierten, al aplicarla se debe reiterar a lo menos una vez.
- **Otros símbolos.**-Corresponde a un símbolo empleado para indicar al conductor la distancia al vehículo que lo antecede, con la finalidad de disponer del tiempo suficiente para reaccionar en caso de frenadas en forma intempestiva, esta distancia de seguridad corresponde a la comprendida entre dos distanciadores. Esta demarcación tiene la forma de una punta de flecha.⁵

⁵ Manual Administradora Boliviana de Carreteras Dispositivos de control de tránsito, 2009.

¹Valdez González A. Ingeniería de tráfico, (4^{ta} Edición), editorial Dossat, 2001.

❖ SEÑALES VERTICALES.-

Las señales verticales son placas fijadas en postes o estructuras sobre la vía o adyacentes a ella, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen la función de prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto al uso de las vías, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las misma.

✓ TIPOLOGÍA DE SEÑALES VERTICALES.-

De acuerdo con la función que cumple, las señales verticales se clasifican en:

- a) Señales preventivas
- b) Señales reglamentarias
- c) Señales informativas ¹

a) Señales Preventivas.-

Las señales de advertencia de peligro (preventivas) tienen como propósito advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. Se identifican como base con el código SP.⁵

▪ Forma.-

En general, las señales de advertencia de peligro, tiene la forma de un cuadrado con una de sus diagonales colocada verticalmente.

▪ Color.-

Su color de fondo es amarillo. Los símbolos, leyendas y orlas, son de color negro. Todos los colores, utilizados por ejemplo en las señales SP35 Semáforo, para el caso de este tipo de señales, todos los elementos, tales como; fondo, caracteres, orlas, símbolos, leyendas, deberán cumplir con un nivel de retroreflexión mínimo.⁵

⁵ Manual Administradora Boliviana de Carreteras Dispositivos de control de tránsito, 2009.

¹Valdez González A. Ingeniería de tráfico, (4^{ta} Edición), editorial Dossat, 2001.

Señales preventivas que consideran otros colores además del amarillo y el negro:

SP-34. Semáforo (amarillo, negro, rojo y verde)

SP-35. Prevención de pare (amarillo, negro, rojo y blanco)

SP-36. Prevención de ceda el paso (amarillo, negro, rojo y blanco)

▪ **Ubicación.-**

Las señales de advertencia deben ubicarse con la debida anticipación, de tal manera que los conductores tengan el y tiempo adecuado para percibir, identificar, tomar la decisión y ejecutar con la seguridad la maniobra que la situación requiere.⁵

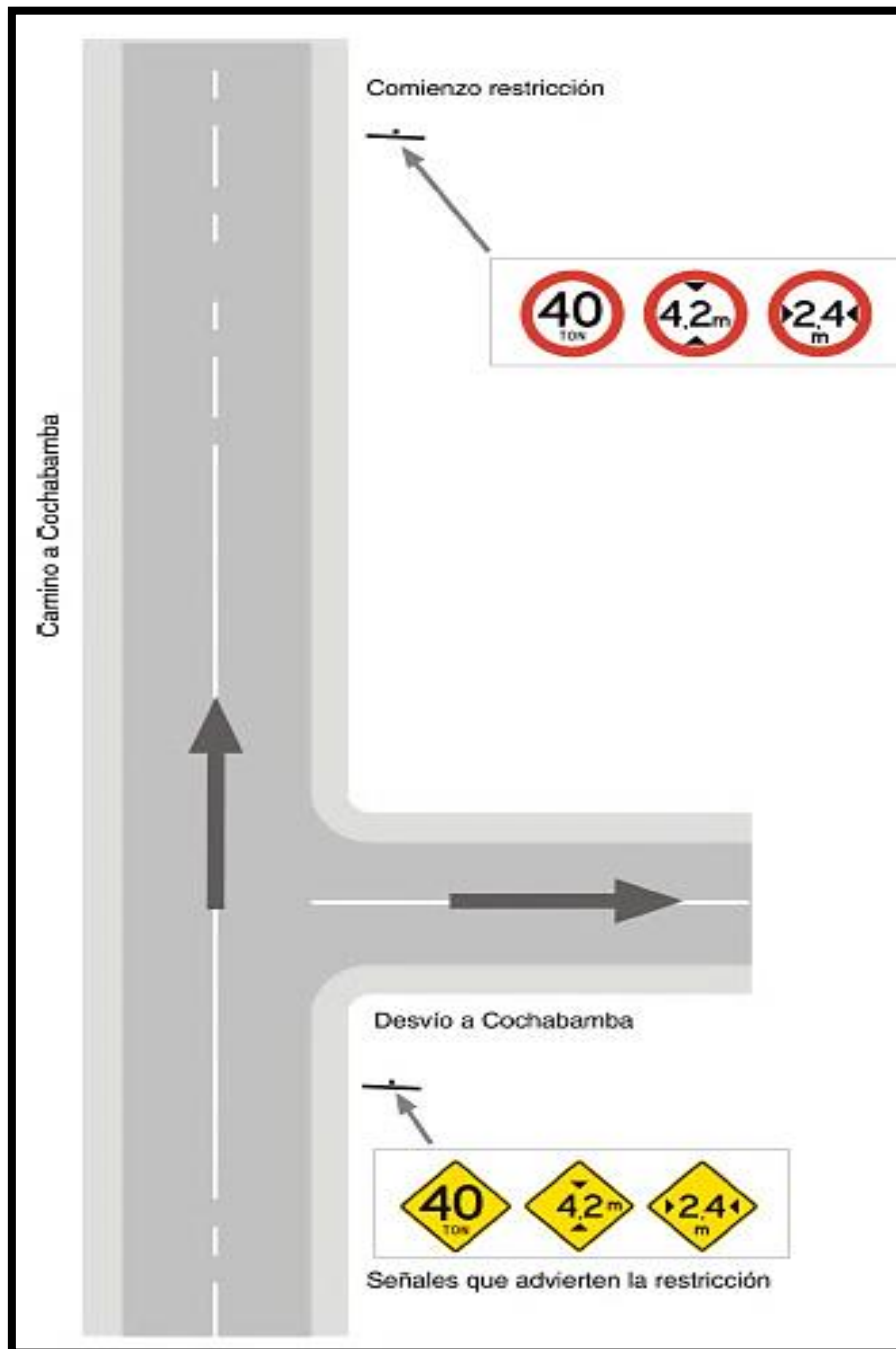
Este tiempo puede variar de 3 segundos. Como en el caso de las señales de advertencia más sencillas, curva pronunciada (SP-4) o pendiente fuerte de bajada (SP-16), hasta 10 segundos en el caso de señales de advertencia de situaciones complejas como cruce o bifurcaciones (SP-18 a SP-30).

Por lo tanto, la distancia requerida entre la señal y la situación que advierte queda determinada por la velocidad máxima de la vía y el tiempo a que se refiere el párrafo anterior ($\text{distancia} = \text{tiempo} \times \text{velocidad máxima}$), no pudiendo ser dicha distancia menor a 50 m. estas pueden ser ajustadas, hasta en un 20%, dependiendo de factores tales como: geometría de la vía, accesos, visibilidad, tránsito y otros.

Cuando la distancia entre la señal de advertencia y el inicio de la condición peligrosa a 300m, se debe agregar a la señal una placa adicional que indique tal distancia, como lo muestra la figura 1.7-1. Si dicha distancia es menor a un kilómetro, la indicación se da en múltiplos de 100 m y si es mayor, se redondea a kilómetros enteros.⁵

⁵ Manual Administradora Boliviana de Carreteras Dispositivos de control de tránsito, 2009.

Fig.I-20.- Ubicación señales preventivas de restricción



Fuente: Manual Administradora Boliviana de Carreteras

✓ Clasificación.-

Señales Preventivas

SP-1
CURVA PELIGROSA
IZQUIERDA



SP-2
CURVA PELIGROSA
DERECHA



SP-3
CURVA PRONUNCIADA
IZQUIERDA



SP-4
CURVA PRONUNCIADA
DERECHA



SP-5
CURVA Y
CONTRACURVA
IZQUIERDA



SP-6
CURVA Y
CONTRACURVA
DERECHA



SP-7
CURVAS
SUCESSIVAS
PRIMERA DERECHA



SP-8
CURVAS
SUCESSIVAS
PRIMERA IZQUIERDA



SP-9
CURVA Y
CONTRACURVA PRONUNCIADA
IZQUIERDA



SP-10
CURVA Y
CONTRACURVA PRONUNCIADA
DERECHA



P11
CURVA MUY CERRADA
IZQUIERDA



P12
CURVA MUY CERRADA
DERECHA



SP-13
SUPERFICIE
ONDULADA



SP-14
RESALTO



SP-15
DEPRESIÓN



SP-16
PENDIENTE
FUERTE DE BAJADA



SP-17
PENDIENTE
FUERTE DE SUBIDA



SP-18
INTERSECCIÓN
DE VÍAS



SP-19
VÍA LATERAL
IZQUIERDA



SP-20
VÍA LATERAL
DERECHA



SP-21
BIFURCACIÓN EN "T"



SP-22
BIFURCACIÓN EN "Y"



SP-23
BIFURCACIÓN IZQUIERDA



SP-24
BIFURCACIÓN DERECHA



SP-25
BIFURCACIÓN
IZQUIERDA EN "T" INVERTIDA



SP-26
BIFURCACIÓN
DERECHA EN "Y" INVERTIDA



SP-27
BIFURCACIÓN ESCALONADA
IZQUIERDA



SP-28
BIFURCACIÓN ESCALONADA
DERECHA



SP-29
INCORPORACIÓN DE TRÁNSITO
IZQUIERDA



SP-30
INCORPORACIÓN DE TRÁNSITO
DERECHA



SP-31
CRUCE FERROVIARIO A NIVEL
SIN BARRERAS



SP-32
BARRERA



SP-33
PASO FERROVIARIO A NIVEL
(CRUZ DE SAN ANDRÉS)



SP-34
SEMÁFORO



SP-35
PREVENCIÓN DE PARE



SP-36
PREVENCIÓN DE CEDA EL PASO



SP-37
ROTONDA



SP-38
REDUCCIÓN SIMÉTRICA
DE LA CALZADA



SP-39
REDUCCIÓN ASIMÉTRICA
DE LA CALZADA DERECHA



SP-40
REDUCCIÓN ASIMÉTRICA
DE LA CALZADA IZQUIERDA



SP-41
ENSANCHE SIMÉTRICO
DE LA CALZADA



SP-42
ENSANCHE ASIMÉTRICO
DE LA CALZADA IZQUIERDA



SP-43
ENSANCHE ASIMÉTRICO
DE LA CALZADA DERECHA



SP-44
PUENTE
ANGOSTO



SP-45
TÚNEL



SP-46
TRABAJOS EN LA VÍA



SP-47
MAQUINARIA EN LA VÍA



SP-48
CIRCULACIÓN EN
AMBOS SENTIDOS



SP-49
ZONAS DE
DERRUMBES



SP-50
SUPERFICIE
DESIZANTE



Fuente: Manual Administradora Boliviana de Carreteras

b) Señales reglamentarias.-

Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones y autorizaciones existentes. Su trasgresión constituye infracción a las normas del tránsito.⁵

- **Forma.-**

En general, su forma es circular y solo se aceptara inscribir la señal en un rectángulo cuando lleve una leyenda adicional. Se exceptúan de esta condición geométrica las señales: SP-01 PARE, cuya forma es octagonal. SR-02 CEDA EL PASO, cuya forma es un triángulo equilátero con un vértice hacia abajo.

- **Color.-**

Los colores utilizados en estas son los siguientes:

Fondo blanco; orlas y franjas diagonales de color rojo; símbolos, letras y números en negro. Las excepciones a esta regla son:

- ❖ SR-01: PARE, cuyo fondo es rojo, orlas y letras en blanco.
- ❖ SR-38 Y SR-39: TRANSITO EN UN SENTIDO Y TRÁNSITO EN AMBOS SENTIDOS, serán de fondo negro y flechas y orlas blancas.

Para el caso de señales reglamentarias, todos los elementos como fondo, caracteres, orlas, símbolos, leyendas, pictogramas de una señal vertical, excepto aquellos de color negro, deberán cumplir con el nivel de retroreflexión.⁵

- **Ubicación.-**

Las señales reglamentarias deberán instalarse al lado derecho de la vía, en el lugar preciso donde se requiera establecer la regulación. Por otro lado, se deberá ubicar una señal adicional al lado izquierdo de la vía, en toda condición cuando se trate de señales del tipo NO ADELANTAR (SR-26), y en el caso de VELOCIDAD MAXIMA (SR-30), donde la presencia de camiones y buses cuenten con un Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) mayor o igual al 20% del total.

Las señales podrán ser complementadas con placas informativas donde se podrán indicar días de la semana y la horas en las cuales existe la prohibición. Dichas placas no deberán tener un ancho superior al de la señal.⁵

⁵ Manual Administradora Boliviana de Carreteras Dispositivos de control de tránsito, 2009.

✓ Clasificación.-

Señales Reglamentarias



Fuente: Manual Administradora Boliviana de Carreteras

c) Señales Informativas.-

Las señales informativas o de información, tienen por objeto guiar al usuario de la vía suministrándole la información necesaria sobre identificación de localidades, destinos, sitios de interés turístico, geográficos, intersecciones, cruces, distancia por recorrer, prestación de servicios, etc.⁵

⁵ Manual Administradora Boliviana de Carreteras Dispositivos de control de tránsito, 2009.

En particular se utilizan para informar sobre:

- a) Enlaces o empalmes con otras vías.
- b) Pistas apropiadas para cada destino.
- c) Direcciones hacia destinos, calles o rutas.
- d) Inicio de la salida o otras vías.
- e) Distancia a que se encuentran los destinos
- f) Nombres de rutas y calles atractivos turístico existentes en las inmediaciones de la vía.
- g) Nombres de ciudades, ríos, puentes, calles, parques, lugares históricos y otros.

- **Forma.-**

En general, las señales informativas tienen forma rectangular o cuadrada. Las excepciones a lo anterior, corresponden a las señales tipo flecha y algunas de identificación vial, por mencionar algunas tenemos el escudo *vía panam* y *escudo de identificación de red fundamental*.

- **Color.-**

En señales informativas, las leyendas, símbolos y orlas son de color blanco. El color de fondo de las señales para autopistas y autovías, es azul y para vías convencionales, verde, con la excepción de las señales *nombre y numeración de calles*, de color negro, y las de atractivo turístico (IT), cuyo color representativo es el café. Estos colores, con excepción del negro, deberán cumplir con el nivel de retroreflexión.

- **Ubicación.-**

La ubicación longitudinal de las señales informativas quedará determinada por su función, según se especifica para cada señal en esta sección. En todo caso, para efectos de su instalación, el lugar podrá ser ajustado hasta en un 20%, dependiendo de las condiciones del sector y de factores tales como geometría de la vía, accesos, visibilidad, tránsito, composición de este y otros.⁵

⁵ Manual Administradora Boliviana de Carreteras Dispositivos de control de tránsito, 2009.

Cuando la señal se instala sobre la calzada o sobre la berma (en pórticos o banderas), su borde inferior debe distar a lo menos 5,5 metros del punto más alto de la calzada o berma. Esto asegura el flujo expedito de vehículos altos. Las fechas de las señales aéreas deben quedar instaladas de modo que apunten al centro de la pista de tráfico a la que hacen referencia.

No obstante, no es conveniente elevar las señales verticales en demasía sobre dicha altura, ya que la señal puede quedar ubicada fuera del cono de atención de los conductores o fuera del alcance de la luz emitida por los focos de los vehículos, dificultando su visibilidad nocturna.

✓ **Clasificación.-**

Señales Informativas



Fuente: Manual Administradora Boliviana de Carreteras

1.5.- SEÑALIZACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA SEGURIDAD VIAL.-

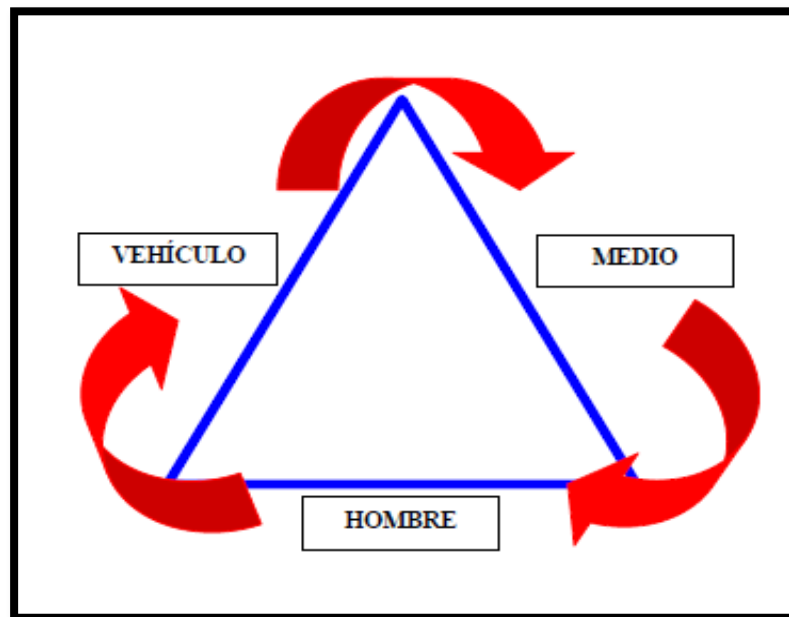
1.5.1.- SEGURIDAD VIAL.-

El concepto de seguridad en el ámbito vial se utiliza generalmente asociado a las estadísticas de accidentes. Cuando se analizan las causas que provocan los accidentes de tránsito, resulta común adoptar como propias estadísticas elaboradas en otros países, al aceptar nuestra responsabilidad de mantener una actualizada noción del estado general del camino y su entorno.

Ello implica efectuar sistemáticamente una evaluación o auditoria de los proyectos y de las rutas en servicio, en el marco de un programa que posibilite clasificar y procesar tal información para integrarla a los criterios de concepción de los proyectos teniendo en cuenta su relación con el medio receptor.

El triángulo de la seguridad tanto en vías urbanas y carreteras establece la interacción de tres factores contribuyentes en los accidentes que son: el vehículo, el medio y el factor humano.¹

Fig.I-21.- Triángulo de la seguridad en vías urbanas y carreteras



Fuente: Comisión de investigaciones Científicas Buenos Aires

De acuerdo a los resultados de diversos estudios en países potenciales sea llegado a determinar que de los tres factores contribuyentes a los accidentes de tránsito, el factor humano es el que tiene una mayor incidencia a falta de una adecuada señalización e iluminación vial en vías urbanas y carreteras.

Las condiciones precarias de los caminos, la mala estructura vial y la ausencia de campañas intensivas de educación, son algunos de los elementos que sitúan a Bolivia en el último lugar entre los países de América Latina que tienen un adecuado sistema de seguridad vial.¹

1.5.2.-ACCIDENTES.-

En el estudio de los accidentes de tránsito no resulta fácil averiguar cuáles son las causas que los producen principalmente por dos motivos.¹

- Accidentes con análogas características pueden tener causas muy diferentes.
- Sucesos que se consideran como causas ciertas en determinados accidentes no necesariamente son causas que siempre producen accidentes.

La mayoría de los accidentes no son el producto de un único suceso identificado como la causa sino que son producidos por una cadena de sucesos inter actuantes. Podemos dividir las causas de los accidentes en dos grupos:

- ❖ Causas directas
- ❖ Causas indirecta

Causas directas.-

Son aquellos sucesos, acciones o condiciones capaces de alterar irreversiblemente la normal circulación del vehículo produciendo el accidente.

Entre ellos podemos citar:

- Adelantamientos inadecuados
- Reventón de neumáticos

¹ Valdez González A. Ingeniería de tráfico, (4^{ta} Edición), editorial Dossat, 2001.

- Exceso de velocidad en una curva.

Causas indirectas.-

Son aquellos sucesos, acciones o condiciones que, sin considerarse responsables de los accidentes, influyen en el proceso que precedió al mismo. Podemos citar:

- Cansancio o estado de ánimo del conductor.
- Señalización inapropiada en un determinado lugar
- Defectos mecánicos del vehículo
- Irregularidad en la calzada

Haciendo un análisis teórico de las causas de los accidentes se establece que, mientras las capacidades del conductor sean superiores a las demandas que plantean la vía y el vehículo, el sistema de circulación será estable. Cuando el equilibrio se rompa, sobrevendrá el accidente.¹

Fig.I-22.- Demanda del sistema vehículo de la vía, y del entorno

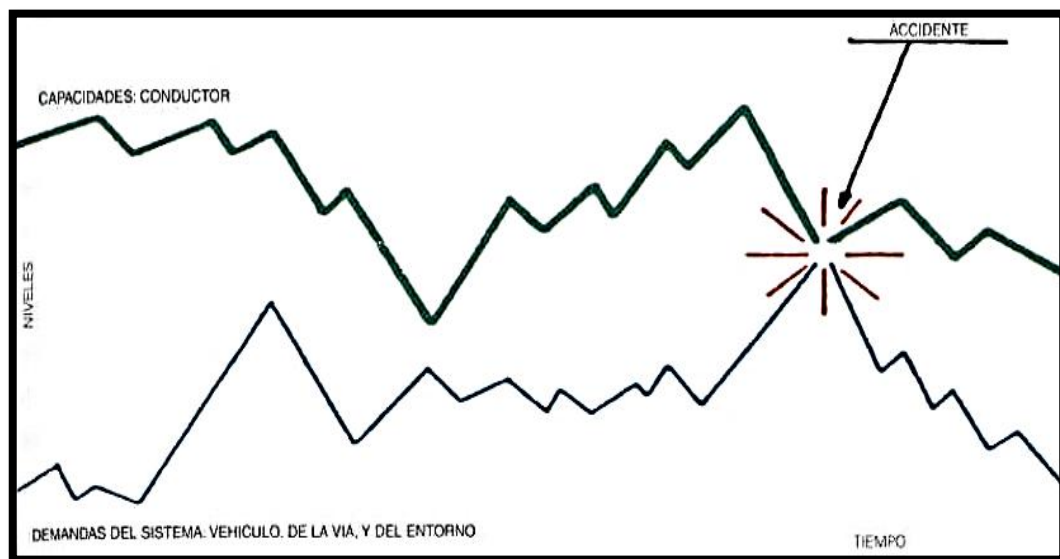


Figura 2.12.- Ref. Comisión de investigaciones Científicas Buenos Aires

¹ Valdez González A. Ingeniería de tráfico, (4^{ta} Edición), editorial Dossat, 2001.

En el siguiente cuadro se refleja los accidentes que se registraron en la pasada gestión donde el comando general de la policía identifica los accidentes de tránsito por departamentos que se registraron en el país.

Cuadro I-7.- Estadísticas de tipos de accidentes en el país

Tipo de hechos	La Paz	S. Cruz	Cbba.	Oruro	Potosí	Chuq.	Tarija	Beni	Pando	Total
Atropellos	2.393	826	603	250	213	257	355	143	39	5.079
Colisiones	7.987	4.089	1.420	553	485	892	1.773	592	271	18.062
Choque a objeto fijo	1.204	560	320	180	170	266	367	65	55	3.187
Choque a vehículos detenidos	2.092	664	349	153	123	302	435	93	66	4.277
Vuelcos	285	112	92	90	65	59	102	35	9	849
Embarrancamientos	131	5	51	7	43	45	58	2	3	345
Encunetamientos y deslizamientos	289	147	72	41	39	81	88	31	8	796
Caída de pasajero	140	106	56	8	5	50	79	111	66	621
Incendio de vehículos	1	3	0	1	0	4	3	2	0	14
TOTAL	14.522	6.512	2.963	1.238	1.143	1.956	3.260	1.074	517	33.230

FUENTE: COMANDO GRAL. DE LA POLICÍA

Ref. Comando Gral. de la policía

CAPÍTULO II

ALUMBRADO E ILUMINACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA SEGURIDAD VIAL

2.1.- GENERALIDADES.-

La realización de la tarea visual del conductor durante la noche se lleva a efecto en condiciones bastante deficitarias para la obtención de un buen resultado, factores tales como: pérdida de agudeza visual, alteración en la apreciación de distancias (visión binocular deficiente), percepción limitada de obstáculos laterales y visión cromática insólita o inexistente, contribuyen a generar muchos problemas de orientación y guiado para los conductores de los vehículos.

Si a esto se añade la escasa y limitada información visual que proporcionan los faros de los vehículos, sobre todo con “luz de cruce”, se estará en un escenario en el que, además de las dificultades fisiológicas y psicológicas propias de la tarea visual realizada en estas condiciones, se agrava la situación como consecuencia del desplazamiento del vehículo propio y los de los otros automovilistas o usuarios de la carretera.

Los estudios realizados, tanto en nuestro país como en otros países, han demostrado que el alumbrado público coadyuva en gran medida a la reducción de los accidentes nocturnos.

Existen circunstancias particularmente peligrosas de cara a la seguridad de la circulación; la noche y el crepúsculo son una de ellas.

Durante el crepúsculo, las condiciones de iluminación son muy particulares y los deslumbramientos son frecuentes; a ello hay que unir que muchos vehículos no utilizan las luces, lo que hace que la visibilidad de éstos se vea muy reducida.

Durante la noche, la falta de luz en la mayor parte de la red de carreteras, unida a otros efectos asociados a los hábitos nocturnos (cansancio, consumo de alcohol), hace que la conducción resulte más peligrosa.

En ambos casos, la presencia de usuarios vulnerables en la vía, como peatones y ciclistas, sin el equipamiento reflectante adecuado para facilitar su percepción por parte del resto de los usuarios, complica la situación y compromete gravemente su seguridad.

Los índices de peligrosidad pueden incluso multiplicarse por ocho, con respecto al índice de peligrosidad medio, durante el periodo nocturno. En cuanto a los atropellos de peatones, se producen durante la noche o el crepúsculo y en ellos se producen los fallecimientos por atropello.

Afortunadamente, durante los últimos años se han puesto en marcha iniciativas para mejorar la seguridad de la circulación durante el periodo nocturno.

La obligatoriedad de utilizar el chaleco reflectante para los conductores que descienden de su vehículo en la calzada, utilización de dispositivos reflectantes para peatones y ciclistas, generalización de las señales reflectantes en toda la red de carreteras, iluminación de algunos emplazamientos peligrosos, son algunas de las medidas que se han implantado en los últimos años para conseguir reducir la accidentalidad. Sin embargo, todavía es necesario seguir investigando y proponiendo medidas con vistas al objetivo final de reducir el impacto que los accidentes de tráfico tienen en nuestra sociedad.

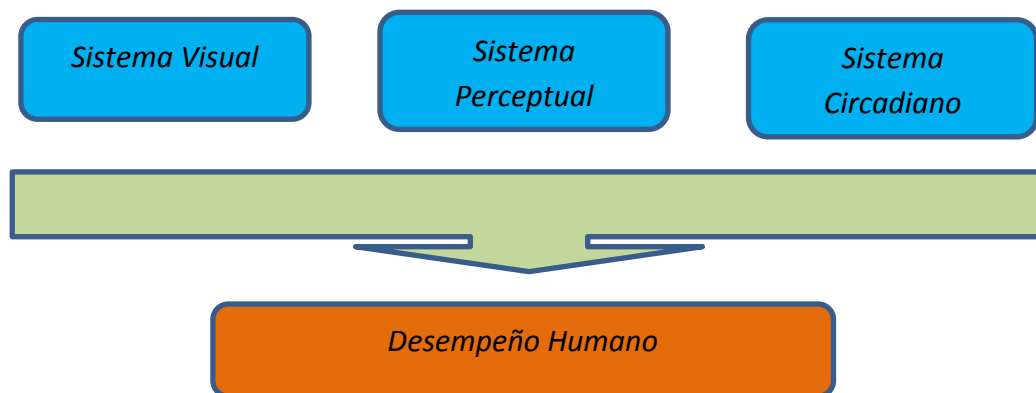
2.2.- ASPECTOS GENERALES DEL ALUMBRADO E ILUMINACIÓN VIAL.-

2.2.1.- INFLUENCIA DE LA ILUMINACIÓN SOBRE EL SER HUMANO.-

La iluminación tiene la potencialidad de modificar no solamente el estado de operación del sistema visual sino también de afectar la manera en que el ser humano realiza una tarea o se desenvuelve en un medio ambiente luminoso. En este sentido, la iluminación puede actuar como un factor positivo, favoreciendo el desempeño de las personas.⁶

El ser humano posee tres sistemas a través de los cuales la iluminación puede influir la forma en que una persona se desempeña en una situación: el sistema circadiano, el sistema visual y el sistema porcentual. En la figura se esquematiza un marco conceptual donde se incluyen los tres caminos a través de los cuales las condiciones de la iluminación pueden producir un impacto sobre el rendimiento humano y las intersecciones entre ellos.⁶

Fig.II-23.- Marco conceptual sobre la iluminación y la influencia que tiene sobre el ser humano.



Fuente: Elisa Colombo, Beatriz O'Donnell Iluminación Eficaz Calidad y Factores Humanos.2005

⁶ Elisa Colombo, Beatriz O'Donnell Iluminación Eficaz Calidad y Factores Humano, 2005.

El efecto de la iluminación sobre la visión es el más evidente y conocido de los efectos que produce la luz sobre el rendimiento humano.⁶

2.2.2.- CALIDAD DE ILUMINACIÓN.-

Con el tiempo se fue asociando el criterio de eficiencia y calidad no solamente a la disminución del costo sino al mejoramiento de las condiciones de iluminación en consonancia con los objetivos de la misma. En este camino junto a las crecientes innovaciones tecnológicas surgidas en el campo de la producción de luz: mayor vida útil, mayor eficiencia luminosa, mejor índice de rendimiento de color, aparición de los balastos eléctricos, sistemas de control de luz, se fueron incorporando las exigencias que surgen de considerar los factores humanos. En la siguiente figura se muestra los tres componentes que inciden directamente en la calidad de iluminación.⁶

Fig.II-24.- Diagrama de las tres componentes que participan en la definición de la calidad de iluminación.



Fuente: Elisa Colombo, Beatriz O'Donell Iluminación Eficaz Calidad y Factores Humanos.2005

Estos tres componentes juegan un rol muy importante en el establecimiento de nuevas tecnologías, en la definición de los procesos de diseño y en el conocimiento de todos aquellos factores que puedan aportar al mejoramiento de la calidad de la iluminación.

⁶ Elisa Colombo, Beatriz O'Donell Iluminación Eficaz Calidad y Factores Humanos, 2005.

2.2.3.- CLASES DE ILUMINACIÓN SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS VÍAS.-

➤ VÍAS VEHICULARES.-

Los criterios que se deben tener en cuenta para asignar una clasificación de iluminación están asociados a las características de las vías, siendo las principales: la velocidad de circulación y el número de vehículos. Toda vía caracterizada con estas dos variables se les asignará un tipo de iluminación conforme al siguiente cuadro.⁷

CuadroII-8.- Clases de iluminación según las características de las vías

Clase de Iluminación	Descripción vía	Velocidades de circulación (Km / h)		Tránsito de vehículos (Veh. / h.)	
M1	Autopistas y carreteras	Extra alta	V>80	Muy importante	T>1000
M2	Vías de acceso controlado y vías rápidas	Alta	60<V<80	Importante	500<T<1000
M3	Vías principales y ejes viales	Media	30<V<60	Media	250<T<500
M4	Vías primarias o colectoras	Reducida	V<30	Reducida	100<T<250
M5	Vías secundarias	Muy reducida	Al paso	Muy reducida	T<100

Fuente: Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP.

⁷ Empresa de Energía BOYACA Reglamento técnico de iluminación y alumbrado RETILAP, 2010

Otros factores a tener en cuenta son la complejidad de la circulación, controles del tráfico tipos de usuarios de las vías y existencia de separadores. En tal sentido y por criterios de uso racional y eficiente de energía, una vía podrá disponer, en ciertas horas, de un alumbrado con clasificación inferior a la resultante de la aplicación.⁷

En el mismo sentido, de acuerdo con las condiciones de control de tráfico y de existencia de separación de diferentes usuarios en la vía, también podrá usarse una clase de iluminación diferente. Las condiciones para disponer de dos clases de iluminación en una vía o su cambio como criterio inicial de diseño se establecen en el siguiente cuadro adaptada de la tabla 1 de la NTC 900.⁷

CuadroII-9.- Variación en las Clases de iluminación por tipo de vía, complejidad de circulación y control del tráfico.

Descripción de la vía	Tipo de Iluminación
Vías de extra alta velocidad, con calzadas separadas exentas de cruces a nivel y con accesos completamente controlados (Autopistas expresas).Con densidad de tráfico y complejidad de circulación.	
Alta $T > 1000$ (veh./ h)	M1
Media $500 < T < 1000$ (veh./ h)	M2
Baja $T < 500$ (veh./ h)	M3
Vías de extra alta velocidad, vías con doble sentido de circulación. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la via.	
Escaso	M1

Bueno	M2
Vías más importantes de tráfico urbano, vías circunvalares y distribuidoras. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía.	
Escaso	M2
Bueno	M3
Conectores de vías de poca importancia, vías distribuidoras locales, vías de acceso a zonas residenciales, Vías de acceso a propiedades individuales y a otras vías conectoras más importantes. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía.	
Escaso	M4
Bueno	M5

Fuente: Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP.

➤ **VÍAS PARA TRÁFICO PEATONAL Y CICLISTAS.-**

La iluminación de estas áreas debe garantizar que los peatones y ciclistas puedan distinguir la textura y diseño del pavimento, la configuración de bordillos, escalones marcas y señales; adicionalmente debe ayudar a evitar agresiones al transitar por estas vías. En el CuadroII-10 se presentan las siete clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales.⁷

⁷ Empresa de Energía BOYACA Reglamento técnico de iluminación y alumbrado RETILAP, 2010.

CuadroII-10.- Clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales y de ciclistas

DESCRIPCIÓN DE LA CALZADA	CLASE DE ILUMINACION
Vías de muy elevado prestigio urbano	P1
Utilización nocturna intensa por peatones y ciclistas	P2
Utilización nocturna moderada por peatones y ciclistas	P3
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes	P4
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. <i>Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente</i>	P5
Utilización nocturna muy baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. <i>Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente</i>	P6
Vías en donde únicamente se requiere una guía visual suministra por la luz directa de las luminarias	P7

Fuente: Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP.

➤ **CLASES DE ILUMINACIÓN SEGÚN EL USO Y TIPO DE VÍA.-**

En concordancia con el concepto de crear espacios de convivencia ciudadana garantizando la seguridad, los niveles recomendados por las normas internacionales

han sido ajustados a valores, que satisfacen los requerimientos particulares del país. Igualmente estos valores se presentan para cada tipo de vías y áreas asociadas en rangos coherentes a los criterios de diseño, que ofrecen flexibilidad en el diseño y aplicación para cada caso específico, a la vez que armonizan en el contexto urbanístico. Para la adecuada identificación de cada espacio en la vía, es necesario atender los perfiles típicos de vías que tiene aprobado en el POT cada municipio.

En los sistemas de alumbrado público existentes que hagan uso de la infraestructura de red eléctrica de uso general, sobre los cuales se requiera realizar ajustes para cumplir con los niveles de iluminación y coeficiente de uniformidad exigidos en el presente reglamento, se deberán modificar la luminaria y/o la potencia de la fuente, así como la forma y longitud del brazo. Cuando el Operador de red o propietario de la infraestructura de la red de uso general realice la remodelación, deberá realizar el diseño y adecuación de dichas redes considerando el cumplimiento de las exigencias del servicio de alumbrado público de conformidad con el presente reglamento.⁷

➤ REQUISITOS DE ILUMINACIÓN MANTENIDOS PARA VÍAS VEHICULARES.-

Conocidas las características de las vías y sus requerimientos visuales, se deberá asignar la clase de iluminación necesaria. A cada clase de iluminación se le establecen los requisitos fotométricos mínimos mantenidos a través del tiempo, los cuales se condensan en el CuadroII-11. para luminancia, cuando este es el criterio aplicado.⁸

⁸ Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011.

CuadroII-11.- Requisitos fotométricos mantenidos por clase de iluminación para tráfico motorizado con base en la luminancia de la calzada.

Clases de Iluminación	Zona de Aplicación				
	Todas las vías			Vías sin o con pocas Intersecciones	Vías con calzadas Peatonales no iluminadas
	Luminancia Promedio $L_{prom.}(cd/m^2)$ Mínimo Mantenido	Factor de uniformidad U_o Mínimo	Incremento De umbral TI% Máximo inicial	Factor de uniformidad longitudinal de luminancia U_i Mínimo	Relación de alrededores SR Mínimo
M1	2	0.4	10	0.5	0.5
M2	1.5	0.4	10	0.5	0.5
M3	1.2	0.4	10	0.5	0.5
M4	0.8	0.4	15	N.R.	N.R.
M5	0.6	0.4	15	N.R.	N.R.

Fuente: Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación - Comité Español de Iluminación (CEI).

⁸ Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011.

Se podrán hacer diseños con base en criterio de iluminancia para las vías consideradas en el Cuadro II-12.

Cuadro II-12.- Valores mínimos mantenidos de iluminancias promedio (lx) en vías motorizadas.

Clases de iluminación	Valor promedio (mínimo mantenido) de iluminancia Según tipo de superficie de la Vía (Lux)			Uniformidad de la Iluminancia
	R1	R2 y R3	R4	$E_{\min.}/E_{\text{prom.}}$ (%)
M3	12	17	15	34%
M4	8	12	10	25%
M5	6	9	8	18%

Fuente: Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación - Comité Español de Iluminación (CEI).

2.3.- CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL ALUMBRADO VIAL.-

- **LOCALIZACIÓN DE LUMINARIAS.-**

Al iniciar un diseño de iluminación es necesario conocer las disposiciones que tiene el municipio que para los diferentes operadores de servicios públicos, en cuanto a la localización de los postes y redes de energía así como la red de alumbrado público, respecto al costado donde deben colocarse en la malla vial local, y si existe alguna restricción para la colocación de los postes exclusivos de alumbrado público en la malla arterial tanto principal como complementaria.⁷

⁷ Empresa de Energía BOYACA Reglamento técnico de iluminación y alumbrado RETILAP, 2010.

La localización de las luminarias en la vía está relacionada con su patrón de distribución, con el ancho de la vía (**A**), con los requerimientos lumínicos de la vía, con la altura de montaje (**H**) de las luminarias, con el perfil de la vía, la proximidad a redes de AT, MT (en donde se deberán cumplir las normas de distancias mínimas de seguridad establecidas en el RETIE y zonas de servidumbres), líneas férreas, mobiliario urbano, etc.⁷

Aparte de estas consideraciones, la altura de montaje se relaciona con las facilidades para el mantenimiento y el costo de los apoyos. La interdistancia de localización de los postes de alumbrado (**S**) será la que resulte del estudio fotométrico de iluminación de la vía y primara sobre la distancia de ubicación de los elementos del mobiliario urbano.

Las interdistancias sólo se deben disminuir debido a obstáculos insalvables, como por ejemplo sumideros de alcantarillas, rampas de acceso a garajes existentes, interferencia con redes de servicios públicos existentes y que su modificación resulte demasiado onerosa comparada con el sobrecosto que representa el incremento del servicio de alumbrado público, etc.⁷

Se debe buscar obtener interdistancias más elevadas mediante la utilización secuencial de las siguientes alternativas:

- a. Escoger la luminaria más apropiada.
- b. calibrar el reglaje de la luminaria para aumentar su dispersión
- c. Aumentar la inclinación de la luminaria (pasando de 0° hasta 20°);
- d. Utilizar brazos con mayor longitud y por tanto de mayor alcance.
- e. Aumentar la longitud del brazo para que el avance de la luminaria sobre la calzada sea mayor.

⁷ Empresa de Energía BOYACA Reglamento técnico de iluminación y alumbrado RETILAP, 2010.

2.3.1.-CONFIGURACIONES BÁSICAS DE LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE ILUMINACIÓN.-

Conocidas las características de las vías y las propiedades fotométricas de las luminarias, el diseñador deberá aplicar la configuración que mejor resuelva los requerimientos de iluminación, podrá tener en cuenta la recomendación del CuadroII-13 tomado de la NTC 900.⁷

CuadroII-13.- Recomendación para disposición de luminarias.

Clase de Iluminación	Altura (m.)	Relación S/H	Disposición de las luminarias	
			Criterio	Disposición
M1	12 - 14	3.5 - 4	Dos carriles de circulación	Unilateral
M2	10 - 12	3.5 - 4	Dos carriles de circulación	Unilateral
M3	8.5 - 10	3.5 - 4	Ancho de la calzada menor	Unilateral
M4	7 - 9	3.5 - 4	Unilateral	
M5	6	3.5 - 4	A criterio del diseñador	

Fuente: Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP

La relación (S/H) resulta de dividir (la interdistancia de localización de los postes de alumbrado/ altura de montaje de las luminarias).

_____.

⁷ Empresa de Energía BOYACA Reglamento técnico de iluminación y alumbrado RETILAP, 2010.

- **POSTES EXCLUSIVOS DE ALUMBRADO PÚBLICO DE DOBLE PROPÓSITO.-**

Debido a la disposición multipropósito de algunos proyectos en los que se contemplan vías especiales para el tráfico de vehículos, así como las vías peatonales y el ciclo-ruta, es necesario minimizar el uso de postes y apoyos para el alumbrado

Público.⁷

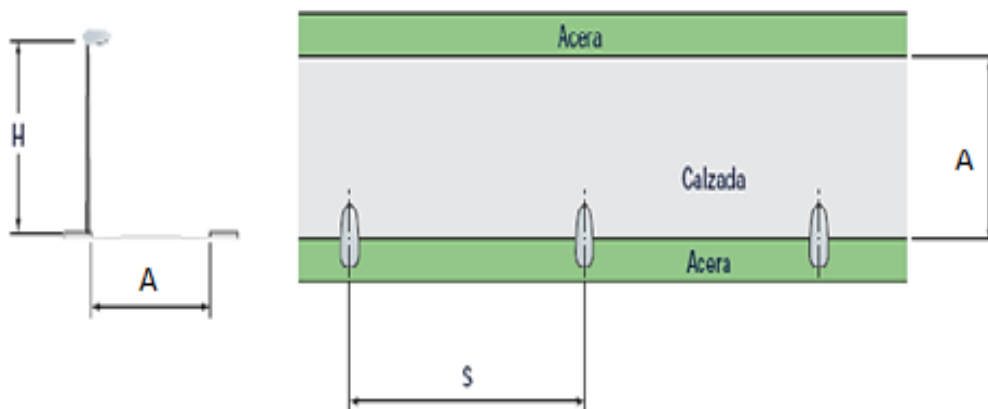
Por un lado sirve para iluminar la calzada vehicular y por otro lado, a igual o menor altura, sirven para colocar las luminarias del andén peatonal o la ciclo-ruta.

- **DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS.-**

a) Disposición unilateral.-

Es una disposición donde todas las luminarias se instalan a un solo lado de la vía. El diseñador debe utilizar la luminaria más apropiada que cumpla con los requisitos fotométricos exigidos para las alturas de montaje, interdistancia y menor potencia eléctrica requerida.⁷

Fig. II-25.- Disposición unilateral



Fuente: Introducción-iluminación-vial-urbana-lamp-lighting.

Dónde:

A = Ancho de la vía

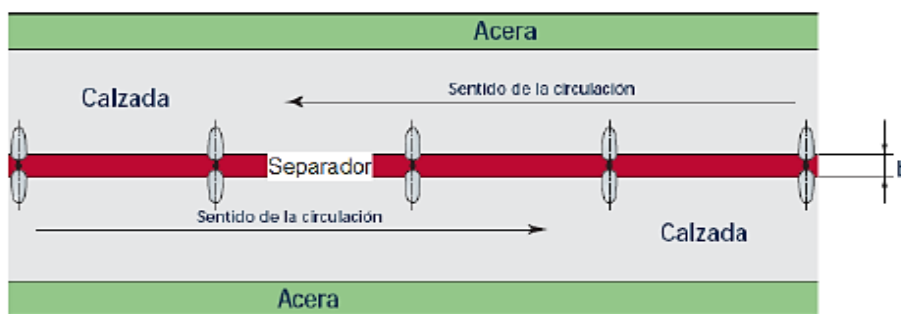
H= Altura de montaje de la luminaria

S= La interdistancia de localización de los postes de alumbrado.

b) Central doble.-

Donde los carriles de circulación en una dirección y otra se encuentran separados por un pequeño separador que no debe ser menor de 1,5 m de ancho. Se logra una buena economía en el proyecto si los postes comparten en el separador central a manera de dos disposiciones unilaterales. Esta manera de agrupar las luminarias se denomina central sencilla.⁷

Fig.II-26.- Disposición Central doble (para $1,5 m \geq b \leq 4 m$)



Fuente: Introducción-iluminación-vial-urbana-lamp-lighting.

b= Separación entre carriles

c) Bilateral alternada.-

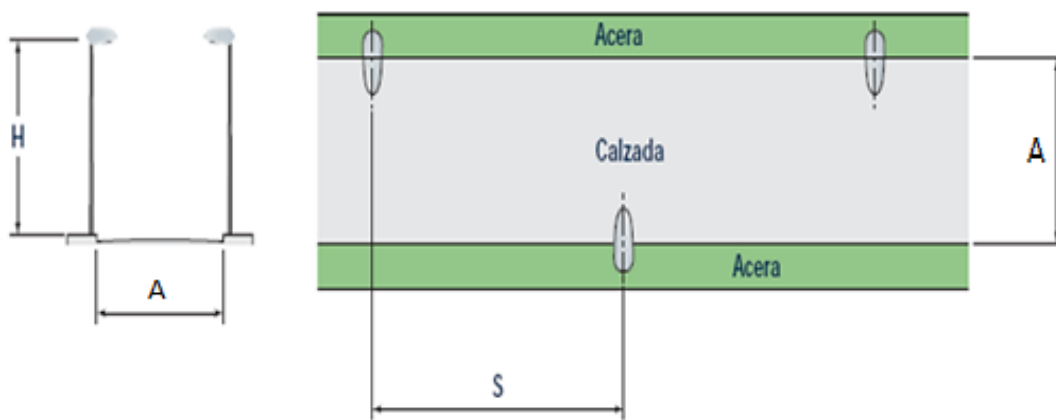
Cuando la vía presenta un ancho A superior a la altura de montaje H de las luminarias ($1.0 < (A/H) < 1,50$), se recomienda utilizar luminarias clasificadas como Tipo II de la IESNA ó de dispersión media en el modelo de la CIE.

_____.

⁷ Empresa de Energía BOYACA Reglamento técnico de iluminación y alumbrado RETILAP, 2010.

Es claro que la anterior frase no obliga al diseñador a utilizar luminarias Tipo II de manera exclusiva, pues la presente norma es del tipo de resultados y no de materiales a utilizar en un diseño. También es conveniente utilizar la disposición bilateral alternada en zonas comerciales o de alta afluencia de personas en la noche, para iluminar las aceras y las fachadas de las edificaciones frente a la calzada y crear de esta manera, un ambiente luminoso agradable.⁷

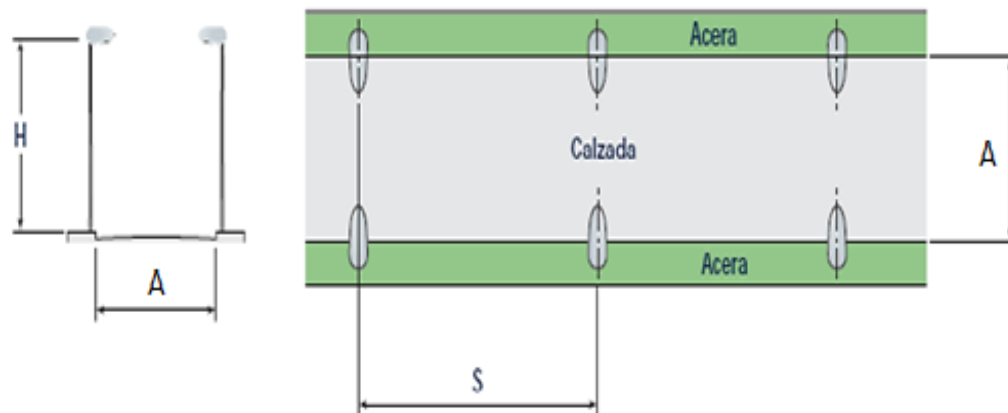
Fig.II-27.- Disposición Bilateral alternada



Fuente: Introducción-iluminación-vial-urbana-lamp-lighting.

d) Bilateral opuesta sin separador.-

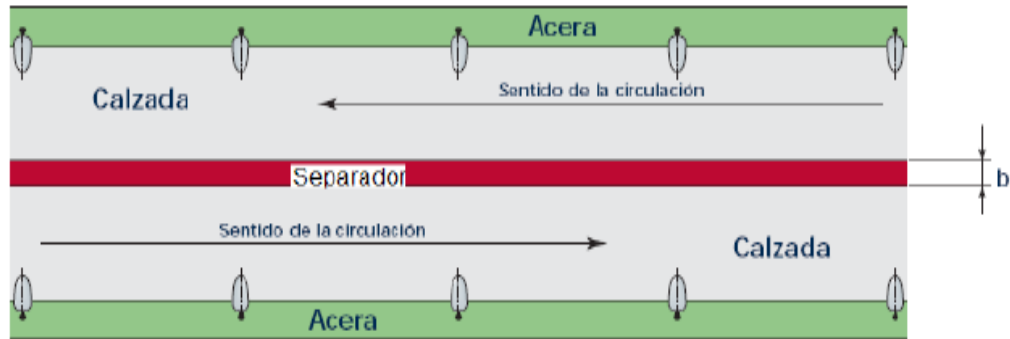
Fig.II-28.- Disposición Bilateral opuesta



Fuente: Introducción-iluminación-vial-urbana-lamp-lighting.

e) **Bilateral opuesta con separador.-**

Fig. II-29.- Disposición Bilateral opuesta con separador (para cualquier valor de b)



Fuente: *Introducción-iluminación-vial-urbana-lamp-lighting.*

Cuando la vía presenta un ancho A muy superior a la altura de montaje H de las luminarias ($1,25 < (A/H) < 1,75$), se recomienda utilizar luminarias clasificadas como *Tipo III* de la *IESNA* ó de dispersión *ancha* en el modelo de la *CIE* en disposición bilateral opuesta, aunque se puede utilizar cualquier tipo de clasificación siempre y cuando se cumpla con los requisitos fotométricos exigidos y el diseño sea el más económico.⁷

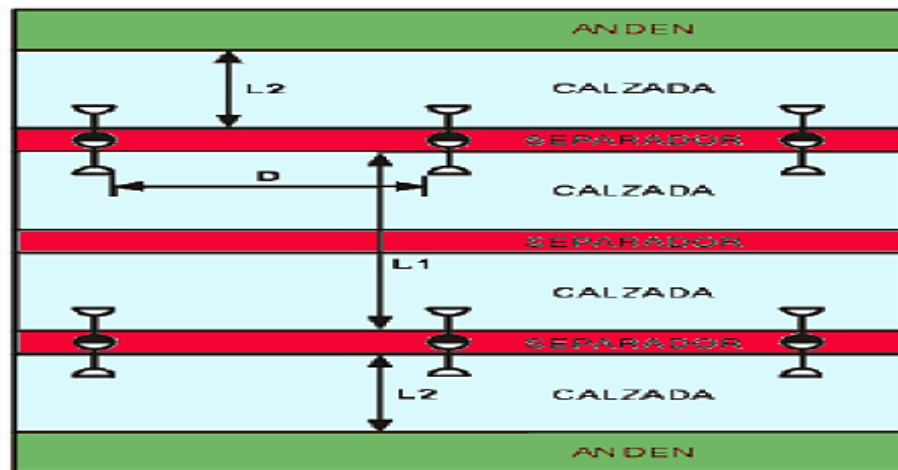
En este caso, la iluminación consta de dos filas de luminarias: una a cada lado de la vía y cada luminaria se encuentra enfrentada con su correspondiente del lado contrario. Por otra parte, el solo uso de la disposición no garantiza el resultado. El diseño completo contempla una solución integral a la iluminación de la vía propuesta incluidos los alrededores inmediatos. Esta disposición sobre vías principales, es comúnmente usada si se requiere solamente para iluminación doble propósito: la vehicular y la peatonal.⁷

⁷ Empresa de Energía BOYACA Reglamento técnico de iluminación y alumbrado RETILAP, 2010.

f) Otras combinaciones.-

En vías compuestas de cuatro (4) o más calzadas de circulación y que incluye separadores, generalmente 2 ó 3, se utilizan combinaciones de distribución de luminarias. Las más comunes son: **Doble central doble**, en la cual cada dos calzadas se iluminan con disposición central sencilla, como aparece en la Figura.⁷

Fig.II-30.- Disposición Doble central doble



Fuente: *Introducción-iluminación-vial-urbana-lamp-lighting*.

Cada calzada se trata separadamente desde el punto de vista del requerimiento lumínico. Así, las calzadas en seguida de los andenes (carril de baja velocidad) pueden ser del tipo M3 en tanto que las calzadas centrales (calzadas principales) pueden ser del tipo M2. Otra forma muy eficiente para vías de cuatro calzadas es utilizar una distribución central sencilla para las calzadas centrales y una distribución bilateral alternada en conjunto con las centrales, para los carriles externos.⁷

2.3.2.- CASOS ESPECIALES DE DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS.-

En sitios críticos como bifurcaciones, curvas, cruces a nivel etc. Se debe reforzar la iluminación y cumplir con las especificaciones fotométricas exigidas para cada sitio. El diseñador debe tener en cuenta las condiciones del tránsito automotor,

_____.

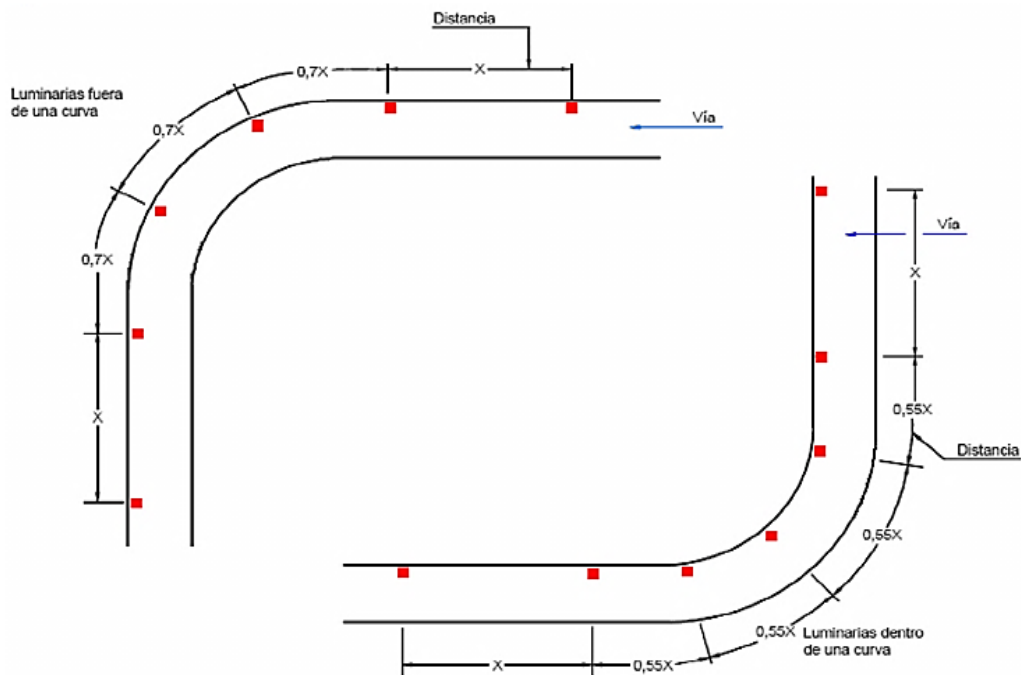
⁷ Empresa de Energía BOYACA Reglamento técnico de iluminación y alumbrado RETILAP, 2010.

la importancia relativa de las vías, la localización de monumentos, los obstáculos existentes, las señales de tránsito etc. Las recomendaciones que se dan a continuación no constituyen una solución definitiva para cada caso particular.⁷

a) Disposición en curvas.-

El trabajo visual del conductor en las curvas se aumenta, por lo que en curvas leves (entre 0° y 30°) se debe reducir la interdistancia básica a $0,90S$ en el trayecto de entrada o salida de la curva (normalmente comprende 100 a 200 m para velocidades de circulación de 60 ó 75 km/h respectivamente) y a $0,75S$ en el trayecto mismo de la curva (donde se ha trazado la vía con un radio dado).⁷

Fig.II-31.- Disposición de luminarias en trayectos curvos



Fuente: Introducción-iluminación-vial-urbana-lamp-lighting.

⁷ Empresa de Energía BOYACA Reglamento técnico de iluminación y alumbrado RETILAP, 2010.

Se considera que un tramo es realmente curvo, cuando el radio de curvatura del trazado de la carretera sobre su eje es mayor a 300 m.

Cuando se trata de curvas más pronunciadas (entre 30° y 90° y radio inferior a 300 m) la interdistancia se reduce hasta $0,70S$, cuando las luminarias se encuentran instaladas en la acera exterior de la curva. Si se encuentran en la acera inferior, esta reducción va hasta $0,55S$.

La disposición de las luminarias debe ser preferencialmente en el andén exterior de las curvas, con el fin de mantener una guía visual más estable, se deben usar distribuciones de luminarias del tipo unilateral ó bilateral opuesta. Así mismo, se debe evitar el uso de la distribución bilateral alternada, porque puede causar confusión respecto a la forma del camino.⁷

En este caso, la iluminación debe prestar una eficiente labor de señalización vial.

Otra distribución que debe evitarse es cambiar el sentido de la distribución unilateral al entrar a una curva y dejar luminarias justo al frente de la prolongación de la vía. Esto retarda la percepción de la curva por parte del conductor y aumenta la posibilidad de un accidente.⁷

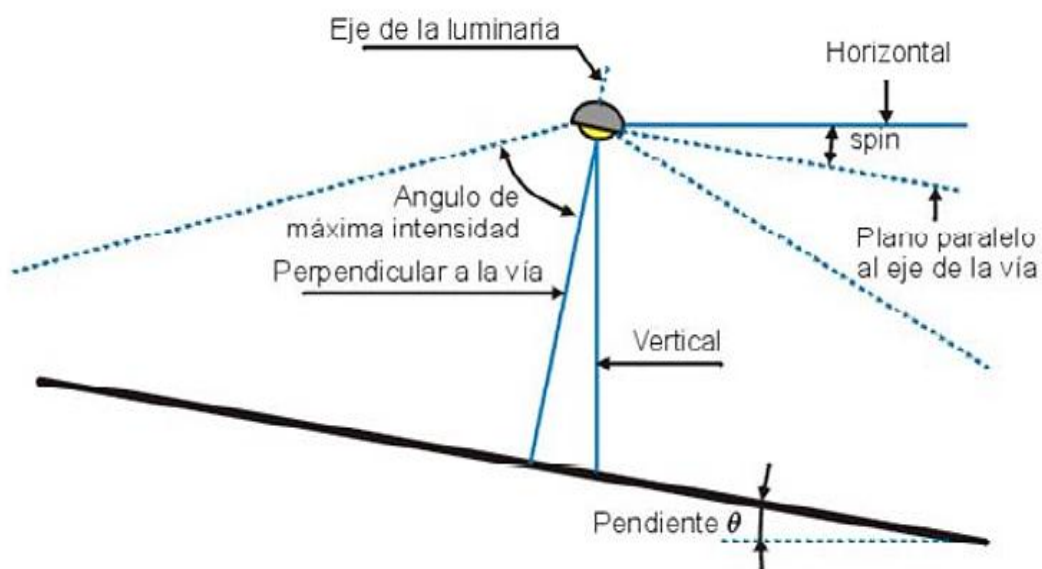
b) Disposición en calzadas con pendiente.-

Cuando las luminarias están localizadas en calzadas en pendiente, se recomienda orientarlas de tal manera que el rayo de luz en el nadir sea perpendicular a la vía. El ángulo de giro formado entre el brazo y la luminaria, se denomina *Spin* y debe ser igual al ángulo de inclinación de la vía θ . Esto asegura máxima uniformidad en la distribución de la luz y reduce el deslumbramiento de una manera eficaz. Igual que en las curvas, el trabajo visual del conductor en una calzada en pendiente se aumenta. Se considera que una calzada está en pendiente, como para variar las condiciones de iluminación, cuando ésta excede los 3° por debajo de este valor, se considera la iluminación como un trayecto plano.⁷

⁷ Empresa de Energía BOYACA Reglamento técnico de iluminación y alumbrado RETILAP, 2010.

Al igual que en los trayectos curvos, los primeros 100 ó 200 m (dependiendo de la velocidad de circulación) al entrar a una sección de la calzada en pendiente, el diseñador debe reducir la interdistancia a $0,90S$. En la cima, unos 100 ó 200 m antes y después, dependiendo de la velocidad de circulación, la interdistancia se reduce paulatinamente hasta llegar a $0,70 S$.

Fig.II-32.- Disposición de luminarias en calzada con pendiente



Fuente: Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP

Los postes, en estos trayectos en pendiente, deberán permanecer verticales e independientes de la inclinación de la calzada.

Si un trayecto de la calzada es inclinado y además es curvo, los postes o apoyos de las luminarias deben ubicarse detrás de las barreras protectoras o naturales que existan, con el fin de evitar accidentes de tránsito y reducir sus complicaciones, cuando se produzcan.⁷

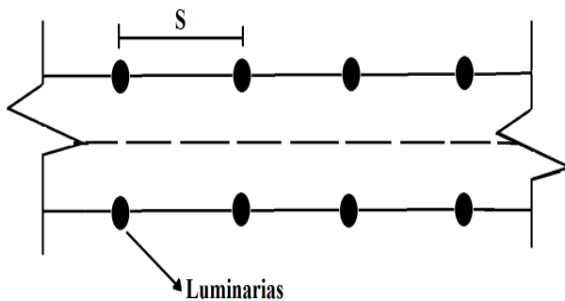
⁷ Empresa de Energía BOYACA Reglamento técnico de iluminación y alumbrado RETILAP, 2010.

2.3.3.- RELACIONES EXISTENTES ENTRE EL DISEÑO GEOMÉTRICO Y LA ILUMINACIÓN EN LA VÍA.-

PLANIMETRIA.-

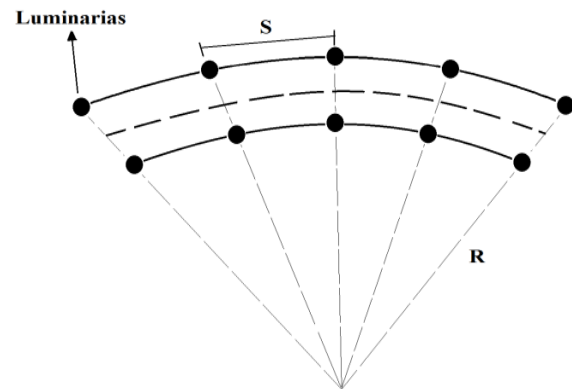
✓ *Radio de curvatura.-*

Fig.II-33.- Tramo recto



Fuente: Elaboración Propia

Fig.II-34.-Tramo curvo



Fuente: Elaboración Propia

En tramos rectos la disposición de la luminaria se mantiene constante en su interdistancia (S) en todo el tramo. Cuando la sección es curva sucede todo lo contrario la interdistancia se reduce al entrar y salir de la curva, las luminarias tienen relación con el radio de curvatura, porque mientras menor sea este, menor será la interdistancia y mayor número de luminarias en la curva, cuando el radio de curvatura es mayor las interdistancias serán también mayores y en consecuencia menores luminarias en la curva.⁷ Las curvas de radio más reducido así como las que se encuentran en zonas de gran pendiente deben iluminarse teniendo interdistancias más cortas entre luminarias consecutivas para suministrar una mayor uniformidad de iluminancia en la vía y una eficiente orientación visual al conductor.⁸

⁷ Empresa de Energía BOYACA Reglamento técnico de iluminación y alumbrado RETILAP, 2010.

⁸ Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación, 2011

ALTIMETRÍA.-

✓ *Pendiente.-*

Fig. II-35.- Tramo sin pendiente

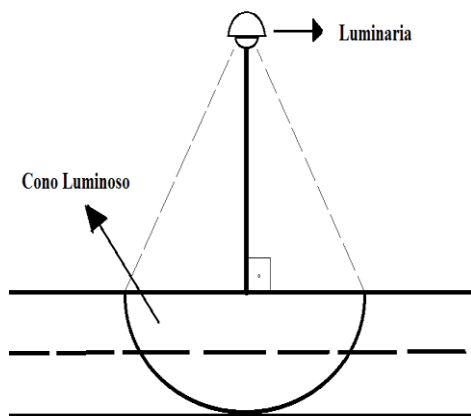
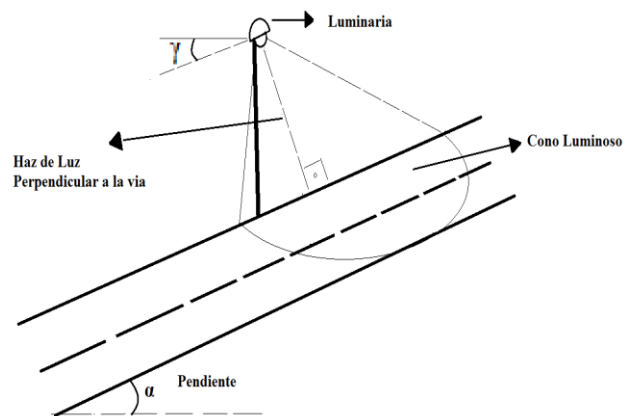


Fig. II-36.-Tramo con pendiente



Fuente: Elaboración Propia

Fuente: Elaboración Propia

Las luminarias en tramos planos como se observa en la figura no sufre ningún cambio en su horizontalidad porque tanto el haz de luz y el poste están perpendicular a la vía.⁷

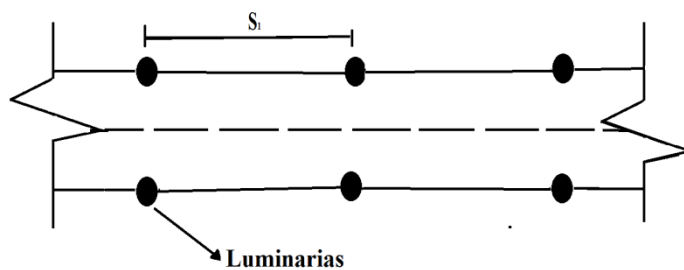
La ubicación de la luminaria en tramos con pendientes debe ser tal que el haz de luz sea perpendicular a la vía, por este motivo la luminaria debe tener una inclinación para que la dispersión de la intensidad luminosa y el cono luminoso sea homogéneo en esa sección para que ocurra aquello, el ángulo de giro de la luminaria $\gamma = \alpha$ que es el ángulo de inclinación de la vía, para poder tener una iluminancia simétrica, de este modo podemos indicar que el giro de inclinación de la luminaria esta en relación con la pendiente que tiene la vía, a mayor pendiente de la vía mayor giro de inclinación de la luminaria, mayor visibilidad para el conductor.⁷

⁷ Empresa de Energía BOYACA Reglamento técnico de iluminación y alumbrado RETILAP, 2010

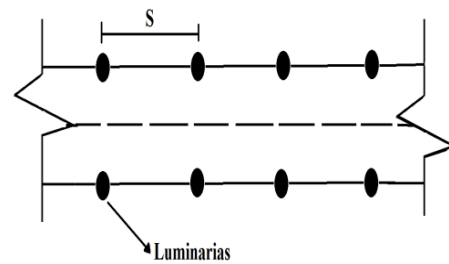
✓ *La velocidad.-*

El trazado de una vía se halla en relación directa con la velocidad a la que se desea que circulen los vehículos en condiciones de comodidad y seguridad aceptables.

Fig.II-37.- Velocidad Mayor $S_1 > S$ *Fig.II-38.- Velocidad Menor*



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Cuando circulan los vehículos a mayor velocidad y las interdistancias de las luminarias son mayores se tiene la sensación que las vías de velocidades altas y vías de velocidades bajas tendrían las mismas interdistancias. La iluminancia en estos dos tipos de vías es diferente según la clasificación de sus sistema de iluminación (potencia, interdistancia, altura de montaje, uso de la vía) distinguiéndose principalmente en su interdistancia entre luminarias y el flujo luminoso $S_1 > S$. Cuando las vías posean altas velocidades de circulación (en función de la clasificación de la vía) mayores también serán las interdistancias entre luminarias logrando un sistema de iluminación óptimo.⁸

⁸ Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011

2.3.4.- NIVELES EXIGIDOS DE LUMINANCIA E ILUMINANCIA EN ALUMBRADO VIAL.-

De acuerdo con los tipos de vías de cada municipio, los sistemas de alumbrado público se deben diseñar y construir con los valores fotométricos del CuadroII-14. El diseño de iluminación debe considerar no solamente las calzadas vehiculares, sino las ciclorutas y los andenes adyacentes, como componente del espacio público.⁸

CuadroII-14.- Requisitos mínimos de iluminación para vías con andenes adyacentes

Tipo de vía	Calzadas vehiculares						Relación de alrededores		
							En andenes adyacentes	Alrededor sin andenes	
CLASE DE ILUMINACION	L_{prom}	U_o	U_i	TI	E_{prom}	U_0	E_{prom}	U_0	SR
	Cd/m ²	≥%	≥%	≤ %	Luxes	≥%	Luxes	≥%	%
M1	2.0	40	50	10	40	40	13	33	50
M2	1.5	40	50	10	40	40	10	33	50
M3	1.2	40	50	10	35	40	9	33	50
M4	0.8	40	N.R.	15	20	40	6	33	N.R.
M5	0.6	40	N.R.	15	15.5	40	5	33	N.R.

Fuente: Norma del Comité Español de Iluminación (CEI)

⁸ Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011.

L_{prom} es la luminancia promedio mínima mantenida. L_o es la uniformidad general. UI es la uniformidad longitudinal, TI es la restricción del deslumbramiento, E_{prom} es la Iluminancia promedio.

2.3.5.- VISIBILIDAD EN VÍAS DE VELOCIDADES ELEVADAS.-

En las carreteras, donde se circula a velocidades elevadas, generalmente superiores a los 60 km/h la iluminación a plantear se concentra más en proveer la dirección del camino a manera de *guía visual*, que en proporcionar una gran cantidad de luz sobre la calzada. Debe resolver de manera secundaria el problema de ver obstáculos fijos o móviles que aparecen eventualmente. El conductor verá los obstáculos como siluetas, pues generalmente el contraste resulta negativo (el obstáculo se ve más oscuro que el fondo).⁸

Al utilizar adecuadas guías visuales en la vía se pueden reducir sus niveles de iluminación, sin disminuir la seguridad, lográndose con ello un uso racional de la energía. Las guías de visibilidad resultan muy útiles en el delineamiento de la vía para seguridad del conductor en particular cuando se trata de vías periféricas, vías en zonas de alta contaminación atmosférica o con presencia permanente de neblina.

Las guías de visibilidad realizadas con el diseño de iluminación son una parte de las guías visuales totales. Para ello, la vía debe contener señales continuas, generalmente en pintura directa sobre la vía, que definen el límite entre la vía y la berma del camino, otras líneas para diferenciar los carriles, igualmente una doble línea para separar las calzadas en dirección contraria.⁸

Estas guías se tornan continuas en los tramos curvos y cambia de color (por ejemplo de blanco a amarillo) en los tramos donde la vía ofrece algún riesgo adicional.⁸

⁸ Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011.

2.4.- CÁLCULOS DE ILUMINANCIA PARA ALUMBRADO PÚBLICO.-

Para iniciar un cálculo lumínico destinado a alumbrado público, se deberán tener en cuenta tanto la función del espacio público como los detalles y características del sitio de instalación y de los puntos de luz. La exigencia del alumbrado público está en relación directa con la intensidad del tráfico y la velocidad media de los vehículos que la transitan. Los cálculos de diseño de alumbrado público se deben hacer con base en luminancia o iluminancia según requerimientos particulares.⁸

A continuación se definirá la forma de realizar cada uno de los cálculos lumínicos necesarios en los proyectos de iluminación: Si se requiere un análisis detallado del diseño, se hace esencial la utilización del computador para confiabilidad y agilidad de los cálculos, los cuales se realizan con base en los datos fotométricos certificados de la luminaria suministrados por los fabricantes o comercializadores.

2.4.1.- ILUMINANCIA EN UN PUNTO.-

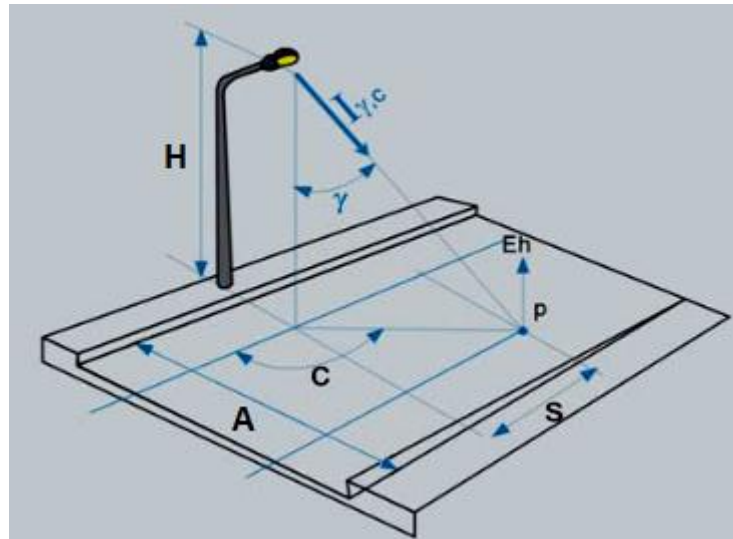
La metodología parte de la fórmula dada para la Ley del coseno que aplicada a la geometría del sistema dada en la *Fig.II-33* permite obtener un valor para la Iluminancia horizontal en el punto. Donde (H) es la altura de montaje de la luminaria, (γ) es el ángulo de incidencia del haz de luz o candelas representado por (*Ia*) en la dirección al punto P. El diseñador deberá obtener el valor de *Ia* a partir de la matriz de intensidades y la geometría del sistema. Es necesario tener en cuenta que si hay más de una fuente aportando luz al punto de cálculo P, es necesario considerar cada aporte por separado y luego sumarlos. La iluminancia en un punto, también se puede obtener utilizando el diagrama con las curvas Isolux de la luminaria.

En los diagramas Isolux aparecen las iluminancias en valores reales o en porcentaje de la iluminancia máxima y generalmente se dan para una altura de montaje de la luminaria de 1,0 metro y flujo luminosos de la bombilla de 1.000 lúmenes.

⁸ Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011.

⁷ Empresa de Energía BOYACA Reglamento técnico de iluminación y alumbrado RETILAP, 2010.

Fig.II-39.- Parámetros para calcular la iluminancia en el punto P.



Fuente: Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP

$$E_p = \sum^n \frac{I_{\gamma,c}}{H^2} \cos^3 \gamma$$

Dónde:

$I_{\gamma, C}$ = Intensidad luminosa en dirección del punto P, determinada por los ángulos γ y C.

γ = Ángulo vertical sobre el plano C considerado

H= Altura de montaje de la luminaria.

n= Número de luminarias.

2.4.2.- MÉTODOS DE CÁLCULO DE ILUMINANCIA PROMEDIO DE UNA VÍA.-

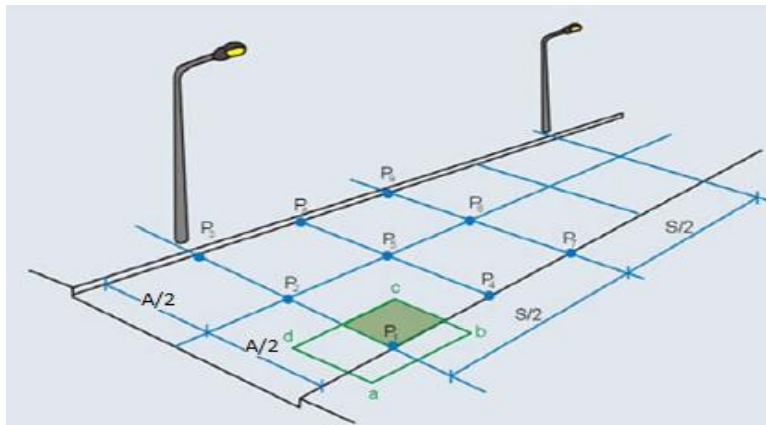
Para los cálculos de Iluminancia promedio de una vía se debe aplicar cualquiera de los siguientes métodos:

2.4.2.1.-MÉTODO EUROPEO DE LOS 9 PUNTOS.-

De acuerdo con el *método europeo* de los 9 puntos, que se usa para calcular la *Iluminancia promedio sobre la vía* en una instalación de *alumbrado público*, es necesario ubicar cada uno de estos puntos de cálculo sobre la porción típica de la vía considerada, definiendo un rectángulo de área largo ($s/2$) por ancho (A).

De este modo, tal rectángulo se divide en cuatro partes, dos longitudinales y dos transversales, de modo que los puntos a considerar son cada uno de los vértices de los nuevos rectángulos generados. Así se obtienen los 9 puntos considerados en el método.⁷

Fig.II-40.- Cálculo de la iluminancia promedio método europeo de los 9 puntos.



Fuente: Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP

Se considera la iluminancia en cada punto de medida como la que corresponde a un rectángulo de dimensiones $(A/2) * (S/2)$. La iluminancia promedio sobre la vía se calcula teniendo en cuenta la contribución de iluminancia de cada punto a la porción típica de vía. Así, los puntos extremos tienen una contribución de 0,25; los puntos intermedios de 0,5 y el punto central de 1.0. Así, la iluminancia E_1 leída en el punto P_1 corresponde al área $a, b, c, d.$, pero tan sólo la cuarta parte de esa área corresponde a

⁷ Empresa de Energía BOYACA Reglamento técnico de iluminación y alumbrado RETILAP, 2010.

un área sobre la vía considerada (área sombreada). Igual sucede con la iluminación de los puntos P3, P7 y P9. Por tanto la contribución de esos puntos debe ser ponderada al 25%. Por idéntico razonamiento, los puntos P2, P4, P6 y P8 representan la iluminación de áreas que tan solo tienen el 50% sobre la vía, el punto P5, a diferencia de los demás, representa un área totalmente contenida en la vía por lo que su contribución al promedio es completa.

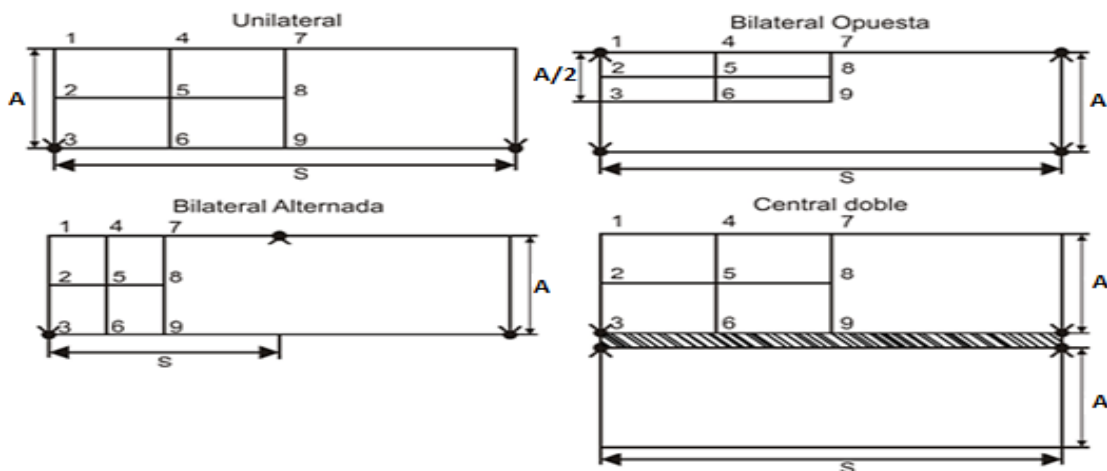
A partir de la lectura de la iluminación en los 9 puntos, la iluminación promedio sobre la vía se calcula con la fórmula siguiente:

$$E_{prom} = \frac{1}{16} [(E_1 + E_3 + E_7 + E_9) + 2 \times (E_2 + E_4 + E_6 + E_8) + 4 \times E_5]$$

Siendo E1, E2... E9 las iluminancias en los puntos P1, P2... P9 respectivamente.

La Figura 12 ayuda a ubicar los nueve puntos, para diferentes sistemas de alumbrado, de acuerdo con la distribución de los postes y la forma de la vía.

Fig.II-41.- Selección de los 9 puntos según disposición de las luminarias.



Fuente: Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP.

2.4.2.2.- CÁLCULOS COMPUTARIZADOS DE ILUMINANCIA.-

Con el advenimiento de las computadoras y el software para cálculo de iluminación, la dificultad para obtener los valores de manera manual, prácticamente desapareció y hoy en día, todos los cálculos comerciales se realizan a través de software especializado. Así mismo, se puede incrementar el número de puntos considerados, pues los 9 del método europeo son un límite de aproximación.⁸

La iluminancia horizontal en un punto se calcula a partir de la siguiente fórmula u otra matemáticamente equivalente:

$$E_h = \frac{\sum I(c, \gamma) * \cos^3 \gamma * \varphi * FM}{H^2}$$

Donde:

E_h = luminancia horizontal mantenida en el punto, en luxes. Indica la sumatoria de la contribución de todas las luminarias.

$I(c, \gamma)$ = intensidad en cd/klm emitida por la luminaria en la dirección del punto; ángulo de incidencia de la luz en el punto.

H = altura de montaje en m de la luminaria.

Φ = Flujo luminoso inicial en klm de la bombilla o bombillas de la luminaria.

FM = Factor de mantenimiento.

➤ CAMPO DE CÁLCULO.-

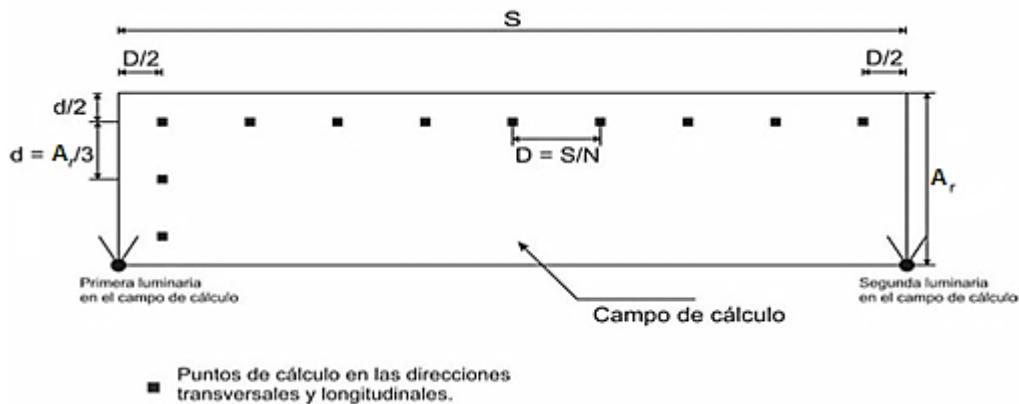
El campo de cálculo deberá ser típico del área de la calzada que le interesa al conductor y al peatón; puede incluir las aceras, los carriles de ciclo rutas y las zonas peatonales. Como se muestra en Fig.II-36 el área se limita por los bordes de las calzadas (incluidas ciclorrutas y zonas peatonales, si es aplicable) y por las líneas transversales a través de dos luminarias consecutivas.⁸

⁸ Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011.

➤ **POSICIÓN DE LOS PUNTOS DE CÁLCULO.-**

Los puntos de cálculo se deben espaciar uniformemente en el campo de cálculo (véase la Fig.II-36) y su número se debe escoger como sigue:

Fig.II-42.- Puntos de cálculo para la iluminancia



Fuente: *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación - Comité Español de Iluminación (CEI)*.

- **Dirección longitudinal.-** El espaciado en la dirección longitudinal debe determinarse a partir de la ecuación:

$$D = S/N$$

Donde:

D = Es el espaciado entre puntos en la dirección longitudinal (m).

S = Es el espaciado entre luminarias (m).

N = Es el número de puntos de cálculo en la dirección longitudinal con los siguientes valores:⁸

_____.

⁸ Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011.

- Para S menor o igual a 30 m, $N = 10$
- Para S mayor de 30 m, el entero más pequeño para que se obtenga D menor o igual a 3 m.

La primera fila transversal de puntos de cálculo se espacia a una distancia $d/2$ más allá de la primera luminaria (m).

- **Dirección transversal.-** El espaciado (d) en la dirección transversal se determina a partir de la ecuación:

$$d = Ar/3$$

Donde:

d = Es el espaciado entre puntos en la dirección transversal (m)

Ar = Es el ancho de la calzada o del área aplicable (m).

El espaciado de los puntos de los bordes del área aplicable es $D/2$ en la dirección longitudinal y $d/2$ en la dirección transversal como se indica en la figura 13.

- **Número de luminarias incluidas en el cálculo.-** Para el diseño se deben considerar las luminarias que estén dentro de un valor igual a cinco veces la altura de montaje desde el punto de cálculo.⁸

2.4.2.3.-CÁLCULO MEDIANTE EL USO DEL LUXÓMETRO.-

Un luxómetro (también llamado luxómetro o light meter) es un instrumento de medición que permite medir la iluminancia directa de una luminaria, ambiente. La unidad de medida es el lux (lx). Contiene una célula fotoeléctrica que capta la luz y la convierte en impulsos eléctricos, los cuales son interpretados y representada en un display o aguja con la correspondiente escala de luxes.⁹

⁸ Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011.

⁹Manual de Luxómetro Testo 540

- **Partes del equipo.-**

Fig.II-43.- Luxómetro



Fuente: Manual de Luxómetro Testo 540

- **Principio de funcionamiento.-**

El luxómetro moderno funciona según el principio de una celda (célula) fotovoltaica; un circuito integrado recibe una cierta cantidad de luz (fotones que constituyen la "señal", una energía de brillo) y la transforma en una señal eléctrica (analógica).

Esta señal es visible por el desplazamiento de una aguja, el encendido de un diodo o la fijación de una cifra. Una fotorresistencia asociada a un ohmímetro desempeñaría el mismo papel.⁹

Un filtro de corrección de espectro permite evitar que las diferencias de espectro falseen la medida (la luz amarilla es más eficaz que la azul, por ejemplo, para producir un electrón a partir de la energía de un paquete de fotones).

Los luxómetros pueden tener varias escalas para adaptarse a las luminosidades débiles o las fuertes (hasta varias decenas de millares de luxes).⁹

⁹Manual de Luxómetro Testo 540

- **Características del equipo.-**



Tipo de sensor	Fotodiodo de silicio
Rango de medición	0 ... 99999 lux
Exactitud ± 1 dígito	± 3 Lux o ± 3 % del v.m. (respecto a la clase B, DIN 5032 Parte 7)
Resolución	1 lux (0 ... 19999 lux) 10 lux (rango restante)

Datos técnicos generales

Intervalo de medición	0.5 seg
Temperatura de almacenamiento	-40 ... +70 °C
Tipo de protección	IP 40
Temperatura de servicio	0 ... +50 °C
Tipo de pila	2 pilas miniatura AAA
Tiempo de operatividad	200 h (típico con pantalla sin iluminación)
Medidas	133 x 46 x 25 mm
Peso	95 g (incl. pilas y tapa de protección)
Garantía	2 años

Fuente: Manual de Luxómetro Testo 540

- **Usos.-**

Primero han sido utilizados por fotógrafos y cineastas. Es cada vez más utilizado por los productores de energía para optimizar la iluminación interior (del 20 al 60 % de la electricidad es consumida por la iluminación) o exterior (que a menudo desperdicia mucha energía). Se utilizan también, más raramente para medir la luminosidad del cielo en meteorología, para medir la luz recibida al suelo en bosques o en invernaderos.

En los últimos años también ha comenzado a ser utilizado por ecologistas, astrónomos y arquitectos para desarrollar índices cuantitativos de la contaminación lumínica o la intrusión de la luz para reducirlas o adaptar estrategias de ingeniería.⁹

⁹Manual de Luxómetro Testo 540

2.4.3.- CÁLCULO DE LA UNIFORMIDAD GENERAL DE ILUMINANCIA EN ALUMBRADO PÚBLICO.-

El valor del coeficiente de uniformidad general de Iluminancia se calcula de acuerdo con los dos criterios siguientes:

a. Como $U_o = E_{min}/E_{prom}$ Tomando como base los puntos evaluados en el campo típico de la vía, bien sean los 9 puntos del método europeo o los 20, 30 ó 60 puntos del método computacional, donde:

E_{min} corresponde al punto de menor iluminancia entre todos los puntos calculados.

E_{prom} Corresponde al valor promedio calculado entre todos los n puntos considerados, desde el primero hasta el final E_n . La fórmula aplicable es: ⁷

$$E_{prom} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} E_i}{n}$$

b) Como $U_g = E_{min}/E_{max}$. Tomando como base los puntos evaluados en el campo típico de la vía, bien sean los 9 puntos del método europeo o los 20, 30 ó 60 puntos del método computacional.

Donde:

E_{min} corresponde al punto de menor iluminancia entre todos los puntos calculados.

E_{max} Corresponde al punto de mayor iluminancia calculado entre todos los puntos considerados.⁷

- **Coficiente de uniformidad general de iluminancia.-** El valor de la uniformidad general de Iluminancia se calcula de acuerdo con los criterios siguientes:

$$U_o = \frac{E_{min.}}{E_{prom.}}$$

⁷ Empresa de Energía BOYACA Reglamento técnico de iluminación y alumbrado RETILAP, 2010.

Tomando como base los puntos evaluados en el campo típico de la vía, bien sean los 9 puntos del método europeo o los puntos requeridos por el método computacional; E_{\min} Corresponde al punto de menor iluminancia entre todos los puntos calculados. E_{prom} Corresponde al valor promedio calculado entre todos los n puntos considerados, desde el primero E_1 hasta el final E_n . La fórmula aplicable para el cálculo de la luminancia promedio es:

$$E_{prom} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} E_i}{n}$$

Donde:

E_i = Valor de la iluminancia en cada punto.

n = Número de puntos o áreas consideradas en el cálculo.

E_{prom} . = Iluminancia promedio de la vía o zona considerada.

2.4.4.- POSICIÓN DEL OBSERVADOR.-

El ángulo de observación desde la horizontal se fija en 1°. En la dirección transversal el observador se sitúa en el centro de cada carril de circulación y longitudinalmente a 60 m a partir del primer punto.

La Luminancia promedio (L_{prom}) y la uniformidad global de la luminancia (U_o), se calculan para la totalidad de la calzada, para cada posición del observador.⁷

2.4.5.- MEDICIONES QUE DEBEN APLICARSE SEGÚN EL TIPO DE VÍA.-

Las mediciones a aplicarse por cada tipo de vía se pueden apreciar en el siguiente cuadro.

_____.

⁷ Empresa de Energía BOYACA Reglamento técnico de iluminación y alumbrado RETILAP, 2010.

CuadroII-15.- Mediciones por tipos de vías

VIAS	MEDICIONES
Rectas	Iluminarias E_{prom} U_o cuando los tramos ininterrumpidos son mayores o iguales a 100m.
Aceras en vías rectas	Iluminancia
Curvas con radios menores a 200 m.	Iluminancia
Curvas con radios mayores a 200 m.	Iluminancia
Aceras en vías	Iluminancia
Intersecciones	Iluminancia
Cruces peatonales	Iluminancia
Pendientes mayores al 6 %	Iluminancia
Pendientes menores al 6 %	Iluminarias E_{prom} U_o , cuando los tramos ininterrumpidos son mayores o iguales a 100m.
Aceras en pendientes	Iluminancia
Rampas	Iluminancia
Plaza - Óvalos	Iluminancia

Fuente: Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP

En el caso que no pueda ser posible realizar la medición de las luminancias porque la vía no tiene el largo necesario para la ubicación del observador (60 m), se medirá iluminancia. Para el caso de medición de luminancias el vano o tramo a evaluar debe tener como mínimo tres vanos antes y tres vanos después del área a evaluar.⁷

2.5.- CARACTERÍSTICAS DE LAS LÁMPARAS Y EQUIPOS AUXILIARES.-

❖ LÁMPARAS.-

Las lámparas utilizadas en alumbrado vial se caracterizan por ciertas cualidades que vienen impuestas por las propias exigencias específicas de funcionamiento. Las dos características esenciales que deben reunir las lámparas son las siguientes:

1.-Eficacia Luminosa: una eficacia luminosa elevada disminuye a la vez los costes de instalación (potencia instalada) y los gastos de explotación o funcionamiento (energía consumida).

2.-Duración de la Vida Económica: definida como la duración de vida óptima desde el punto de vista de su coste de funcionamiento (el precio más bajo del lumen-hora). Esta duración depende de un cierto número de factores técnicos tales como:

- La duración de la vida real de las lámparas en las condiciones de utilización y de instalación.⁸
- El flujo luminoso de la lámpara y su evolución en el transcurso del tiempo.

Todo ello depende igualmente de factores económicos como el precio inicial de la lámpara y su coste de instalación y de reemplazamiento.⁸

La duración de la vida económica de una lámpara varía de un tipo a otro, e incluso para un mismo modelo de lámpara, cambia con las características de la propia instalación de alumbrado. Además de estas dos cualidades o características esenciales deben considerarse, sin embargo otros parámetros de menor importancia para las instalaciones de alumbrado público:

⁸ Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011.

Temperatura de Color: color de la luz emitida por la lámpara

- Cálido: aspecto blanco-amarillento $T_c \approx 3300^\circ \text{K}$
- Intermedio: apariencia blanco-neutro $3300^\circ \text{K} < T_c < 5300^\circ \text{K}$
- Frío: tonalidad blanco-azulado $T_c > 5300^\circ \text{K}$

Rendimiento de Color: esta característica que es esencial en el alumbrado interior, en cambio en el alumbrado público no resulta fundamental en la mayoría de los casos. En el alumbrado ornamental si debe tenerse en cuenta el rendimiento de color.

➤ **Tipos y parámetros significativos de las lámparas.-**

Los tipos de lámparas utilizadas en instalaciones de alumbrado público, en el orden de aparición en el mercado, son los siguientes:

- Lámparas fluorescentes
- Lámparas de vapor de mercurio a alta presión
- Lámparas de vapor de sodio a baja presión
- Lámparas de vapor de sodio a alta presión
- Lámparas de mercurio con halogenuros metálicos
- Lámparas de descarga por inducción

En las tablas siguientes se especifican los valores medios nominales de flujo y eficacia luminosa, temperatura y rendimiento de color, así como la duración para las distintas potencias y tipos de lámparas más utilizadas en iluminación de carreteras y túneles, así como en alumbrado urbano.⁸

⁸ Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011.

CuadroII-16.- Lámparas de fluorescencia

Tipo	Potencia W	Flujo lm.	Eficacia lm/W	Temperatura Color	Rendimiento Color	Duración Horas
Estándar con cebador 26 mm	18	1.050	58,3	6.500 K	75 (2A)	10.000
	36	2.500	69,4			
	58	4.000	69			
	18	1.150	63,9	3.000 K	65 (2B)	
	36	2.950	81,9			
58	4.700	81,0				
Alta frecuencia 26 mm	16	1.500	93,7		85 (1B)	12.000
	32	3.400	106,2			
	50	5.400	108			
Compactas	18	1.200	66,7		85 (1B)	9.000
	24	1.800	75			
	36	2.900	80,5			
	55	4.800	87,2			

Fuente: Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011.

CuadroII-17.- Lámparas de vapor de mercurio a alta presión

Tipo	Potencia W	Flujo lm.	Eficacia lm/W	Temperatura Color	Rendimiento Color	Duración Horas
Estándar	50	1.800	36	4.000 K	47(3)	16.000
	80	3.750	41,7			
	125	6.250	50			
	250	12.850	51,4			
Ovoide	400	22.000	55			
	700	39.250	56,1			
	1.000	58.250	58,2			
Ovoide Color Mejorado	50	2.000	40	3.500 K	55(3)	16.000
	80	4.050	50,6			
	125	6.600	52,8			
	250	14.000	56			
Con	400	24.000	60			
	125	5.700	45,6			
Reflector	250	13.750	55	4.000 K	43(3)	12.000
	400	20.250	50,6			

Fuente: Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011

CuadroII-18.- Lámparas de vapor de sodio a baja presión

Tipo	Potencia W	Flujo lm.	Eficacia lm/W	Temperatura Color	Rendimiento Color	Duración Horas
Estándar	18	1.800	100	1.700 K	-	14.000
	35(37)	4.650	125,7			
	55(53)	7.900	149			
	90(89)	13.750	154,5			
	135(129)	21.600	167,4			
	180	32.650	181,4			
Eficacia Mejorada	18(17,5)	1.800	102,8	1.700 K	-	14.000
	26(27)	3.700	137			
	36(35)	5.800	165,7			
	66(65)	10.700	164,6			
	91(90)	17.000	188,9			
	131(127)	25.800	203,1			

Fuente: Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011

CuadroII-19.- Lámparas de vapor de sodio a alta presión

Tipo	Potencia W	Flujo lm.	Eficacia lm/W	Temperatura Color	Rendimiento Color	Duración Horas
Estándar Ovoide	70	5.600	80	1.950 K	25	16.000
	100	10.000	100			
	150	15.750	105			
	250	30.250	121			
	400	54.000	135			
	1.000	130.000	130			
Ovoide Color Mejorado	150	12.125	80,8	2.200 K	60	16.000
	250	22.000	88			
	400	36.500	91,2			
Estándar Tubular	50	4.000	80	1.950 K	23	16.000
	70	6.650	95			
	100	10.500	105			
	150	16.500	110			
	250	31.600	126,4			
	400	55.250	138,1			
	600	90.000	150			
1.000	125.000	125				
Tubular Color Mejorado	150	12.600	84	2.200 K	60(2B)	16.000
	250	23.000	92			
	400	38.000	95			
Sodio Blanco	50(53)	2.300	43	2.200 K	80(1B)	10.000
	100(97)	4.700	48	2.200 K	80(1B)	10.000
Sodio Xenón	55	3.800	69	2.800 K	45(3)	8.000
	33	2.100	64			
	80	6.100	76	2.800 K	45(3)	8.000
	50	3.300	66			
	80	4.500	58	2.600 K	83(1A)	8.000
			3.000 K			

Fuente: Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011

CuadroII-20- Lámparas de mercurio con halogenuros metálicos

Tipo	Potencia W	Flujo lm.	Eficacia lm/W	Temperatura Color	Rendimiento Color	Duración Horas
Estándar Ovoide Recubierta	250(256)	19.000	74,2	4.000 K 5.000 K	65(2B)	9.000
	400(390)	31.000	79,5	4.000 K 5.000 K		
	1.000	80.000	80	4.300 K		
Tubular Clara	250(245)	19.500	79,6	4.000 K 6.500 K	95/65	9.000
	400(390)	32.500	83,3	4.000 K 6.500 K	95/65	
	1.000(965)	80.000	82,9	4.000 K 6.500 K	95/65	
	2.000(196)	175.000	89,3	4.000 K 6.500 K	95/65	
	3.500	310.000	88,6	6.000 K	95	
Lineal Doble Casquillo	70(75)	5.500	73,3	3.000 K 4.000 K	65/85	8.000
	150	12.000	80	3.000 K 4.000 K	65/85	
	250	20.000	80	3.000 K 4.000 K	65/85	
	1.800	150.000	83	5.600 K	92	
	70(75)	5.100	68	4.000 K 6.500 K	80	
Tubular Un Casquillo	150(147)	11.000	74,8	4.000 K 6.500 K	80	9.000
Con	35(30 ^º)	6.500 cd	-	3.000 K	81	5.000
	70(40 ^º)	7.000 cd	-	3.000 K	83	
Reflector	250	11.000 cd	-	4.500 K	95	

Fuente: Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011

CuadroII-21.- Lámparas de descarga por inducción

Tipo	Potencia W	Flujo lm.	Eficacia lm/W	Temperatura Color	Rendimiento Color	Duración Horas
Forma Esférica	55	3.500	64	2.700 K	82(tB)	60.000
	55	3.500	64	3.000 K		
				4.000 K		
	85	6.000	71	2.700 K		
	85	6.000	71	3.000 K		
	150	11.000	73	4.000 K		
	165	12.000	73			

Fuente: Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011

CuadroII-22.- Tipo y potencia de lámparas en función de la altura de implantación

ALTURA IMPLANTACIONES (m)	FLUJO LUMINOSO (lm)	TIPO DE LÁMPARA		
		v.s.a.p. (W)	v.m. (W)	v.s.b.p. (W)
5	5.000	50 · 70	50 · 80 · 125	18 · 35
8	7.500 · 17.000	100 · 150	250	55 · 90
10	17.000 · 32.000	150 · 250	400	135
12	32.000 · 56.000	250 · 400	700	180
15	56.000 · 90.000	400 · 600	1000	-
20	90.000 · 130.000	600 · 1000	-	-

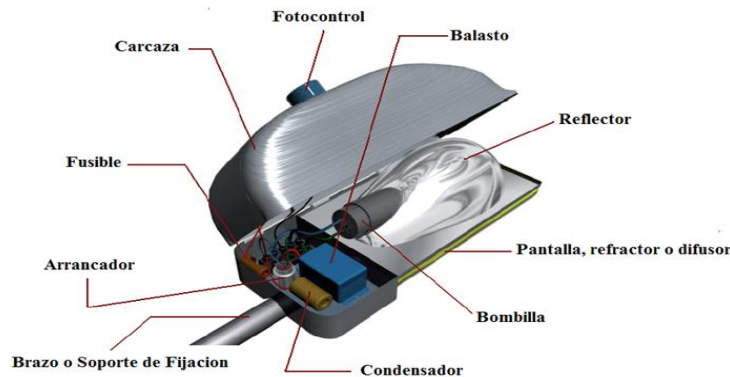
Fuente: Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011

Constitución de las luminarias.-

La luminaria se compone de cuerpo o carcasa, bloque óptico y alojamiento de auxiliares, además de las juntas de hermeticidad, cierres, etc., tal y como se representa en la figura. El cuerpo o envoltente principal es la parte que estructuralmente soporta a los conjuntos óptico y eléctrico de la luminaria y, por tanto, debe ser resistente mecánicamente, ligero de peso y con excelentes propiedades de dispersión, resistencia térmica y duración, además de cumplir una misión estética. Aun cuando existen cuerpos de plásticos técnicos y chapa de aluminio, se consideran en principio como los más idóneos los cuerpos o carcasas de aleación ligera, como es el caso de la inyección de aluminio.⁸

El bloque óptico puede estar formado por reflector, refractor y difusor. Los reflectores son normalmente de aluminio de máxima pureza, pulido, abrigantado y tratado normalmente mediante oxidación anódica. El refractor de calidad habitualmente es de vidrio de elevada transmitancia e inalterabilidad a la luz natural o artificial, debiendo ser pequeño su coeficiente de dilatación térmica, obteniéndose los refractores bien por prensado o soplado.⁸

Fig.II-44.- Partes elementales de las luminarias



Fuente: Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011

⁸ Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011.

❖ EQUIPO AUXILIARES DE LAS LÁMPARAS DE ILUMINACIÓN.-

- ✓ **Balastos.-** Son dispositivos limitadores y estabilizadores de la corriente de arco o de lámpara, que impiden que dicha corriente crezca indefinidamente hasta la destrucción de la propia lámpara. Comprenden dos grandes grupos: los balastos electromagnéticos y los electrónicos, cuyos tipos más utilizados son los siguientes:
 - Balasto serie de tipo inductivo
 - Balasto serie de tipo inductivo para dos niveles de potencia
 - Balasto autorregulador
 - Balasto autotransformador
 - Balasto electrónico
- ✓ **Condensadores.-** En equipos para lámparas de descarga el condensador deberá ir asociado al balasto, bien en conexión a la red de alimentación para corregir el factor de potencia, o bien instalado en serie con el balasto y la lámpara sirviendo como elemento regulador de corriente y compensación, tal como es el caso de los balastos autorreguladores.⁸

Algunos balastos electrónicos no requieren dispositivos adicionales para la corrección del factor de potencia, al incluir un circuito electrónico diseñado a tal efecto.

Características de los Condensadores: Todos los condensadores deberán cumplir unas determinadas especificaciones básicas, eléctricas, térmicas, de terminales para el conexionado y geométricas.⁸

Estos se adecuarán a lo exigido en las normas UNE-EN 61.048 y 61.049 relativas a condensadores para utilización en los circuitos fluorescentes tubulares y otras lámparas de descarga.

⁸ Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011.

✓ **Arrancadores.**-El arrancador es un dispositivo eléctrico, electrónico o electromecánico que por si mismo o en combinación con el balasto, genera y superpone a la tensión de la red el impulso o los impulsos de alta tensión necesarios para el cebado o encendido de la lámpara. Los tipos de arrancadores para lámparas de descarga, excepto las lámparas fluorescentes tubulares, son los siguientes:

- En serie con la lámpara (de impulsos independientes)
- En semiparalelo (de impulsos dependientes del balasto al que va asociado)
- En paralelo (independiente de dos hilos)

En el caso de lámparas fluorescentes tubulares se instalarán cebadores, ya sean de efluvios o electrónicos.

Características de los Arrancadores: En lo que respecta a las prescripciones generales y de seguridad, así como prescripciones de funcionamiento, los arrancadores y cebadores, excepto los de efluvios, se ajustarán a lo exigido en las normas UNE-EN 60.926 y 60.927, mientras que los cebadores de efluvios para lámparas fluorescentes tubulares cumplirán lo establecido en la norma UNE-EN 60.155.⁸

❖ **SISTEMAS DE ENCENDIDO Y APAGADO.-**

Los ciclos de funcionamiento de las instalaciones de alumbrado público vienen determinados por el encendido y apagado de las instalaciones, así como por la reducción del nivel luminoso. El encendido y apagado de las instalaciones debe efectuarse adecuadamente, sin que se adelante el encendido⁸

ni se retrase el apagado, de forma que el consumo energético sea el estrictamente necesario. Además de los sistemas de gestión centralizada que se desarrollarán más adelante, el encendido y apagado de las instalaciones se lleva a cabo mediante:

⁸ Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011.

- Interruptor crepuscular
- Interruptor horario astronómico

✓ **Interruptor crepuscular.-**

El interruptor crepuscular genera las órdenes de maniobra en función de la luminosidad ambiental, al estar constituido por una célula fotoeléctrica que detecta la cantidad de luz natural que existe en una determinada ubicación geográfica, transformando las variaciones de luminosidad en modificaciones de parámetros eléctricos, como pueden ser tensión, intensidad o resistencia.⁸

Al comparar los parámetros eléctricos con un valor de referencia o umbral, y cuando el valor medido es diferente al de referencia, se acciona un contactor que enciende, bien el punto de luz, o la instalación de alumbrado, apagándose la misma cuando el valor medido es asimismo distinto al de referencia o umbral.

El sistema de interruptor crepuscular está provisto de una temporización o histéresis en la conmutación que permite eliminar fallos de encendidos o apagados, debidos a fenómenos metereológicos transitorios, tales como el paso de nubes y el ocultamiento de la luz solar. Aun cuando este sistema puede ser de utilización individual, normalmente su uso es global, situándose la célula cerca del armario de mando para accionar el encendido y apagado de un cuadro de alumbrado desector.⁸

Fig.II-45.- Célula fotoeléctrica



Fuente: Manual Philips

⁸ Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011.

✓ **Interruptor horario astronómico.-**

Es un programador electrónico - digital diseñado para la maniobra automática de encendido y apagado de las instalaciones de alumbrado público.⁸

Fig.II-46.- Interruptor horario astronómico



Fuente: Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011

El reloj horario astronómico se basa en el cálculo de los ORTOS y OCASOS en función de la longitud y latitud donde está situada la instalación de alumbrado. Las fechas de cambio automático verano / invierno están programadas en la memoria.

En lo que concierne a la compatibilidad electromagnética, el interruptor horario astronómico debe cumplir la norma EN 55015 relativa a perturbaciones radioeléctricas y las normas UNE EN 60555.P2 y UNE EN 61000.3.2 respecto a perturbaciones en redes (armónicos y límites), así como la norma UNE EN 61547 sobre requisitos de inmunidad. Asimismo deben ajustarse a la norma UNE EN 61038 sobre interruptores horarios.⁸

_____.

⁸ Comité Español de Iluminación (CEI)-Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación ,2011.

2.6.- IMPORTANCIA DE LA ILUMINACIÓN VIAL EN VÍAS URBANAS.-

La iluminación viaria de vías urbanas y carreteras recobra una importancia vital, ya que normalmente su estado asfáltico, su señalización y trazado no son los ideales y hay zonas de intersecciones peligrosas, por lo que una buena iluminación puede ser un elemento fundamental para aumentar la seguridad vial y de las personas.¹⁰

La iluminación vial coadyuva en gran medida a la reducción de los accidentes nocturnos. Existe una gran parte de la población que son usuarios y a los cuales no podemos dejar de lado, teniendo que poner también a su disposición las últimas tecnologías existentes, para que también ellos puedan beneficiarse, aumentando su seguridad y confort.¹⁰

2.7.- RELACIÓN DEL ALUMBRADO VIAL CON LA SEGURIDAD VIAL.-

La seguridad y la comodidad son dos factores íntimamente relacionados con el alumbrado vial; por lo general, una conducción cómoda suele ser sinónimo de una conducción segura, siempre y cuando se cuente con un alumbrado vial adecuado con condiciones técnicas óptimas. No se debe subestimar la correcta iluminación de las vías, sobre todo en las zonas urbanas, sus cercanías, carreteras secundarias o colectoras. Este factor es de tal importancia que una correcta iluminación puede incrementar en mucho la capacidad de la vía y minimizar el riesgo de accidentes.¹⁰

Debemos fijar nuestra mirada más allá de la propia vía y estudiar la influencia que ejerce sobre su entorno más próximo, sin olvidar un tema tan importante como es la seguridad vial ya que en los últimos años el incremento del número de accidentes de tráfico está siendo motivo de preocupación y alarma social.

Además debe contribuir de una forma trascendente no sólo en el incremento de la seguridad del tráfico, tanto de vehículos como de peatones, sino también a una reducción de los delitos contra personas, propiedades, bienes, etc... Es decir, produce

¹⁰ Asociación Española de la Carretera La sociedad civil ante el reto de la seguridad vial, 2006.

una disminución de los accidentes (de vehículos y atropello de peatones) y un incremento de la seguridad ciudadana, además de un beneficio económico por medio de una contribución a la mejora del bienestar social y condiciones de habitabilidad.

2.7.1.- APLICACIÓN DE MEDIDAS DE SEGURIDAD VIAL.-

2.7.1.1.- APLICACIÓN DE MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LA CONDUCCIÓN NOCTURNA.-

A pesar de que en la noche conducen menos personas, en ese horario suceden más accidentes que en el día. Al caer la tarde y durante la noche ocurren aproximadamente el 40% de los accidentes registrados durante 24 horas.¹⁰

Si bien es cierto que no es lo mismo conducir de día que de noche, hay conductores que no se dan cuenta de la diferencia, y conducen en la noche en la misma forma en que lo hacen durante el día. Básicamente la conducción nocturna depende de:

a) Velocidad.

Debe mantenerse a la mitad de la que se usa en el día, y si está lloviendo debe reducirse aún más. La velocidad debe estar en relación con el alcance del cono de luz y el tiempo que se tarda en recorrer ese espacio dependerá también del sistema de iluminación de la vía.

b) Visibilidad.

En la noche es el 50% de lo que se puede ver en el día. Los peatones se ven menos en la noche, siendo potencialmente peligroso para su seguridad especialmente si no llevan ropas claras o reflectivas.

c) Iluminación.

Es también muy importante tomar en cuenta la iluminación de la vía. En Tarija son muy pocas las vías que tienen una iluminación regular, menos aún las vías secundarias o colectoras que tienen conexiones de tráfico directo hacia la ciudad. Los cambios que se producen en las avenidas al entrar o salir de una intersección, o en

algunos puntos de la ciudad con los rótulos luminosos influyen mucho en la iluminación, y en especial de la percepción de objetos o personas próximas a la vía.

2.7.1.2.- APLICACIÓN DE MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL CONDUCTOR PARA EVITAR COLISIONES.-

No tratar de ganarle la esquina o la intersección al vehículo que viene de frente cuando se va a virar a la izquierda, hacer señal reglamentaria (direccional y manual) antes de virar, se debe mirar lo más adelante posible el tránsito en sentido contrario para cuidarse de algún vehículo que venga adelantando a otro. Aún cuando se tenga el derecho de vía hay que evitar el accidente, cuando un conductor viene en sentido contrario y se mete al carril que no le corresponde no hay que tratar de eludirlo virando a la izquierda. Por lo contrario, hay que orillarse todo lo posible a la derecha y reducir la velocidad, cuando está lloviendo y no se ve la línea divisoria de carriles.¹⁰

Para evitar el choque por alcance si se está siguiendo a otro vehículo se deben observar las siguientes recomendaciones:

1. Seguir la regla de los segundos que es la más moderna y eficaz. Consiste en buscar un punto de referencia en la carretera (una piedra, un rótulo, un anuncio, un árbol, etc.), delante del vehículo y contar mil ciento uno, mil ciento dos, y equivale a guardar un lapso de dos segundos entre el vehículo y el de adelante. Si se llega al punto de referencia y se dice “mil ciento....y no tiene tiempo de decir o contar mil ciento dos, ello significa que se está muy cerca del vehículo de adelante y se debe aumentar el espacio de separación o sea reducir la velocidad de circulación.
2. Guardar una distancia del vehículo que se conduce y el de delante de forma tal que se permita ver las llantas de este sobre la calzada, si no se puede ver las llantas, esto indica que se está muy cerca.¹⁰
3. Antes de llegar a una intersección en que se detendrá por un dispositivo de control, avisar al vehículo de atrás lo que se va a hacer.

¹⁰ Asociación Española de la Carretera La sociedad civil ante el reto de la seguridad vial, 2006.

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA

3.1.- IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO.-

3.1.1.- UBICACIÓN FÍSICA Y GEOGRÁFICA.-

El país que habitamos recibe hoy el nombre Estado Plurinacional de Bolivia anteriormente llamada República de Bolivia. El país tiene nueve departamentos, está situada en el corazón de América del Sur, entre los 57° 26' y 69° 38' de longitud occidental del meridiano de Greenwich y los paralelos 9° 38' y 22° 53' de latitud sur, abarcando más de 13 grados geográficos.

Limita:

- Al norte y noreste con Brasil
- Al noroeste con Perú
- Al sudeste con Paraguay
- Al sur con la Argentina
- Al oeste y sudoeste con Chile.

Fig.III-47.- Mapa político de Bolivia



El **Departamento de Tarija** está ubicado al extremo sur de Bolivia con una superficie de 37.623 km², de extensión territorial. Dividido geográficamente en seis provincias: Méndez, Cercado, Avilés, O'Connor, Arce y Gran Chaco, está ubicado a los 21° 32' de latitud Sur y 67° 5' de longitud Oeste del meridiano de Greenwich.

El **departamento de Tarija** cuenta con una extensión territorial de 37.623 Km², que representan 3,42% de la superficie total del país (1.098.581 Km²). Para el año 2009 y considerando las proyecciones de población, el departamento tiene una densidad de 13,55 habitantes por Km², mayor al promedio nacional de 9,31 habitantes por Km

Cuadro III-23.- Población en el departamento de Tarija

POBLACION POR DEPARTAMENTOS, PROVINCIAS, SECCIONES MUNICIPALES, LOCALIDADES Y ORGANIZACIONES COMUNITARIAS					
*** Con municipios de reciente creación ***					
CODIGO CARTOGRAFICO	DESCRIPCIÓN	POBLACION	HOMBRES	MUJERES	Nro. DE VIVIENDAS
00	BOLIVIA	8.274.325	4.123.850	4.150.475	2.290.414
06	TARIJA	391.226	195.305	195.921	99.121

Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Limita:

- Al norte con Chuquisaca
- Al sur con la República Argentina
- Al este con la República del Paraguay
- Al oeste con Chuquisaca y Potosí.

Fig.III-48.- Mapa político de Tarija



PRIMERA SECCIÓN PROVINCIA CERCADO

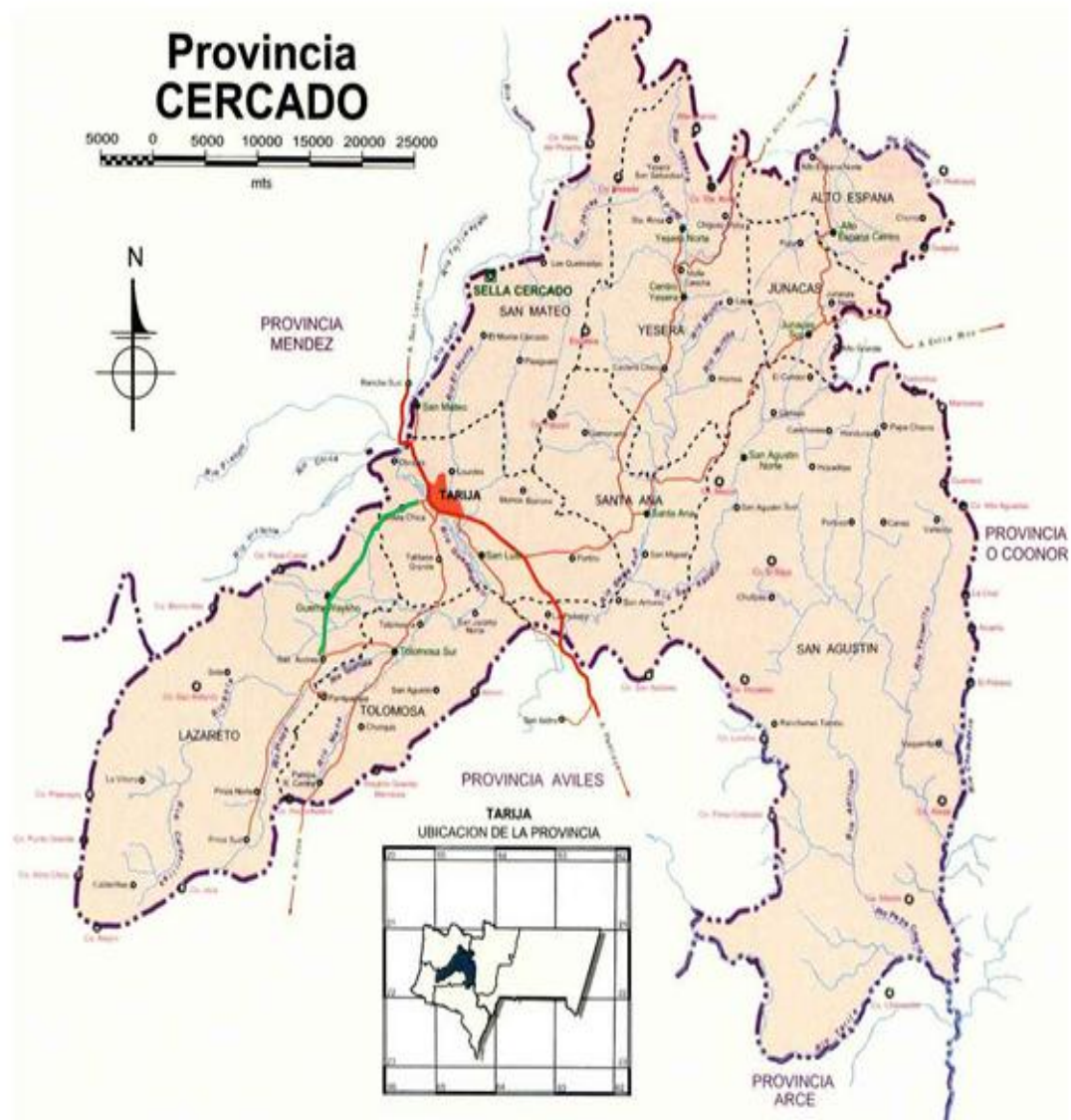
La Provincia Cercado es una de las 6 provincias en que se divide el departamento de Tarija, Bolivia. Está ubicada en el centro-oeste del departamento. Su capital es Tarija, que también lo es de todo el departamento.

La **Provincia Cercado** dividida política y administrativamente en una sección municipal y 28 cantones, Sus límites son:

Limita:

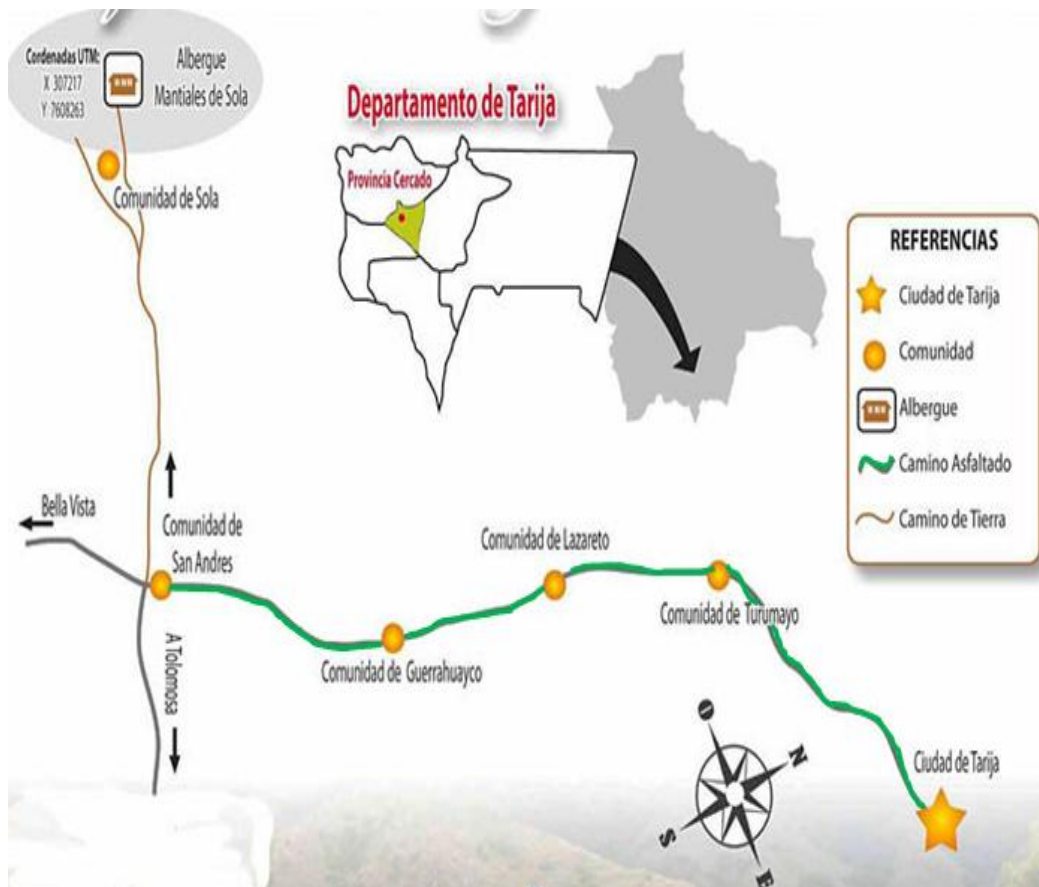
- Al sur con la provincia Arce
- Al norte con la provincia Méndez
- Al este con las provincias O'Connor
- Al suroeste con la Provincia Avilez

Fig.III-49.- Mapa político de la Provincia Cercado



El tramo vial donde se realizara el estudio de este trabajo tiene **12.301 Km.** de longitud y comprende la **Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés.**

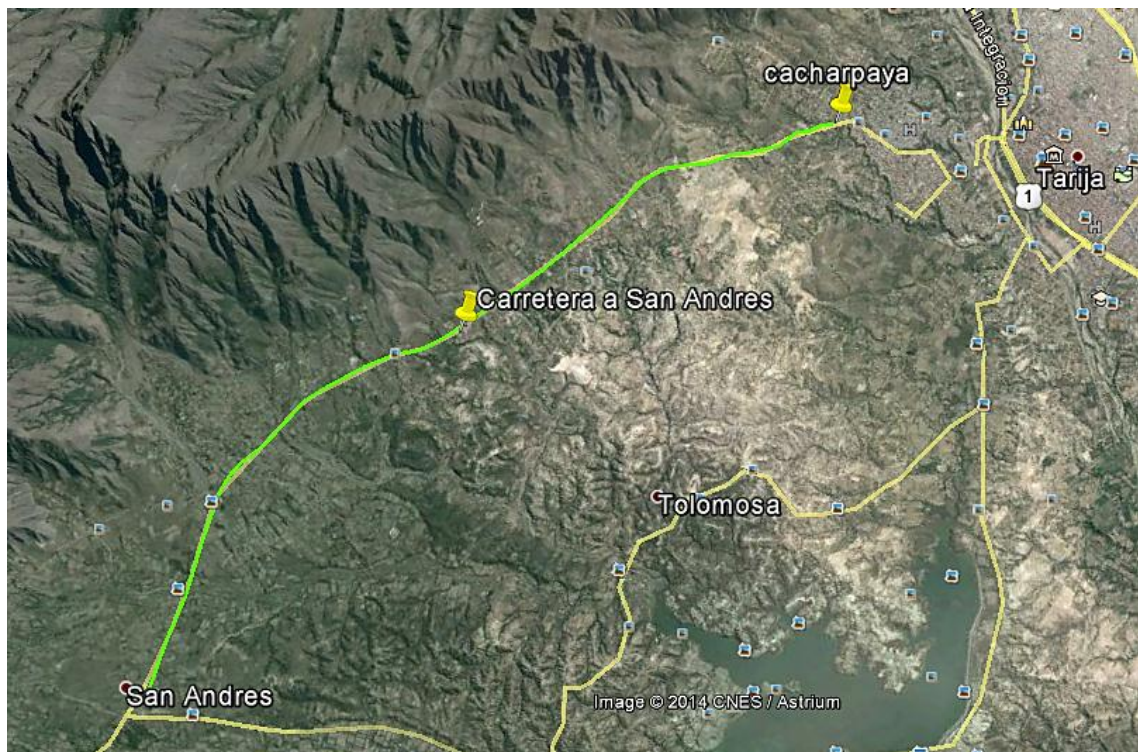
Fig.III-50.- Tramo vial en estudio



Fuente: Guía turística

COORDENADAS GEOGRÁFICAS		
	De	Hasta
LATITUD S	21°32'14"	21°37'30"
LONGITUD W	64°45'38"	64°49'68"

Fotografía .1.-Foto satelital Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés

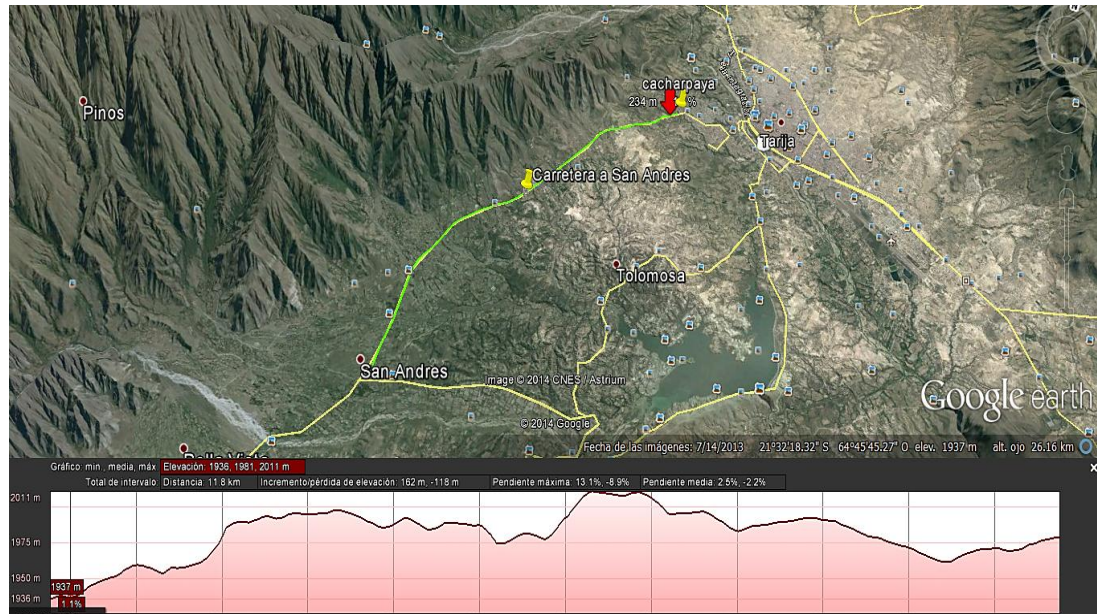


La comunidad de San Andrés Limita al Norte con la Comunidad de Gerrahuayco, al Oeste limita con la comunidad de Sola, al Este limita con la comunidad de Tolomosa y al Sud con Bella Vista.

La comunidad de San Andrés se encuentra distante de la ciudad de Tarija aproximadamente a 12 Km, es un lugar turístico por los distintos balnearios naturales de la región. Borneado por dos ríos, acoge anualmente a más de cinco mil personas que visitan la Feria de la Papa. El lugar es conocido debido a la variedad y calidad de la producción del tubérculo.

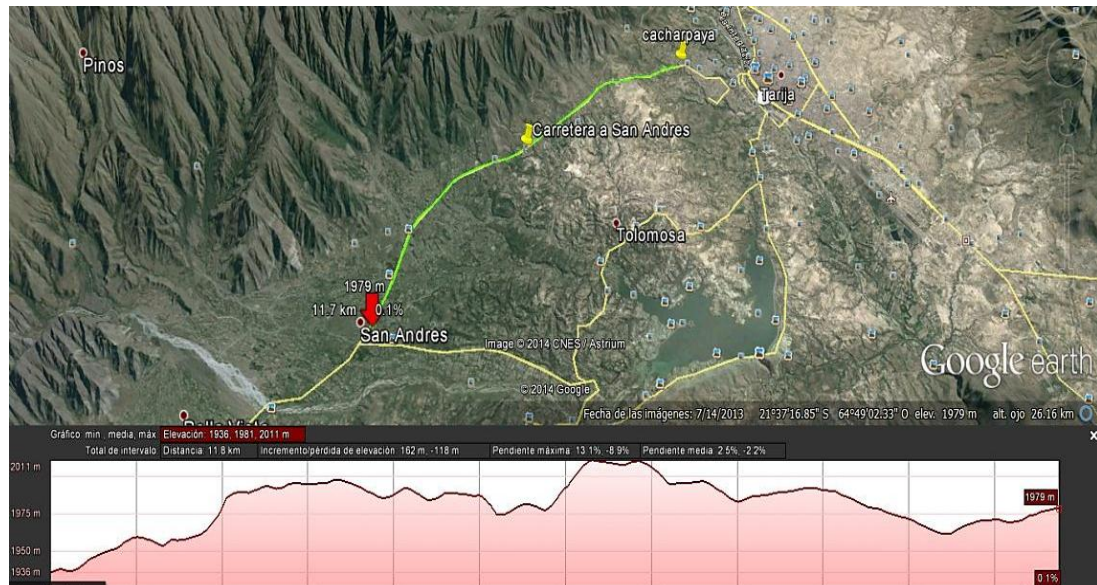
A continuación se mostrará la elevación que existe en el tramo en estudio:

PUNTO MÁS BAJO.-



- Cota Inferior = 1936 m.

PUNTO MÁS ALTO.-

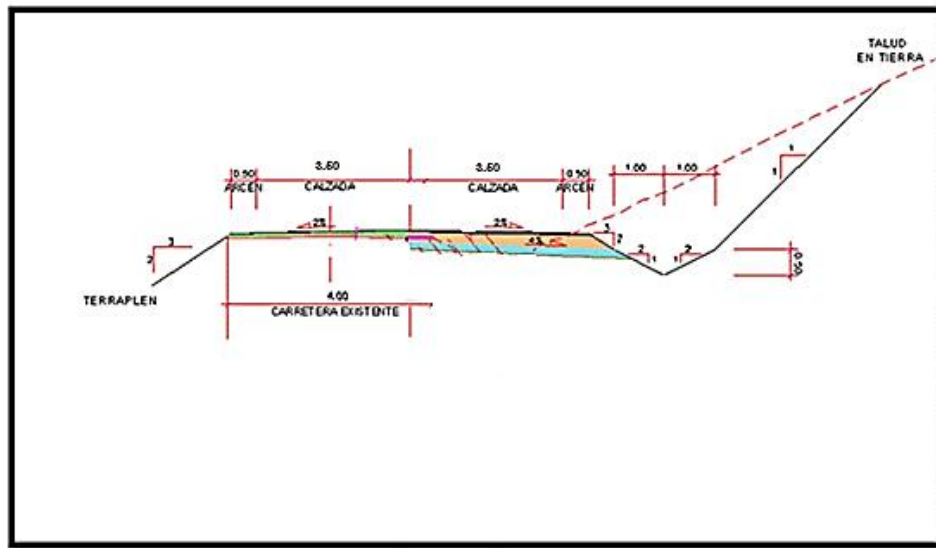


- Cota Superior = 1979 m.

3.2.- CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y FÍSICAS DE LA ZONA EN ESTUDIO.-

3.2.1.- CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS.-

Fig.III-51.- Sección transversal de la vía



Fuente: Elaboración propia

Entre las características que tiene la vía tenemos:

- Ancho de calzada = 7 m.
- Tipo de Pavimento = flexible

Fotografía 2.- Vía sin mantenimiento



3.2.2.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.-

➤ CLIMA.-

La ciudad de Tarija se halla a 1924 metros sobre el nivel del mar, su clima es templado y muy agradable, sus valles tienen un promedio de 17 a 23 grados y en los lugares tropicales oscila entre 25 y 35 grados, la estación lluviosa comprende los meses de Diciembre a Febrero. Templado y frío en la zona oeste.

➤ ALTITUD.-

La comunidad ligada en el estudio de este tramo vial es *San Andrés*, cuya altura se detalla en el siguiente cuadro:

CuadroIII-24.-Altitud de San Andrés

COMUNIDADES	ALTITUD	UNIDAD DE MEDIDA
SAN ANDRES	1985	m.s.n.m.

Fuente: GOOGLE EARTH

➤ RELIEVE TOPOGRÁFICO.-

El área de estudio se encuentra formando parte de los valles de arriba y de abajo según la zonificación hecha por el municipio de Cercado y por sus diferentes condiciones topográficas se tienen diversos microclimas presentándose diferencias entre las subzonas Teniendo en cuenta las características geomorfológicas del valle central de Tarija, los suelos son: moderadamente desarrollados, moderadamente profundos a profundos, con moderadas a fuertes limitaciones por erosión. Estos son originados a partir de sedimentos fluvio - lacustres, aluviales y coluviales, intemperismo y meteorización, con alteraciones físicas y químicas de las roca

presentando procesos de degradación y gradación. En la ladera predominan suelos superficiales, con pendientes pronunciadas.

3.3.- CONDICIONES DE SEÑALIZACIÓN E ILUMINACIÓN VIAL.-

Las condiciones de señalización e iluminación que existe en el tramo en estudio se detallan a continuación:

3.3.1.- SEÑALIZACIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO.-

3.3.1.1.- SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL.-

Fotografía 3.- Reductores de velocidad con demarcaciones gastadas



Existen reductores de velocidad que no tienen la señalización adecuada más aun no cuentan con la señalización vertical que acompañe este señalización que indique la reducción de la velocidad. Esta señalización se encuentra ubicada en un tramo recto donde los conductores imprimen altas velocidades, por la noche se vuelve potencialmente inseguro en la circulación vehicular porque no existe iluminación en esta zona dejando desamparados a los usuarios de la vía.

Fotografía 4.- Vía deteriorada sin señalización



Como podemos observar en este tramo en particular la demarcación de separación de carriles, que es la única orientación para el conductor cuando es encandilado por un vehículo que transita en sentido contrario no es visible, no existe. Claramente podemos observar que la demarcación del borde de la calzada no es notorio para la visibilidad del conductor en ambos sentidos, tampoco existen los llamados ojos de gato o tachas a ambos lados de la calzada, esas demarcaciones ayudan y permiten que el conductor pueda posesionarse correctamente sobre la calzada. También otro aspecto que evidenciamos es la implementación de las luminarias, que tienen interdistancias muy grandes entre lámparas esto permite aumentar la probabilidad de los accidentes en la zona.

La señalización horizontal en todo el tramo vial en estudio es muy reducida generalmente en los reductores de velocidad (rompe muelles) son muy pocos que tienen una visibilidad óptima para que el conductor reduzca la velocidad. Al tener un sistema de iluminación con niveles de luminosidad bajos no permite tener la seguridad necesaria para la circulación, aumentando los deslumbramientos y poniendo en peligro la vida de los usuarios peatones y conductores.

Fotografía 5.- Zona inestable e insegura en la circulación








Como en la mayor parte del tramo en estudio esta zona es insegura en la circulación de vehículos y peatones como se observa el peatón circula por la calzada sin advertir que por la misma calzada aparece hacia él un vehículo, poniendo en riesgo su vida a causa de la no existencia de las demarcaciones de borde de calzada, este peligro aumenta considerablemente por la noche por que la visibilidad es confusa, el flujo luminoso de las lámparas no es el suficiente para garantizar la circulación.





Fotografía 6.- Señales sin retroreflectancia







Esta señal nos indica la velocidad de circulación que tiene esta zona específica, evidenciando que no existe la reflectancia necesaria, por la noche la reflectancia de esta señal es nula, a causa de este problema y al ser una zona potencial en la circulación de peatones se registró accidentes de atropellos de consideración al no divisar la señal, debemos mencionar también que la iluminación en esta zona no es la adecuada.

3.3.1.2.- INVENTARIO DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL.-

TIPO DE SEÑALIZACIÓN	LUMINARIA PROXIMA A LA SEÑALIZACIÓN	DISTANCIA ENTE LA LUMINARIA Y LA SEÑALIZACIÓN	CONDICIÓN DE LA ILUMIANCIA		
			Buena	Regular	Mala
 SP-53 ZONA ESCOLAR	L2	7 m.		X	
SP - 53					
 SP-14 RESALTO	L3	22m.			X
SP - 14					
 SP-55 ANIMALES EN LA VÍA	L8	14m.			X
SP - 55					
 SP-14 RESALTO	L10	6m.		X	
SP - 14					
 SR-30 VELOCIDAD MÁXIMA	L11	1m.	X		
SR - 30					

 SR-30 VELOCIDAD MÁXIMA	L20	32m.			X
SR - 30					
 SR-30 VELOCIDAD MÁXIMA	L26	7m.		X	
SR - 30					
 SR-30 VELOCIDAD MÁXIMA	L28	87m.			X
SR - 30					
 SP-14 RESALTO	L29	43m.			X
SP - 14					
 SP-52 PEATONES EN LA VÍA	L34	14m.			X
SP - 52					
 SP-52 PEATONES EN LA VÍA	L35	37m.			X
SP - 52					

 SP - 14	L38	23m.			X
--	-----	------	--	--	---

 SR - 30	L39	215m.			X
 SP - 14	L82	2m.	X		
 SP - 14	L88	12m.			X

En la tabla anterior se puede constatar la poca señalización vertical que existe en la vía en estudio generando incertidumbre en la circulación vehicular, siendo otro de los factores para que se produzcan accidentes de tránsito por la noche, no están bien distribuidas, no encontramos en zonas donde deberían existir como por ejemplo en

curvas cerradas, contra curvas, incluso existen algunas que están tapadas por ramas de los árboles porque no existe el mantenimiento necesario.

Fotografía 7.- Señal vertical cubierta de ramas



La señalización vertical al igual que la señalización horizontal debe contribuir para que el sistema de iluminación brinde seguridad vial y comodidad al conductor y a los pocos peatones que utilizan la vía por la noche.

Fotografía 8.- Señales verticales muy juntas



Fotografía 9.- Señal vertical en condiciones optimas



Es una de las pocas señalizaciones que tienen las condiciones óptimas según norma, con la visibilidad adecuada, libre de obstáculos visibles para que el conductor pueda distinguir a tiempo.

Fotografía 10.- Señal vertical alejada de la calzada



Esta señalización se encuentra alejada a la calzada lo cual no permite brindar seguridad en la circulación de los peatones.

3.3.1.3.- CONDICIONES DE VISIBILIDAD DIURNA Y NOCTURNA.-

➤ VISIBILIDAD DIURNA.-

La visibilidad en el día en el tramo *Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés* tiene un porcentaje mucho mayor que por la noche porque no existen obstáculos ni factores que dificulten la circulación en el día.

Fotografía 11.- Visibilidad óptima para la circulación en el día



Como se puede observar la visibilidad en el día permite tener mayor seguridad en la circulación de peatones y conductores a excepción de algunos animales que circulan en la vía.

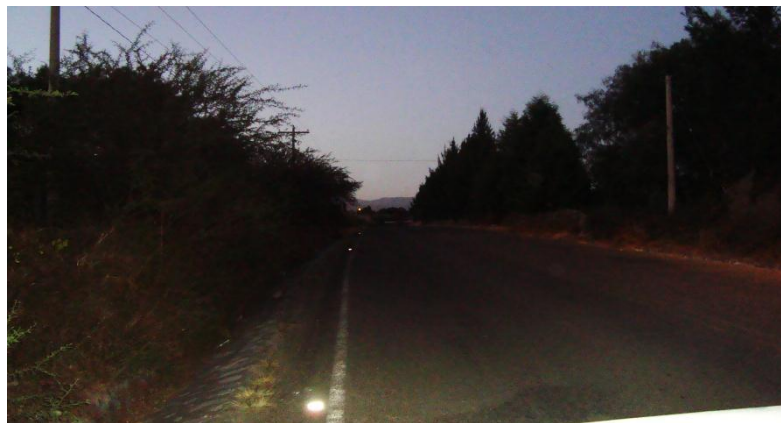
Fotografía 12.- Circulación interrumpida por animales en la vía



Los vecinos de la zona no tienen la educación vial necesaria, por permitir la circulación de sus animales en la vía, poniendo en riesgo la integridad física de las personas que hacen uso de la misma.

➤ **VISIBILIDAD NOCTURNA.-**

Fotografía13.- Visibilidad difusa sin señalización e iluminación



Como se observa la señalización en los bordes de la calzada es mínima, la reflectancia de las mismas es baja para poder visualizar en forma correcta, desorientando aún más a los conductores, la iluminación no cumple las expectativas del conductor para poder visualizar la señalización.

3.3.2.- ILUMINACIÓN VIAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO.-

3.3.2.1.- DISTRIBUCIÓN DE LOS POSTES DE ILUMINACIÓN.-

CuadroIII-25.- Distribución de los postes de iluminación.

Numero Lámpara	Progresiva	Ubicación		Tramo	Interdistancia de los postes de alumbrado (S) en (m.)
		Izquierda	Derecha		
L1	0+011	X		-	-
L2	0+048		X	L1 - L2	37

L3	0+069	X		L2 - L3	21
L4	0+103	X		L3 - L4	34
L5	0+135	X		L4 - L5	32
L6	0+140		X	L5 - L6	5
L7	0+165	X		L6 - L7	25
L8	0+242		X	L7 - L8	77
L9	0+288		X	L8 - L9	46
L10	0+320		X	L9 - L10	32
L11	0+352		X	L10 - L11	32
L12	0+418	X		L11 - L12	66
L13	0+458	X		L12 - L13	40
L14	0+505		X	L13 - L14	47
L15	0+550		X	L14 - L15	45
L16	0+592		X	L15 - L16	42
L17	0+630		X	L16 - L17	38
L18	0+673		X	L17 - L18	43
L19	0+715		X	L18 - L19	42
L20	0+758		X	L19 - L20	43
L21	0+800		X	L20 - L21	42
L22	0+842		X	L21 - L22	42
L23	0+883		X	L22 - L23	41
L24	0+978		X	L23 - L24	95
L25	1+025		X	L24 - L25	47
L26	1+135		X	L25 - L26	110
L27	1+197		X	L26 - L27	62
L28	1+306		X	L27 - L28	109
L29	1+476		X	L28 - L29	170
L30	1+524		X	L29 - L30	48
L31	1+574		X	L30 - L31	50
L32	1+631		X	L31 - L32	57
L33	1+702		X	L32 - L33	71
L34	1+745		X	L33 - L34	43
L35	1+790		X	L34 - L35	45
L36	1+846		X	L35 - L36	56
L37	1+885		X	L36 - L37	39
L38	1+926		X	L37 - L38	41
L39	2+265		X	L38 - L39	339
L40	2+476	X		L39 - L40	211
L41	2+485		X	L40 - L41	9
L42	2+517		X	L41 - L42	32

L43	2+630		X	L42 - L43	113
L44	2+725	X		L43 - L44	95
L45	2+872		X	L44 - L45	147
L46	2+956		X	L45 - L46	84
L47	2+997		X	L46 - L47	41
L48	3+045		X	L47 - L48	48
L49	3+094		X	L48 - L49	49
L50	3+167		X	L49 - L50	73
L51	3+213		X	L50 - L51	46
L52	3+271		X	L51 - L52	58
L53	3+312		X	L52 - L53	41
L54	3+399		X	L53 - L54	87
L55	3+626	X		L54 - L55	227
L56	3+742	X		L55 - L56	116
L57	3+865	X		L56 - L57	123
L58	3+926	X		L57 - L58	61
L59	3+971	X		L58 - L59	45
L60	4+164	X		L59 - L60	193
L61	4+581	X		L60 - L61	417
L62	4+682		X	L61 - L62	101
L63	4+873	X		L62 - L63	191
L64	4+942		X	L63 - L64	69
L65	5+455		X	L64 - L65	513
L66	5+623		X	L65 - L66	168
L67	6+442		X	L66 - L67	819
L68	6+481		X	L67 - L68	39
L69	6+615		X	L68 - L69	134
L70	6+820		X	L69 - L70	205
L71	6+870		X	L70 - L71	50
L72	6+951		X	L71 - L72	81
L73	7+474		X	L72 - L73	523
L74	7+554		X	L73 - L74	80
L75	7+705		X	L74 - L75	151
L76	7+837		X	L75 - L76	132
L77	7+998		X	L76 - L77	161
L78	8+125		X	L77 - L78	127
L79	8+241	X		L78 - L79	116
L80	8+283	X		L79 - L80	42
L81	8+322	X		L80 - L81	39
L82	8+370	X		L81 - L82	48

L83	8+410	X		L82 - L83	40
L84	8+464	X		L83 - L84	54
L85	8+488	X		L84 - L85	24
L86	8+525	X		L85 - L86	37
L87	8+569	X		L86 - L87	44
L88	8+611	X		L87 - L88	42
L89	8+654	X		L88 - L89	43
L90	8+691	X		L89 - L90	37
L91	8+740	X		L90 - L91	49
L92	8+779	X		L91 - L92	39
L93	8+822	X		L92 - L93	43
L94	8+875	X		L93 - L94	53
L95	8+935	X		L94 - L95	60
L96	9+013		X	L95 - L96	78
L97	9+102		X	L96 - L97	89
L98	9+243		X	L97 - L98	141
L99	9+582		X	L98 - L99	339
L100	9+671		X	L99 - L100	89
L101	9+731		X	L100 - L101	60
L102	9+825		X	L101 - L102	94
L103	9+911		X	L102 - L103	86
L104	9+955		X	L103 - L104	44
L105	10+152		X	L104 - L105	197
L106	10+188		X	L105 - L106	36
L107	10+492		X	L106 - L107	304
L108	10+563		X	L107 - L108	71
L109	10+608		X	L108 - L109	45
L110	10+635		X	L109 - L110	27
L111	10+745	X		L110 - L111	110
L112	10+783	X		L111 - L112	38
L113	10+822	X		L112 - L113	39
L114	10+856	X		L113 - L114	34
L115	10+890	X		L114 - L115	34
L116	10+924	X		L115 - L116	34
L117	10+958	X		L116 - L117	34
L118	10+992	X		L117 - L118	34
L119	11+026	X		L118 - L119	34
L120	11+060	X		L119 - L120	34
L121	11+094	X		L120 - L121	34
L122	11+128	X		L121 - L122	34

L123	11+162	X		L122 - L123	34
L124	11+196	X		L123 - L124	34
L125	11+230	X		L124 - L125	34
L126	11+264	X		L125 - L126	34
L127	11+298	X		L126 - L127	34
L128	11+332	X		L127 - L128	34
L129	11+366	X		L128 - L129	34
L130	11+400	X		L129 - L130	34
L131	11+434	X		L130 - L131	34
L132	11+468	X		L131 - L132	34
L133	11+500	X		L132 - L133	32
L134	11+531	X		L133 - L134	31
L135	11+569	X		L134 - L135	38
L136	11+591	X		L135 - L136	22
L137	11+615	X		L136 - L137	24
L138	11+652	X		L137 - L138	37
L139	11+684	X		L138 - L139	32
L140	11+721	X		L139 - L140	37
L141	11+759	X		L140 - L141	38
L142	11+803	X		L141 - L142	44
L143	11+826	X		L142 - L143	23
L144	11+853	X		L143 - L144	27
L145	11+892	X		L144 - L145	39
L146	11+927	X		L145 - L146	35
L147	11+960	X		L146 - L147	33
L148	12+000	X		L147 - L148	40
L149	12+038	X		L148 - L149	38
L150	12+070	X		L149 - L150	32
L151	12+103	X		L150 - L151	33
L152	12+132	X		L151 - L152	29
L153	12+157	X		L152 - L153	25
L154	12+301	X		L153 - L154	144

En esta tabla podemos indicar la disposición de las lámparas y la Interdistancia entre lámparas consecutivas, la ubicación exacta de cada lámpara y el número de lámpara

3.3.2.2.- NIVELES DE ILUMINANCIA DE LAS LUMINARIAS.-

ROTONDA HÉROES DE LA TABLADA – SAN ANDRÉS

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA						
RESPONSABLE:	Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:	22/04/2014	HORA INICIO	19:00
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN		Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés				
LUXOMETRO (Marca – referencia)		Testo 540				
CONDICIONES ATMOSFÉRICAS DE LA NOCHE		Nublado				
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)	L_4	BOMBILLA (potencia – fuente)			150 Watts.	
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)	8.50	AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)			103	
ANCHO DE CALZADA – A (m.)	7	ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)			7.5	
SEPARADOR	SI	NO				
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS	Unilateral	INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			34	
ÁNGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)	43.025	RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7	
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)		OBSERVACIONES				
P_C	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	
25	10	2	5	9	11	

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA												
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar			FECHA:		22/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés									
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540									
CONDICIONES ATMOSFÉRICAS DE LA NOCHE			Nublado									
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)			<i>L₉</i>			BOMBILLA (potencia – fuente)			150 Watts.			
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)			8.50			AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)			288			
ANCHO DE CALZADA – A (m.)			7			ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)			7.5			
SEPARADOR		SI		<input checked="" type="checkbox"/>		NO						
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			46			
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7			
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES						
P_C		P₁		P₂		P₃		P₄		P₅		
43		10		13		29		24		33		

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		22/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFÉRICAS DE LA NOCHE			Nublado								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		L_{19}		BOMBILLA (potencia – fuente)		150 Watts.					
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)		715					
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)		7.5					
SEPARADOR		SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>									
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			42		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P _C		P ₁		P ₂		P ₃		P ₄		P ₅	
35		10		16		25		30		29	

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA												
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar			FECHA:		22/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN				Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)				Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFÉRICAS DE LA NOCHE				Nublado								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		L_{23}		BOMBILLA (potencia – fuente)				150 Watts.				
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)				883				
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)				7.5				
SEPARADOR	SI	<input checked="" type="checkbox"/>										
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS		Unilateral		INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)				41				
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)		43.025		RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)				7				
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES						
P_C	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5							
34	13	11	29	23	32							

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA					
RESPONSABLE:	Llanos Mancilla Weimar Gunar	FECHA:	22/04/2014	HORA INICIO	19:00
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN	Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés				
LUXOMETRO (Marca – referencia)	Testo 540				
CONDICIONES ATMOSFÉRICAS DE LA NOCHE	Nublado				
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)	L_{27}	BOMBILLA (potencia – fuente)	150 Watts.		
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)	8.50	AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)	1197		
ANCHO DE CALZADA – A (m.)	7	ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)	7.5		
SEPARADOR	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO		
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS	Unilateral	INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)	62		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)	43.025	RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)	7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)		OBSERVACIONES			
P_C	P₁	P₂	P₃	P₄	P₅
23	2	3	2	3	3

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		22/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFÉRICAS DE LA NOCHE			Nublado								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)			L_{30}			BOMBILLA (potencia – fuente)			150 Watts.		
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)			8.50			AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)			1524		
ANCHO DE CALZADA – A (m.)			7			ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)			7.5		
SEPARADOR		SI		<input checked="" type="checkbox"/>		NO					
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			48		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P_C		P₁		P₂		P₃		P₄		P₅	
10		5		7		8		6		8	

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA					
RESPONSABLE:	Llanos Mancilla Weimar Gunar	FECHA:	22/04/2014	HORA INICIO	19:00
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN		Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés			
LUXOMETRO (Marca – referencia)		Testo 540			
CONDICIONES ATMOSFÉRICAS DE LA NOCHE		Nublado			
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		L_{35}	BOMBILLA (potencia – fuente)		150 Watts.
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50	AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)		1790
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7	ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)		7.5
SEPARADOR	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>				
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS		Unilateral	INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)		45
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)		43.025	RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)		7
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)		OBSERVACIONES			
P_C	P₁	P₂	P₃	P₄	P₅
16	6	6	4	3	3

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA													
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar				FECHA:		22/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés										
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540										
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Nublado										
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		L_{40}		BOMBILLA (potencia – fuente)			150 Watts.						
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)			2476						
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)			7.5						
SEPARADOR	SI	NO											
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			211				
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7				
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES							
P_C	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5								
12	4	2	2	3	3								

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA					
RESPONSABLE:	Llanos Mancilla Weimar Gunar	FECHA:	22/04/2014	HORA INICIO	19:00
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN	Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés				
LUXOMETRO (Marca – referencia)	Testo 540				
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE	Nublado				
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)	L42	BOMBILLA (potencia – fuente)	150 Watts.		
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)	8.50	AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)	2517		
ANCHO DE CALZADA – A (m.)	7	ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)	7.5		
SEPARADOR	SI	<input checked="" type="checkbox"/>			
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS	Unilateral	INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)	32		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)	43.025	RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)	7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)	OBSERVACIONES				
P_C	P₁	P₂	P₃	P₄	P₅
7	7	2	3	3	2

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		22/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Nublado								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		L50		BOMBILLA (potencia – fuente)		150 Watts.					
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)		3167					
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)		7.5					
SEPARADOR		SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>									
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			73		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P _C	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅						
46	14	11	28	27	25						

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		22/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Nublado								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		L54		BOMBILLA (potencia – fuente)		150 Watts.					
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)		3399					
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)		7.5					
SEPARADOR		SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>									
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			87		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P _C	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅						
69	13	22	31	36	37						

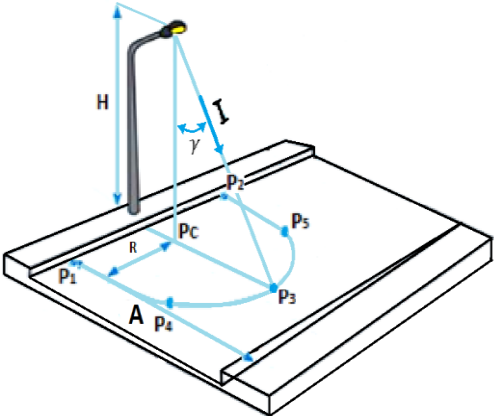
MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		22/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Nublado								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		L56		BOMBILLA (potencia – fuente)		150 Watts.					
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)		3742					
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)		7.5					
SEPARADOR	SI	<input checked="" type="checkbox"/>		NO							
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			116		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P _C	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅						
47	32	25	19	22	26						

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA												
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar			FECHA:		22/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN				Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)				Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE				Nublado								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		L59		BOMBILLA (potencia – fuente)				150 Watts.				
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)				3971				
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)				7.5				
SEPARADOR	SI	<input checked="" type="checkbox"/>										
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS		Unilateral		INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)				45				
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)		43.025		RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)				7				
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES						
P _C	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅							
41	19	8	12	14	17							

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA												
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar			FECHA:		23/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN				Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)				Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE				Poco Nuboso								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		L_{60}		BOMBILLA (potencia – fuente)				150 Watts.				
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)				4164				
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)				7.5				
SEPARADOR	SI	<input checked="" type="checkbox"/>										
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS		Unilateral		INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)				193				
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)		43.025		RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)				7				
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES						
P_C	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5							
23	20	10	16	16	18							

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		23/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Poco Nuboso								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)			L61			BOMBILLA (potencia – fuente)			150 Watts.		
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)			8.50			AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)			4581		
ANCHO DE CALZADA – A (m.)			7			ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)			7.5		
SEPARADOR		SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>						
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			417		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (gamma)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P_C	P₁	P₂	P₃	P₄	P₅						
28	3	8	4	7	4						

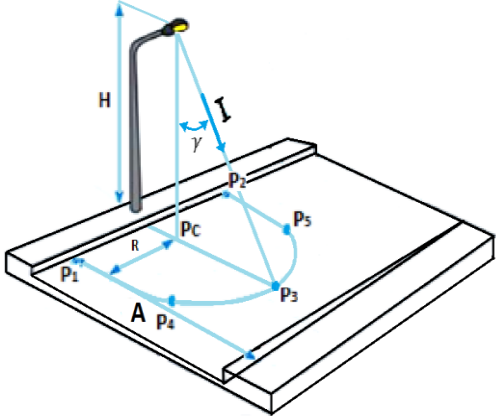
MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA					
RESPONSABLE:	Llanos Mancilla Weimar Gunar	FECHA:	23/04/2014	HORA INICIO	19:00
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN	Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés				
LUXOMETRO (Marca – referencia)	Testo 540				
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE	Poco Nuboso				
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)	<i>L62</i>	BOMBILLA (potencia – fuente)	150 Watts.		
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)	8.50	AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)	4682		
ANCHO DE CALZADA – A (m.)	7	ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)	7.5		
SEPARADOR	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO		
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS	Unilateral	INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)	101		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)	43.025	RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)	7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)		OBSERVACIONES			
P_C	P₁	P₂	P₃	P₄	P₅
94	16	15	4	7	6

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		23/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Poco Nuboso								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		L64		BOMBILLA (potencia – fuente)		150 Watts.					
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)		4942					
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)		7.5					
SEPARADOR	SI	<input checked="" type="checkbox"/>		NO							
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			69		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P _C	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅						
84	3	17	4	2	8						

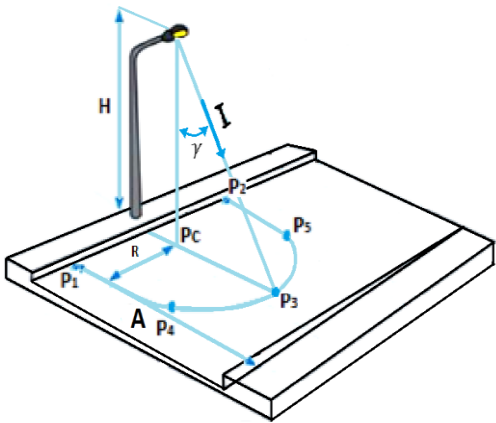
MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA												
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar			FECHA:		23/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés									
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540									
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Poco Nuboso									
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)			<i>L₆₅</i>			BOMBILLA (potencia – fuente)			150 Watts.			
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)			8.50			AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)			5455			
ANCHO DE CALZADA – A (m.)			7			ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)			7.5			
SEPARADOR		SI		<input checked="" type="checkbox"/>		NO						
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			513			
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7			
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES						
P_C		P₁		P₂		P₃		P₄		P₅		
51		14		12		3		3		3		

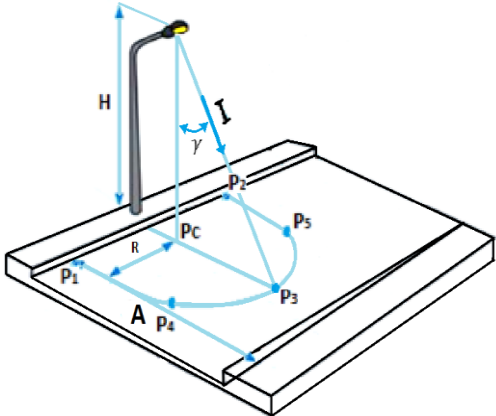
MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA												
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar			FECHA:		23/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés									
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540									
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Poco Nuboso									
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)			<i>L66</i>			BOMBILLA (potencia – fuente)			150 Watts.			
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)			8.50			AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)			5623			
ANCHO DE CALZADA – A (m.)			7			ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)			7.5			
SEPARADOR		SI		<input checked="" type="checkbox"/>		NO		<input type="checkbox"/>				
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			168			
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7			
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES						
P_C		P₁		P₂		P₃		P₄		P₅		
52		15		13		1		3		4		

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA												
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar			FECHA:		23/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés									
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540									
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Poco Nuboso									
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)			<i>L₆₇</i>			BOMBILLA (potencia – fuente)			150 Watts.			
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)			8.50			AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)			6442			
ANCHO DE CALZADA – A (m.)			7			ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)			7.5			
SEPARADOR		SI		<input checked="" type="checkbox"/>		NO						
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			819			
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7			
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES						
P_C		P₁		P₂		P₃		P₄		P₅		
67		29		20		7		7		10		

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA													
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar				FECHA:		23/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés										
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540										
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Poco Nuboso										
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)			<i>L70</i>			BOMBILLA (potencia – fuente)			150 Watts.				
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)			8.50			AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)			6820				
ANCHO DE CALZADA – A (m.)			7			ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)			7.5				
SEPARADOR		SI		<input checked="" type="checkbox"/>		NO							
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			205				
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7				
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES							
P _C		P ₁		P ₂		P ₃		P ₄		P ₅			
10		6		8		7		7		9			

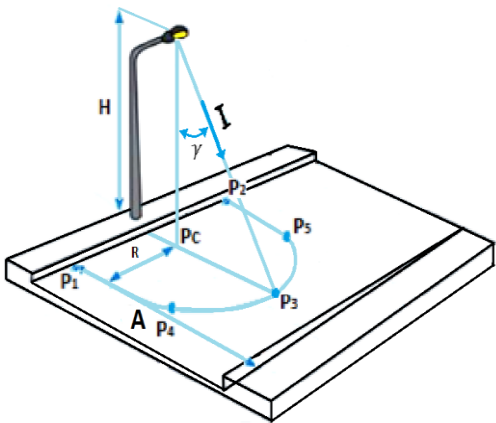
MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA													
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar				FECHA:		23/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés										
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540										
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Poco Nuboso										
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)			<i>L71</i>			BOMBILLA (potencia – fuente)			150 Watts.				
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)			8.50			AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)			6870				
ANCHO DE CALZADA – A (m.)			7			ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)			7.5				
SEPARADOR		SI		<input checked="" type="checkbox"/>		NO							
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			<i>Unilateral</i>			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			50				
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7				
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES							
P_C		P₁		P₂		P₃		P₄		P₅			
13		7		8		9		10		8			

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA												
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar			FECHA:		23/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés									
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540									
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Poco Nuboso									
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)			<i>L72</i>			BOMBILLA (potencia – fuente)			150 Watts.			
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)			8.50			AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)			6951			
ANCHO DE CALZADA – A (m.)			7			ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)			7.5			
SEPARADOR		SI		<input checked="" type="checkbox"/>		NO						
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			81			
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7			
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES						
P_C		P₁		P₂		P₃		P₄		P₅		
14		7		9		10		9		10		

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		23/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Poco Nuboso								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		L_{73}		BOMBILLA (potencia – fuente)		150 Watts.					
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)		7474					
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)		7.5					
SEPARADOR	SI	<input checked="" type="checkbox"/>		NO							
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			523		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P_C	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5						
23	5	8	5	8	8						

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		23/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Poco Nuboso								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		L74		BOMBILLA (potencia – fuente)			150 Watts.				
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)			7554				
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)			7.5				
SEPARADOR		SI		NO							
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			80		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P_C	P₁	P₂	P₃	P₄	P₅						
17	9	9	10	11	11						

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		23/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Poco Nuboso								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)			L_{77}			BOMBILLA (potencia – fuente)			150 Watts.		
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)			8.50			AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)			7998		
ANCHO DE CALZADA – A (m.)			7			ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)			7.5		
SEPARADOR		SI		<input checked="" type="checkbox"/>		NO					
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			161		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P_C		P₁		P₂		P₃		P₄		P₅	
20		8		6		10		10		10	

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA													
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar				FECHA:		23/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés										
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540										
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Poco Nuboso										
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)			<i>L79</i>			BOMBILLA (potencia – fuente)			150 Watts.				
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)			8.50			AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)			8241				
ANCHO DE CALZADA – A (m.)			7			ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)			7.5				
SEPARADOR		SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>								
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			116				
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7				
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES							
P _C		P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅							
28		10	9	23	21	23							

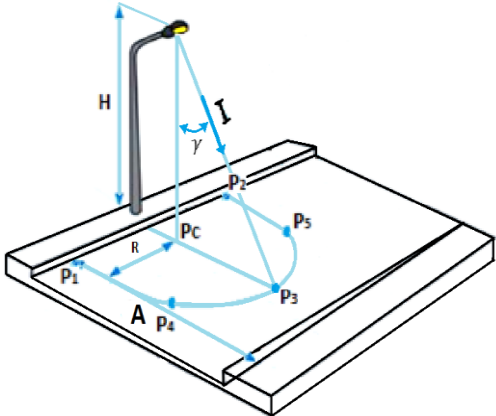
MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA													
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar				FECHA:		23/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés										
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540										
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Poco Nuboso										
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)			<i>L84</i>			BOMBILLA (potencia – fuente)			150 Watts.				
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)			8.50			AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)			8464				
ANCHO DE CALZADA – A (m.)			7			ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)			7.5				
SEPARADOR		SI		<input checked="" type="checkbox"/>		NO							
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			54				
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7				
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES							
P_C		P₁		P₂		P₃		P₄		P₅			
38		12		11		37		36		31			

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA												
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar			FECHA:		23/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés									
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540									
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Poco Nuboso									
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)			<i>L91</i>			BOMBILLA (potencia – fuente)			150 Watts.			
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)			8.50			AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)			8740			
ANCHO DE CALZADA – A (m.)			7			ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)			7.5			
SEPARADOR		SI		<input checked="" type="checkbox"/>		NO						
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			49			
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7			
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES						
P_C		P₁		P₂		P₃		P₄		P₅		
37		10		16		29		28		29		

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		23/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Poco Nuboso								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		L94		BOMBILLA (potencia – fuente)		150 Watts.					
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)		8875					
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)		7.5					
SEPARADOR		SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>									
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			53		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P _C		P ₁		P ₂		P ₃		P ₄		P ₅	
40		14		13		35		33		30	

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		23/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Poco Nuboso								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		<i>L103</i>		BOMBILLA (potencia – fuente)			150 Watts.				
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)			9911				
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)			7.5				
SEPARADOR		SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>									
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			86		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P_C	P₁	P₂	P₃	P₄	P₅						
20	9	4	5	6	5						

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		23/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Poco Nuboso								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		L_{105}		BOMBILLA (potencia – fuente)		150 Watts.					
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)		10152					
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)		7.5					
SEPARADOR	SI	<input checked="" type="checkbox"/>		NO							
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			197		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P_C	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5						
16	10	9	9	10	10						

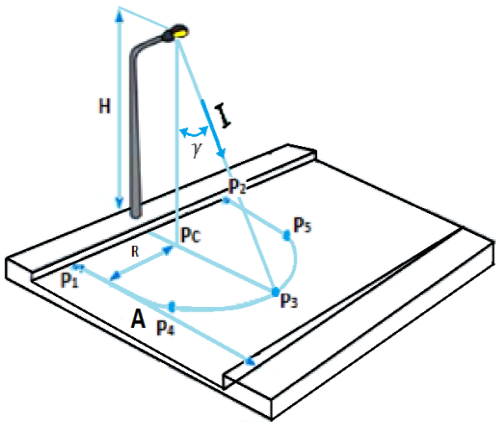
MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		24/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Despejado								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		L106		BOMBILLA (potencia – fuente)		150 Watts.					
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)		10188					
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)		7.5					
SEPARADOR	SI	<input checked="" type="checkbox"/>		NO							
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			36		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P _C	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅						
13	8	7	3	3	3						

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		24/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Despejado								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		L_{109}		BOMBILLA (potencia – fuente)		150 Watts.					
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)		10608					
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)		7.5					
SEPARADOR		SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>									
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			45		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P _C		P ₁		P ₂		P ₃		P ₄		P ₅	
59		31		20		42		31		40	

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		24/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Despejado								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		L_{112}		BOMBILLA (potencia – fuente)		150 Watts.					
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)		10783					
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)		7.5					
SEPARADOR		SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>									
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			38		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P _C		P ₁		P ₂		P ₃		P ₄		P ₅	
70		19		23		14		18		20	

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA												
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar			FECHA:		24/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés									
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540									
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Despejado									
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)			<i>L114</i>			BOMBILLA (potencia – fuente)			150 Watts.			
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)			8.50			AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)			10856			
ANCHO DE CALZADA – A (m.)			7			ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)			7.5			
SEPARADOR		SI		<input checked="" type="checkbox"/>		NO						
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			34			
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7			
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES						
P_C		P₁		P₂		P₃		P₄		P₅		
51		23		15		41		28		39		

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA												
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar			FECHA:		24/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés									
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540									
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Despejado									
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)			<i>L117</i>			BOMBILLA (potencia – fuente)			150 Watts.			
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)			8.50			AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)			10958			
ANCHO DE CALZADA – A (m.)			7			ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)			7.5			
SEPARADOR		SI		<input checked="" type="checkbox"/>		NO						
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			<i>Unilateral</i>			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			34			
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7			
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES						
P_C		P₁		P₂		P₃		P₄		P₅		
40		15		10		18		20		16		

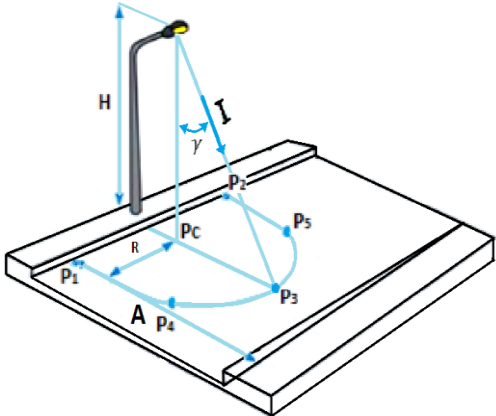
MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA												
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar			FECHA:		24/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés									
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540									
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Despejado									
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)			<i>L120</i>			BOMBILLA (potencia – fuente)			150 Watts.			
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)			8.50			AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)			11060			
ANCHO DE CALZADA – A (m.)			7			ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)			7.5			
SEPARADOR		SI		<input checked="" type="checkbox"/>		NO						
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			34			
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7			
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES						
P_C		P₁		P₂		P₃		P₄		P₅		
52		12		7		18		18		16		

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA					
RESPONSABLE:	Llanos Mancilla Weimar Gunar	FECHA:	24/04/2014	HORA INICIO	19:00
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN		Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés			
LUXOMETRO (Marca – referencia)		Testo 540			
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE		Despejado			
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		<i>L124</i>	BOMBILLA (potencia – fuente)		150 Watts.
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50	AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)		11196
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7	ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)		7.5
SEPARADOR	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>				
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS		Unilateral	INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)		34
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)		43.025	RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)		7
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)		OBSERVACIONES			
P_C	P₁	P₂	P₃	P₄	P₅
31	9	7	30	20	21

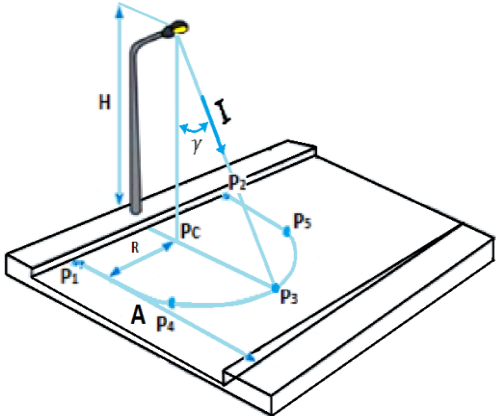
MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		24/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Despejado								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		<i>L126</i>		BOMBILLA (potencia – fuente)			150 Watts.				
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)			11264				
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)			7.5				
SEPARADOR	SI	<input checked="" type="checkbox"/>									
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			34		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P_C	P₁	P₂	P₃	P₄	P₅						
29	11	10	32	27	30						

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA					
RESPONSABLE:	<i>Llanos Mancilla Weimar Gunar</i>	FECHA:	<i>24/04/2014</i>	HORA INICIO	<i>19:00</i>
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN	<i>Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés</i>				
LUXOMETRO (Marca – referencia)	<i>Testo 540</i>				
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE	<i>Despejado</i>				
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)	<i>L128</i>	BOMBILLA (potencia – fuente)	<i>150 Watts.</i>		
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)	<i>8.50</i>	AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)	<i>11332</i>		
ANCHO DE CALZADA – A (m.)	<i>7</i>	ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)	<i>7.5</i>		
SEPARADOR	<input type="checkbox"/> SI	<input checked="" type="checkbox"/> NO			
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS	<i>Unilateral</i>	INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)	<i>34</i>		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)	<i>43.025</i>	RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)	<i>7</i>		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)		OBSERVACIONES			
P_C	P₁	P₂	P₃	P₄	P₅
<i>36</i>	<i>11</i>	<i>13</i>	<i>30</i>	<i>27</i>	<i>29</i>

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		24/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Despejado								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		<i>L132</i>		BOMBILLA (potencia – fuente)				150 Watts.			
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)				11468			
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)				7.5			
SEPARADOR	SI	<input checked="" type="checkbox"/> NO									
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			34		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P_C	P₁	P₂	P₃	P₄	P₅						
23	5	7	14	15	18						

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		24/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Despejado								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		L_{135}		BOMBILLA (potencia – fuente)		150 Watts.					
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)		11569					
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)		7.5					
SEPARADOR		SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>									
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			38		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P _C		P ₁		P ₂		P ₃		P ₄		P ₅	
32		10		6		9		14		16	

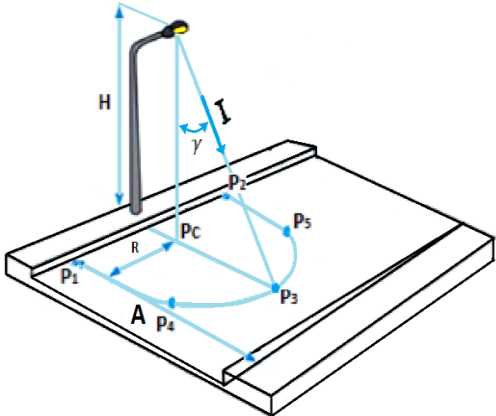
MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA					
RESPONSABLE:	Llanos Mancilla Weimar Gunar	FECHA:	24/04/2014	HORA INICIO	19:00
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN		Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés			
LUXOMETRO (Marca – referencia)		Testo 540			
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE		Despejado			
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		<i>L141</i>	BOMBILLA (potencia – fuente)		150 Watts.
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50	AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)		11759
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7	ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)		7.5
SEPARADOR	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO		
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS		Unilateral	INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)		38
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)		43.025	RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)		7
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)		OBSERVACIONES			
P_C	P₁	P₂	P₃	P₄	P₅
34	10	16	19	20	24

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA												
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar			FECHA:		24/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN				Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)				Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE				Despejado								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		L143		BOMBILLA (potencia – fuente)				150 Watts.				
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)				11826				
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)				7.5				
SEPARADOR	SI	<input checked="" type="checkbox"/> NO										
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS		Unilateral		INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)				23				
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)		43.025		RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)				7				
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES						
P _C	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅							
18	10	3	8	9	9							

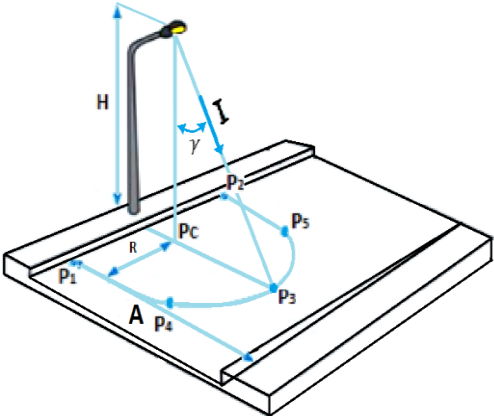
MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		24/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Despejado								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		L145		BOMBILLA (potencia – fuente)		150 Watts.					
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)		11892					
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)		7.5					
SEPARADOR		SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>									
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			39		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P _C		P ₁		P ₂		P ₃		P ₄		P ₅	
32		10		14		17		20		20	

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		24/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Despejado								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		L148		BOMBILLA (potencia – fuente)		150 Watts.					
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)		12000					
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)		7.5					
SEPARADOR	SI	NO									
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			40		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P _C	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅						
35	9	7	10	10	11						

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		24/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Despejado								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		<i>L151</i>		BOMBILLA (potencia – fuente)		150 Watts.					
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)		12103					
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)		7.5					
SEPARADOR		SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>									
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			33		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P _C	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅						
25	9	6	14	13							

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		24/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Despejado								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		<i>L152</i>		BOMBILLA (potencia – fuente)		150 Watts.					
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)		12132					
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)		7.5					
SEPARADOR	SI	<input checked="" type="checkbox"/>		NO							
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			29		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P _C	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅						
24	9	5	9	7	13						

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		24/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFERICAS DE LA NOCHE			Despejado								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		<i>L153</i>		BOMBILLA (potencia – fuente)				150 Watts.			
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)				12157			
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)				7.5			
SEPARADOR	SI	<input checked="" type="checkbox"/>									
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			25		
ANGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P_C	P₁	P₂	P₃	P₄	P₅						
28	10	13	10	13	17						

MEDIDA DE NIVELES DE ILUMINANCIA											
RESPONSABLE:		Llanos Mancilla Weimar Gunar		FECHA:		24/04/2014		HORA INICIO		19:00	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MEDICIÓN			Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés								
LUXOMETRO (Marca – referencia)			Testo 540								
CONDICIONES ATMOSFÉRICAS DE LA NOCHE			Despejado								
LUMINARIA (Tipo – referencia – marca)		L154		BOMBILLA (potencia – fuente)		150 Watts.					
TIPO DE APOYO (Poste – longitud) (m.)		8.50		AVANCE DE LA LUMINARIA SOBRE LA CALZADA (m.)		12277					
ANCHO DE CALZADA – A (m.)		7		ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA – H (m.)		7.5					
SEPARADOR	SI	<input checked="" type="checkbox"/>		NO							
DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS			Unilateral			INTERDISTANCIA ENTRE LUMINARIAS CONSECUTIVAS – S (m.)			125		
ÁNGULO VERTICAL DE INCLINACION DE LA LUMINARIA (γ)			43.025			RADIO DEL CONO LUMINOSO (m.)			7		
INTENSIDAD LUMINOSA (LUXOMETRO) (Lux)						OBSERVACIONES					
P _C	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅						
24	10	9	15	16	16						

$$E_{prom} = \frac{\sum E_i}{n} = 17.12 \text{ Lux}$$

$$U_o = \frac{E_{min.}}{E_{prom.}} = 5.84\%$$

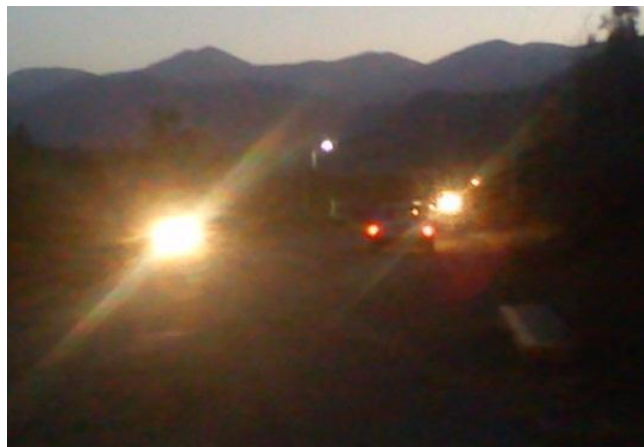
3.3.2.3.- CONDICIONES TÉCNICAS DE ILUMINACIÓN.-

- **Altura Mínima de los Puntos de Luz.-** En las vías de tráfico la altura mínima de los puntos de luz depende de la anchura A de la calzada. Para asegurar una uniformidad media de iluminación suficiente, se recomiendan las siguientes alturas de implantación:
 - Luminarias con lámpara de vapor de sodio a alta presión (v.s.a.p.): $H_{min} \geq 0,8 A$
 - Luminarias con lámpara de vapor de mercurio a alta presión (v.m.): $H_{min} \geq 1 A$
 - Luminarias con lámpara de vapor de sodio a baja presión (v.s.b.p.): $H_{min} \geq 1,2 A$

- **Relación Separación / Altura.-** Para alcanzar una uniformidad longitudinal de luminancia adecuada ($U_l > 0,7$ para la iluminación de situaciones de alumbrado A), se recomiendan las siguientes relaciones entre la separación S entre puntos de luz y la altura H de implantación de los mismos.
 - Luminarias con lámpara v.s.a.p.: $S / H = 4$
 - Luminarias con lámpara v.m.: $S / H = 3,5$
 - Luminarias con lámpara v.s.b.p.: $S / H = 3 - 3,5$

3.3.2.4.- VISIBILIDAD NOCTURNA.-

Fotografía 14.- Visibilidad mínima por la iluminación inapropiada



La visibilidad por la noche cambia rotundamente comparado con la visibilidad del día existiendo tramos estables e inestables en la seguridad de circulación en toda la vía.

Fotografía 15.- Deslumbramiento en la vía



Existe deslumbramiento que perturba la visibilidad del conductor de vehículos que circulan en sentidos contrario, la mala distribución de las luminarias, el bajo nivel del flujo luminoso, su altura de montaje inadecuada y sobre todo su potencia insuficiente ocasiona que el conductor quede totalmente desorientado en la vía, invadiendo carril provocando accidentes de tránsito, atropellos a peatones que circulan por las reducidas bermas. La insuficiente iluminación que existe en la vía no permite reducir el tiempo de recorrido.

Fotografía 16.- Luminaria alejada de la calzada



Como se puede observar la luminaria *L98* se encuentra muy alejada a 8.20m del borde de la calzada exactamente, lo que nos indica que no cumple con condiciones técnicas optimas en su montaje, la intensidad luminosa y el cono luminoso están iluminando fuera de la calzada, desperdiciando de esta forma la poca iluminancia que se tiene en esta zona.

Fotografía 17.- Tramo donde no existe ninguna Luminaria



En esta zona la conducción es peligrosa puesto que no existe iluminación y no se garantiza la circulación, se puede notar que la interdistancia entre lámparas en el tramo es exagerada por este motivo se puede distinguir que la iluminación en toda la vía es heterogénea, porque a menor interdistancia entre luminarias mayor iluminancia en la vía y mayor seguridad vial para peatones y conductores.

Fotografía 18.- Zona segura para la circulación



Aquí sucede todo lo contrario a la foto anterior en esta zona efectivamente existe una mayor iluminancia por parte de las luminaria implementadas, siendo una zona segura en la circulación de conductores y peatones porque la visibilidad es mayor evitando la probabilidad de accidentes de tránsito.

Fotografía 19.- Poste de la luminaria arriba de la loza de una vivienda



Observando esta fotografía queda demostrado la improvisación que se tiene en el sistema de iluminación vial en este tramo en estudio las luminarias implementadas

están iluminando fuera de la calzada, existiendo contaminación luminosa hacia los conductores, la intensidad luminosa disminuye notablemente porque la potencia de la lámpara no cumple con los parámetros mínimos de iluminación para esa altura de montaje la cual esta sobredimensionada en esa posición, es un peligro para los conductores, peatones, y los habitantes de la vivienda porque el poste puede llegar a inclinarse causando accidentes inesperados.

3.3.3.- RELACIÓN CON LA SEGURIDAD VIAL.-

3.3.3.1.- RELACIÓN CON ACCIDENTES.-

La falta de señalización, iluminación optima, exceso de velocidad hacen que la ruta a San Andrés sea una de las más peligrosas de la ciudad de Tarija

La información de la Estación Policial Integral (EPI) del barrio Senac nos indica que desde enero a la fecha, la División Accidentes del Organismo Operativo de Tránsito atendió 30 accidentes, con un saldo de 30 heridos y 10 fallecidos.

El comandante de la EPI, coronel Ángel Mantilla explicó que en la zona se suscitaron siete colisiones, ocho choques, cuatro vuelcos, cinco caídas de motociclistas y dos encunetamientos.

“Es sumamente alarmante lo que está ocurriendo en esta vía, pues los accidentes, a diferencia de otros sectores, aumentaron considerablemente y lo peor con un alto índice de pérdidas humanas—manifestó Mantilla—de los 30 accidentes registrados, estuvieron involucrados 10 motorizados con placa argentina. Además se sabe que otros que protagonizaron accidentes se dieron a la fuga”.

Manifestó que el principal problema, para que aumenten los hechos de tránsito por la noche, es la mala iluminación y la poca señalización que existe en la vía.

Vecinos y comunarios de la zona, solicitaron la presencia de la Policía Boliviana para realizar controles en la vía, argumentaron que realizaron la visita a la dirección de alumbrado público de la alcaldía para solucionar el problema de la inseguridad vial

que existe en toda la vía, reconocieron que la vía es peligrosa por la alta velocidad que se imprime, la escasa iluminación y la poca señalización que existe en la vía.

Buscamos al corregidor de la zona, quien no se encontraba en su vivienda, conocimos que la preocupación ya fue tratada en reunión de la comunidad para poner un alto a la inseguridad vial.

Aunque sabemos que las rutas son menos frecuentadas por la noche, durante estas horas es que se producen más de la mitad de todas las muertes por accidentes automovilísticos en ruta.

Pero las autoridades competentes no realizan el mínimo análisis de las causas existentes para tener una inseguridad vial en este tramo en específico, para luego proponer las correspondientes medidas preventivas que tiendan a disminuir la inseguridad vial existente.

La incidencia de accidentes fatales nocturnos son 3 a 4 veces más que los accidentes diurnos, tiene su explicación científica muy elemental y categórica, pues la gran dificultad que el ojo humano tiene para distinguir con certeza las señalizaciones, objetos y determinar distancias durante la noche, es una característica que le es propia y natural. Desafiar a la naturaleza y a las estadísticas es como jugar a la ruleta.

La inseguridad de los peatones en la vía es un hecho evidente porque el sistema de iluminación y las pocas señalizaciones en la misma no cumplen la función garantizando seguridad vial. En un choque entre un vehículo, aún el más liviano, y un peatón, este último es el que con mayor probabilidad se llevará la peor parte. Sin embargo, todos somos peatones y al serlo desde pequeños, como parte de un proceso natural de nuestro andar y movernos en el mundo, se nos olvida que convivir con la motorización creciente de nuestra sociedad representa un desafío, que no por cotidiano resulta inocuo.

Durante la noche en la vía, la visión del paisaje se reduce, los costados desaparecen en la oscuridad, salvo los pocos metros de la calzada iluminada por las lámparas en la vía. El paisaje se hace más impreciso, ya que pierde la variedad de colores y no se perciben con precisión los relieves. El panorama se achica, se torna monótono y relajante. La posibilidad de ver objetos a los lados o en el camino es tardía (por ejemplo, animales que se meten en la vía, o un vehículo detenido sin luces). La apreciación de las distancias y la velocidad se ve alterada por la mala iluminación y la poca señalización que no contribuyen para que brindar una seguridad vial adecuada para peatones y conductores.

Existe el peligro del encandilamiento. El ojo necesita un cierto tiempo para adaptarse a los cambios bruscos en la luminosidad ambiente, cuando se pasa bruscamente de la oscuridad de la noche a la intensa luz alta de los faros del vehículo que viene en dirección contraria. Durante ese tiempo se produce una especie de ceguera momentánea.

Para evitar ser encandilado:

- Evite mirar los faros de los vehículos que lo cruzar
- Desvíe la vista hacia las líneas laterales externas de su carril y guíese por ellas para mantener la dirección.
- Maneje lo más cerca posible de ellas.
- Disminuya la velocidad.
- No haga lo mismo. Evite encandilar al que lo cruza subiendo sus luces, pues el riesgo se potencia.
- No encandile a los demás, baje las luces altas si alguien viene.

3.3.4.- CUADROS RESÚMENES DE RELACIÓN ENTRE LA SEÑALIZACIÓN E ILUMINACIÓN.-

SEÑALIZACIONES PREVENTIVAS.-

PROGRESIVA	TIPOS DE SEÑALIZACIÓN	DISTANCIAS ENTRE LA LUMINARIA Y LA SEÑALIZACIÓN	CONDICIÓN DE LA ILUMINANCIA			DISTANCIAS RECOMENDADAS ENTRE LA LUMINARIA Y SEÑALIZACIÓN
			Buena	Regular	Mala	
0+055	SP - 53	7 m.		X		5 m.
0+091	SP - 14	22 m.			X	5 m.
0+0256	SP - 55	14m.			X	5 m.
0+0314	SP - 14	6 m.		X		5 m.
1+519	SP - 14	43 m.			X	5 m.
1+753	SP - 52	37 m.			X	5 m.
1+759	SP - 52	14 m.		X		5 m.
1+903	SP - 14	18 m.			X	5 m.
8+372	SP - 14	2m.	X			5 m.
8+599	SP - 14	12 m.			X	5 m.
<i>Total señalizaciones según su condición de iluminancia</i>			1	3	6	
<i>Porcentajes de la condición de la iluminancia</i>			10%	30%	60%	
TOTAL			10			

En la anterior tabla podemos observar la mala retroreflectancia que tienen las señales preventivas, una iluminación inadecuada que no contribuye en la retroreflectancia de las señales en la circulación nocturna provocando fatiga ocular, cansancio, dolor de cabeza, estrés y accidentes en consecuencia el conductor no tiene la comodidad visual necesaria .

SEÑALIZACIONES REGLAMENTARIAS.-

PROGRESIVA	TIPOS DE SEÑALIZACIÓN	DISTANACIA ENTRE LA LUMINARIA Y LA SEÑALIZACIÓN	CONDICION DE LA ILUMINANCIA			DISTANCIAS RECOMENDADAS ENTRE LA LUMINARIA Y SEÑALIZACIÓN
			Buena	Regular	Mala	
0+353	SR - 30	1 m.	X			5m.
0+790	SR - 30	32 m.			X	5m.
1+142	SR - 30	7 m.		X		5m.
1+393	SR - 30	87 m.			X	5m.
1+903	SR - 30	23 m.			X	5m.
<i>Total señalizaciones según su condición de iluminancia</i>			1	1	3	
<i>Porcentajes de la condición de la iluminancia</i>			20%	20%	60%	
TOTAL			5			

Total señalizaciones evaluadas

15

En este cuadro se puede evidenciar que la iluminancia vial no acompaña para que las señales cumplan su función que es reglamentar la circulación en la vía. Solo un 20% de las señales reglamentarias cumplen con su propósito.

ALUMBRADO	SEÑALIZACIÓN
LUMINANCIA (Lux) (150 Watts.)	REFLECTIVIDAD
0 – 52.094	Pobre
52.094 – 85.087	Regular
85.087 – 118.08	Buena

En este cuadro se relaciona el alumbrado vial con la Reflectividad de las señalizaciones que existen en toda la vía según la potencia que tienen las luminarias.

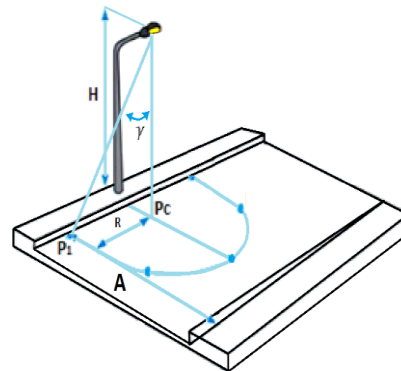
A mayor Luminancia de la vía	Mayor Reflectividad en la señalización	Menor inseguridad vial de circulación
A menor Luminancia de la vía	Menor Reflectividad en la señalización	Mayor inseguridad vial de circulación

3.4.-ANÁLISIS DEL ESTUDIO.-

Lámpara	Pc	P1
L4	25	10
L9	43	10
L19	35	10
L23	34	13
L27	23	2
L30	10	5
L35	16	6
L40	12	4
L42	7	7
L50	46	14
L54	69	13
L56	47	32
L59	41	19
L60	23	20
L61	28	3
L62	94	16
L64	84	3
L65	51	14
L66	52	15
L67	67	29
L70	10	6
L71	13	7
L72	14	7
L73	23	5
L74	17	9
L77	20	8
L79	28	10
L84	38	12
L91	37	10
L94	40	14
L103	20	9
L105	16	10
L106	13	8
L109	59	31
L112	70	19
L114	51	23
L117	40	15
L120	52	12
L124	31	9
L126	29	11
L128	36	11
L132	23	5
L135	32	10
L141	34	10
L143	18	10
L145	32	10
L148	35	9
L151	25	9
L152	24	9
L153	28	10
L154	24	10

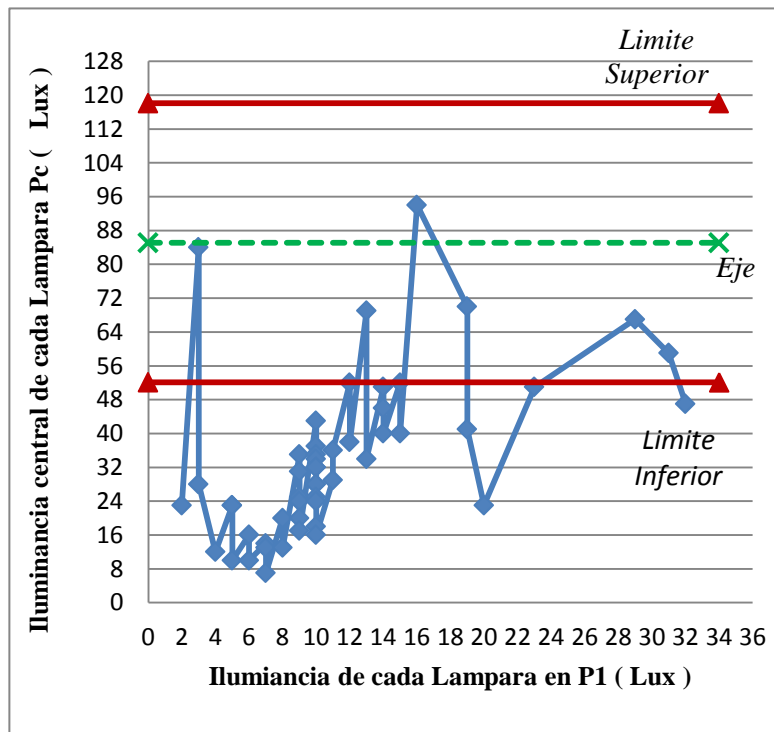
Límite superior	
x (Lux)	y (Lux)
0	118,08
28	118,08
Límite inferior	
x (Lux)	y (Lux)
0	52,094
28	52,094
Eje	
0	85,087
28	85,087

Fig.III-52.- Iluminancia en el P1



Fuente: Elaboración propia

Grafica 1.- Iluminancia de Lámparas en función de Pc vrs.P1



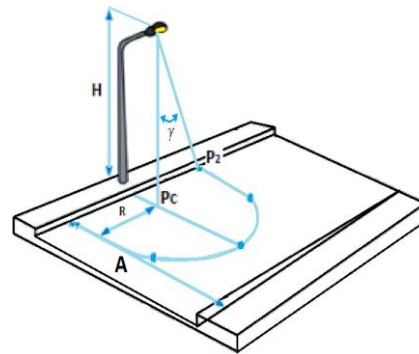
Fuente: Elaboración propia

Analizando esta grafica podemos indicar que 6 lámparas de las 51 analizadas están dentro los límites indicados según normativa esto significa un 11.76%, relacionando potencia y altura de implementación de cada lámpara. Existe solo una lámpara que equivalente a 1.96% que tiene un funcionamiento eficiente en este punto en estudio, porque se encuentra en la parte superior del eje de buen funcionamiento de las lámparas y 50 lámparas equivalente a 98.04% que no son eficientes en su funcionamiento. También observamos que no existe la iluminancia suficiente, en relación del punto central de cada lámpara y el punto P1, porque el radio luminoso no es el óptimo no permitiendo tener la iluminancia deseada hacia ese punto de la calzada en estudio produciéndose el efecto cebra, es llamado de esta forma porque deja sectores oscuros en la vía, tomando la apariencia de la piel de una cebrá, por este motivo la visibilidad se complica bastante para conductores y peatones siendo un efecto potencial para que se generen accidentes de tránsito. Estos resultados nos indican que no se realiza el suficiente mantenimiento de las lámparas provocando que el flujo luminoso de cada lámpara disminuya considerablemente.

Lámpara	Pc	P2
L4	25	2
L9	43	13
L19	35	16
L23	34	11
L27	23	3
L30	10	7
L35	16	6
L40	12	2
L42	7	2
L50	46	11
L54	69	22
L56	47	25
L59	41	8
L60	23	10
L61	28	8
L62	94	15
L64	84	17
L65	51	12
L66	52	13
L67	67	20
L70	10	8
L71	13	8
L72	14	9
L73	23	8
L74	17	9
L77	20	6
L79	28	9
L84	38	11
L91	37	16
L94	40	13
L103	20	4
L105	16	9
L106	13	7
L109	59	20
L112	70	23
L114	51	15
L117	40	10
L120	52	7
L124	31	7
L126	29	10
L128	36	13
L132	23	7
L135	32	6
L141	34	16
L143	18	3
L145	32	14
L148	35	7
L151	25	6
L152	24	5
L153	28	13
L154	24	9

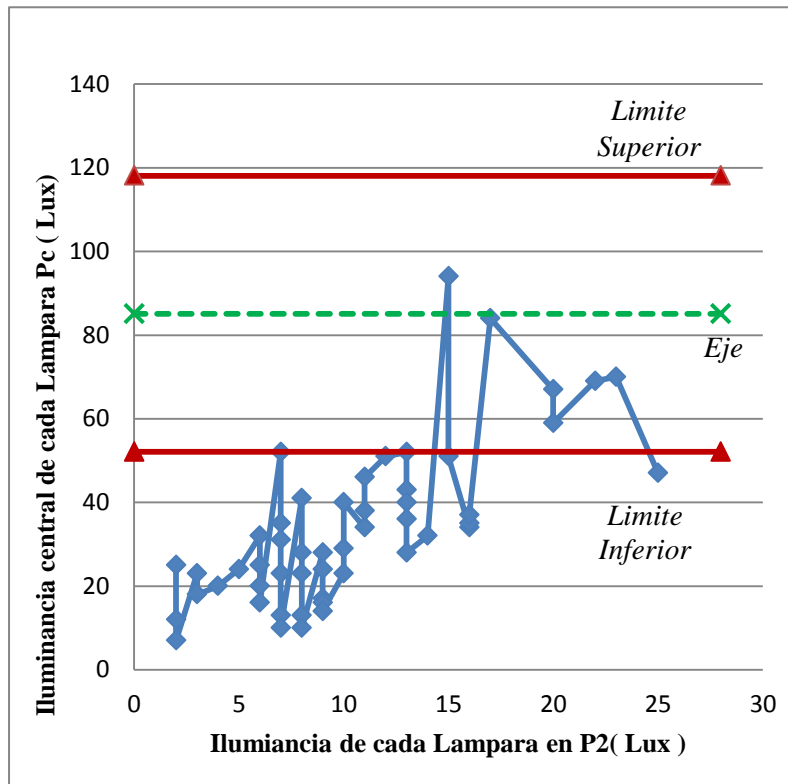
Límite superior	
x (Lux)	y (Lux)
0	118,08
28	118,08
Límite inferior	
x (Lux)	y (Lux)
0	52,094
28	52,094
Eje	
x (Lux)	y (Lux)
0	85,087
28	85,087

Fig.III-53.- Iluminancia en el P2



Fuente: Elaboración propia

Grafica 2.- Iluminancia de Lámparas en función de Pc vrs.P2



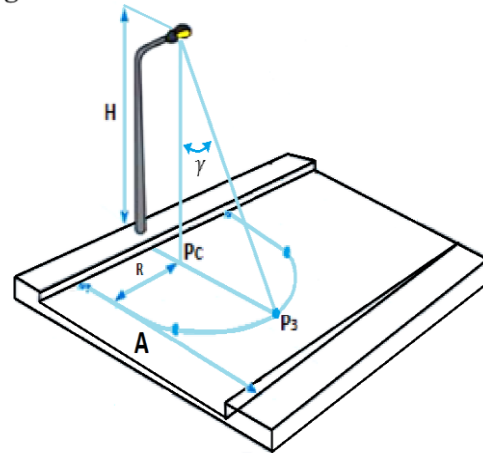
Fuente: Elaboración propia

En el análisis realizado la iluminancia con relación del punto central de las lámparas y el punto P2 es baja esto también porque el radio luminoso no es el óptimo, debido a la poca potencia que tienen las lámparas, se puede ver claramente que existen 6 lámparas (11.76%) L64,L54,L62,L112,L67,L109 que están en los límites requeridos de iluminancia y 45 lámparas que están fuera del rango permitido pero solo 1 lámpara de las 6 es eficiente en su funcionamiento porque se encuentran en la parte superior dentro de los límites. El cono luminoso de las lámparas es de baja intensidad disminuyendo la visibilidad y provocando que existan deslumbramientos, de esta forma se observa que no existe igualdad en la distribución de la iluminancia en el radio luminoso en el punto P2 con relación a los demás puntos. El cono luminoso se relaciona directamente con potencia de la lámpara y la longitud de cono, mientras mayor sea su longitud del cono luminoso, menor será la intensidad luminosa sobre la calzada disminuyendo de esta forma su eficiencia.

Lámpara	Pc	P3
L4	25	5
L9	43	29
L19	35	25
L23	34	29
L27	23	2
L30	10	8
L35	16	4
L40	12	2
L42	7	3
L50	46	28
L54	69	31
L56	47	19
L59	41	12
L60	23	16
L61	28	4
L62	94	4
L64	84	4
L65	51	3
L66	52	1
L67	67	7
L70	10	7
L71	13	9
L72	14	10
L73	23	5
L74	17	10
L77	20	10
L79	28	23
L84	38	37
L91	37	29
L94	40	35
L103	20	5
L105	16	9
L106	13	3
L109	59	42
L112	70	14
L114	51	41
L117	40	18
L120	52	18
L124	31	30
L126	29	32
L128	36	30
L132	23	14
L135	32	9
L141	34	19
L143	18	8
L145	32	17
L148	35	10
L151	25	14
L152	24	9
L153	28	10
L154	24	15

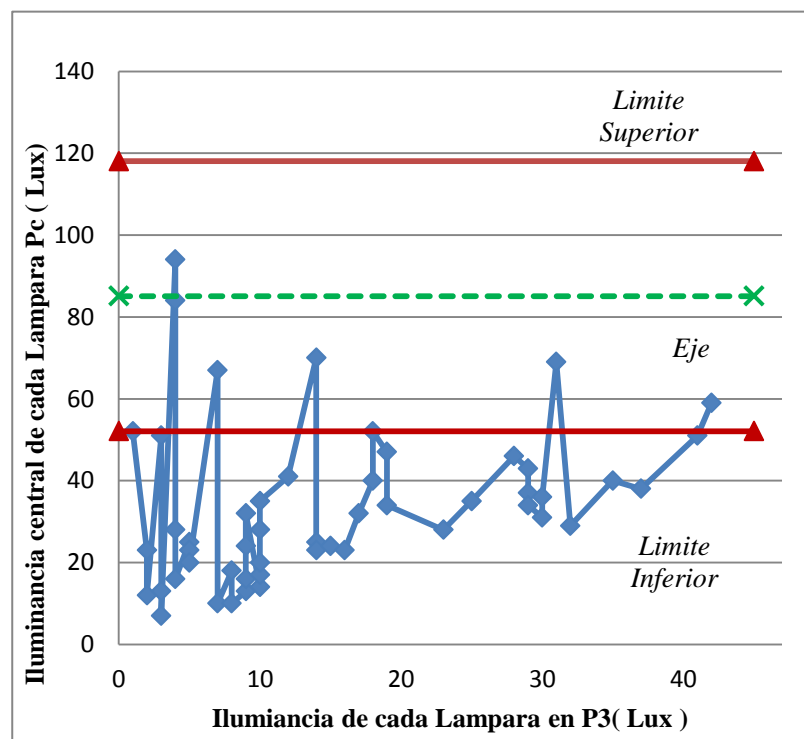
Límite superior	
x (Lux)	y (Lux)
0	118,08
45	118,08
Límite inferior	
x (Lux)	y (Lux)
0	52,094
45	52,094
Eje	
x (Lux)	y (Lux)
0	85,087
45	85,087

Fig.III-54.-Iluminancia en el P3



Fuente: Elaboración propia

Grafica 3.- Iluminancia de Lámparas en función de Pc vrs.P3



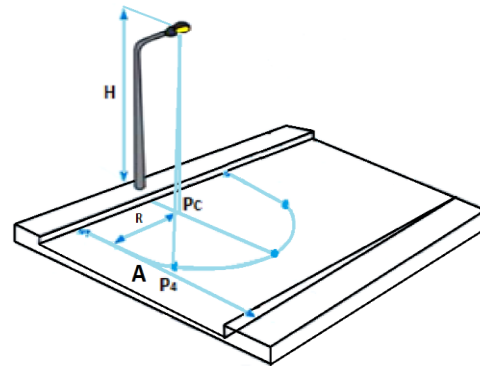
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico podemos establecer que la iluminancia de las lámparas en este punto en estudio tendrían que estar las 51 lámparas dentro de los límites requeridos pero se observa que sucede todo lo contrario, a excepción de 6 lámparas que están en este rango y una lámpara que es eficiente en su funcionamiento, porque la contribución del flujo luminoso en este punto en estudio P3 es mucho mayor que en los otros puntos debido a la ubicación e inclinación que tiene el brazo o soporte de la lámpara y principalmente porque el haz de luz de la lámpara tiene relación directa con la vía.

Lámpara	Pc	P4
L4	25	9
L9	43	24
L19	35	30
L23	34	23
L27	23	3
L30	10	6
L35	16	3
L40	12	3
L42	7	3
L50	46	27
L54	69	36
L56	47	22
L59	41	14
L60	23	16
L61	28	7
L62	94	7
L64	84	2
L65	51	3
L66	52	3
L67	67	7
L70	10	7
L71	13	10
L72	14	9
L73	23	8
L74	17	11
L77	20	10
L79	28	21
L84	38	36
L91	37	28
L94	40	33
L103	20	6
L105	16	10
L106	13	3
L109	59	31
L112	70	18
L114	51	28
L117	40	20
L120	52	18
L124	31	20
L126	29	27
L128	36	27
L132	23	15
L135	32	14
L141	34	20
L143	18	9
L145	32	20
L148	35	10
L151	25	13
L152	24	7
L153	28	13
L154	24	16

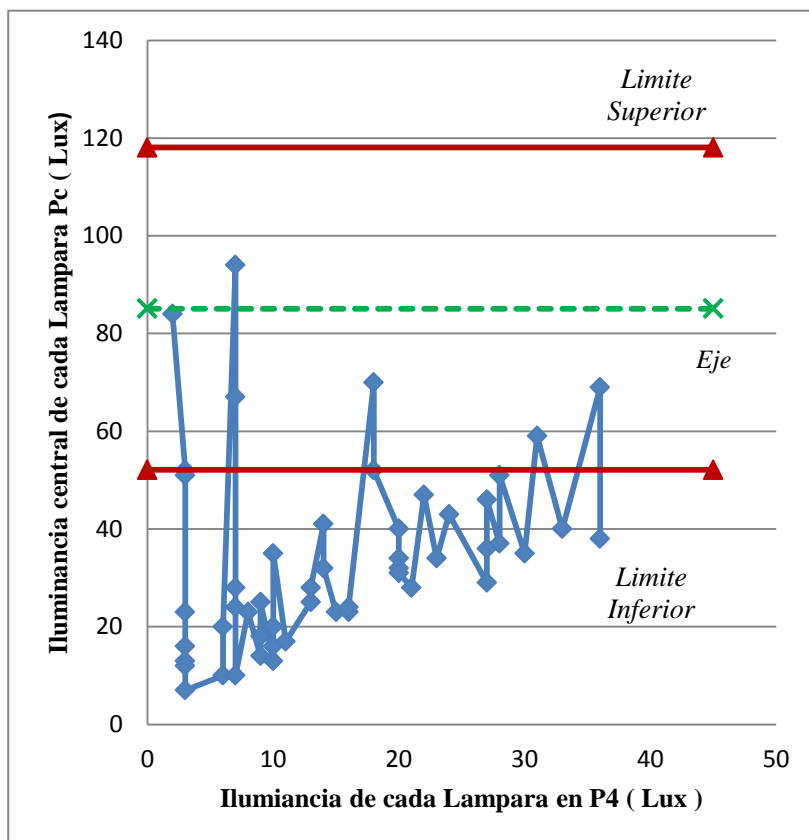
Límite superior	
x (Lux)	y (Lux)
0	118,08
45	118,08
Límite inferior	
x (Lux)	y (Lux)
0	52,094
45	52,094
Eje	
0	85,087
45	85,087

Fig.III-55.- Iluminancia en P4



Fuente: Elaboración propia

Grafica 4.- Iluminancia de Lámparas en función de Pc vs.P4



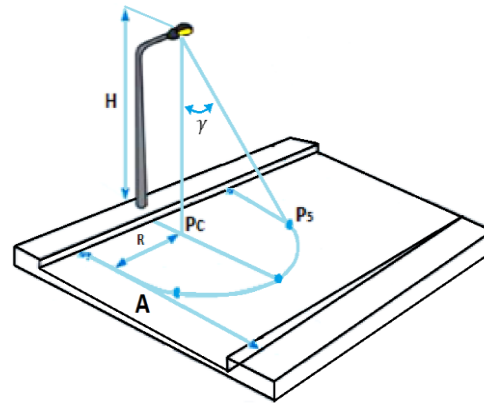
Fuente: Elaboración propia

Se observa en esta gráfica que la intensidad de luz de las 51 lámparas en su cono circular disminuye de manera rotacional simétrica en todos los puntos P4 porque el flujo luminoso se distribuye en función al radio luminoso que se tiene mientras más grande sea el radio luminoso menor será la iluminancia en todo el radio luminoso, solo se tiene un 11.76% (6 lámparas) que cumplen con los límites requeridos, este punto en estudio tiene un flujo luminoso menor y en consecuencia aumenta la inseguridad, disminuye la comodidad de la circulación en la vía.

Lámpara	Pc	P5
L4	25	11
L9	43	33
L19	35	29
L23	34	32
L27	23	3
L30	10	8
L35	16	3
L40	12	3
L42	7	2
L50	46	25
L54	69	37
L56	47	26
L59	41	17
L60	23	18
L61	28	4
L62	94	6
L64	84	8
L65	51	3
L66	52	4
L67	67	10
L70	10	9
L71	13	8
L72	14	10
L73	23	8
L74	17	11
L77	20	10
L79	28	23
L84	38	31
L91	37	29
L94	40	30
L103	20	5
L105	16	10
L106	13	3
L109	59	40
L112	70	20
L114	51	39
L117	40	16
L120	52	16
L124	31	21
L126	29	30
L128	36	29
L132	23	18
L135	32	16
L141	34	24
L143	18	9
L145	32	20
L148	35	11
L151	25	17
L152	24	13
L153	28	17
L154	24	16

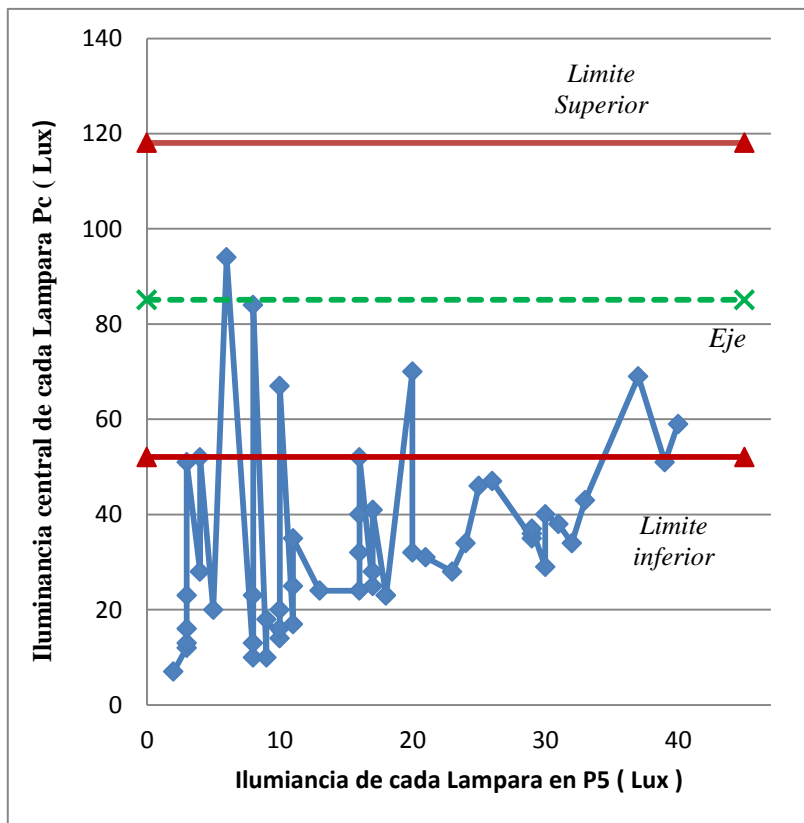
Límite superior	
x (Lux)	y (Lux)
0	118,08
45	118,08
Límite inferior	
x (Lux)	y (Lux)
0	52,094
45	52,094
Eje	
x (Lux)	y (Lux)
0	85,087
45	85,087

Fig.III-56.- Iluminancia en P5



Fuente: Elaboración propia

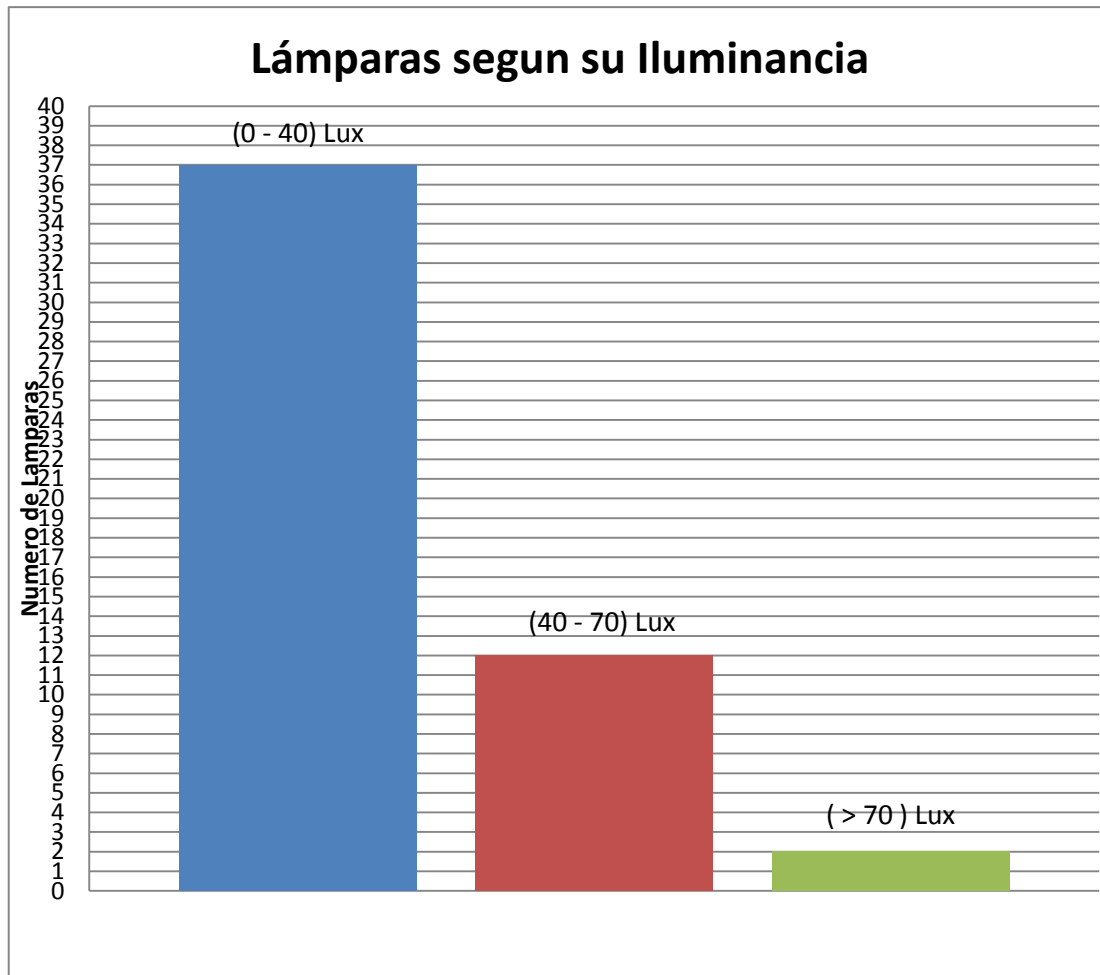
Grafica 5.- Iluminancia de Lámparas en función de Pc vs.P5



Fuente: Elaboración propia

En esta gráfica podemos observar que la iluminancia en relación del punto central de las lámparas y el punto P5 es baja esto también porque el radio luminoso no es el óptimo este efecto es el mismo que en el punto P4 porque se encuentran ubicados a la misma distancia pero en forma opuesta en el radio luminoso en este sentido la distribución de la intensidad de la luz rotacionalmente simétrica tendría que ser similar, solo un 11,76% (6 lámparas) de las 51 lámparas están dentro el rango permitido una de las causas de este efecto es la mala posición de la luminaria porque se encuentran inclinadas hacia un lado de la vía no cubriendo el radio luminoso necesario.

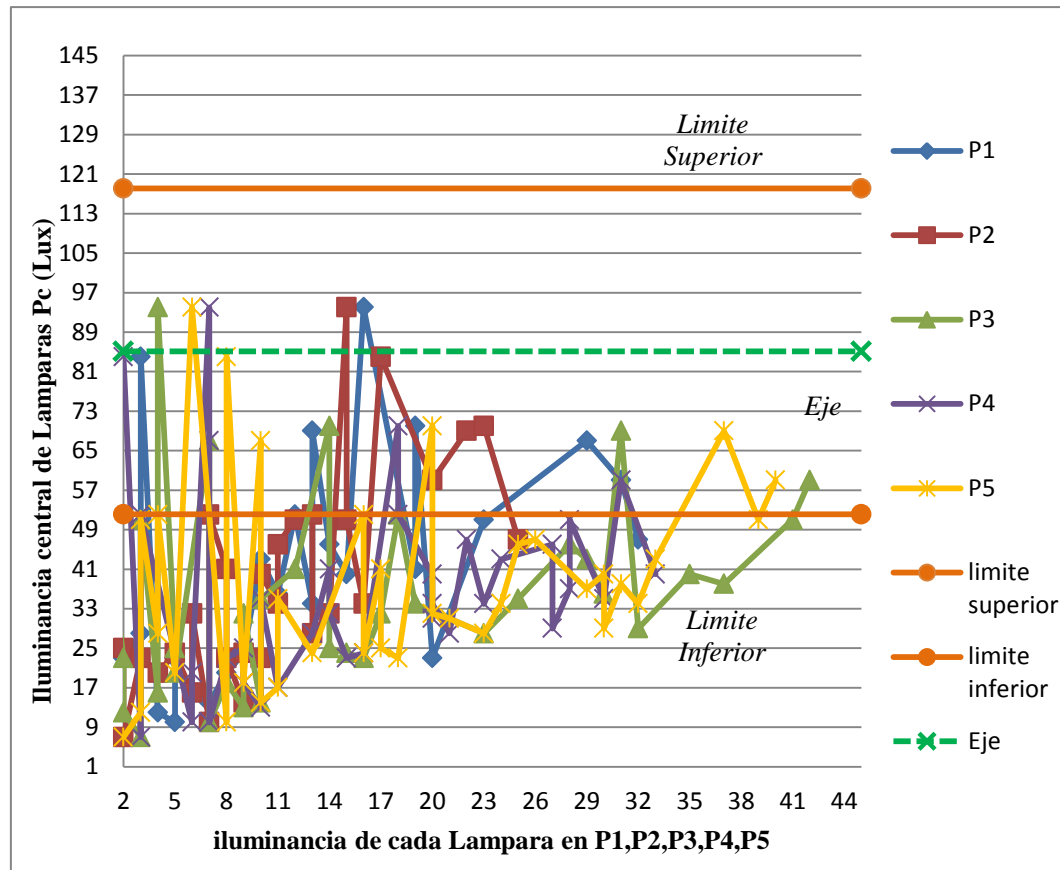
Gráfica 6.-Lámparas según su iluminancia



Fuente: Elaboración propia

Analizando la anterior gráfica podemos notar que un 72.55% equivalente a 37 lámparas están en el rango 1 de (0 a 40) Lux de iluminancia, 23.53% equivalente a 12 lámparas en el rango 2 de (40 a 70) Lux y un 3.92% que equivale a 2 lámparas en el rango 3 (>70) Lux indicándonos que en un porcentaje del 13.73% (7 lámparas) cumplen con las características y el flujo luminoso mínimo para este tipo de lámparas de vapor de sodio de alta presión según normas internacionales CIE. La implementación de las lámparas sobre la vía tiene una función importante en el alumbrado vial, no debe emplearse luminarias que emitan un determinado porcentaje de luz por encima del plano horizontal de las mismas. Para que el deslumbramiento sea el mínimo, dirigir hacia abajo el haz de los rayos luminosos, dado que en algunos lugares el deslumbramiento puede ser muy molesto, existiendo contaminación luminosa, se deberá cuidar con esmero el posicionamiento y el apuntamiento u orientación de los aparatos de iluminación. La altura de montaje de las luminarias está en función de la potencia y la interdistancia que existe entre lámparas (a mayor altura menos potencia, en consecuencia menor flujo luminoso en la calzada y menor interdistancia entre lámparas) si no se relaciona estos parámetros importantes en la iluminación se pone en peligro la seguridad vial y peatonal. Por este motivo se puede indicar que las lámparas en este tramo vial en estudio no son técnicamente óptimas en su funcionamiento, no proporciona la reflectancia necesaria para poder visualizar a tiempo una señal por la poca intensidad de luz que tiene generando incertidumbre en los conductores.

Gráfica 7.-Iluminancia de las lámparas en todos los puntos



Fuente: Elaboración propia

Esta gráfica nos muestra claramente que teniendo un radio luminoso constante la distribución del flujo luminoso rotacionalmente en todos los puntos estudiados (P1, P2, P3, P4, P5) de cada lámpara tendría que ser la misma, pero vemos que sucede lo contrario ocasionando que el haz de luz de la lámpara sobre la vía se distorsione totalmente, además debemos notar que por este motivo los niveles de iluminación en la vía son bajos en relación al punto vertical central (Pc), esto debido a que la intensidad luminosa es puntual en este punto lo que no sucede con los puntos (P1, P2, P3, P4, P5) porque es afectado por el ángulo vertical sobre el plano (γ) solo un 11,76% equivalente a 6 lámparas las cuales son L64, L54, L112, L67, L109 están dentro de los límites requeridos según la norma CIE y un 88,24% (45 lámparas) no cumplen los límites mínimos según su potencia como nos indica la gráfica.

3.5.-ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN PLANTEADA.-

La alternativa viable técnicamente es:

Aumentar la potencia de 150 Watts. A 250 Watts. Para aumentar la intensidad luminosa y de esta manera tener un sistema de iluminación técnicamente óptimo cumpliendo los requerimientos y las características propias de la vía. La lámpara sugerida es de vapor de sodio de alta presión.

CuadroII-22.- Tipo y potencia de lámparas en función de la altura de implantación

ALTURA IMPLANTACIONES (m)	FLUJO LUMINOSO (lm)	TIPO DE LÁMPARA		
		v.s.a.p. (W)	v.m. (W)	v.s.b.p. (W)
5	5.000	50 - 70	50 - 80 - 125	18 - 35
8	7.500 - 17.000	100 - 150	250	55 - 90
10	17.000 - 32.000	150 - 250	400	135
12	32.000 - 56.000	250 - 400	700	180
15	56.000 - 90.000	400 - 600	1000	-
20	90.000 - 130.000	600 - 1000	-	-

*Fuente: Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación (IDAE) y
Comité Español de Iluminación (CEI).*

Según la presente tabla permite obtener la altura de montaje de la luminaria (H) , flujo luminoso estos valores son establecidos según el tipo y potencia de la lámpara requerida en el sistema de iluminación.

Potencia de la lámpara 250 Watts. $\left\{ \begin{array}{l} H= 10\text{m. de altura} \\ \text{Rango del flujo luminoso (17000 – 32000) lm.} \end{array} \right.$

CuadroII-13.- Recomendación para disposición de luminarias.

Clase de Iluminación	Altura (m.)	Relación S/H	Disposición de las luminarias	
			Criterio	Disposición
M1	12 - 14	3.5 - 4	Dos carriles de circulación	Unilateral
M2	10 - 12	3.5 - 4	Dos carriles de circulación	Unilateral
M3	8.5 - 10	3.5 - 4	Ancho de la calzada menor	Unilateral
M4	7 - 9	3.5 - 4	Unilateral	
M5	6	3.5 - 4	A criterio del diseñador	

Fuente: Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP.

✓ INTERDISTANCIAS EN TRAMOS RECTOS.-

Posteriormente de la tabla anterior en función de la relación (S/H) determinamos la interdistancia entre luminarias en la nueva redistribución de las luminarias de la vía.

$$\frac{S}{H} = 3.75$$

Despejamos (S) de la relación:

$$S = 3.75 * H$$

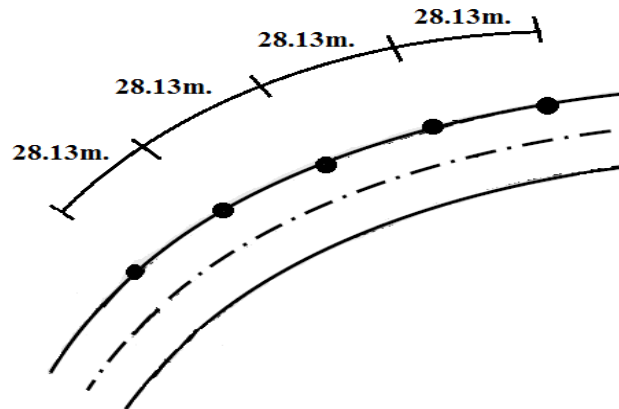
$$S = 3.75 * 10m = 37.5m$$

La interdistancia que tendrá nuestro nuevo sistema de iluminación en la vía es de 37.5m.

✓ **INTERDISTANCIAS EN CURVAS.-**

- *Luminarias fuera de la curva.-*

Fig.III-57.-Interdistancia fuera de la curva



Fuente: Elaboración propia

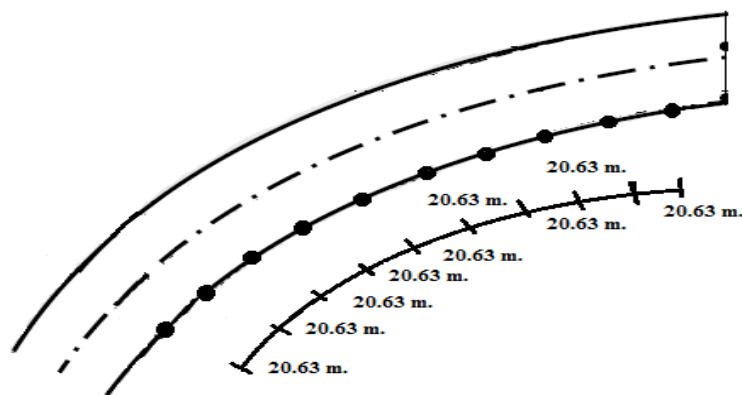
Según el Reglamento técnico de iluminación y alumbrado RETILAP la interdistancia en tramos curvos debe reducirse a $0.75S$ en el trayecto mismo de la curva en relación a la interdistancia en tramos rectos.

$$S_c = 0.75 * S$$

$$S_c = 0.75 * 37.5 = 28.13m.$$

- *Luminarias dentro de la curva.-*

Fig.III-58.-Interdistancia dentro de la curva

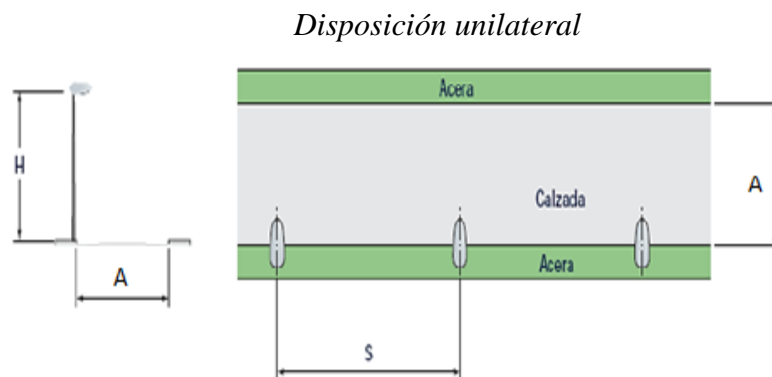


Fuente: Elaboración propia

La interdistancia recomendable en la distribución dentro de las curvas se reduce hasta $0.55S$ en tramos rectos según el reglamento técnico de iluminación y alumbrado RETILAP.

$$S_c = 0.55 * S$$

$$S_c = 0.55 * 37.5 = 20.63m.$$



El sistema tendrá la disposición unilateral porque técnicamente es la más adecuada y la recomendada según reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP.

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN		
<i>Tramo en estudio:</i>	Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés	
<i>Potencia de la Luminaria:</i>	250 Watts.	Vapor de sodio a alta presión
<i>Altura de Montaje de la Luminaria (H) (m)</i>	10 m.	
<i>Interdistancia entre luminarias (S) (m.)</i>	37.5m.	

El número total de lámparas utilizadas en la redistribución de las luminarias de la vía en estudio es de **367 luminarias en 12.301 km. de longitud que tiene la vía.**

✓ COSTO DE LA ALTERNATIVA PLANTEADA.-

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
DATOS GENERALES					
Proyecto :	ILUMINACIÓN VIAL " ROTONDA HEROES DE LA TABLADA - SAN ANDRES "				
Actividad :	COLOCADO DE LUMINARIAS				
Unidad :	[Pza.]				
Cantidad :	367,00				
Moneda :	Bs.				
1.- MATERIALES					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	Alambre (normal) TW600volts 60 grados N° 10	m.	1,00	11,90	11,90
2	Luminaria con balasto integral autorregulado de 250 watts	pza.	1,00	1.500,00	1.500,00
3	Brazo metalico de 1,50 m.	pza.	1,00	73,15	73,15
4	Foco de vapor de sodio de 250 Wtts.	pza.	1,00	100,00	100,00
5	Poste conico circular de 10 m.	pza.	1,00	700,00	700,00
6					0,00
7					0,00
8					0,00
9					0,00
TOTAL MATERIALES					2.385,05
2.- MANO DE OBRA					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1					0,00
2					0,00
3					0,00
4					0,00
5					0,00
6					0,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA					0,00
CARGAS SOCIALES = (% DEL SUBTOTAL DE MANO DE OBRA) (55% al 71,18%)				55%	0,00
IMPUESTOS M.O. = (% DE SUMA DE SUBTOTAL DE M.O. + CARGAS SOCIALES) (14.94%)				14,94%	0,00
TOTAL MANO DE OBRA					0,00
3.- EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	Camion grua	hr	0,66	136,00	89,76
2					0,00
3					0,00
4					0,00
HERRAMIENTAS = (% DEL TOTAL DE MANO DE OBRA)				5%	0,00
TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					89,76

4.- GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS		
		COSTO TOTAL
GASTOS GENERALES= % DE 1+2+3	10%	247,48
TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS		247,48
5.- UTILIDAD		
		COSTO TOTAL
UTILIDAD = % DE 1+2+3+4 (3,09%)	3%	84,12
TOTAL UTILIDAD		84,12
6.- IMPUESTOS		
		COSTO TOTAL
IMPUESTOS IT = % DE 1+2+3+4+5 (3,09%)	3,09%	86,72
TOTAL IMPUESTOS		86,72
TOTAL PRECIO UNITARIO (1+2+3+4+5+6)		2.893,13
TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO (Con dos (2) decimales)		2.893,13

PRESUPUESTO TOTAL					
PROYECTO: ILUMINACION VIAL "ROTONDA HEROES DE LA TABLADA - SAN ANDRES"					
ITEM N°	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. U. Total	COSTO P/ITEM
1	COLOCADO DE LUMINARIAS	[PZA.]	367,00	2893,13	1061777,92
				COSTO TOTAL =	1061777,92
				COSTO TOTAL EN \$us. =	150180,75

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El estudio ha permitido disponer del equipo necesario, como para poder realizar un análisis sobre la influencia de la iluminación vial en la circulación vehicular en el tramo Rotonda Héroe de la Tablada – San Andrés.
- El tramo de estudio fue elegido por contar una distribución de luminarias de aparente heterogeneidad lo que nos permitiría realizar un buen análisis sobre la iluminancia y los factores a los que está sometida.
- Por el relevamiento realizado se comprueba que la distribución de luminarias es totalmente asimétrica, es decir la separación de luminarias no es homogénea lo que permitiría distribuir la luminancia también homogénea, se tienen interdistancias de luminarias desde 5 m hasta 819 m, lo que muestra una desproporción para la buena iluminación en la vía.
- El relevamiento también muestra una asimetría en la altura de los postes de las luminarias, lo que influye en la luminancia que llega a la vía desde 6,50m a 7,80 m.
- Realizada la medición de iluminancia en la vía se comprueba una total heterogeneidad, los resultados muestran que se tiene iluminancia desde 1 lux hasta 94 lux, lo que muestra que la iluminación en la vía no es la misma con el riesgo para el conductor y el peatón.
- Asimismo se comprueba que la baja potencia de las luminarias no permite dentro del cono luminoso que tiene cada lámpara tener una iluminancia homogénea comprobando que para una misma luminaria desde su punto focal donde su iluminancia es alta baja en los límites del cono luminoso en un 80%

de iluminancia. Eso hace que en el eje de la vía la iluminancia sea pobre comparada con los extremos laterales.

- Las lámparas en el tramo vial *Rotonda Héroes de la Tablada – San Andrés* no son técnicamente óptimas en su funcionamiento, porque no existe la intensidad luminosa suficiente, generando que la circulación nocturna sea totalmente insegura y peligrosa tanto para los conductores y más aún para los peatones causando mayor probabilidad de accidentes en relación a la circulación diurna, este tipo de lámparas inadecuadas técnicamente en el tramo no proporciona la reflectancia necesaria para poder visualizar a tiempo una señal por la poca intensidad de luz que tienen.
- Según el estudio realizado solo 7 lámparas equivalentes a 13.73% cumplen con el flujo luminoso mínimo para este tipo de lámparas de vapor de sodio de alta presión (VSAP).
- A partir de los resultados del estudio se concluye que el sistema de iluminación en el tramo contiene criterios en el diseño poco técnicos porque la distribución de las luminarias no es homogénea, la potencia no es la suficiente, existe descuido en el mantenimiento, no se realiza la limpieza de los elementos de difusión y reflexión, por tanto a medida que pasa el tiempo las características luminotécnicas de la luminaria empeoran., por estas causas se ven perjudicadas las capacidades visuales de las personas (conductores y peatones).
- En este estudio que se hizo se pudo observar la improvisación que se tiene en el sistema de iluminación de esta vía, como puede notarse en las fotografías no existe ningún cuidado por la uniformidad en la iluminación de la vía ocasionando deslumbramientos que generan accidentes de tránsito.
- En cuanto al efecto de la iluminancia en la señalización se comprobó que por una parte las señales tanto horizontales como verticales están muy descuidadas y prácticamente algunas con poca reflectancia. Se considera más crítico cuando la iluminancia es baja y podría ayudar a la reflectancia pero por tener distancias

variables entre las luminarias y las señales estas no tienen una buena iluminancia y por lo tanto una baja reflectividad.

RECOMENDACIONES.-

- Sobre la iluminancia se recomienda tener mayor cuidado en los diseños de alumbrado vial para tener un funcionamiento óptimo en la vía, una iluminancia homogénea en todos los puntos en función de los requerimientos de luminosidad que requiera la vía.

- Para el diseño del sistema de iluminación debe existir las siguientes consideraciones:
 - Iluminación de puntos de singular incidencia del tráfico.
 - Tener en cuenta la intensidad media diaria de vehículos.
 - Tipo de vía.
 - Uso de la vía.

- Sobre la señalización se recomienda un mantenimiento a toda la señalización horizontal porque ya ha cumplido su ciclo y prácticamente ya no se visualiza, peor aún con una baja iluminancia.

- Recomendamos la sustitución periódica y mantenida de aquellas señales en las que se detecten unos defectos o deterioros lo suficientemente representativos como para impedir que el conductor distinga con claridad la información contenida en las mismas para tener de esta forma la reflectividad necesaria por la noche.

ALTERNATIVAS DE SOLUCION PLANTEADAS.-

Para poder ofrecer una seguridad vial adecuada que cumpla con condiciones técnicas óptimas de iluminación vial en este tramo en estudio se menciona las siguientes:

- ❖ Realizar la redistribución de los postes de las luminarias para tener una distribución luminosa homogénea.
- ❖ Implementar luminarias en zonas donde necesitan ser iluminadas, (curvas cerradas, secciones de la calzada en pendiente.)
- ❖ Aumentar la potencia de las lámparas de 150 Watts. a 250Watts, para que se tenga una vía segura en circulación de conductores y peatones siendo visibles las señalizaciones por la adecuada iluminación que se tendría, no existiría deslumbramiento, la orientación de los conductores en la vía sería la adecuada reduciendo considerablemente la probabilidad de participar en accidentes de tránsito.
- ❖ Brindar un mantenimiento completo a todas las luminarias en este tramo que garantice los niveles de eficiencia energética y los parámetros de iluminación (limpieza del conjunto óptico de las luminarias, cambio de las bombillas en las lámparas porque no cumplen con parámetros de iluminación mínimos y porque existen algunas rotas y dañadas.