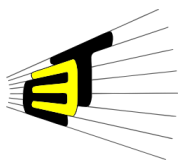


DISEÑO DE ILUMINACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE ALUMBRADO PÚBLICO PARA EL TRAMO AGUSTÍN CODAZZI – SERRANÍA DEL PERIJÁ

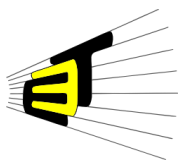
Descripción

En el presente documento de memorias de cálculos, se dan a conocer los procedimientos con los cuales, se llevan a cabo los distintos cálculos efectuados para la elaboración del proyecto en lo que concierne al diseño eléctrico.



Contenido

1.	Descripción del proyecto.....	3
1.1	Objetivos.....	3
1.2	Metodología del diseño	3
1.3	Normas y códigos.....	3
2.	(A) Evaluación técnica para la clasificación de perfiles de vías según normativas reglamentarias para proyectos de alumbrado publico	4
3.	(B) Evaluación técnica de niveles de iluminación y uniformidades en zonas calculadas según normativas reglamentarias para proyectos de alumbrado público	5
4.	(C) Análisis para localización de luminarias incluyendo casos especiales en proyectos de iluminación de alumbrado público.....	5
5.	(D) Determinar los índices de reproducción de color óptimos para cada tipo de aplicación	7
6.	(E) Especificar la vida promedio de las fuentes o equipos de iluminación	8
7.	(F) Análisis de mallas de calculo con valores promedios, uniformidades y alturas de trabajo en proyectos de iluminación	9
8.	(G) Diagrama de distribución de luminarias y zonas de calculo en proyectos de iluminación	11
9.	Anexos	¡Error! Marcador no definido.



1. Descripción del proyecto

Este proyecto de iluminación está diseñado para el tramo vial comprendido entre el municipio de Agustín Codazzi y la Serranía del Perijá. Este sistema está destinado a proporcionar iluminación eficiente, sostenible y autónoma en una zona rural con el fin de garantizar la seguridad, confort visual y el adecuado rendimiento para los usuarios recurrentes, cumpliendo con los criterios técnicos establecidos en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP 2024).

1.1 Objetivos

Diseñar un sistema de iluminación de alumbrado público con tecnología solar fotovoltaica integrada fuera de la red para el tramo (20 km) entre Agustín Codazzi y la Serranía del Perijá que cumpla con los requisitos descritos por el RETILAP 2024, garantizando los niveles de iluminación óptimos, alta uniformidad, calidad en la reproducción cromática y eficiencia energética, para proporcionar una percepción de seguridad en la movilidad tanto vehicular como peatonal.

1.2 Metodología del diseño

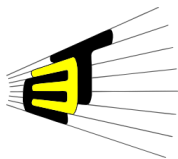
El diseño se realizará mediante en software DIALux, permitiendo un análisis exhaustivo y detallado en cuanto a niveles de iluminación y uniformidad en la vía. Las luminarias serán seleccionadas en base a criterios de eficiencia energética, IRC y temperatura de color, en concordancia con lo estipulado en el RETILAP 2024. Se implementarán simulaciones con el fin de asegurar que las soluciones propuestas cumplan con los requisitos normativos y funcionales del espacio.

1.3 Normas y códigos

Las normas, códigos y reglamentos que se tendrán en cuenta para llevar a cabo el diseño, son aplicables a este tipo de proyectos y se indicaran seguidamente:

- Norma Técnica Colombiana (NTC 2050)
- Resolución No. 90708 de Agosto 30 DE 2013. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE.
- Resolución No. 180540 de Marzo 10 de 2010. Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP.
- Norma Técnica Colombiana NTC 4452. Protección contra Descargas Eléctricas Atmosféricas.

Todos los materiales y equipos por instalar deben estar completamente certificados por la autoridad competente conforme a sus fichas técnicas y certificados de conformidad. Para efectos de diseño también es válido el uso de normas internacionales reconocidas como las normas ANSI, IEE, IEC, NFPA 70, etc. Con el fin de mejorar el proceso de diseño y resolver cualquier tipo de inquietud.



2. (A) Evaluación técnica para la clasificación de perfiles de vías según normativas reglamentarias para proyectos de alumbrado publico

Para la adecuada identificación del perfil de vía en este proyecto, se toma como referencia la consideración normativa establecida en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP 2024), puntualmente en la sección 3.3.1.1., que insta los requisitos que se deben tener en cuenta para la clasificación de perfiles para vías en proyectos de alumbrado público. Las tablas 3.3.1.1.a. y 3.3.1.1.b., precisan los requerimientos para asignar el tipo de perfil correspondiente.

Clase de Iluminación	Descripción vía	Velocidad de circulación (km/h)		Tránsito de vehículos T (Veh/h/carril)	
M1	Autopistas y carreteras	Extra alta	$V \geq 80$	Muy importante	$T > 1000$
M2	Vías de acceso controlado y vías rápidas.	Alta	$45 \leq V < 80$	Importante	$1000 > T > 700$
M3	Vías principales y ejes viales.	Media	$40 \leq V < 45$	Media	$700 > T > 500$
M4	Vías primarias o colectoras	Reducida	$30 \leq V < 40$	Reducida	$500 > T > 300$
M5	Vías secundarias en barrios	Muy reducida	$20 \leq V < 30$	Muy reducida	$300 > T > 150$
M6	Vías dentro de conjuntos residenciales cerrados y condominios.	Muy reducido	$V < 20$	Muy reducido	$T < 150$

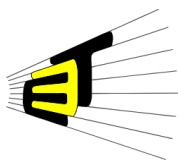
Tabla 3.3.1.1.a. RETILAP 2024

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 (1):	
Alta $T > 1000$ (Veh. /h/carril)	M1
Vías de alta y media velocidad, vías con doble sentido de circulación. Con confluencias de tráfico, glorietas cruces semaforizados, pasos a nivel y desnivel, diferentes usuarios de vía (3) y separación (2):	
Alta $1000 > T > 700$ (Veh. /h/carril)	M2
Vías intermedias y colectoras en entradas de barrios de tráfico urbano, vías distribuidoras. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía, vías de barrio en sectores comerciales:	
Medio $700 > T > 500$ (Veh. /h/carril)	M3

Descripción de la vía	Tipo de iluminación
Bajo $500 > T > 300$ (Veh. /h/carril)	M4
Vías de bajo flujo vehicular, vías de barrio o residenciales. Vías de acceso a propiedades individuales y a otras vías privadas. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía:	
Bajo $305 > T > 150$ (Veh. /h/carril)	M5
Bajo $150 > T$ (Veh. /h/carril)	M6

Tabla 3.3.1.1.b. RETILAP 2024

Basándonos en la normatividad y en cuanto a los estudios previos de la vía para este proyecto, se llega a la conclusión de que el tramo entre Agustín Codazzi y la Serranía del Perijá encaja en las características para un perfil M3 ya que es una vía de principal conexión entre el municipio y la Serranía.



3. (B) Evaluación técnica de niveles de iluminación y uniformidades en zonas calculadas según normativas reglamentarias para proyectos de alumbrado público

Este proyecto de iluminación está enfocado en un tramo de vía principal (M3) que conecta el municipio de Agustín Codazzi con la Serranía del Perijá que será utilizada para el transporte de agricultores, ganaderos, etnias indígenas y personas con propiedades aledañas al tramo. En el diseño de iluminación, se ha tomado en consideración la normativa establecida en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP 2024), específicamente en su sección 3.3.1.2., que establece los requisitos de iluminación para vías vehiculares. La tabla 3.3.1.2.a., detalla los niveles de iluminación adecuados según su clasificación de vías.

Clase de iluminación	Superficie de la carretera					Ciclorrutas adyacentes				En andenes adyacentes			
	Estado seco					Emed (lux)	Punto min. Emin (lux)	Ilumin. Vertical mínima (Evmin, lux)	Ilumin. Semi cilíndrica mínima (Esc,min, lux)	Emed (lux)	Punto min. Emin (lux)	Ilumin. Vertical mínima (Evmin, lux)	Ilumin. Semi cilíndrica mínima (Esc,min, lux)
	Luminancia promedio o Lprom (cd/m²)	Uo (min/med)	UL (min/max)	ftI	Relación de entorno mínimo EIR								
M1	2.0	0,4	0.7	10	0,35	15 - 22,5	3	5	3	15 - 22,5	2	3	2
M2	1,5	0,4	0.7	10	0,35	15 - 22,5	3	5	3	15 - 22,5	2	3	2
M3	1,0	0,4	0.6	15	0,30	10 - 15	2	3	2	10 - 15	2	3	2
M4	0,75	0,4	0.6	15	0,30	5 - 7,5	1	1,5	1	5 - 7,5	1	1,5	1
M5	0,50	0,35	0.4	15	0,30	5 - 7,5	1	1,5	1	5 - 7,5	1	1,5	1
M6	0,30	0,35	0.4	20	0,30	3 - 4,5	1	1	0,6	3 - 4,5	1	1	0,6

Tabla 3.3.1.2.a. RETILAP 2024

4. (C) Análisis para localización de luminarias incluyendo casos especiales en proyectos de iluminación de alumbrado público

En cuanto al estudio de localización de luminarias para este proyecto contemplamos la normativa establecida en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP 2024) definido en la sección 3.3.1.4., que constituye la localización de luminarias según el patrón de distribución, ancho de la vía y requerimientos lumínicos de la vía para establecer la disposición. Este proyecto utilizara la disposición unilateral donde todas las luminarias se instalarán en un solo lado de la calzada por efectos de estudios previos en la vía con el fin de cumplir requisitos fotométricos exigidos y uso racional y eficiente de la energía. La figura 3.3.1.4.a., detalla el tipo de disposición utilizada.

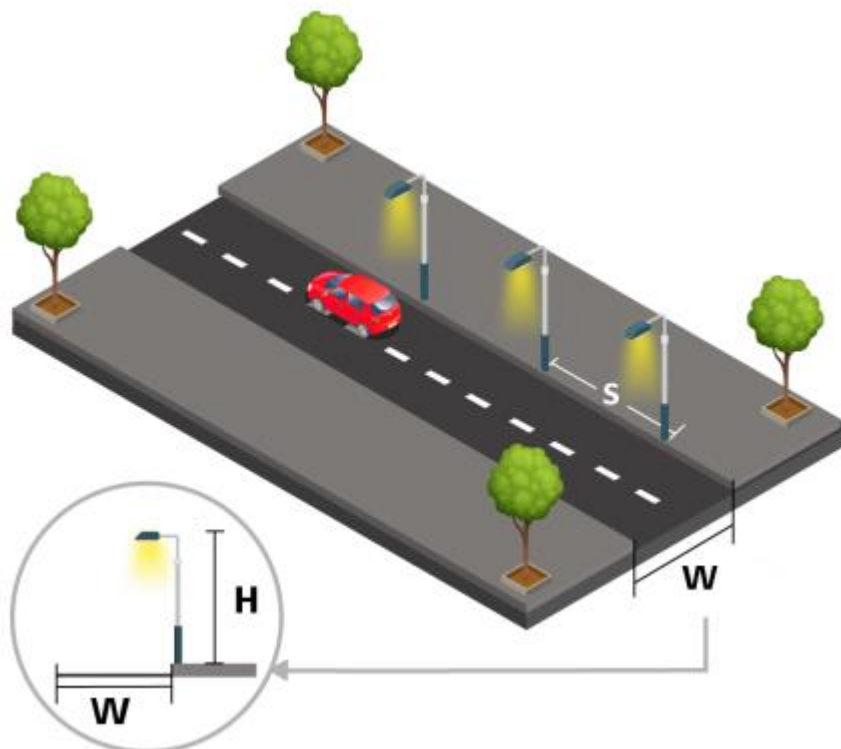
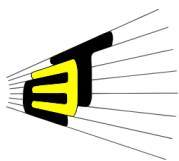


Figura 3.3.1.4.a. "Distribución unilateral" RETILAP 2024

Por otra parte, también enfatizamos en la sección 3.3.1.4.1., que determina la disposición de luminarias en casos especiales o sitios críticos (bifurcaciones, curvas, cruces a nivel, etc.) encontradas en este proyecto y para efectos de estudio. Figura 3.3.1.4.1.a. y 3.3.1.4.1.b.

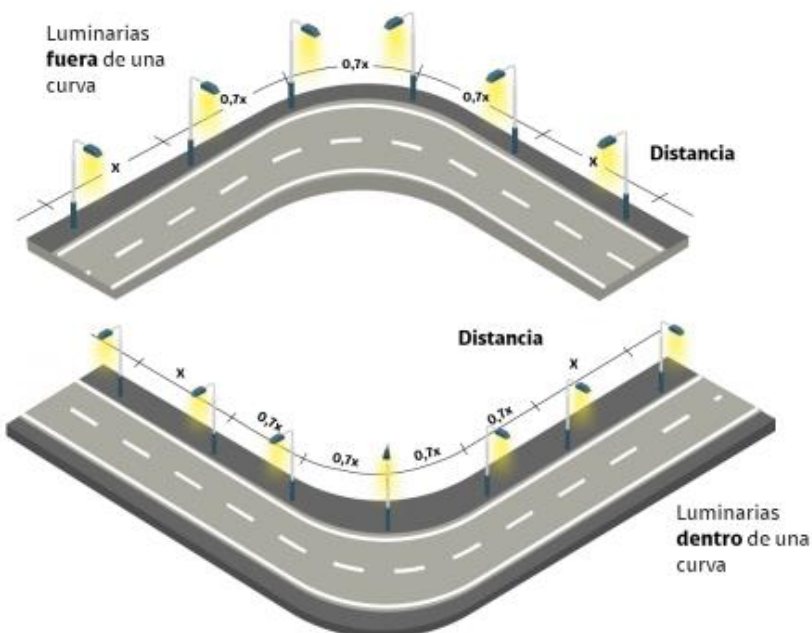


Figura 3.3.1.4.1.a. "Disposición de luminarias en trayectos curvos" RETILAP 2024

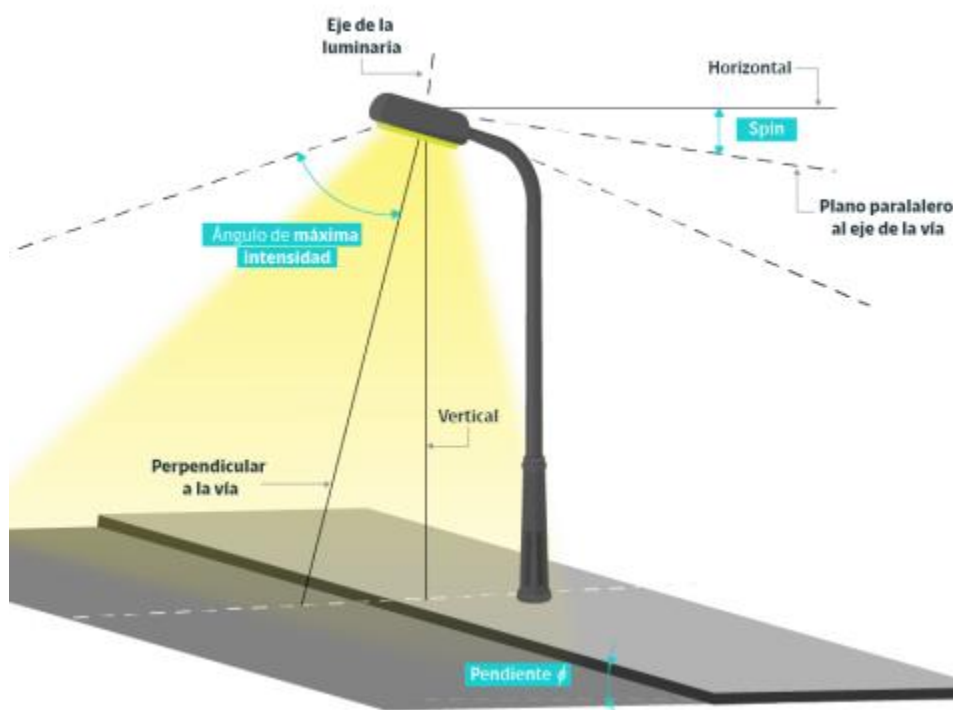
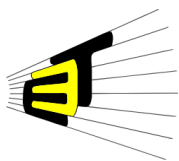


Figura 3.3.1.4.1.b. "Disposición de luminarias en calzada con pendiente" RETILAP 2024

5. (D) Determinar los índices de reproducción de color óptimos para cada tipo de aplicación

Para una vía destinada al uso de medios de transporte (vehículos pesados, particulares, motorizados, y peatones), el índice de reproducción cromática (IRC) es un factor clave para asegurar la calidad visual y la precisión en la percepción de los colores durante su recorrido.

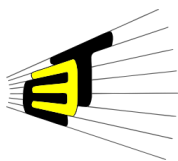
Índices de Reproducción de Color Recomendados:

I. Vías principales y ejes viales (Perfil M3)

- IRC mínimo recomendado: Mayores a 20.
- Justificación: Un IRC en este rango es suficiente para garantizar la seguridad visual en la conducción nocturna, sin requerir una alta fidelidad en la percepción del color, dado el tipo de uso y entorno del proyecto.

Consideraciones adicionales:

- Aunque RETILAP exige un mínimo de IRC mayor o igual a 20 para este tipo de perfiles, podemos considerar usar luminarias con IRC entre 70 y 80 si se busca una mayor visibilidad de señales, marcas viales y mejorar la percepción visual en condiciones adversas (lluvia, niebla o polvo) que pueden dificultar la visibilidad.
- Temperatura de color correlacionada (CCT): Para vías con este perfil RETILAP no exige un valor específico de temperatura de color, pero las recomendaciones se



encuentran entre 4000K y 5000K con el fin de obtener mayor agudeza visual, mayor eficiencia luminosa y adaptación visual por parte de los conductores. Teniendo en cuenta que debemos evitar CCT > 5000K en zonas rurales con fauna para no afectar de manera directa el entorno natural (fauna nocturna, contaminación lumínica) y muchos menos se recomienda CCT < 3000K en vías vehiculares ya que son luces cálidas que puedes ocasionar sensación de baja iluminación y dificultar la detección de obstáculos.

Según la sección 3.2.1.6. del RETILAP y la tabla 3.2.1.6.a., los aspectos cromáticos de las fuentes de luz son:

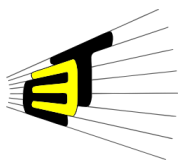
Apariencia de color	La temperatura de color correlacionada
Cálida	< 4000 K
Neutra	4000 K a 5000 K
Fría	> 5000 K

Tabla 3.2.1.6.a. RETILAP 2024

6. (E) Especificar la vida promedio de las fuentes o equipos de iluminación

La vida útil promedio de las fuentes de iluminación para el proyecto de una vía principal, considerando las normativas descritas por el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP 2024) y las tecnologías actuales, dependerá del tipo de luminarias seleccionadas. A continuación, se detalla la vida útil estimada para las tecnologías más comunes en proyectos de alumbrado público con iluminación solar integrada. (**Ver Anexo 3: Fichas Técnicas**).

Para el presente proyecto se utilizan luminarias solares con sistema integral de la marca Sylvania (KIT SOLAR SYLSTREET) la cual cuenta con una luminaria LED Syl-street, panel solar monocristalino fotovoltaico, batería de gel y controlador solar MPPT.



**SylSmart City**
Opcional



KIT SOLAR SYLSTREET
150W 24H

Sistema integral de iluminación solar, el cual aprovecha la energía del sol para proporcionar una iluminación de alta calidad. Esta innovadora tecnología ofrece una forma conveniente y sostenible de iluminar espacios con un mínimo de inversión y mantenimiento, pues no requiere punto eléctrico.

CARACTERÍSTICAS

Componentes: Luminaria LED Syl-Street de alta eficacia, Panel solar monocristalino fotovoltaico y batería de gel, soporte para panel solar, controlador solar, gabinete y 3 mt de cable solar para conexión de la luminaria y 3 mt de cable solar para conexión del panel solar 100% solar, no requiere cableado o acometida eléctrica. Fácil instalación, para instalación en poste vertical. Temperatura de operación del sistema solar 0°C~+40°C. Panel solar con vidrio autolimpiante de alta transmisión con revestimiento antirreflectante.

APLICACIONES

Alumbrado exterior en parques, senderos peatonales, jardines, terrazas, plazoletas.
Áreas comunes en conjuntos residenciales, industria y comercio.
Alumbrado público en senderos peatonales y vías secundarias.

Foto de referencia
* Poste y brazo no incluidos

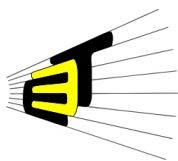


7. (F) Análisis de mallas de cálculo con valores promedios, uniformidades y alturas de trabajo del proyecto

El análisis de mallas de cálculo en proyectos de iluminación es un proceso crucial para evaluar la distribución y efectividad de la luz en el área de interés. Este análisis permite equiparar los niveles de iluminación, la uniformidad de la luz y la adecuación de las alturas de trabajo, afianzando el cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad establecidos por normativas como RETILAP 2024. Los resultados específicos de este análisis se determinarán en el informe de cálculos generados por el software DIALux.

I. Descripción de la mallas de cálculo:

Las mallas de cálculo representan una subdivisión del área a iluminar en una cuadrícula regular, donde cada punto de intersección (nodo) es calculado para determinar los valores de iluminación (Lux) y otros parámetros relevantes. En proyectos de iluminación para vías principales y ejes viales, estas mallas permiten evaluar cómo se distribuye la luz en la zona y áreas circundantes.



II. Parámetros evaluados y formulas aplicables:

- Valores promedio de iluminación (E_m):
Se calcula como la media aritmética de los valores de iluminación medidos en cada punto de la malla de cálculo:

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

Donde:

E_m : Nivel de iluminación promedio (Lux)

E_i : Nivel de iluminación en el punto i (Lux)

n : Número total de puntos medidos

- Uniformidad general (U_0):
Se define como la relación entre la iluminación mínima y la iluminación promedio dentro del área de cálculo.

$$U_0 = \frac{E_{min}}{E_m}$$

Donde:

U_0 : Uniformidad general

E_{min} : Nivel de iluminación mínimo medido (Lux)

E_m : Nivel de iluminación promedio (Lux)

- Uniformidad puntual (U_g):
Es la relación entre la iluminación mínima y la iluminación máxima dentro del área de cálculo.

$$U_g = \frac{E_{min}}{E_{max}}$$

Donde:

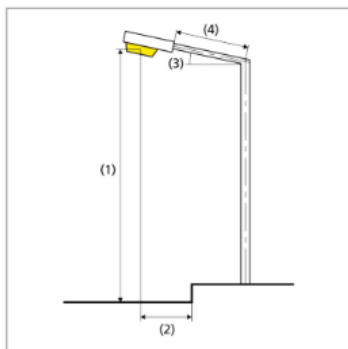
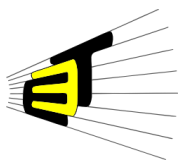
U_g : Uniformidad puntual

E_{min} : Nivel de iluminación mínimo medido (Lux)

E_{max} : Nivel de iluminación máximo medido (Lux)

III. Alturas de trabajo:

Las alturas de trabajo se hacen énfasis a la distancia vertical desde el plano donde se requiere la iluminación hasta al fuente de luz. Esta altura varía dependiendo de la aplicación y es crítica para asegurar que los valores calculados de iluminación y uniformidad de cumplimiento con los requerimiento normativos.



Distancia entre mástiles	30.000 m
(1) Altura de punto de luz	12.000 m
(2) Saliente del punto de luz	1.000 m
(3) Inclinación del brazo	10.0°
(4) Longitud del brazo	1.800 m

IV. Adecuación de las zonas de cálculo y diagrama de distribución:

Las mallas de cálculo deben representar de manera detallada y precisa las áreas críticas, incluyendo la vía, zonas circundantes y cualquier otra zona donde se requiera un análisis específico de iluminación. El diagrama de distribución incluye la disposición de las mallas, con indicaciones claras de la forma y ubicación de cada zona.

V. Resultados y especificaciones técnicas:

El informe de cálculos generado por DIALux presentará:

- Distribución de los valores promedios de iluminación en la zona.
- Análisis de uniformidades alcanzadas y su comparación con requerimientos normativos.
- Verificación de las alturas de trabajo, asegurando su conformidad con los estándares establecidos.

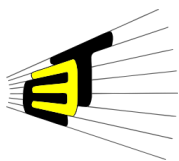
Este análisis general de mallas de cálculo proporciona un marco robusto para la evaluación de la efectividad del diseño de iluminación en diversos proyectos. Las fórmulas incluidas permiten la compresión cuantitativa de los parámetros críticos y ayudan a garantizar el cumplimiento de la normativa RETILAP 2024.

8. (G) Diagrama de distribución de luminarias y zonas de cálculo en proyectos de iluminación

El diagrama de distribución de luminarias y zonas de cálculo es una herramienta esencial en el diseño de iluminación, ya que proporciona una representación visual clara de la disposición de las luminarias y las áreas de cálculo utilizadas para evaluar la efectividad del sistema de iluminación. Este diagrama facilita la compresión de cómo se distribuye la luz en el espacio, permitiendo una evaluación precisa de la cobertura lumínica y la identificación de posibles áreas que requieran ajustes.

I. Componente del diagrama:

- Distribución de luminarias:



- Ubicación: Muestra la posición exacta de cada luminaria en el espacio, incluyendo su orientación y ángulo de inclinación.
- Tipo y características: Indica el tipo de luminarias utilizadas (Por ejemplo, LED, halógenos) y sus especificaciones relevantes como la potencia, flujo luminoso y el ángulo de apertura.
- Zonas de iluminación: Identifica las áreas específicas para la cual cada luminaria está diseñada para iluminar, mostrando cómo las zonas se superponen para lograr una cobertura uniforme.
- Mallas de cálculo: Representan una cuadrícula sobre el área de interés donde se miden y evalúan los niveles de iluminación. Estas mallas ayudan a verificar la uniformidad de la luz y la adecuación del diseño en diferentes puntos del espacio.
- Áreas críticas: Incluye zonas específicas que requieren atención especial debido a su uso intensivo o importancia, como zonas de tránsito o áreas circundantes en la vía.

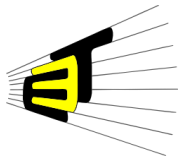
II. Funciones del diagrama:

- Visualización: Proporciona una visión general clara de cómo las luminarias están distribuidas y como sus áreas de cobertura se superponen, facilitando la identificación de zonas con posible falta de iluminación o exceso de deslumbramiento.
- Planificación y ajustes: Permite a los diseñadores realizar los ajustes en la ubicación y tipo de luminarias para optimizar la iluminación en áreas específicas y cumplir a cabalidad con los requisitos normativos.
- Evaluación de resultados: Ayuda a comparar los resultados de los cálculos de iluminación con el diseño previsto, asegurando que el sistema de iluminación cumpla con los estándares de calidad y funcionalidad.

III. Documentación y anexos:

El diagrama de distribución de luminarias y zonas de incluirá en el **Apéndice B.** del proyecto, proporcionando una representación gráfica detallada de la disposición de las luminarias y las áreas evaluadas. Además, los detalles específicos sobre los cálculos y resultados del diseño se presentarán en el **informe de DIALux**, que proporcionará un análisis técnico exhaustivo basado en simulaciones y cálculos precisos.

Este diagrama es una herramienta clave para la planificación y evaluación de proyectos de iluminación, ofreciendo una visión detallada de la distribución de luminarias y la cobertura lumínica. Asegura que el diseño cumpla con los objetivos del proyecto, los requisitos normativos y la facilitación de realizar ajustes necesarios para optimizar el sistema de iluminación.



ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Diseño:

Aldair Alejandro Vega Daza
Est. De Ingeniería Eléctrica
Código: 2144666

Mario José Mendoza Novoa
Est. De Ingeniería Eléctrica
Código: 2154547