



Planificación de Proyecto Vial para la Seguridad: Necesidades y Análisis de Datos

Ing. Wilfredo R. Cordero Cruz
Gerente de Seguridad Vial, *Metric Engineering of Puerto Rico*

Ing. Wilfredo R. Cordero

Metric Engineering of Puerto Rico



- Padre de Amaia, Naia e Iker, sus mayores tesoros.
- Bachillerato en Ciencias de Ingeniería Civil y Maestría en Ingeniería de Ingeniería Civil con concentración en transportación de la UPR – Mayagüez.
- Ingeniero Profesional (PE) en Puerto Rico y certificado como *Road Safety Professional Level 1 (RSP1)* por la *Transportation Professional Certification Board (TPCB)* y el ITE.
- Miembro activo del ITE Sección de Puerto Rico desde el 2016, donde fue pasado presidente (2021-2022) y actualmente es parte de la Junta Directiva.
- Actualmente es el Gerente de Seguridad Vial en la compañía puertorriqueña *Metric Engineering of PR* y provee consultoría técnica como coordinador del desarrollo, implementación y evaluación del Plan Estratégico de Seguridad Vial de Puerto Rico.
- Además, ha manejado proyectos de reconstrucción en transportación mediante fondos de FHWA y FEMA.



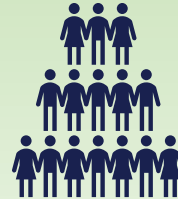
Elementos Importantes en una Auditoría de Seguridad Centrada en Usuarios Vulnerables

Ing. Wilfredo R. Cordero Cruz, MECE, PE, RSP₁
Gerente de Seguridad Vial, *Metric Engineering of Puerto Rico*

¿Qué es una auditoria de seguridad vial?



Examen formal de seguridad de las características existentes o futuras de una carretera.



Realizado por un equipo multidisciplinario independiente.



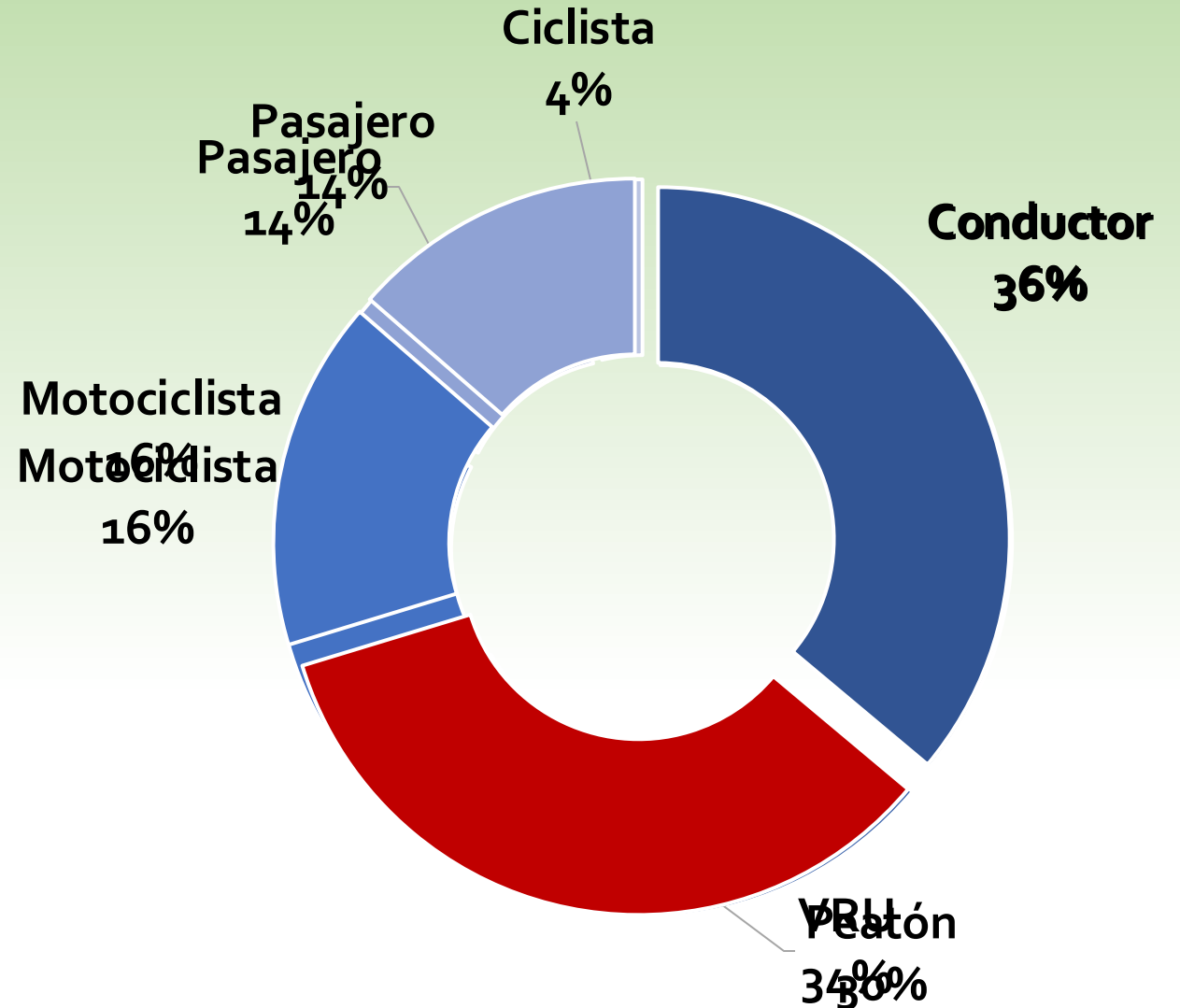
Identifica posibles problemas de seguridad vial



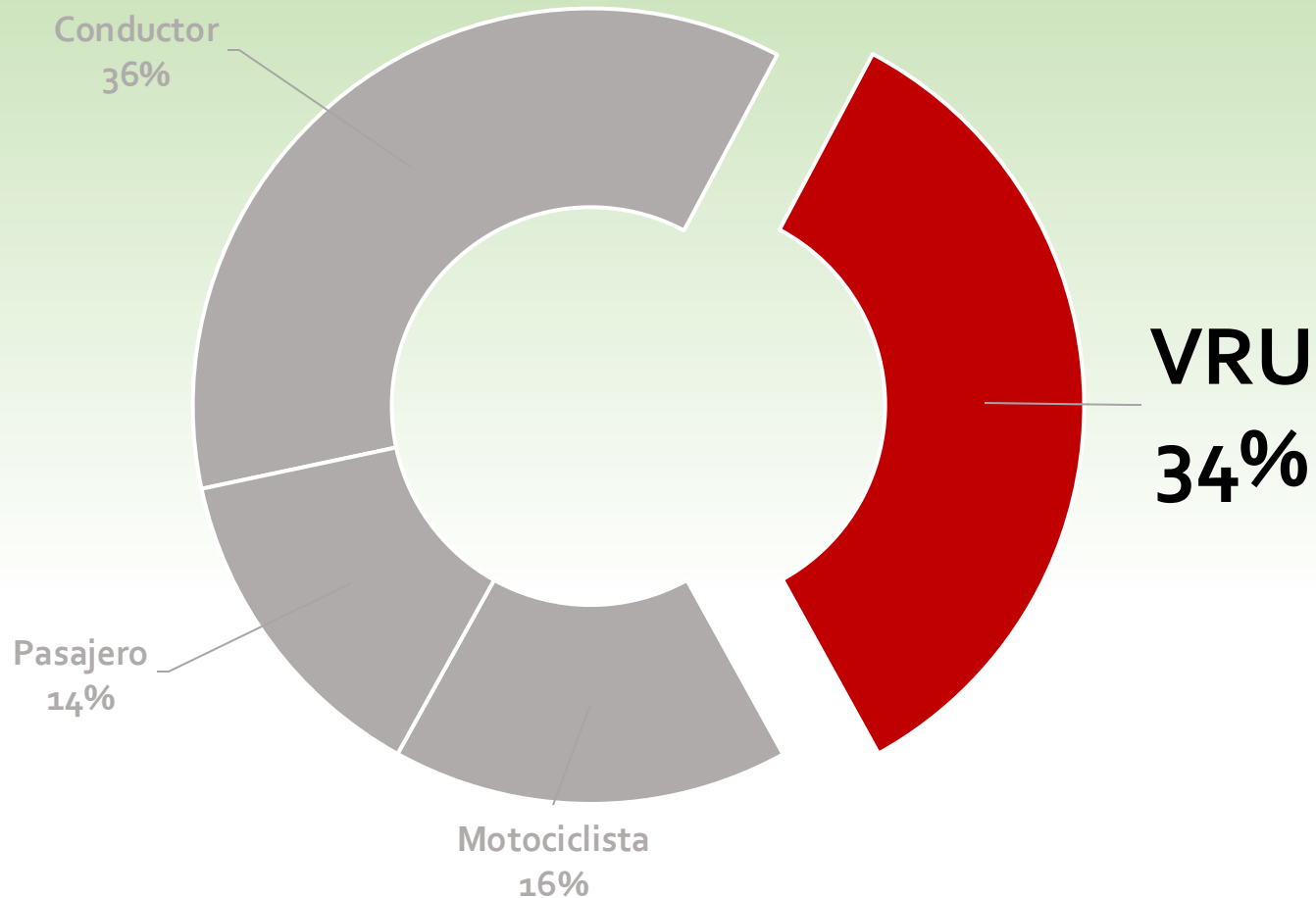
Provee recomendaciones para reducir el riesgo de choques

% de fatalidades por tipo de usuario (2008-2024)

Enfoque específico en usuarios vulnerables (VRU)



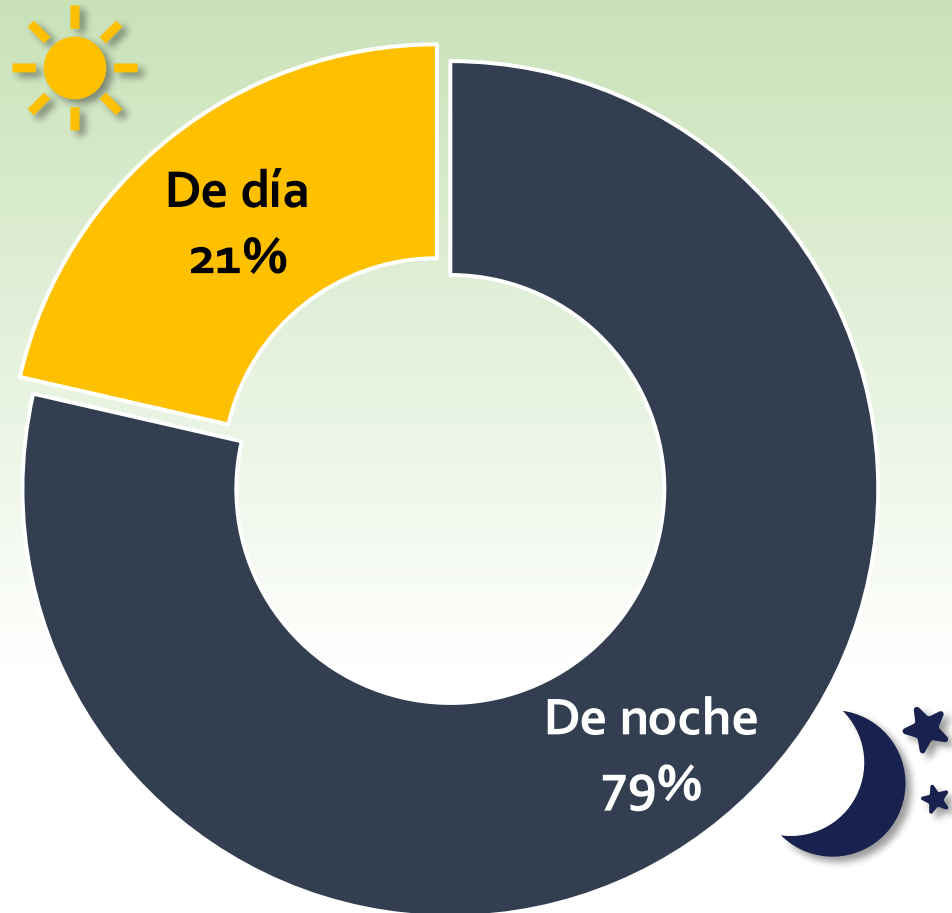
% de fatalidades por tipo de usuario (2008-2024)



1,825 vidas

**107 vidas
por año**

1,825 vidas



8 de cada **10** de las muertes de VRU ocurren entre **6:00 pm y 6:00 am**

Identificar y mitigar riesgos con enfoque en visibilidad nocturna



Identificar riesgos antes de que ocurran choques.



Enfoque en los riesgos que surgen en condiciones de poca visibilidad, especialmente para VRU.

Principios de seguridad para VRUs

- Vulnerabilidad física + baja visibilidad = alto riesgo
- Limitaciones visuales nocturnas del ser humano
- Rol de la iluminación: visibilidad, anticipación, tiempo de reacción

Vulnerabilidad física + baja visibilidad = alto riesgo

- **Vulnerabilidad física** hace referencia a la falta de protección estructural de los usuarios vulnerables como peatones, ciclistas y personas con discapacidad.
- A diferencia de los ocupantes de vehículos, estos usuarios no cuentan con carrocería, cinturones de seguridad ni airbags que los protejan.



Vulnerabilidad física + baja visibilidad = alto riesgo

- **Baja visibilidad**, especialmente en condiciones nocturnas o con iluminación deficiente, reduce la capacidad de los conductores para percibir y reaccionar a tiempo ante la presencia de estos usuarios.



Visita nocturna del RSA en la PR-7718, Aibonito.

Vulnerabilidad física + baja visibilidad = alto riesgo

- **Resultado:** La combinación de ambos factores incrementa significativamente la probabilidad de choques graves o fatales.
- Este principio justifica por qué la iluminación debe tratarse como un componente crítico en auditorías de seguridad vial centradas en VRUs.



Visita nocturna del RSA en la PR-7718, Aibonito.

Limitaciones visuales nocturnas del ser humano

- Durante la noche, la capacidad del ojo humano para percibir objetos, colores, profundidad y movimiento **se reduce drásticamente**.
- Esta disminución afecta tres áreas críticas para la seguridad vial:



Agudeza visual disminuida

Hasta 90 % menos precisa en oscuridad



Contraste y color reducidos

Objetos difícil distinguir del entorno



Tiempo de respuesta y anticipación

Mayor riesgo de atropellos

Rol de la iluminación: visibilidad, anticipación, tiempo de reacción

- La iluminación adecuada es fundamental para que los conductores **detecten, interpreten y respondan** ante la presencia de usuarios vulnerables durante la noche.
- Según la guía de auditorías de seguridad vial para peatones:

El rol de la iluminación



The infographic illustrates three scenarios of street lighting. The first shows a street lamp illuminating a pedestrian on a sidewalk. The second shows a street lamp illuminating a cyclist on a road. The third shows a car on a road at night with a pedestrian on a crosswalk, but the lighting is poor, leading to an accident.

 La iluminación adecuada mejora la visibilidad por la noche

 Es vital para usuarios viales vulnerables

 La mala iluminación incrementa los accidentes

Proceso RSA con enfoque en iluminación

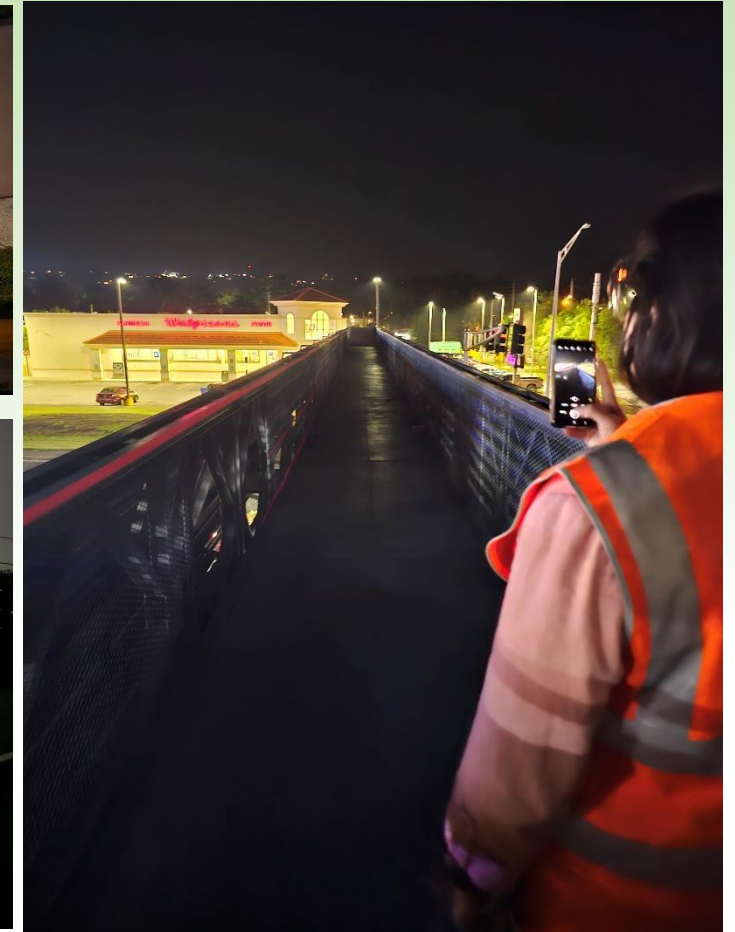
- 8 pasos del proceso RSA aplicados a VRUs
- Evaluación de condiciones lumínicas

8 pasos del proceso RSA aplicados a VRUs

- 1** Identificación del proyecto o corredor
- 2** Selección del equipo auditor
- 3** Reunión inicial
- 4** Revisión de campo bajo condiciones diurnas y nocturnas
- 5** Análisis y redacción del informe
- 6** Presentación de hallazgos al dueño del proyecto
- 7** Respuestas del ente responsable
- 8** Monitoreo y seguimiento

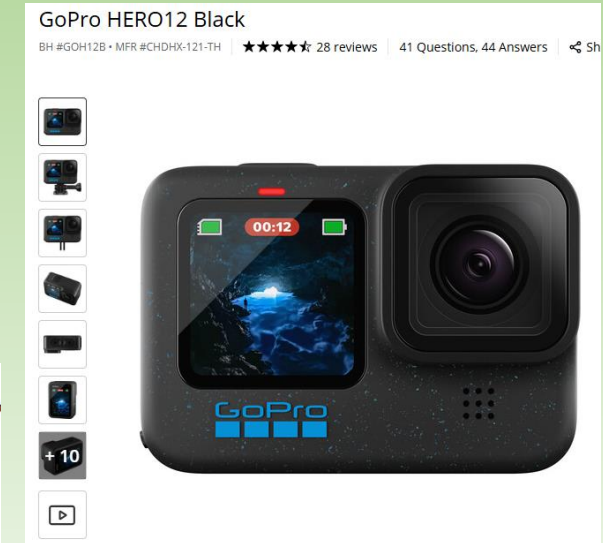
Evaluación de condiciones lumínicas

- Trabajo de campo nocturno obligatorio
- Revisión de condiciones bajo luz natural y artificial para identificar riesgos ocultos
 - Postes de luz obstruidos por árboles
 - Luminarias rotas
 - Zonas oscuras en cruces



Uso de herramientas especializadas

- Cámaras con alta sensibilidad
 - Siempre revisar especificaciones como:
 - tamaño del sensor
 - apertura del lente (f/1.2 a f/2 es ideal)
 - sensibilidad ISO
 - presencia de estabilización.
 - Complementar la grabación con notas georreferenciadas o datos de ubicación (muchas cámaras permiten geoetiquetado).



Uso de herramientas especializadas (Cont.)

- **Drone/UAVs**
 - Distribución de luminarias
 - Áreas oscuras no evidentes desde el nivel de calle
 - Efectos de sombras proyectadas por árboles, mobiliarios y/o estructuras
- **Ventaja:** volar a diferentes alturas para registrar como se comporta la iluminación



Uso de herramientas especializadas (Cont.)

- **Fotómetros y sensores de iluminación**
 - Miden la intensidad lumínica en lux (lx)
 - En aceras, cruces peatonales, isletas de refugio y rampas
 - Desde la altura del ojo del conductor (1.2m) y del peatón (1.5m)
 - El objetivo es evaluar cuantitativamente la iluminación
 - Ejemplo, 15-20 lux en entornos urbanos



Elementos críticos – Calles y aceras

- **Iluminación peatonal continua**
 - Se recomienda un nivel mínimo de 15-20 lux en zonas urbanas con tránsito peatonal frecuente
 - Cruces en intersecciones: 30 lux
 - Cruces en midblock: 20 lux
 - El alumbrado debe mantenerse constante a lo largo de aceras, cruces y accesos



Elementos críticos – Calles y aceras

- Separación entre iluminación vehicular y peatonal
 - Las luminarias diseñadas para la carretera **no garantizan** iluminación adecuada sobre las aceras
 - Se sugiere el uso de postes más bajos o luminarias con ángulos dirigidos hacia la zona peatonal



Elementos críticos – Calles y aceras

- **Eliminación de sombras por vegetación o mobiliario**
 - Elementos como vegetación, marquesinas o mobiliario urbano pueden bloquear la luz.
 - Durante la inspección nocturna deben identificarse y documentarse estos puntos ciegos.



Elementos críticos – Cruces peatonales

- **Iluminación concentrada en puntos de conflicto**
 - Las zonas donde el peatón interactúa con el vehículo requieren iluminación dirigida
 - Ejemplo, luminarias colocadas a los lados del cruce, no solo desde lejos



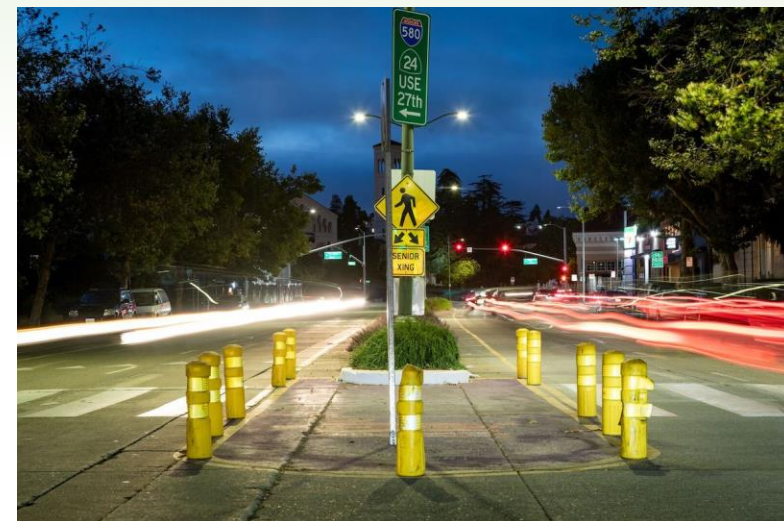
Elementos críticos – Cruces peatonales

- **Evitar efecto de silueta (luz detrás del peatón)**
 - Ocurre cuando la luminaria se ubica detrás del peatón desde el punto de vista del conductor
 - Hace que el peatón se vea solo como una sombra
 - Se debe evitar esta disposición



Elementos críticos – Cruces peatonales

- Rampas e isletas de refugio con iluminación propia
 - Estas áreas requieren su propia iluminación directa, especialmente si están ubicadas múltiples carriles
 - También deben ser visibles para peatones con discapacidad



Intersecciones y zonas escolares

- **Mayor riesgo en giros nocturnos**
 - La falta de iluminación adecuada en intersecciones puede dificultar que un conductor detecte a un peatón cruzando en un paso transversal mientras gira



Intersecciones y zonas escolares

- Iluminación constante en entornos escolares
 - Debe mantenerse incluso fuera del horario escolar, considerando horarios de actividades extracurriculares y tránsito nocturno



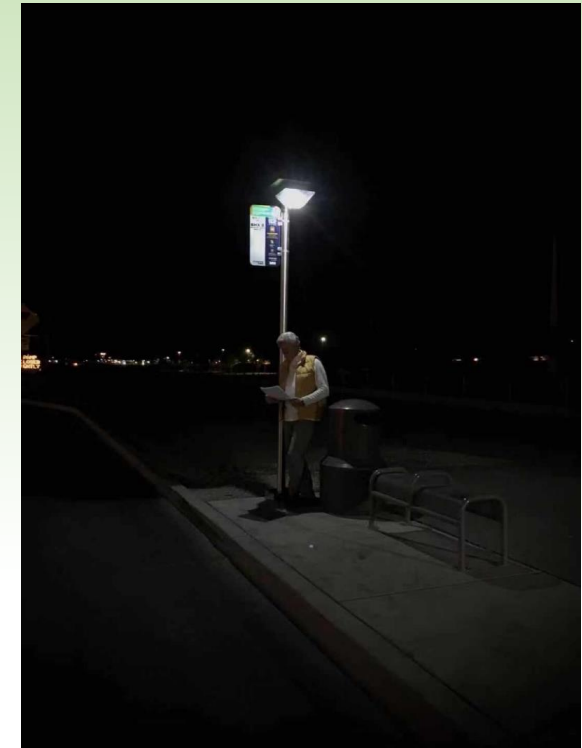
Intersecciones y zonas escolares

- **Considerar alumbrado direccional para cruces escolares**
 - Se sugiere instalar luminarias de bajo montaje o de tipo “foco dirigido” para iluminar específicamente el cruce y no solo el entorno vial



Paradas de transporte colectivo y conectividad

- **Iluminación en zonas de espera y abordaje**
 - Debe permitir que el peatón vea y sea visto
 - Una parada oscura compromete la seguridad tanto al abordar como al bajar del transporte



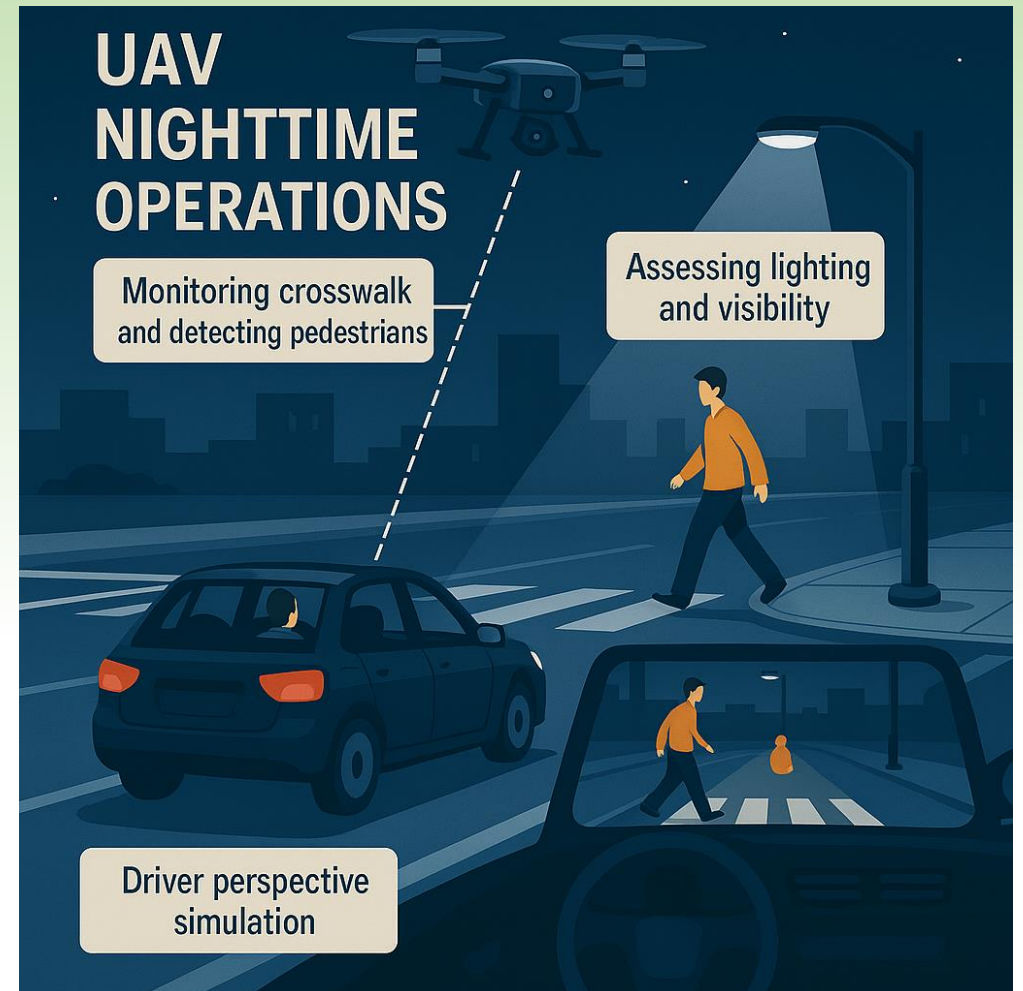
Paradas de transporte colectivo y conectividad

- **Conectividad segura**
 - Asegurar que haya rutas iluminadas desde la parada hasta aceras continuas o cruces seguros
 - No debe haber zonas oscuras entre el punto de descenso y el cruce peatonal



Tecnologías y métodos de apoyo

- **Drones/UAVs para capturas aéreas nocturnas**
 - Permiten observar la distribución de la iluminación desde una perspectiva aérea
 - Identifican zonas oscuras, efectos de sombra proyectados y discontinuidades en la cobertura lumínica
 - Muy útiles para evaluar pasos peatonales en corredores largos o zonas de cruce no controlado
 - Simulación de la perspectiva del conductor



Tecnologías y métodos de apoyo

- Evaluación con cámaras de baja luz y sensores de iluminancia
 - Las cámaras con alta sensibilidad nocturna capturan cómo se ve realmente la vía desde la perspectiva del conductor o peatón
 - Los sensores de iluminancia (fotómetros) permiten cuantificar niveles de luz en diferentes puntos (en lux), facilitando comparaciones con estándares mínimos (15–20 lux en zonas urbanas)
 - Ideal para documentar rampas, cruces, paradas de autobús, zonas escolares y entornos con vegetación densa

Tecnologías y métodos de apoyo

UAV Platform	Sensor Payloads	Ideal For
DJI Matrice 300 RTK	Zenmuse H20N (thermal + low light zoom)	High-end nighttime RSA & lighting audit
DJI Mavic 3 Enterprise	4/3 CMOS low-light camera, optional spotlight	Quick visibility assessments
Autel EVO II Dual 640T	FLIR thermal + 8K visual	Pedestrian detection & lighting contrast

Tecnologías y métodos de apoyo

- Incorporación de datos subjetivos
 - Encuestas, entrevistas y observaciones comunitarias revelan percepción de inseguridad en áreas que pueden parecer funcionales desde lo técnico
 - Comentarios de usuarios frecuentes (personas mayores, estudiantes, usuarios de transporte público) pueden alertar sobre puntos conflictivos no evidentes
 - Las auditorías más efectivas incluyen estos aportes como evidencia complementaria para priorizar intervenciones



Recomendaciones finales

- Evaluar iluminación como parte central de la auditoría
- Comparar condiciones diurnas vs. nocturnas
- Generar recomendaciones accionables y medibles
- Integrar visibilidad en el diseño, operación y mantenimiento

¡Muchas Gracias!

Para preguntas e información adicional puede comunicarse con las siguientes personas:



David Ramos, MEM, PE
daramos@act.pr.gov
787-721-8787, Ext. 52814



Wilfredo Cordero Cruz, MECE, PE, RSP1
wilfredo.cordero@metricpr.com
787-299-2170



AUTORIDAD DE CARRETERAS Y
TRANSPORTACIÓN

ACT

GOBIERNO DE PUERTO RICO



metric
Puerto Rico