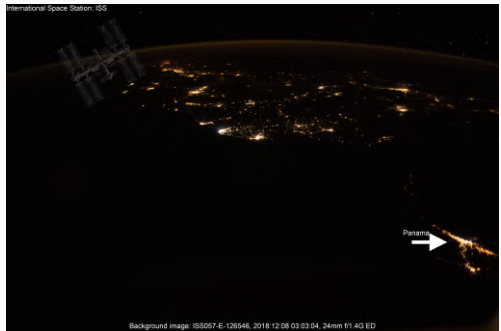


Primera estación de monitoreo para la contaminación lumínica en Panamá: integrando técnicas terrestres y remotas.

José Robles, Ph.D.
Alexandre Olivé, Msc.
Email: jrobles@indicatic.org.pa
Instituto Nacional de Investigaciones
en tecnologías de Información y Comunicación
INDICATIC AIP: +507 69 15 80 71



*Informar acerca del proyecto y buscar posible colaboraciones.

Introducción

- La contaminación lumínica es el uso excesivo de luminarias durante la noche e incluye cambios en el brillo, el color y la composición espectral del cielo nocturno.

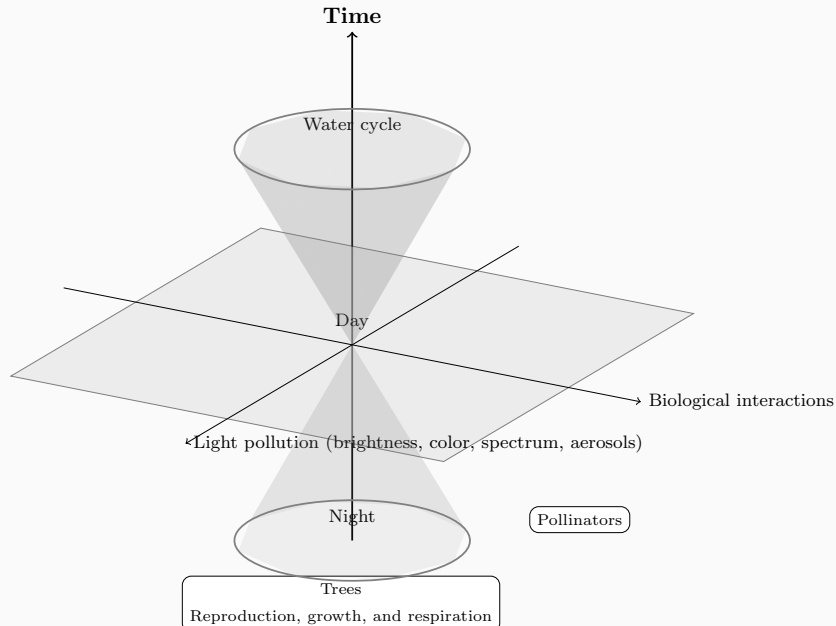
Métodos

- Muestreo de brillo, color y espectros del cielo nocturno a través de puntos aledaños al Canal de Panamá: sub-estaciones terrestres y estaciones satelitales.
- Instrumentación multispectral: fotómetros, espectrómetros y cámaras CCD con calidad astronómica.

- Las variables de contaminación lumínica actúan a lo largo de ejes de interacción.
- La contaminación lumínica interactúa con el sistema de navegación de los polinizadores nocturnos.
- Interoperabilidad, control y encriptado de la sub-estación central.

- La contaminación lumínica afecta el balance energético y la señalización hormonal de los polinizadores nocturnos.
- Por consecuencia afecta la reproducibilidad, crecimiento y respiración de los árboles durante la noche.
- Esto puede influir en las tasas de transpiración diurna y en el intercambio hídrico árboles–atmósfera.

Introducción.



Objetivo.

- Establecer la primera estación de monitoreo para la contaminación lumínica de Panamá.

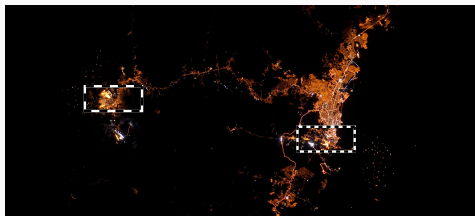
Objetivos específicos.

- Desarrollar estrategias de iluminación que minimicen la alteración de los polinizadores nocturnos a lo largo de la ruta del Canal de Panamá.
- Establecer una estación de referencia para el monitoreo del brillo del cielo nocturno, el color, los espectros y el contenido de aerosoles a lo largo del Canal de Panamá.
- Explicar el proceso de interoperabilidad, encriptado y control de la primera sub-estación INDICATIC-UTP.

Pregunta de investigación.

¿Cómo interactúan los contaminantes lumínicos con los polinizadores nocturnos en la interfaz bosque-urbano a lo largo de la ruta del Canal de Panamá?

Método: remoto.

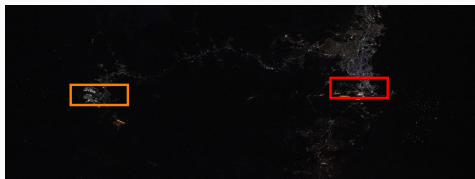


(a)

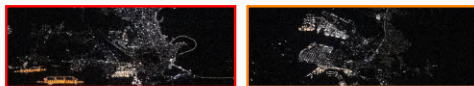


(b)

Figure 1: Luminarias de Panamá en 2012. ISS072-E-797729.





(a)







(b)



Figure 2: Luminarias de Panamá en 2025. ISS030-E-167962

Método: área de muestreo.

9.4423N, 79.9644W 4,469 km²  

9.4041N, 79.8592W 74 km  

9.2862N, 79.9023W  

9.1661N, 79.8372W  

9.1200N, 79.7044W  

9.0255N, 79.5346W  



Método: sub-estaciones en tierra.

Progreso y medidas preliminares

- Instalación parcial de la sub-estación INDICATIC-UTP.
- Medidas de referencia en el puerto de Balboa, Gamboa, Punta Burica, Puerto Escondido (Pedasí), Punta Duarte (Veraguas) y Panamá.

Método: instrumentos.

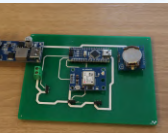


Método: sub-estación INDICATIC-UTP.

A) Espectrómetro :

ALPY

mini-domo + A/C

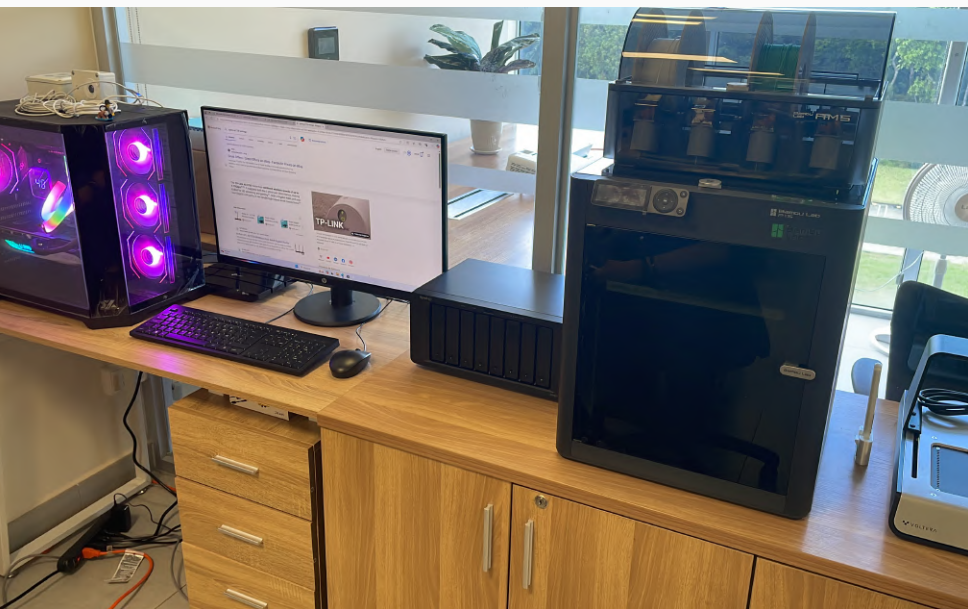


B) Cámara de todo campo
QHY: filtros Johnson UVBVRI

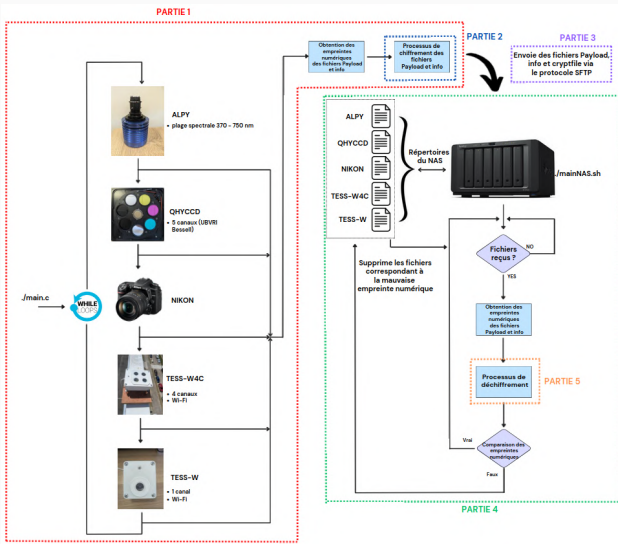
D) Pre-procesado
(control, integridad, conectividad
y reconocimiento de imágenes).

C) TESS-W
TESS-4C

Método: sistema computacional.



Método: sistema computacional, diagrama de interoperabilidad, integridad y seguridad de datos. Cortesía de Alexandre Olivé.



Método: sistema computacional, diagrama de interoperabilidad, integridad y seguridad de datos. Cortesía de Alexandre Olivé.

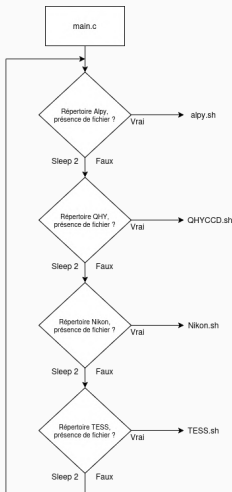


FIGURE 9 – Diagramme partie a

Sur la figure 9 est représentée la partie a du schéma de la partie 1. Sur ce schéma, il est possible de voir en détail comment les fichiers des différents appareils de mesures, Alpy, QHY, Nikon, TESS-W et TESS-W4C sont traités afin de déterminer si au moins un fichier est présent dans leur répertoire respectif. Une fois que le script *main.c* est exécuté, le code entre donc dans une boucle infinie, à chaque 2 secondes d'intervalle le code vérifie si au moins un fichier est détecté dans un répertoire puis passe au suivant, si plusieurs fichiers sont présents alors le fichier le plus ancien est sélectionné et le script respectif associé au dossier du fichier est exécuté.

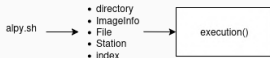
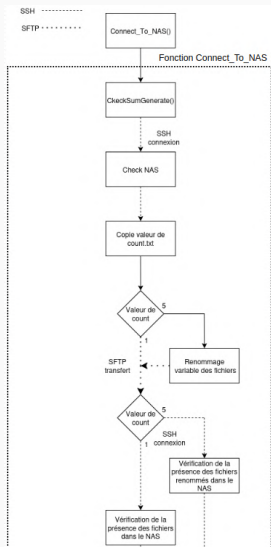


FIGURE 10 – Déroulement du script *alpy.sh*

La figure 10 montre le déroulement du script *alpy.sh*, sachant que les quatre fichiers *.sh* du diagramme de gauche ont le même déroulement, seulement l'explication de *alpy* peut être faite, une fois que le fichier *alpy.sh* est exécuté, les variables *directory*, *imageInfo*, *File*, *Station* et *index* vont respectivement avoir les valeurs suivantes attribuées : le chemin vers le dossier où se situe le fichier *Payload*, le chemin vers le répertoire où sera le fichier *info* associé au fichier *Payload*, la variable qui contient le *Payload*, le chemin de la station dans le NAS vers lequel les fichiers doivent être envoyés, la valeur qui correspond au dossier *Alpy*.

Afin de pouvoir avoir un aperçu visuel du code et ainsi avoir une meilleure compréhension, la figure 11 montre

Méthodo: sistema computacional, diagrama de interoperabilidad, integridad y seguridad de datos. Cortesía de Alexandre Olivé.



La figure 16 représente la partie e du diagramme de la partie 1, c'est cette partie-là qui gère l'envoi des données vers le NAS ainsi que la vérification des doublons et de la réception complète des fichiers dans le NAS.

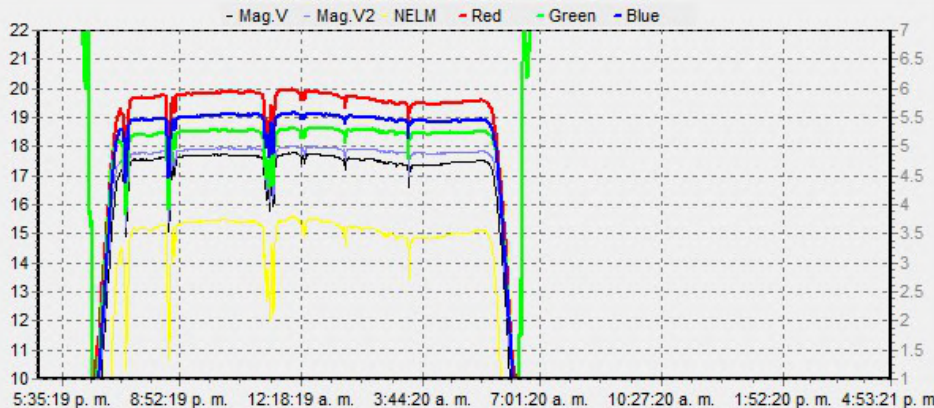
Premièrement, le script va exécuter la fonction *CheckSumGenerate*, cette fonction est celle qui sert à générer les empreintes numériques des fichiers *Payload* et *info*. Par la suite, une connexion SSH est établie vers le NAS pour rechercher si des fichiers présents dans le répertoire d'envoi ont le même nom que ceux à envoyer, si des fichiers ont le même nom, alors la valeur 5 est écrite dans le fichier *count.txt* présent dans le NAS ainsi qu'un chiffre qui correspond au numéro attribué pour le renommage, sinon c'est la valeur 1 qui est écrite pour signifier qu'aucun fichier ne possède le même nom, puis, cette valeur sera écrite dans le fichier *count.txt* de la station grâce à la commande :

```
sshpass -p "$PASSWD" scp "$USER@$HOST
```

suite à cela, avant l'envoi des fichiers, si la valeur est 5, alors les fichiers sont renommés en ajoutant le chiffre écrit dans le fichier *count.txt* entre parenthèses (-1 par défaut, ce chiffre a la valeur +1 par rapport au même nom des fichiers déjà traités) au début du nom des trois fichiers afin d'éviter que l'envoi des fichiers avec le même nom écrase les fichiers déjà présents dans le NAS.

À partir de là, les fichiers sont transférés vers le NAS via le protocole SFTP. Le choix de ce protocole est expliqué dans la partie 3. Une fois l'envoi des fichiers terminé, la station se connecte de nou-

Brillo y color: primera curva de luz de la ciudad de Panamá.



Brillo y color: emisión de luz compleja de la ciudad de Panamá.



Brillo y color: emisión de luz compleja de la ciudad de Panamá.



Brillo y color: cielos nocturnos de referencia.



Brillo y color: cielos nocturnos de referencia.



Brillo y color: cielos nocturnos de referencia.



- INDICATIC AIP. Dr. José Robles, investigador principal.
- INDICATIC AIP. Dr. Agustín Guerra.
- Universidad Tecnológica de Panamá (UTP). Dr. Alfredo Campos.
- Smithsonian (STRI). Dr. Rachel Page.
- ENSEIRB-MATMECA, Alexandre Olivié. Msc.
- Alcaldía de Panama. Lic. Facundo Clua.

Equipo.

- INDICATIC AIP. Dr. José Robles, investigador principal.
- Universidad Tecnológica de Panamá (UTP). Dr. Alfredo Campos.
- Smithsonian (STRI). Dr. Rachel Page.
- NASA, proyecto AVUELO, Dr. David Schiemel
- Alcaldía de Panama. Lic. Facundo Clua.

Fondos de investigación.

- INDICATIC AIP, B/. 78 mil.
- SENACYT, B/. 70 mil.

Color as an indicator of light pollution:

- C. Kyba et al., 2012. Filters mounted on SQM photometers.
- Posch et al., 2018. Systematic measurements of the night sky brightness at 26 locations in eastern Austria.
- Sánchez de Miguel et al., 2019. SQM-Color correction factor.
- Robles et al., 2021. Evolution of light pollution in Madrid.
- Barentine et al., 2021. Enhancing satellite missions with color capabilities.
- Kocifaj et al., 2023. Recognize color as light pollution indicator.
- Stoken et al., 2024. (Street) Lights Will Guide You: Georeferencing Nighttime Astronaut Photography of Earth.

Gracias.

N09°01.5 W080°11.8
2024 02 05_060830

Image courtesy of astrophotographer Gustavo Rivera. Samsung SM-A536E, f 5mm, 4624 x 2084.