

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

Comunicaciones seguras 2022

Distribución cuántica de claves mediada por satélites: hacia una red cuántica global

MATÍAS R. BOLAÑOS

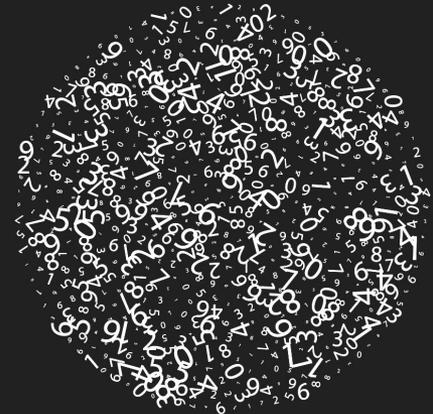
Grupo de Fotónica Integrada, CIOP
Grupo de Información Cuántica, IFLP

Información cuántica

Transmitir y procesar información en sistemas cuánticos



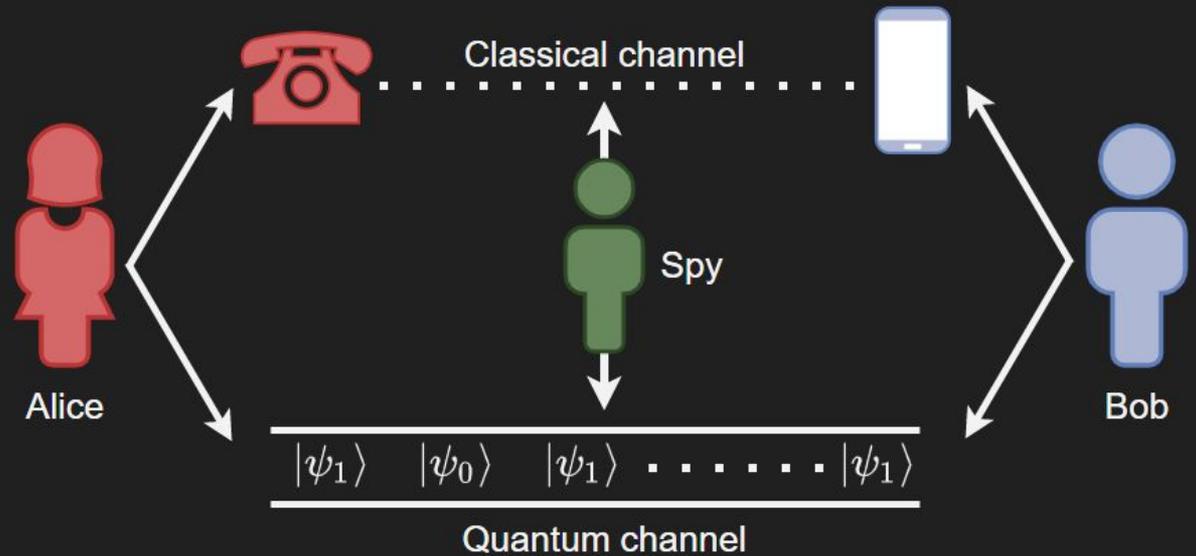
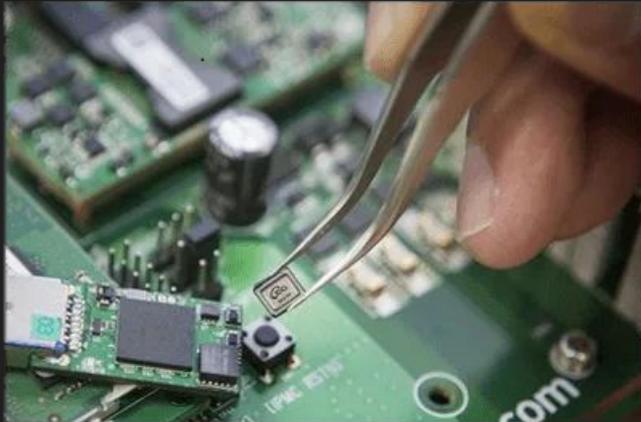
Nuevas propiedades



Nuevas tecnologías



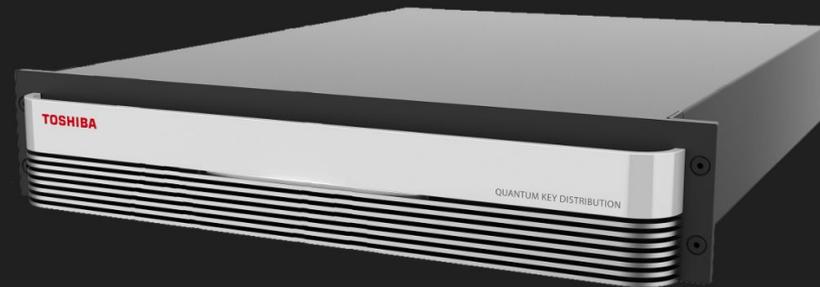
Criptografía y seguridad cuántica



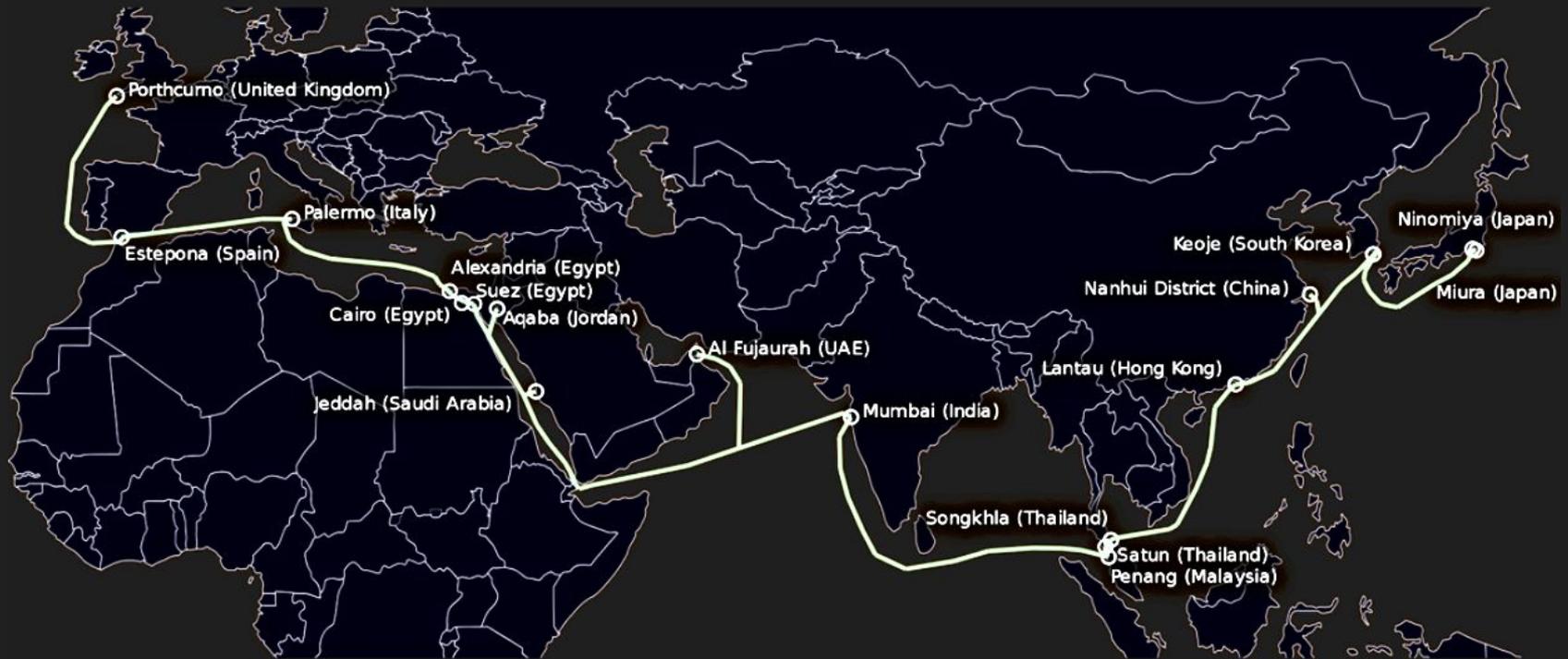
Criptografía y seguridad cuántica



Criptografía y seguridad cuántica

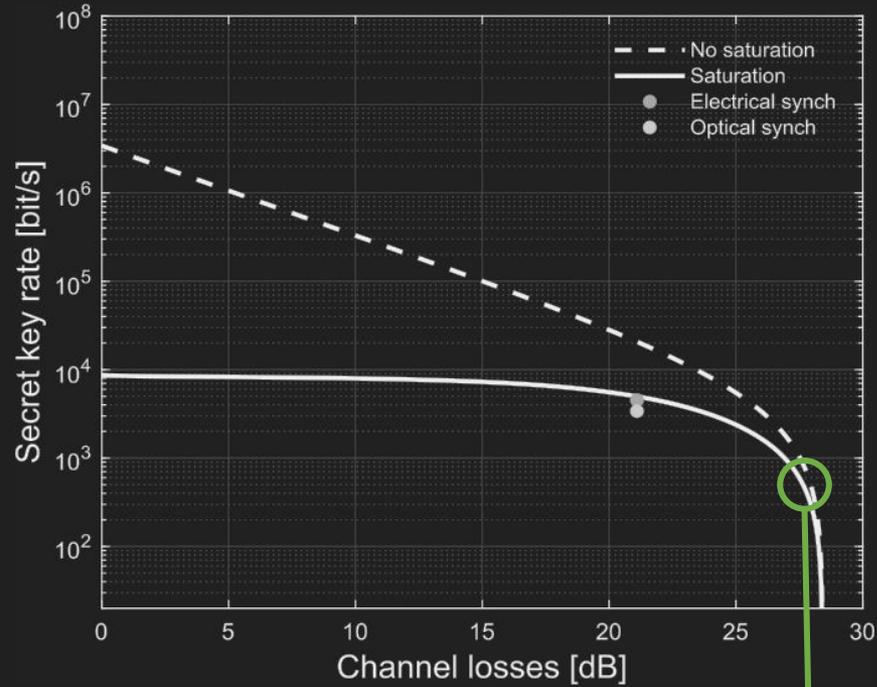


QKD: ¿qué falta?



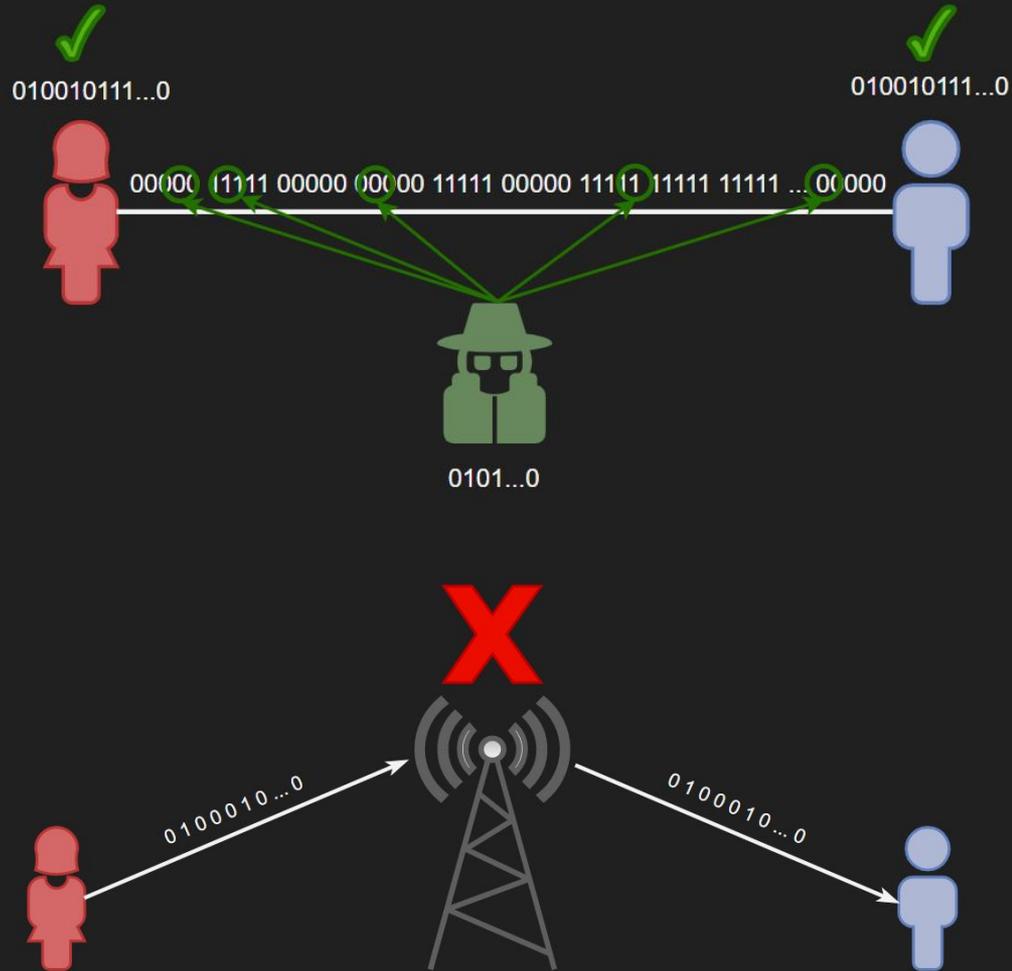
Fibra óptica FLAG (Fibre-optic Link Around the Globe). [1] WELSH, Thomas, et al. DOI: 10.1109/35.481241

QKD: ¿qué falta?

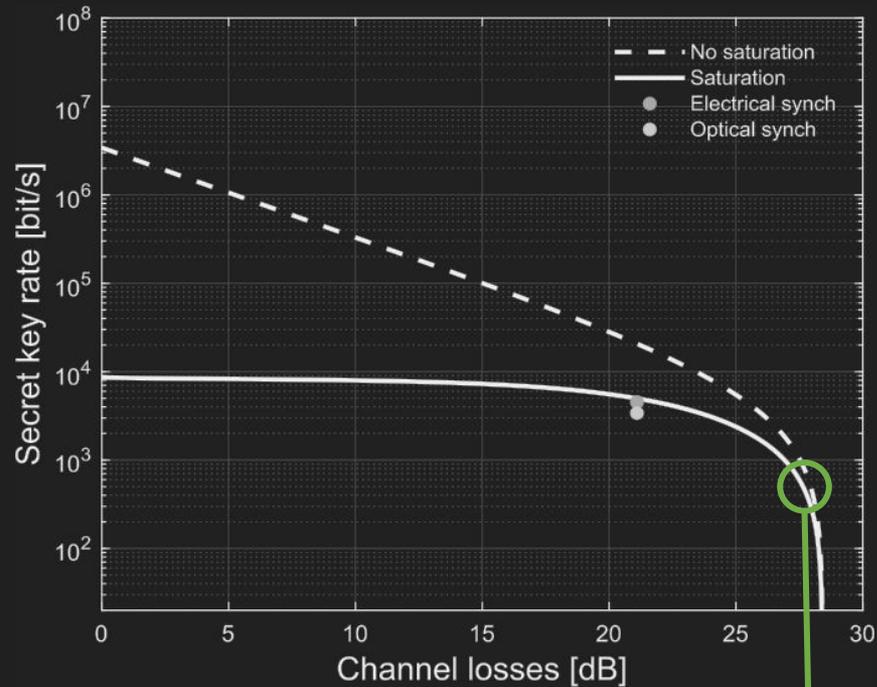


[2] Bacco, Davide, et al. (2019)
 DOI: 10.1140/epjqt/s40507-019-0075-x

~140 km @1550 nm



QKD: ¿qué falta?



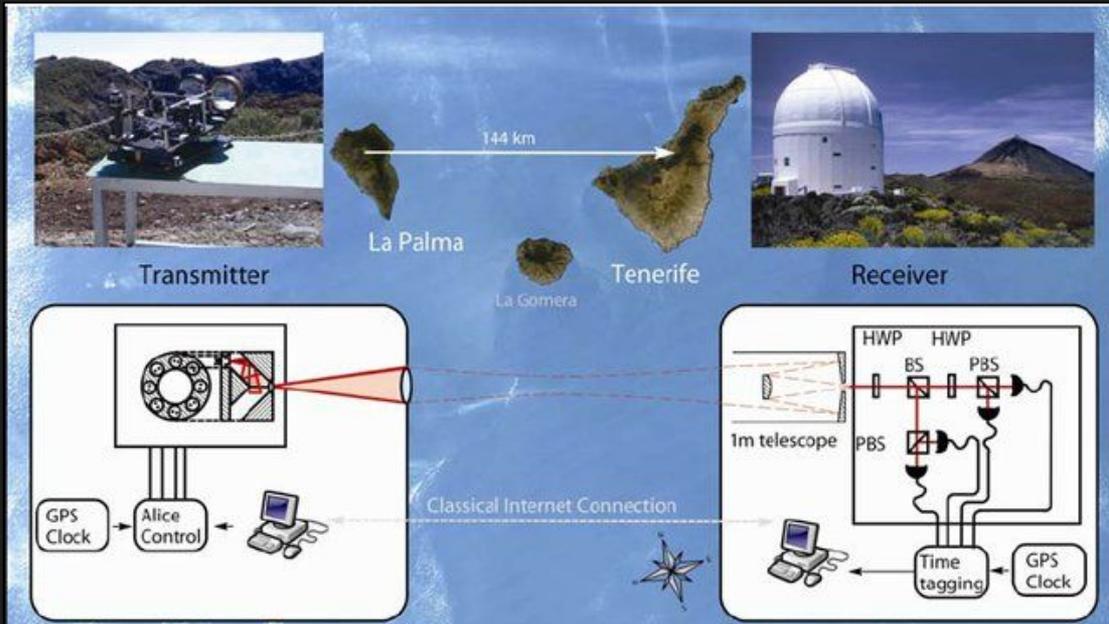
[2] Bacco, Davide, et al. (2019)
 DOI: 10.1140/epjqt/s40507-019-0075-x

~140 km @1550 nm



[3] CHEN, Jiu-Peng, et al. (2020) DOI: 10.1103/PhysRevLett.124.070501

QKD en espacio libre

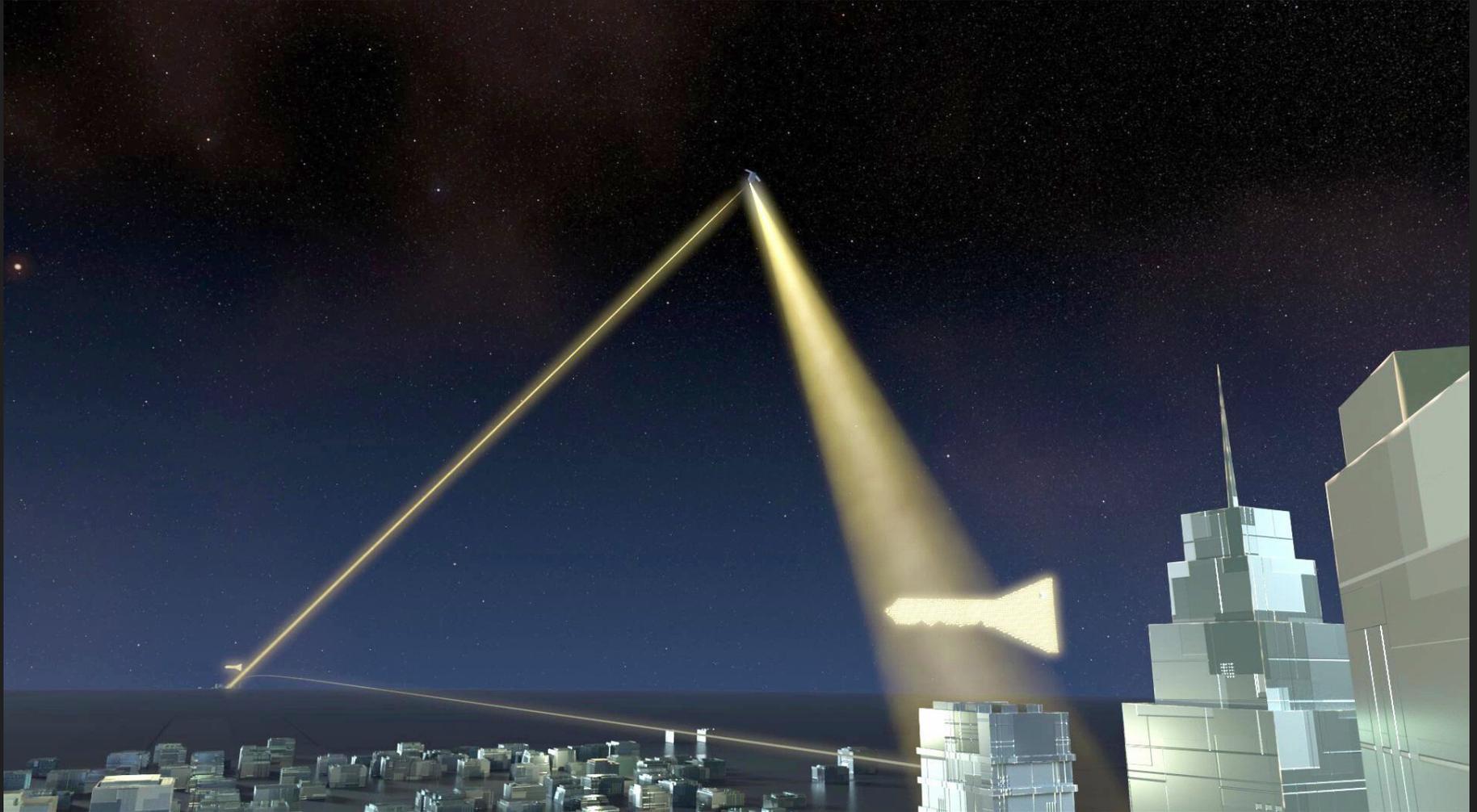


[2] Schmitt-Manderbach, T, et al. (2017) DOI: 10.1103/PhysRevLett.98.010504

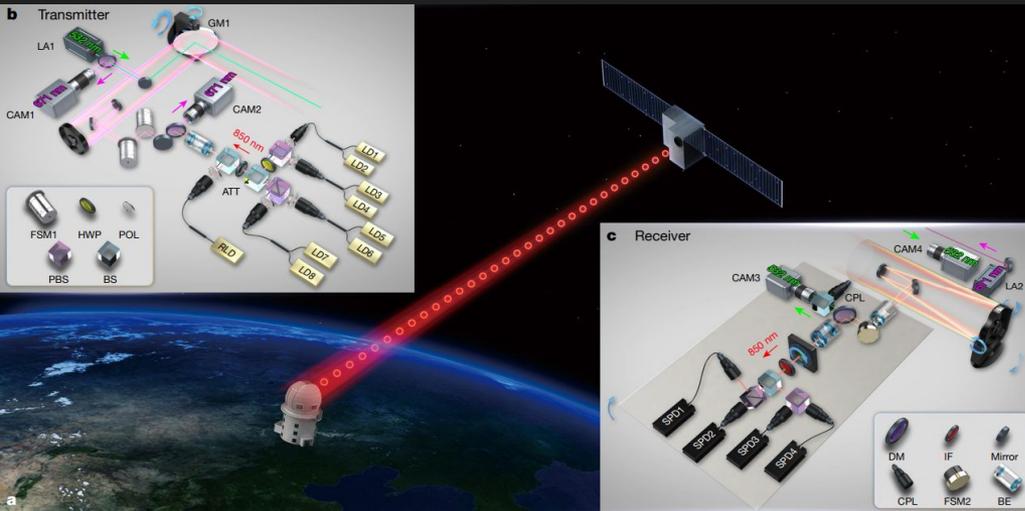


[2] Avesani, M, et al. (2019)
 DOI: 10.1038/s41534-021-00421-2

QKD: ¿qué falta?

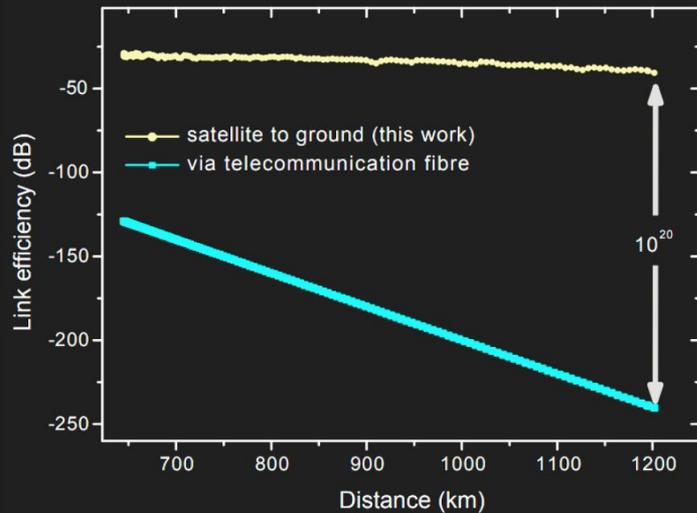


QKD mediado por satélites

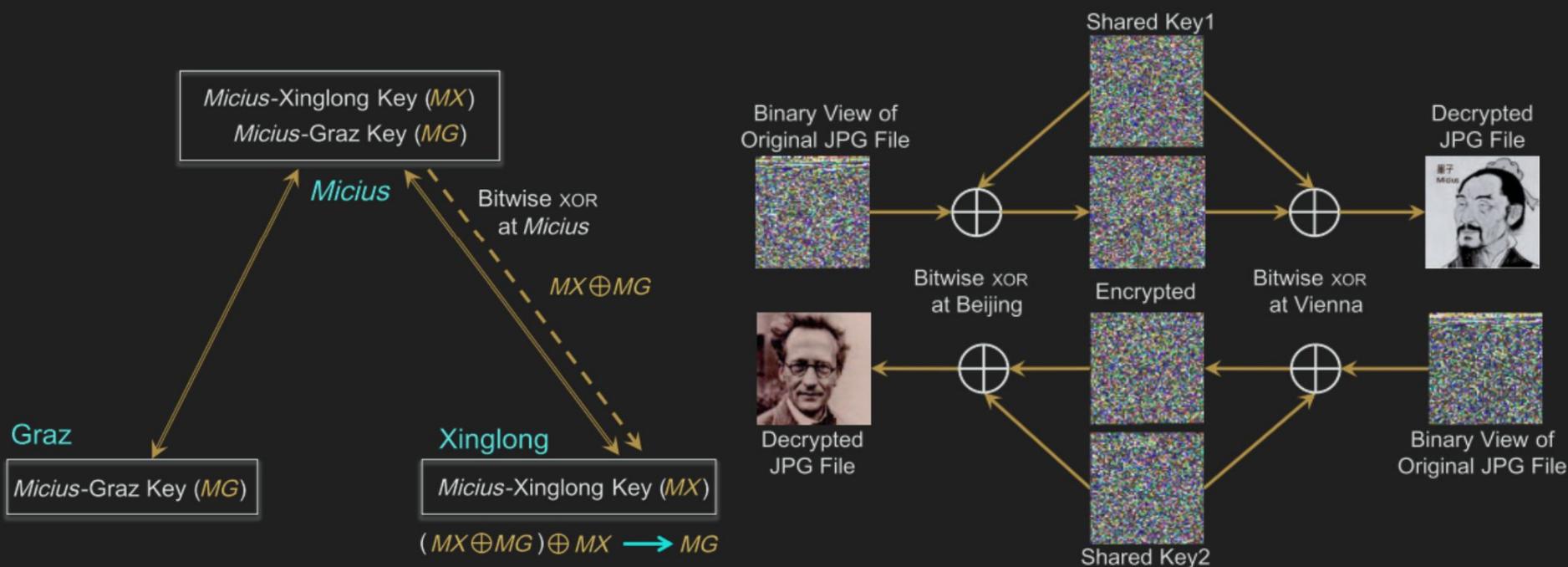


[4] Pan, J, et al. (2017) DOI: 10.1364/OE.26.024260

[5] Pan, J, et al. (2018)
 DOI: 10.1103/PhysRevLett.120.030501

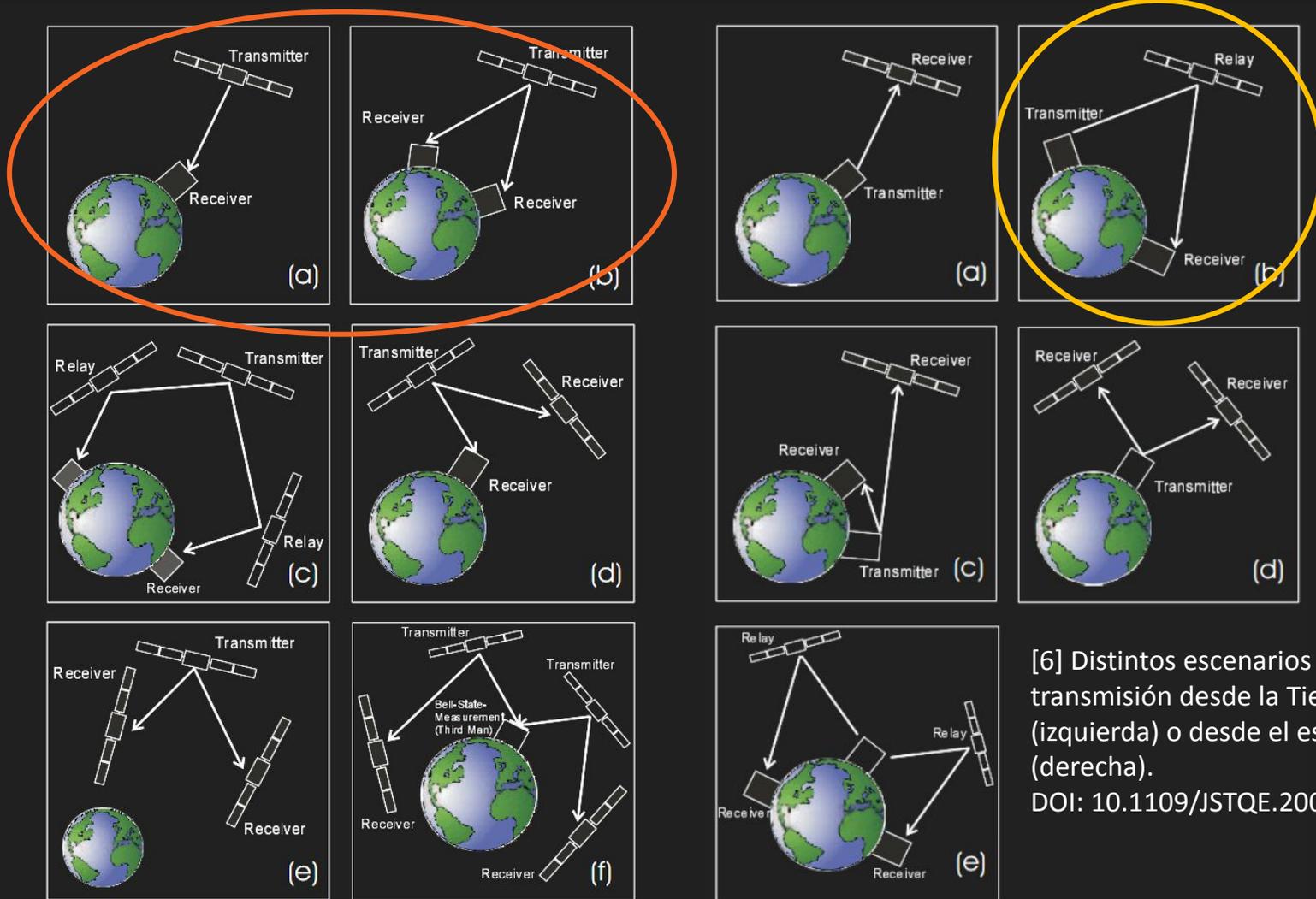


QKD mediado por satélites



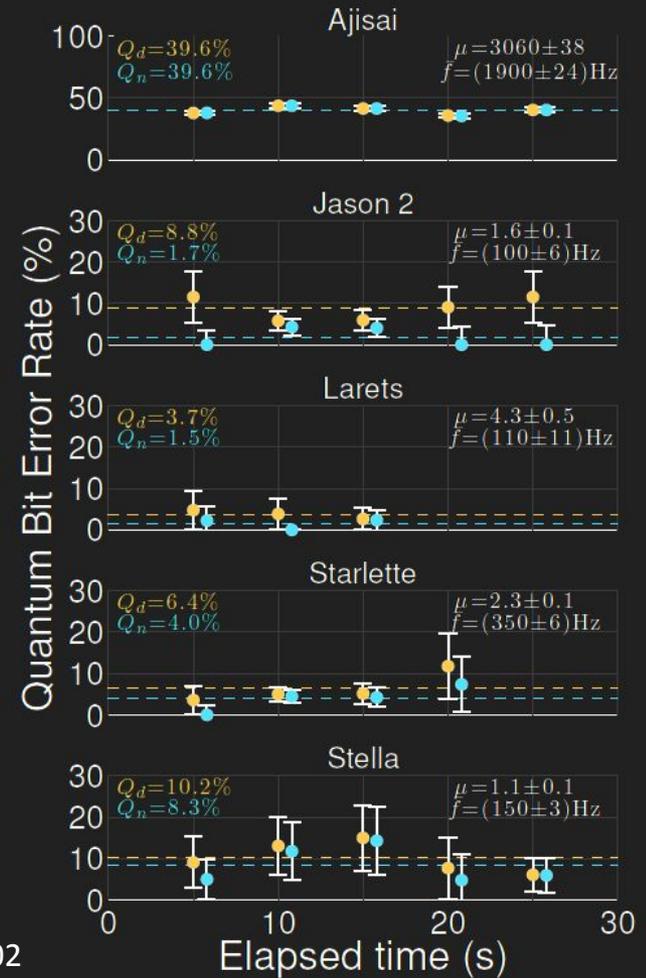
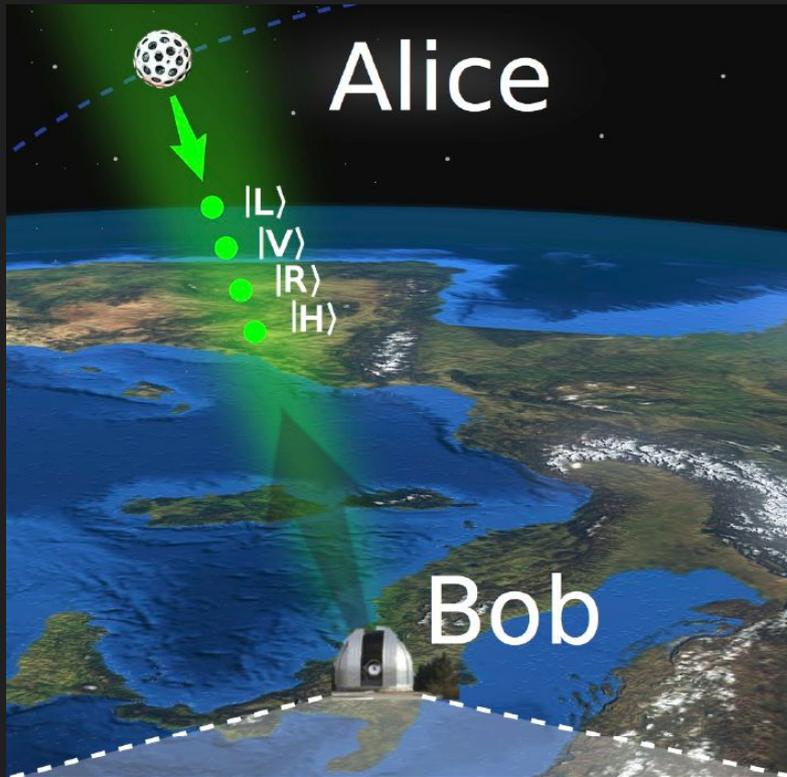
[5] Pan, J, et al. (2018) DOI: 10.1103/PhysRevLett.120.030501

QKD mediado por satélites



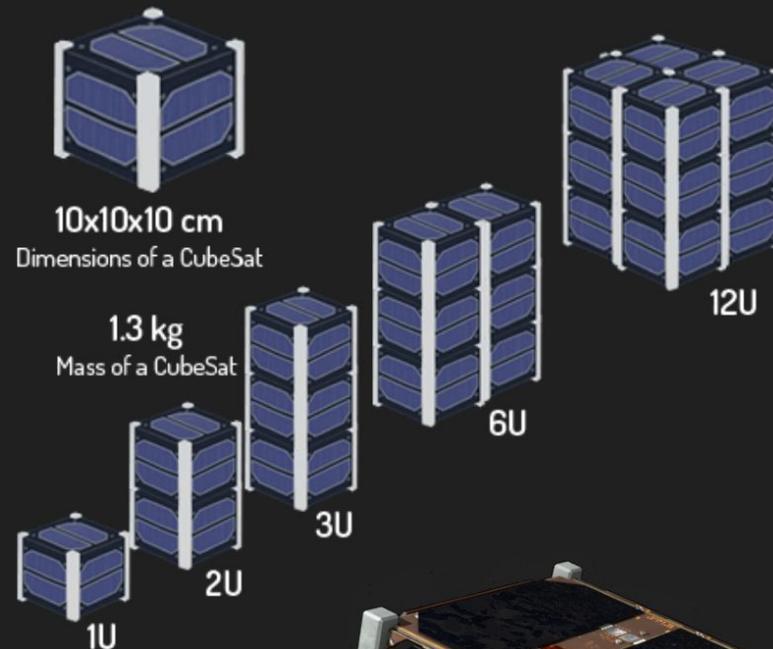
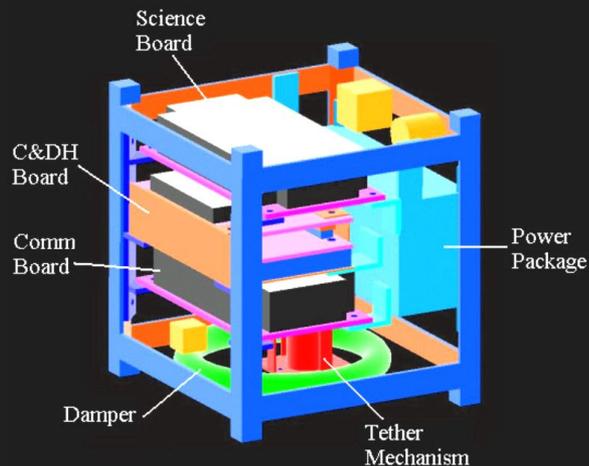
[6] Distintos escenarios para la transmisión desde la Tierra (izquierda) o desde el espacio (derecha).
DOI: 10.1109/JSTQE.2003.820918

QKD mediada por satélites



[6] Vallone, G, et al. (2015) DOI: 10.1103/PhysRevLett.115.040502

CubeSat



Reducción de tamaño



Reducción de costos



Reducción del tiempo de desarrollo



Proyecto Satélite Universitario

XI Congreso Argentino de Tecnología Espacial. 7-9 de Abril, 2021.

PROYECTO SATÉLITE UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA: VIABILIDAD, ÁREAS DE INTERÉS Y MISIONES CONSIDERADAS

Sonia A. Botta* – Marcos D. Actis – David O. Williams Rogers – Frida Alfaro

Centro Tecnológico Aeroespacial, Departamento de Aeronáutica
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata
Calle 116 e/ 47 y 48, La Plata (1900), Argentina
* Email: sonia.botta@ing.unlp.edu.ar

Área	Cantidad de propuestas
Análisis de suelos / Hidrología / Geología / Observación Terrestre (General)	6
Aeronomía / Heliofísica / Clima espacial	3
Geodesia	1
Estudios atmosféricos y ambientales	3
Urbanismo / Planeamiento	2
Astronomía / Astrofísica	1
Espacio como servicio	4
Demostración tecnológica	4
TOTAL	24



Etapas pensadas

Definición de la misión

0

FASE

AGOSTO 2020

Se determina el **objetivo científico del proyecto.**



Análisis de suelos



Hidrología



Análisis forestales



Detección incendios



Impacto ambiental



Urbanismo



Movimiento de hielos



Meteorología



Radicación



Geofísica y magnetismo



Rayos cósmicos



Transmisión de datos



Demostración tecnológica

El proyecto "**Satélite Universitario**" impulsado por el Centro Tecnológico Aeroespacial busca desarrollar un satélite bajo el estándar CubeSat

Diseño de la arquitectura del sistema

A

FASE



En base al objetivo científico se definen los **componentes básicos para que el satélite cumpla su misión.**

Los CubeSats son pequeños satélites basados en **una estructura en forma cubo** de 10x10x10 cm. y apenas 1kg

Etapas pensadas

Diseño preliminar

B

FASE



Se diseñan los componentes y subsistemas con mayor detalle para luego **evaluar si cada una de las partes serán compatibles con el resto del sistema.**

Estas unidades son modulares, **más económicas y rápidas de fabricar** que otros tipos de satélites

Diseño detallado

C

FASE

Se diseña el satélite íntegramente y se **comienza con la etapa de fabricación.**

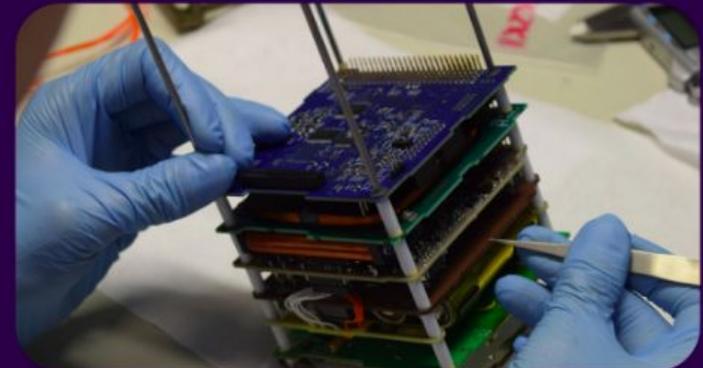


Foto: PW-Sat2 Student Satellite Project

Etapas pensadas

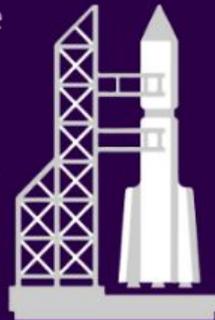
Manufactura, integración y ensayos

D

FASE

Mientras se fabrica el satélite se realizan diversos ensayos para **asegurar su correcto funcionamiento.**

Es importante que **cumpla los requerimientos del lanzador** escogido para poner el satélite en órbita.



La Facultad de Ingeniería tiene **más de 20 años de experiencia** de trabajo en proyectos espaciales

Lanzamiento y operación

E

FASE

A través de un cohete **se lanza el satélite al espacio** y una vez puesto en órbita se comienzan a obtener mediciones científicas.

Normalmente **los nanosatélites describen una órbita polar**, es decir, corren en el sentido de los meridianos terrestres.



Etapas pensadas

Final de vida del satélite



Se planifica qué hacer cuando el satélite finalice su período de operaciones **para que no se transforme en basura espacial.**

Usualmente el satélite **vuelve a la atmósfera y se desintegra.**



Nuestra propuesta

PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN EL MARCO DEL PROYECTO “SATÉLITE UNIVERSITARIO”

COMUNICACIONES CUÁNTICAS POR SATÉLITE

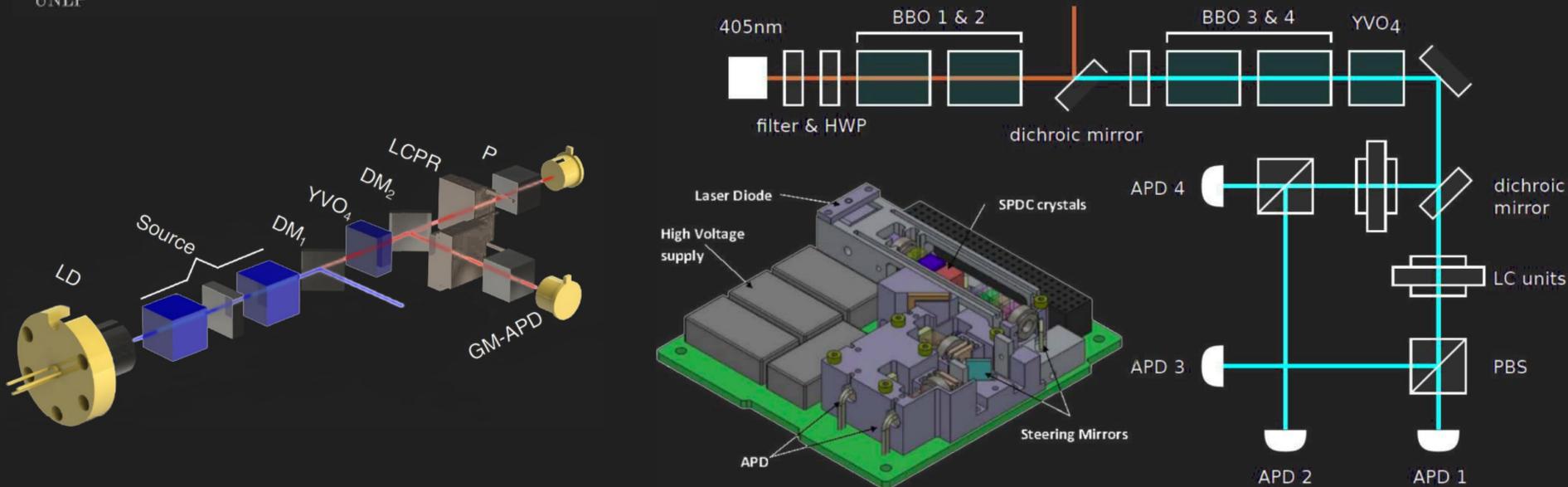
Investigadores Responsables

Dra. Lorena Rebón^{1,2}, Dr. Fabián Videla^{1,3}

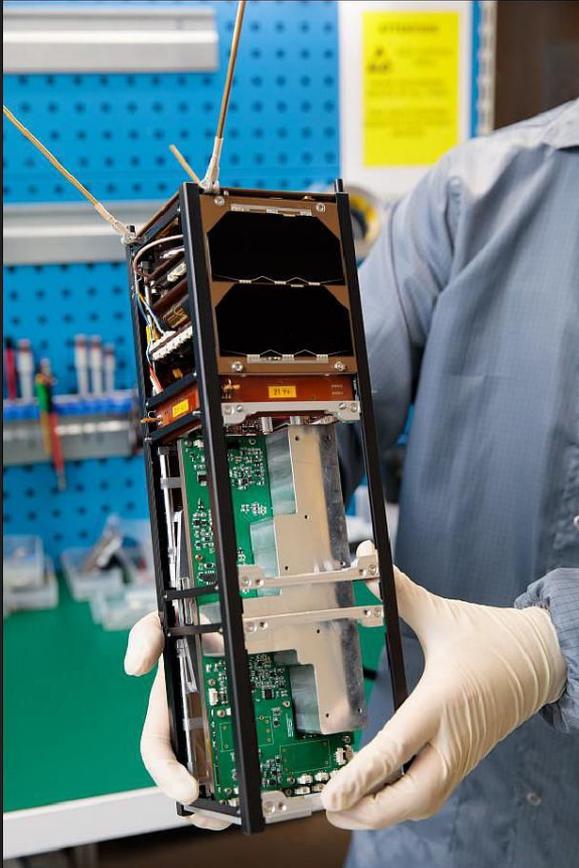
1. Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata.

2. Instituto de Física de La Plata, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

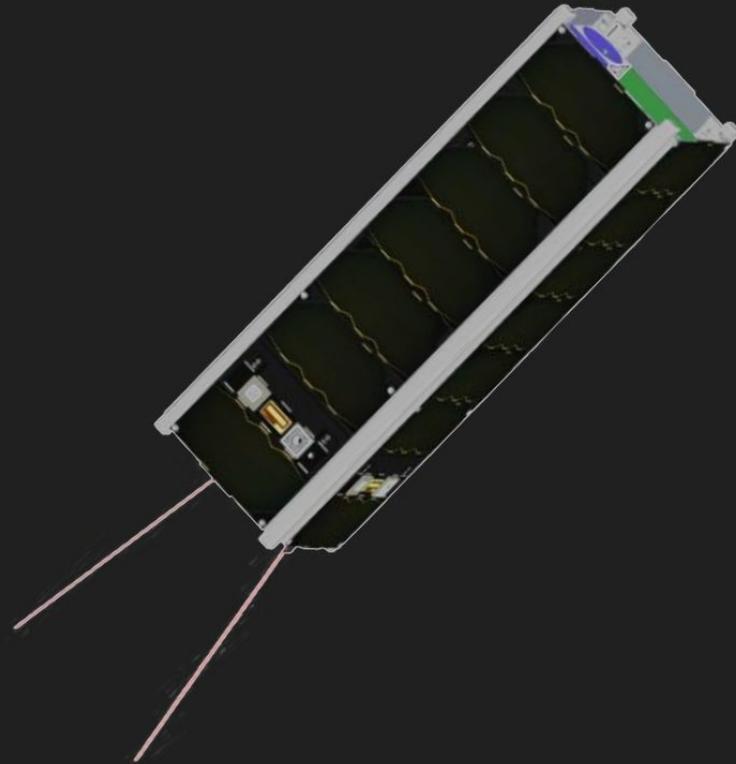
3. Centro de Investigaciones Ópticas, Comisión de Investigaciones Científicas Pcia. de Buenos Aires-CONICET-UNLP



Nuestra propuesta



[7] Prototipo SpooQy-1
Sivasankaran, S, et al. (2022)
DOI: 10.1109/ICSOS53063.2022.9749724



[8] Concepto satélite QUBE
Haber, R, et al. (2018)
DOI: 10.1109/ICSOS53063.2022.9749724

Nuestra propuesta

Inicio abril 2021

Desarrollo de
subsistemas principales

2024

Prototipo compatible
con el estándar CubeSat

2021-2022

2023-2024

2025-2026

Principales desafíos

- Miniaturización
- Alineación óptica
- Estabilidad térmica
- Daño por radiación

2023

QKD de laboratorio

Ingeniería

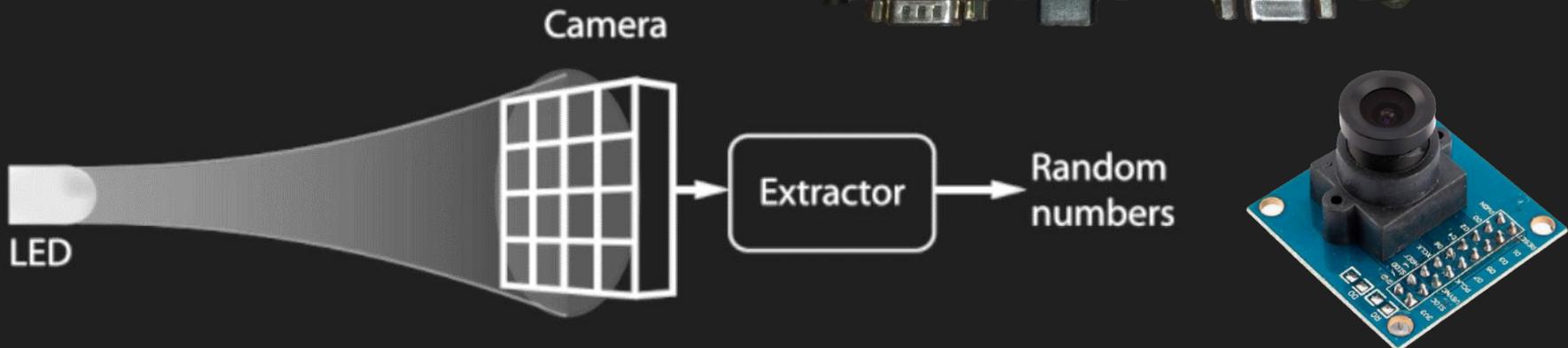
Ensayos térmicos y mecánicos
Integración en el satélite

Nuestro trabajo

Matías R. Bolaños

Becario doctoral Temas Estratégicos CONICET

“Tecnologías fotónicas para el procesamiento cuántico de información”



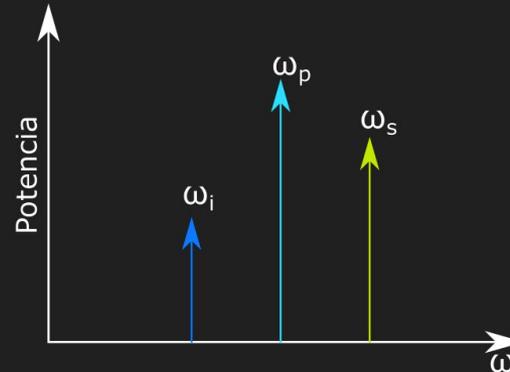
Nuestro trabajo

Paula L. Pagano

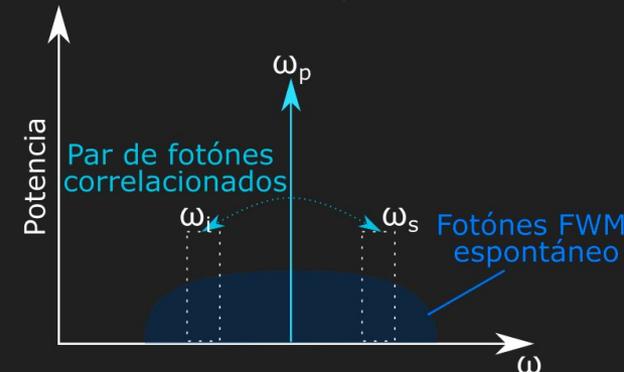
Becaria doctoral CONICET

“Diseño e implementación de dispositivos fotónicos integrados para aplicaciones en óptica cuántica”

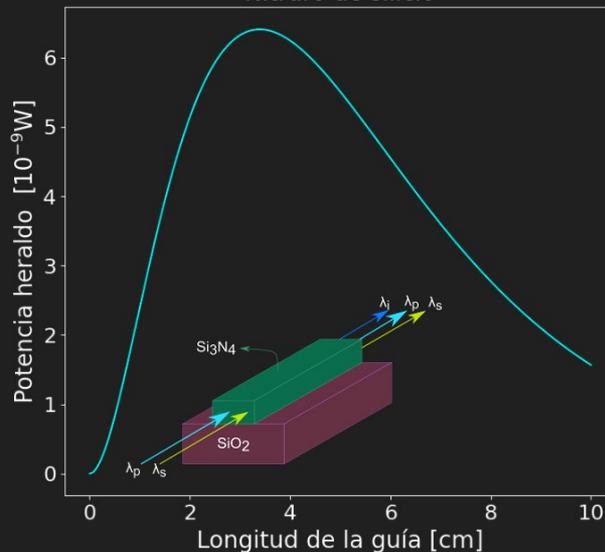
Proceso estimulado



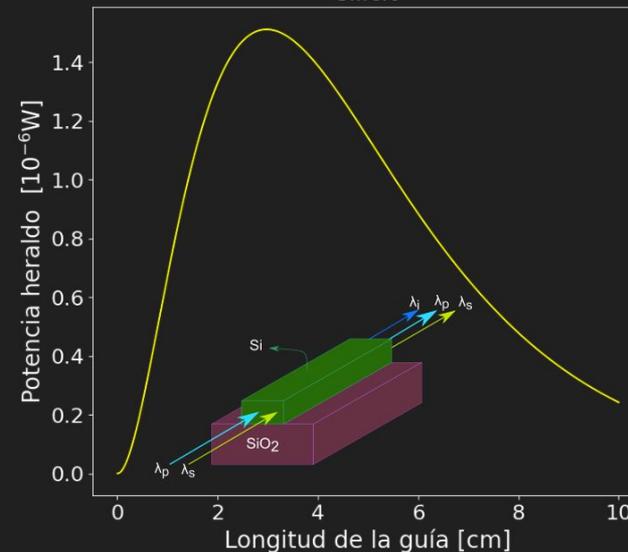
Proceso espontáneo



Nitruro de silicio



Silicio



Nuestro trabajo

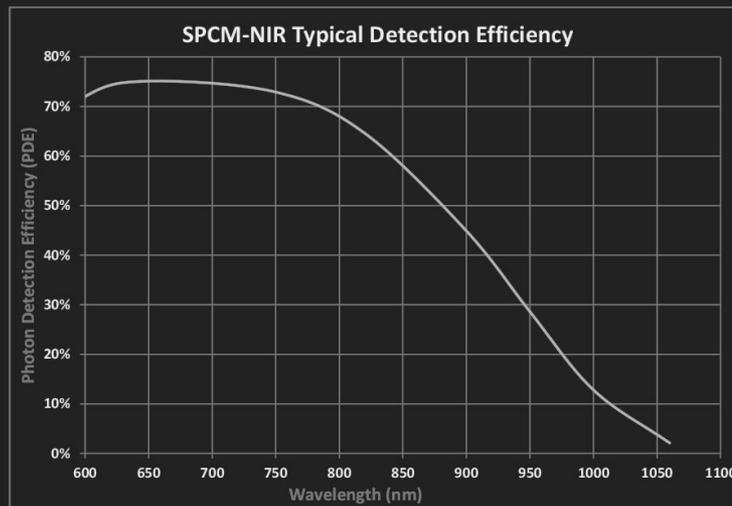
Gonzalo Fernandez Lobo

Becario EVC-CIN

“Adaptación de un sistema prototipo basado en técnicas fotónicas para realizar distribución cuántica de claves en un nanosatélite”



Silicon Geiger Mode APD
SAP500 - Laser Components



Resumen

- Fibra óptica y espacio libre no es suficiente para una red QKD global
- Alternativa: Satélites como nodos seguros
- QKD mediada por satélites viable hoy en día
- Proyecto Satélite Universitario
- Prueba de concepto de comunicaciones cuánticas por satélite

¡Muchas gracias!

¿Preguntas?

Lic. Matías Bolaños: matiasb@ciop.unlp.edu.ar

Dra. Lorena Rebón: rebon@fisica.unlp.edu.ar

Dr. Fabián Videla: fabianv@ciop.unlp.edu.ar