

# Movilidad de haces localizados en redes fotónicas no homogéneas

M. Sabogal<sup>1</sup>, I. Parra<sup>1</sup>, M. Bandera<sup>1</sup>, J. Gallardo<sup>1</sup> & C. Mejía<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física, Universidad del Atlántico

Encuentro Nacional de Óptica, 2019

# Contenido

- 1 **Introducción**
  - Redes fotónicas
  - Guías de onda
- 2 **Modelo teórico**
  - Ecuación discreta no-lineal de Schrödinger
- 3 **Resultados**
  - Familia de modos localizados
  - Movilidad
  - Transmisión de pulsos
- 4 **Conclusiones**

# Contenido

- 1 **Introducción**
  - Redes fotónicas
  - Guías de onda
- 2 **Modelo teórico**
  - Ecuación discreta no-lineal de Schrödinger
- 3 **Resultados**
  - Familia de modos localizados
  - Movilidad
  - Transmisión de pulsos
- 4 **Conclusiones**

# Redes fotónicas

Los sistemas ópticos periódicos se han estudiado intensamente durante las últimas tres décadas por su enorme potencial en aplicaciones tecnológicas. Sus características latentes ofrecen la posibilidad de controlar el comportamiento de la luz, ya sea a largas distancias o cortas. Por ejemplo:

- Comunicación por fibra óptica
- Sensores de alta resolución

Nosotros abordamos el caso de redes fotónicas no lineales con una impureza lineal, que finalmente mejora la manipulación del haz de luz a través de la red.

# Contenido

- 1 **Introducción**
  - Redes fotónicas
  - **Guías de onda**
- 2 **Modelo teórico**
  - Ecuación discreta no-lineal de Schrödinger
- 3 **Resultados**
  - Familia de modos localizados
  - Movilidad
  - Transmision de pulsos
- 4 **Conclusiones**

# Motivación

## Arreglo lineal y homogéneo

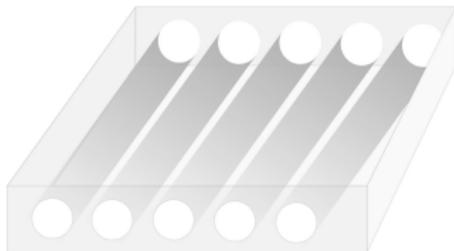


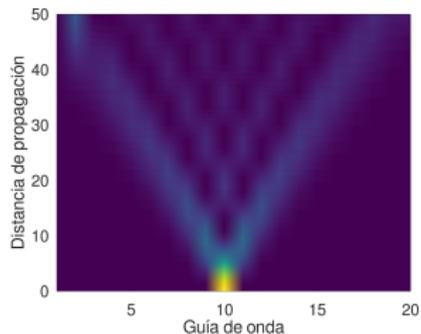
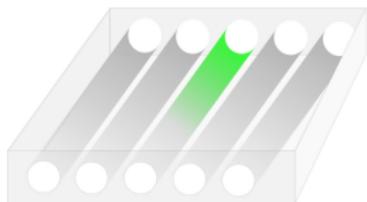
Figura 1: Sistema 1D de guías de onda.

La configuración mas simple de una red fotónica es un arreglo de guías de onda y las propiedades que caracterizan macroscópicamente el material dependen de varios parámetros que cambian periódicamente.

# Motivación

## Difracción

Un claro ejemplo es la distancia de separación entre las guías de onda y esto se ve reflejado en la propagación de las ondas evanescentes.



**Figura 2:** Difracción discreta de un haz propagado en una guía de onda (derecha). Situación inicial en  $z = 0$  (izquierda).

# Motivación

## Arreglo no-lineal y homogéneo

Esta difracción representa pérdidas, dado que el haz o haces que pueden propagarse representan información. Una solución efectiva es aprovechar el auto-enfoque del haz producido por la respuesta no lineal de la red (efecto Kerr).

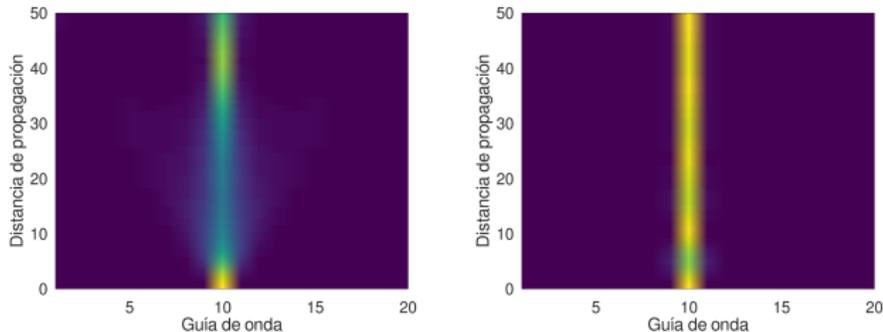


Figura 3: Propagación de un haz de luz en una red con respuesta Kerr.



# Contenido

- 1 Introducción
  - Redes fotónicas
  - Guías de onda
- 2 Modelo teórico
  - Ecuación discreta no-lineal de Schrödinger
- 3 Resultados
  - Familia de modos localizados
  - Movilidad
  - Transmision de pulsos
- 4 Conclusiones



# Cantidades físicas conservadas

La ecuación (1) presenta dos cantidades conservadas:

- Hamiltoniano:

$$H = -\left(\sum_n^{N-1} \zeta E_n(z) E_{n+1}^*(z) + \frac{\gamma}{2} (1 - \delta_{n,n_i}) |E_n(z)|^4\right) \quad (2)$$

- Potencia óptica:

$$P = \sum_n^N |E_n(z)|^2 \quad (3)$$

# Contenido

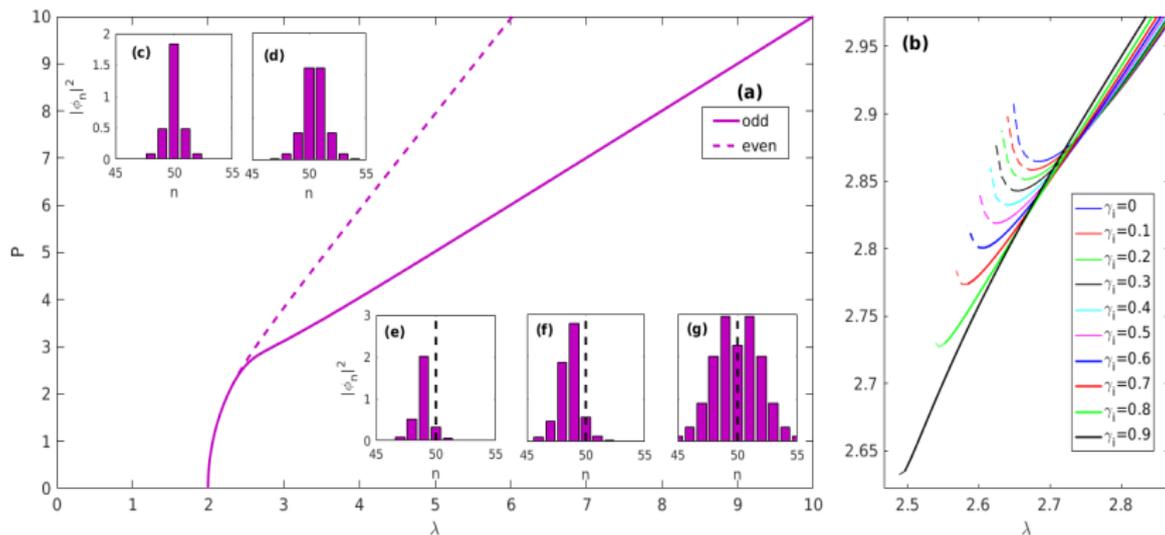
- 1 **Introducción**
  - Redes fotónicas
  - Guías de onda
- 2 **Modelo teórico**
  - Ecuación discreta no-lineal de Schrödinger
- 3 **Resultados**
  - **Familia de modos localizados**
  - Movilidad
  - Transmisión de pulsos
- 4 **Conclusiones**

## Familia de modos localizados

Las soluciones que satisfacen la Ecuación (1) son del tipo  $E_n = \phi_n \exp(i\lambda z)$  donde las amplitudes  $\phi_n$  son cantidades reales que satisfacen.

$$-\lambda\phi_n + \zeta(\phi_{n+1} + \phi_{n-1}) + \gamma(1 - \delta_{n,n_i})|\phi_n|^2 = 0 \quad (4)$$

- $\lambda$  constante de red en el espacio recíproco
- $|\lambda| > 2\zeta$  es la relación de dispersión
- Se usó como restricción la Ecuación (3)



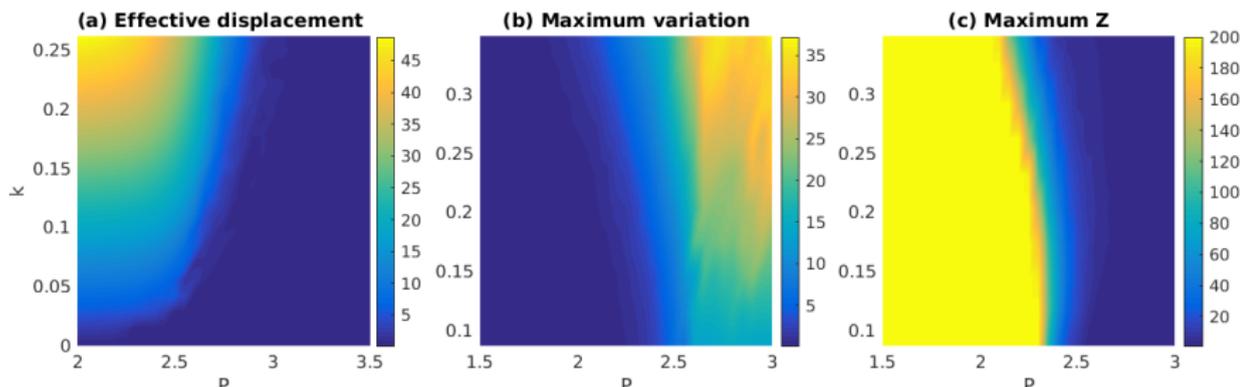
**Figura 5:** (a) Familia de soluciones en lejanias (b) familias de soluciones impares alrededor de la impureza (c-d) modo impar y par en lejanias (e-f) modo impar, par y simétrico alrededor de la impureza

# Contenido

- 1 **Introducción**
  - Redes fotónicas
  - Guías de onda
- 2 **Modelo teórico**
  - Ecuación discreta no-lineal de Schrödinger
- 3 **Resultados**
  - Familia de modos localizados
  - **Movilidad**
  - Transmisión de pulsos
- 4 **Conclusiones**

# Movilidad

- Centro de masa  $CM = \sum_{n=1}^N n |\phi_n|^2 / \sum_{n=1}^N |\phi_n|^2$



**Figura 6:** Analisis de movilidad y coherencia de la información con  $\zeta = \gamma = 1$ : (a) Desplazamiento efectivo del CM (b) Maxima variación registrada del ángulo del CM (c) Maxima distancia

# Contenido

- 1 **Introduccion**
  - Redes fotónicas
  - Guías de onda
- 2 **Modelo teórico**
  - Ecuación discreta no-lineal de Schrödinger
- 3 **Resultados**
  - Familia de modos localizados
  - Movilidad
  - **Transmision de pulsos**
- 4 **Conclusiones**

# Transmisión de pulsos

$$R = \frac{\sum_{n=1}^{n_i - \Delta} |\phi_n|^2}{\sum_{n=1}^N |\phi_n|^2} \quad C = \frac{\sum_{n_i - \Delta}^{n_i + \Delta} |\phi_n|^2}{\sum_{n=1}^N |\phi_n|^2} \quad T = \frac{\sum_{n=n_i + \Delta}^N |\phi_n|^2}{\sum_{n=1}^N |\phi_n|^2}$$

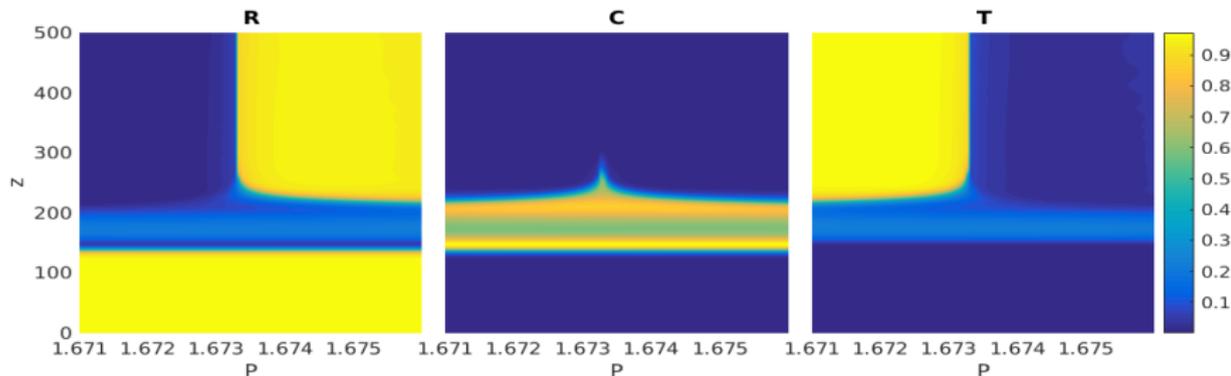
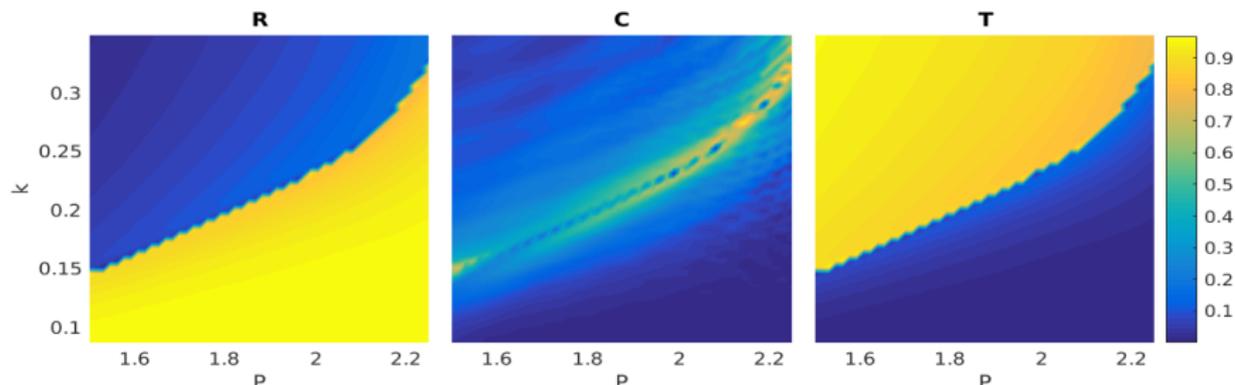


Figura 7: Coeficientes  $RCT$  en función de  $P$  y  $z$ , en vecindades de  $P_c = 1,6732$ , para  $k = \pi/18$ ,  $\zeta = \gamma = 1$  y  $\gamma_i = 0$ .

# Transmisión de pulsos



**Figura 8:** Mapa de colores de los coeficientes  $RCT$  en función del momentum transversal  $k$  y la potencia optica  $P$ , para  $\zeta = \gamma = 1$  y  $\gamma_i = 0$ .

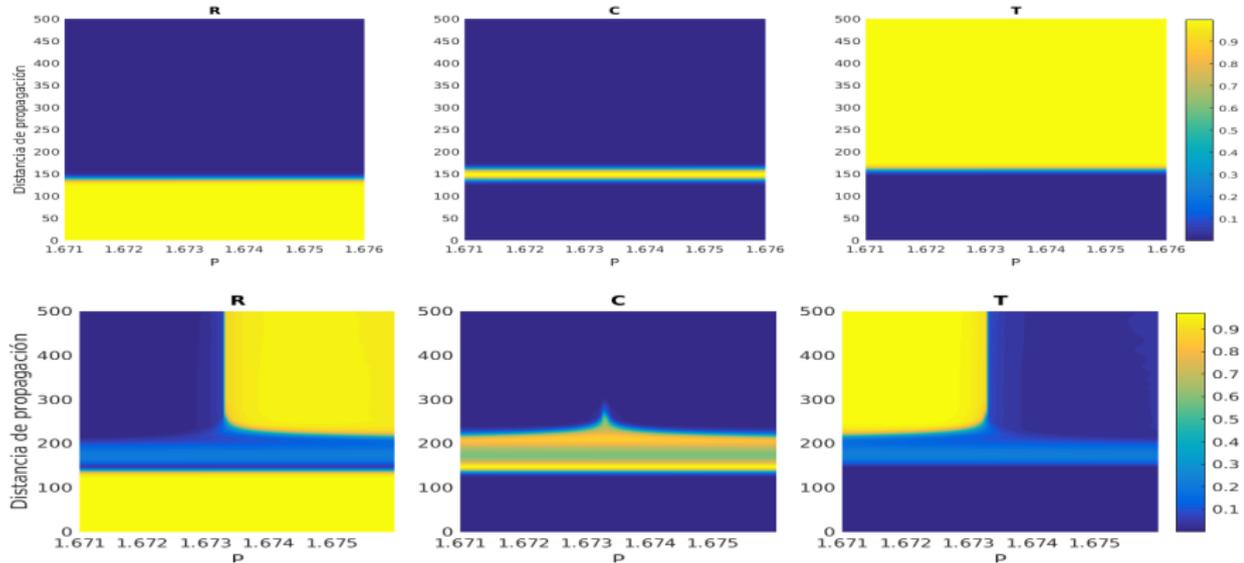
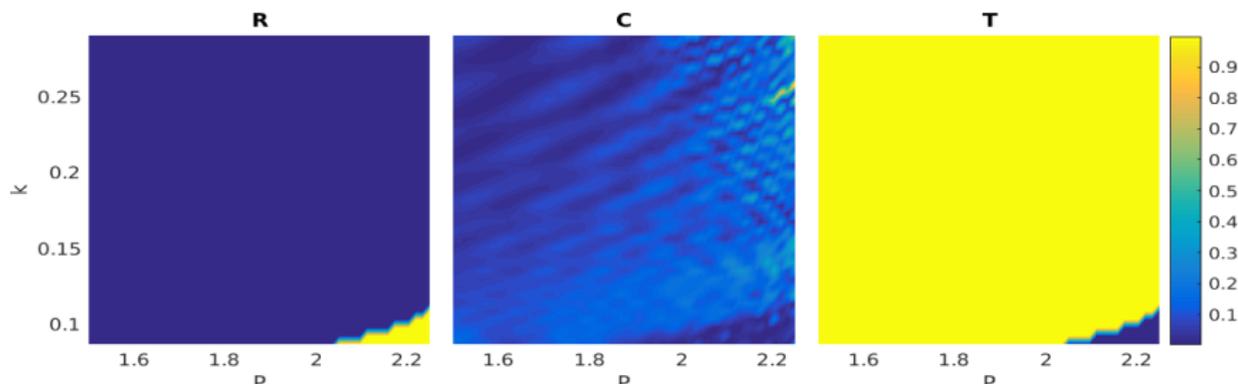


Figura 9: Coeficientes  $RCT(P, z)$ ,  $k = \pi/18$ ,  $\zeta = \gamma = 1$ ,  $\gamma_i = 0,9$  (arriba) y 0 (abajo).

# Transmisión de pulsos



**Figura 10:** Mapa de colores de los coeficientes  $RCT$  en función del momentum transversal  $k$  y la potencia optica  $P$ , para  $\zeta = \gamma = 1$  y  $\gamma_i = 0,9$ .

## Conclusiones

- Se encontraron las familias de soluciones fundamentales localizadas y su estabilidad alrededor del defecto en una red fotónica formada por un sistema de guías de ondas unidimensionales con acoplamiento de modo homogéneo y con respuesta no lineal tipo Kerr.
- El análisis de la movilidad de los solitones lejos de la impureza permitió determinar las áreas donde se garantiza la mayor movilidad y la coherencia de la información como función del momento transversal  $k$  y la potencia óptica.
- La interacción directa entre la impureza y los modos no lineales muestra una dinámica corpuscular.

## Conclusiones

- Se obtuvieron los coeficientes de reflexión y transmisión, encontrando un comportamiento de filtro variable en función de los parámetros del sistema, y también las áreas donde se ubican los valores críticos de potencia y momento transversal en los que el solitón queda atrapado alrededor de la impureza.
- Realizamos un breve análisis sobre las consecuencias de la constante de impureza no lineal sobre la movilidad y la estabilidad de las soluciones localizadas, observando un cambio drástico en los coeficientes de reflectancia y transmitancia en función de  $\gamma_i$

## Resultados esperados

- Esperamos que estos resultados puedan ser interesantes en el diseño de limitadores ópticos, barreras y puertas para futuros chips fotónicos, que permitan la optimización de la manipulación y transmisión de información en el campo de la computación óptica.