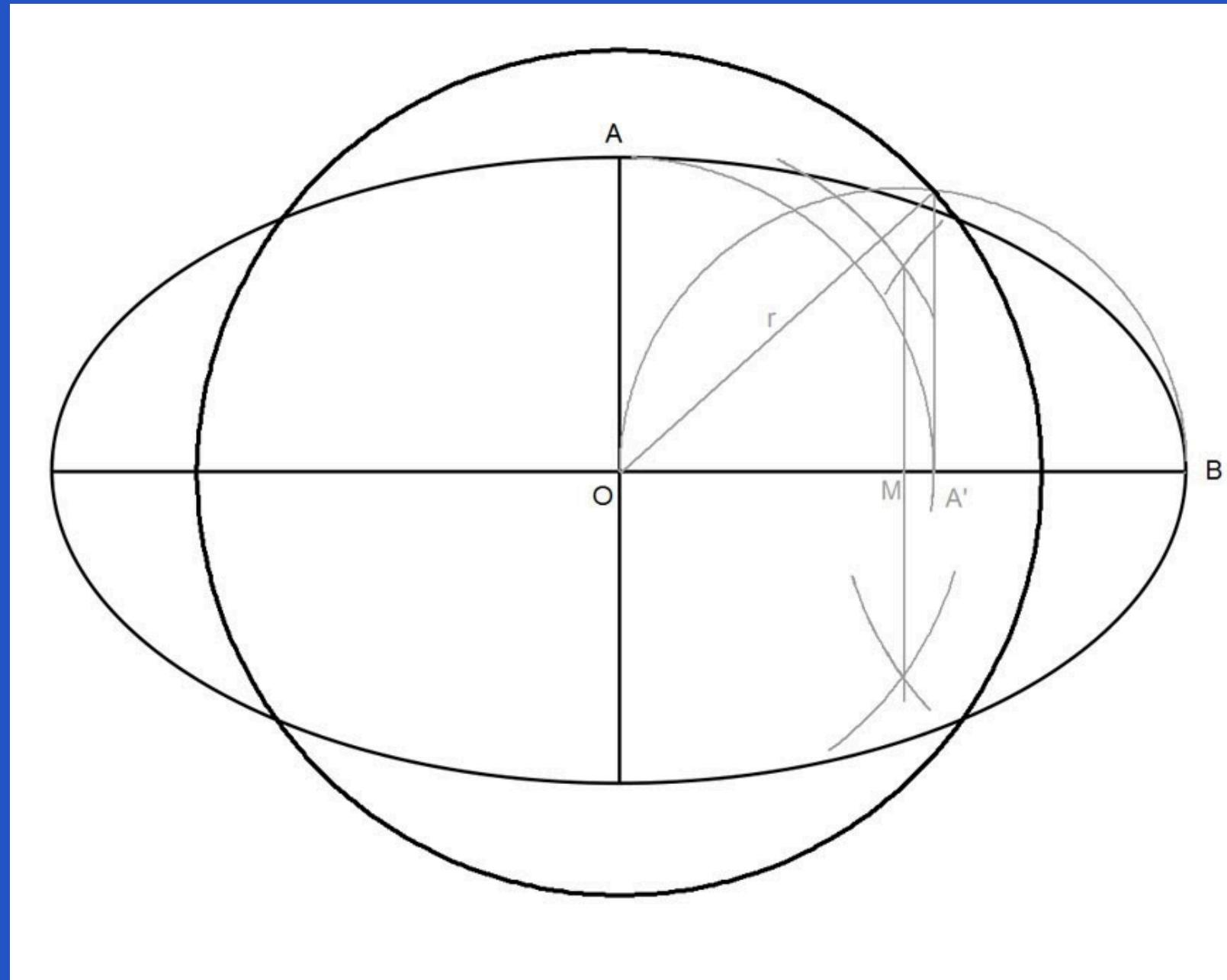


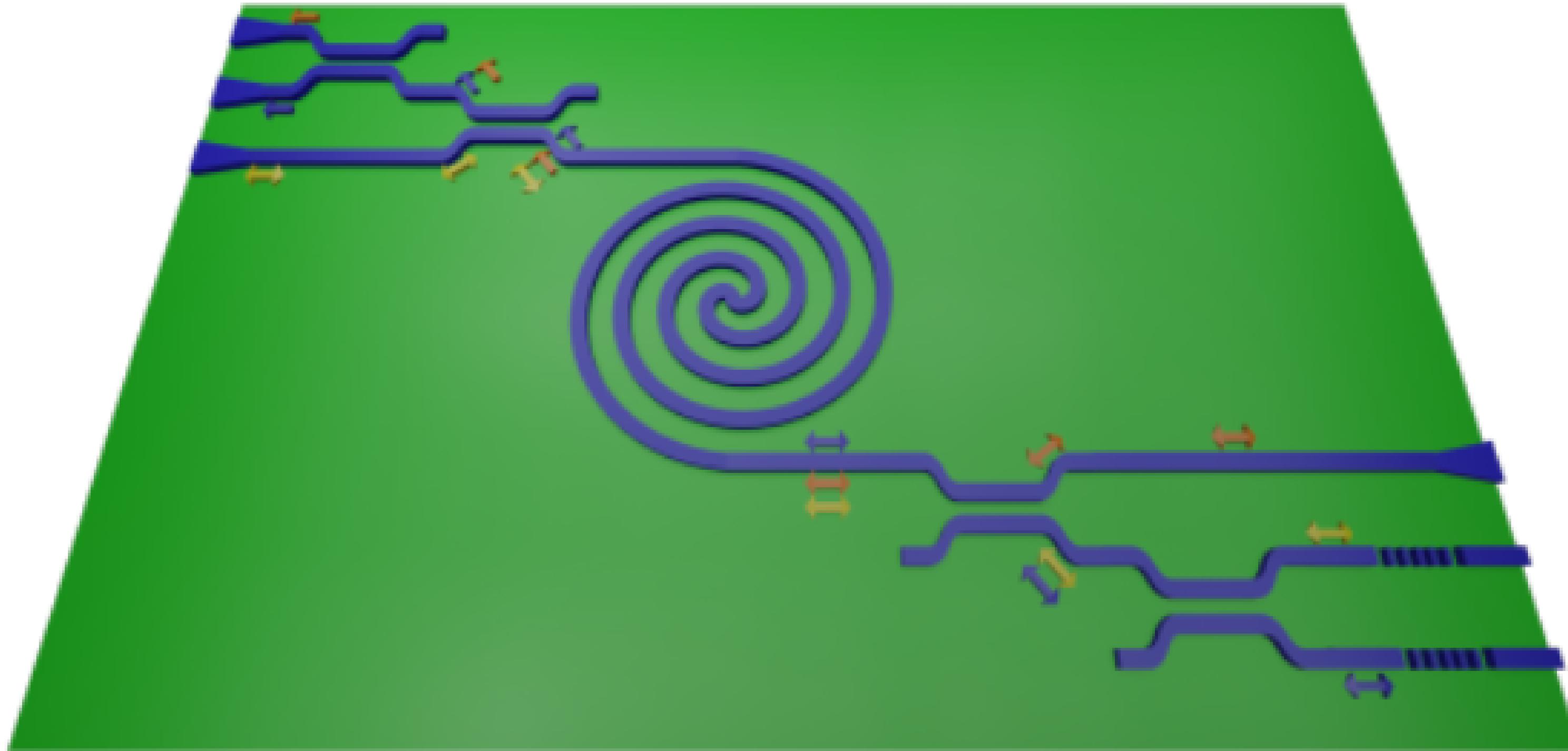
Luz comprimida

Luz comprimida



- La luz se puede describir por dos cuadraturas X y P (análogas a posición y momento).
- En el vacío o en un láser “normal”, las fluctuaciones cuánticas cumplen $\Delta x \Delta p \geq \frac{1}{2}\hbar$,
- En un estado comprimido se reduce el ruido de una

Circuito

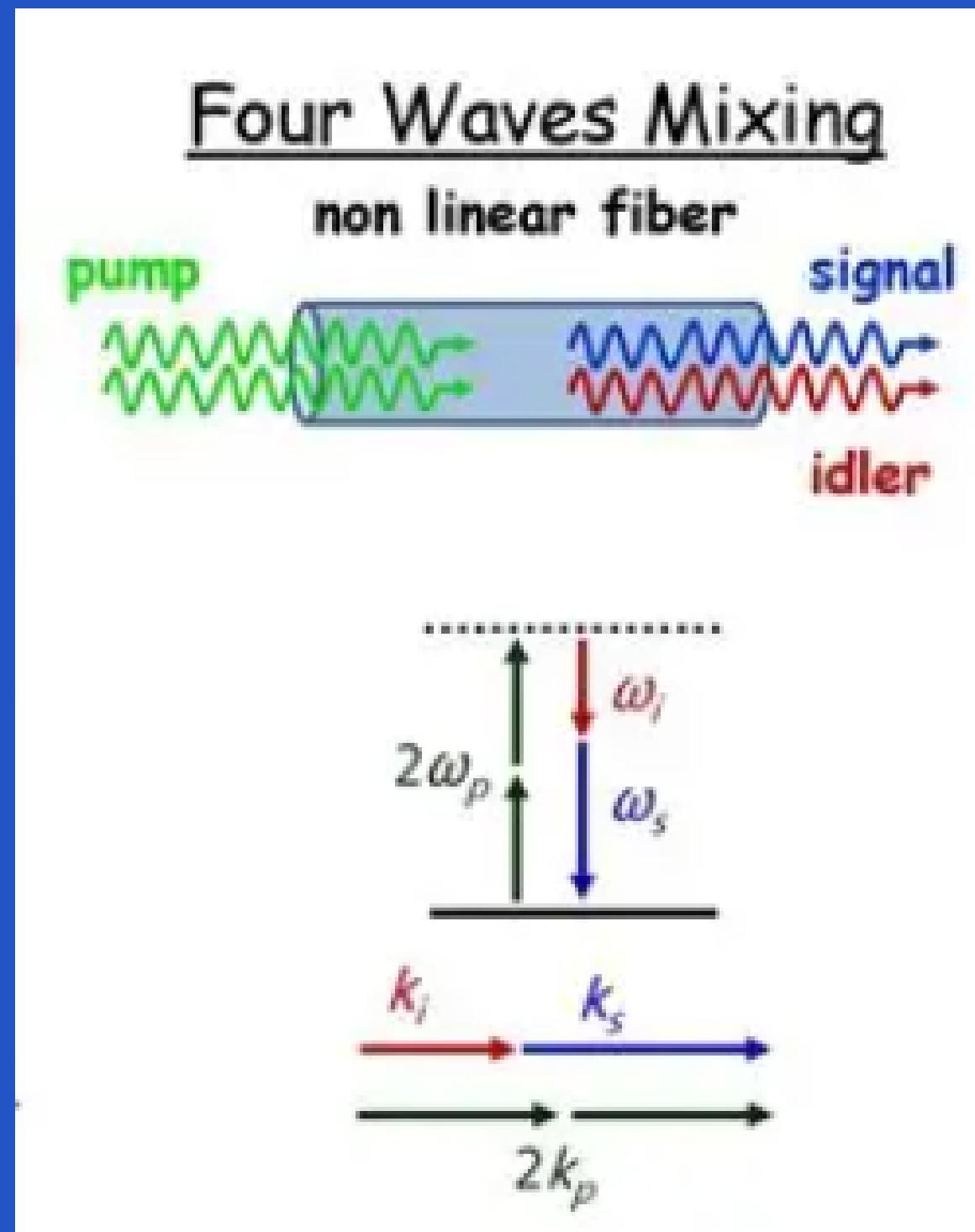


Circuito a trabajar

- 1 Fuente
- 4 Separadores de frecuencia
- 2 Espejos de brag



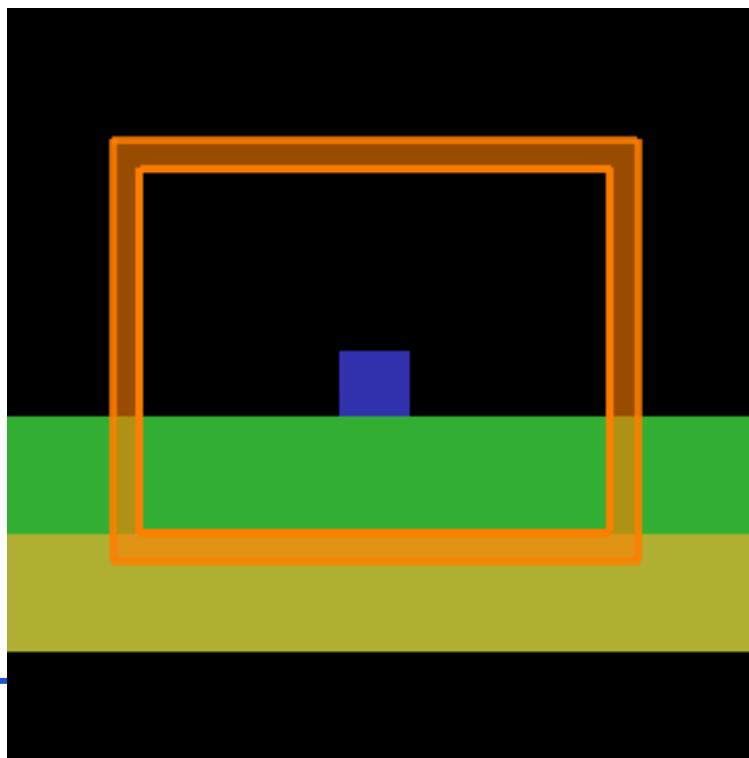
FWM-Degenerado



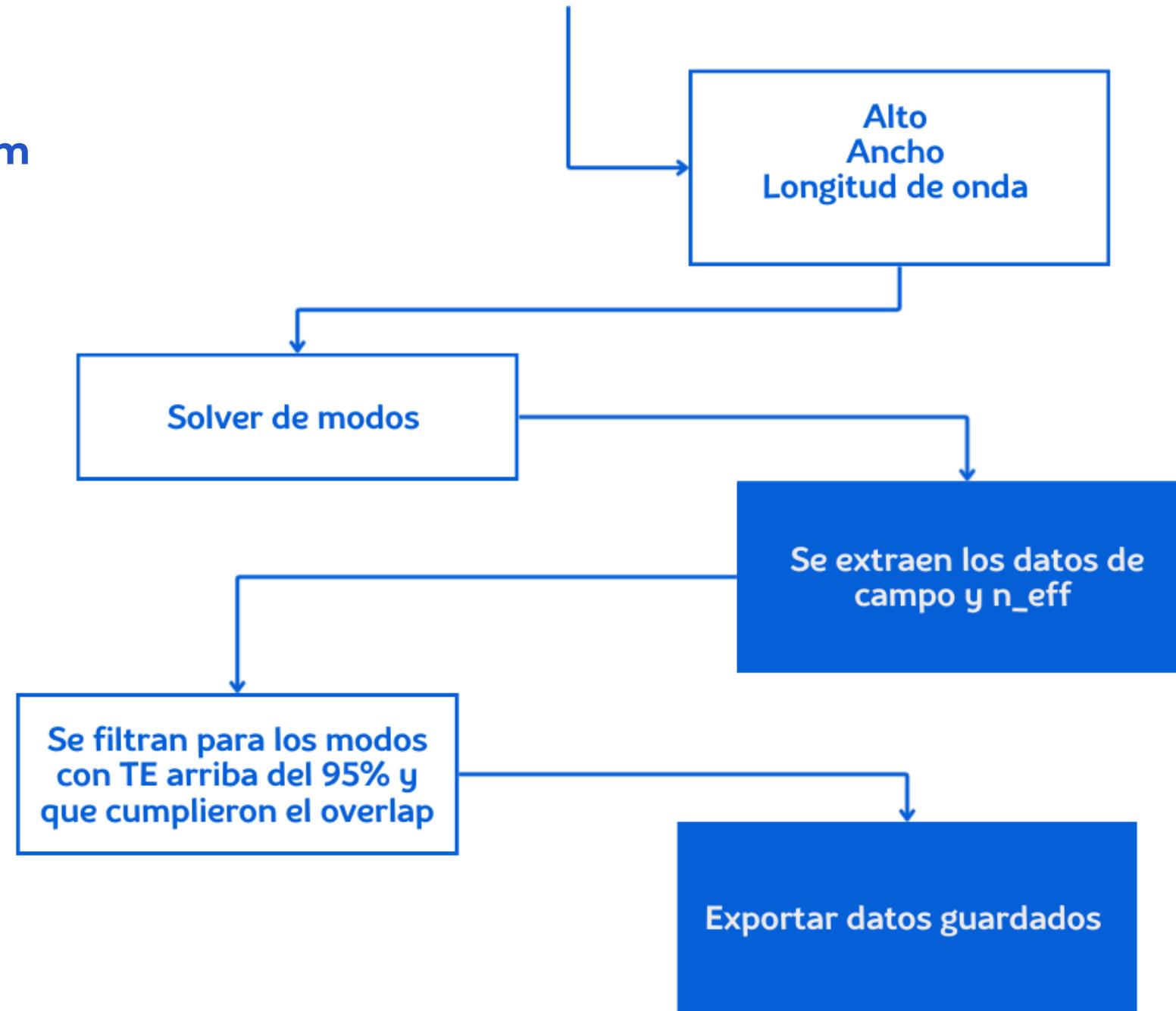
- Inyectamos un láser de bombeo a una guía de onda no lineal con susceptibilidad de tercer orden
 - El proceso de Four-Wave Mixing puede “aniquilar” dos fotones de bombeo y crear un par de fotones: uno signal y uno idler.
 - Este proceso solo es eficiente si se cumplen:
Conservación de energía: $2w_p = w_s + w_i$
Phasematching: $\Delta k = 0$

Lumerical

- Rango espectral para el bombeo: 720 nm a 890 nm
- Rango espectral para el modo señal: 1530 nm a 1570 nm
- Rango espectral para el modo acompañante: 500 nm a 680 nm
- Mantener fija la altura del dióxido de silicio en 1 micra
- Ancho del núcleo de nitruro de silicio: de 0.5 a 2 micras
- Altura del núcleo de nitruro de silicio: de 0.4 a 1.0 micras



LISTA PARA BARRIDO DE GEOMETRIAS

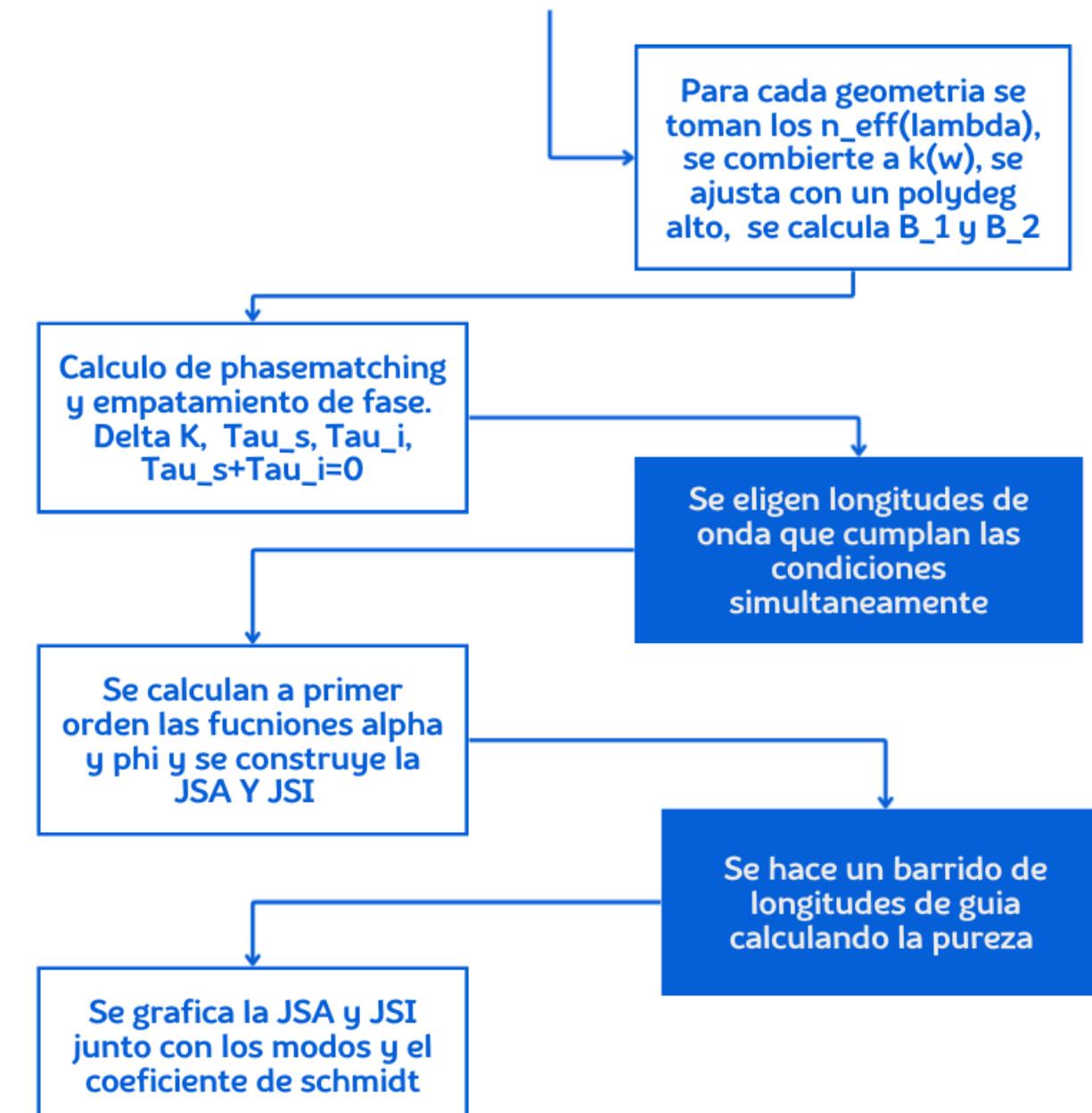


MATLAB

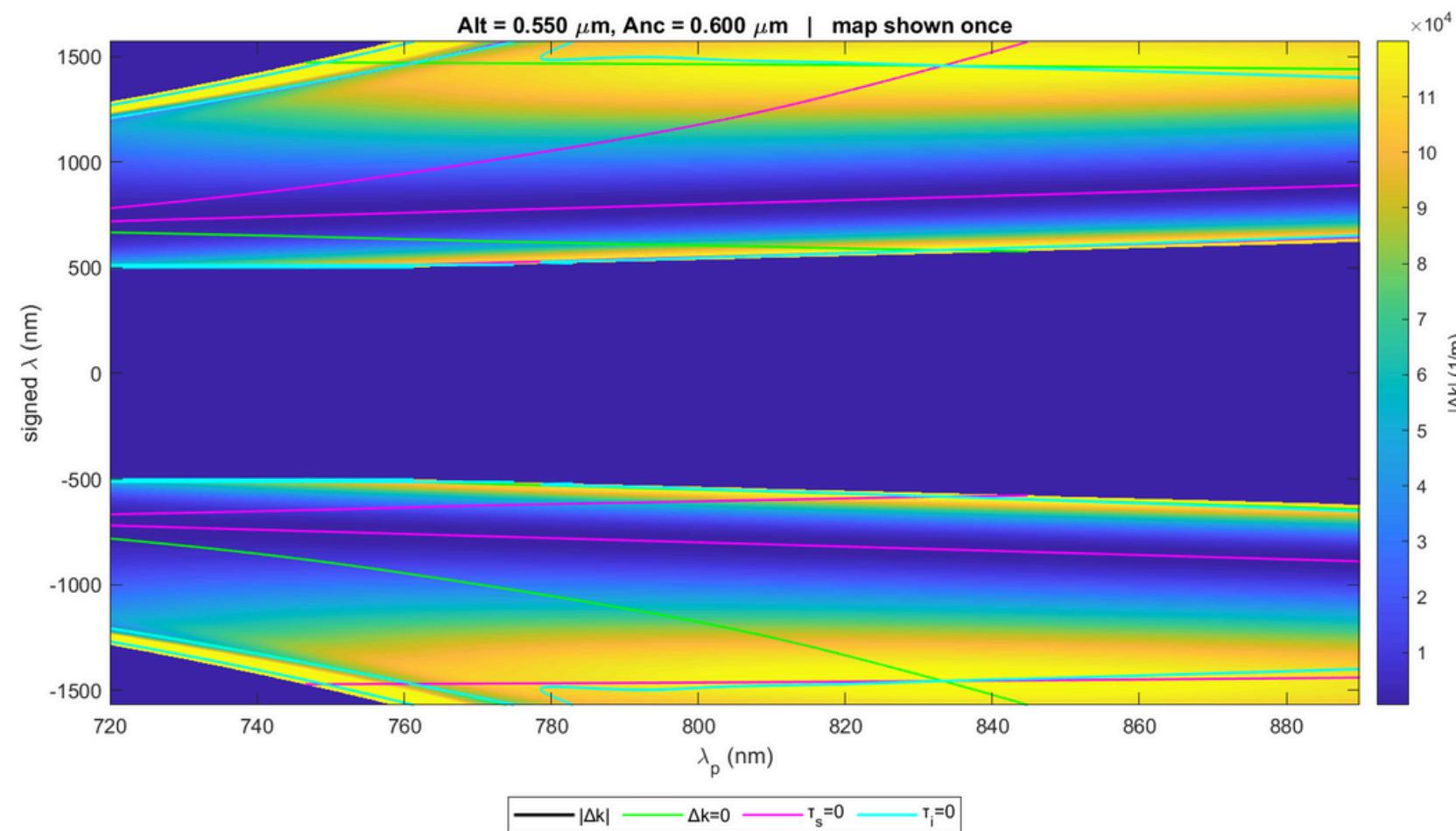
$$F(\omega_s, \omega_i) = \int d\omega \alpha(\omega) \alpha(\omega_s + \omega_i - \omega) \operatorname{sinc}\left[\frac{L}{2} \Delta k\right] \exp\left[i \frac{L}{2} \Delta k\right],$$

$$F_{\text{lin}}(\nu_s, \nu_i) = \alpha(\nu_s + \nu_i) \phi(\nu_s, \nu_i),$$

ARCHIVO EXTRAIDO DE LUMERICAL



Solucion



Altura del nucleo

0.55 micras

Ancho del nucleo

0.6 micras

LONGITUDES DE ONDA

PUMP

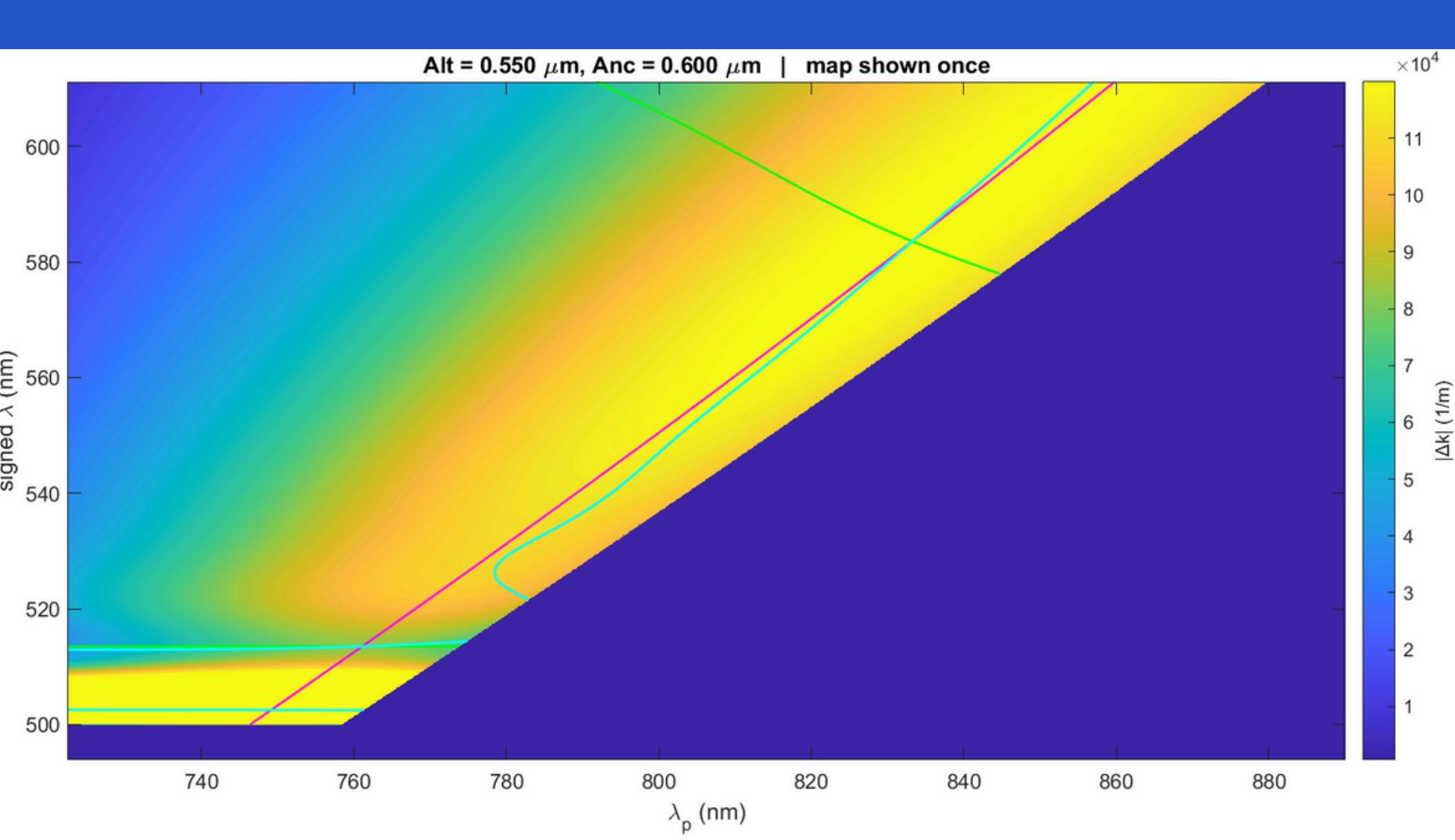
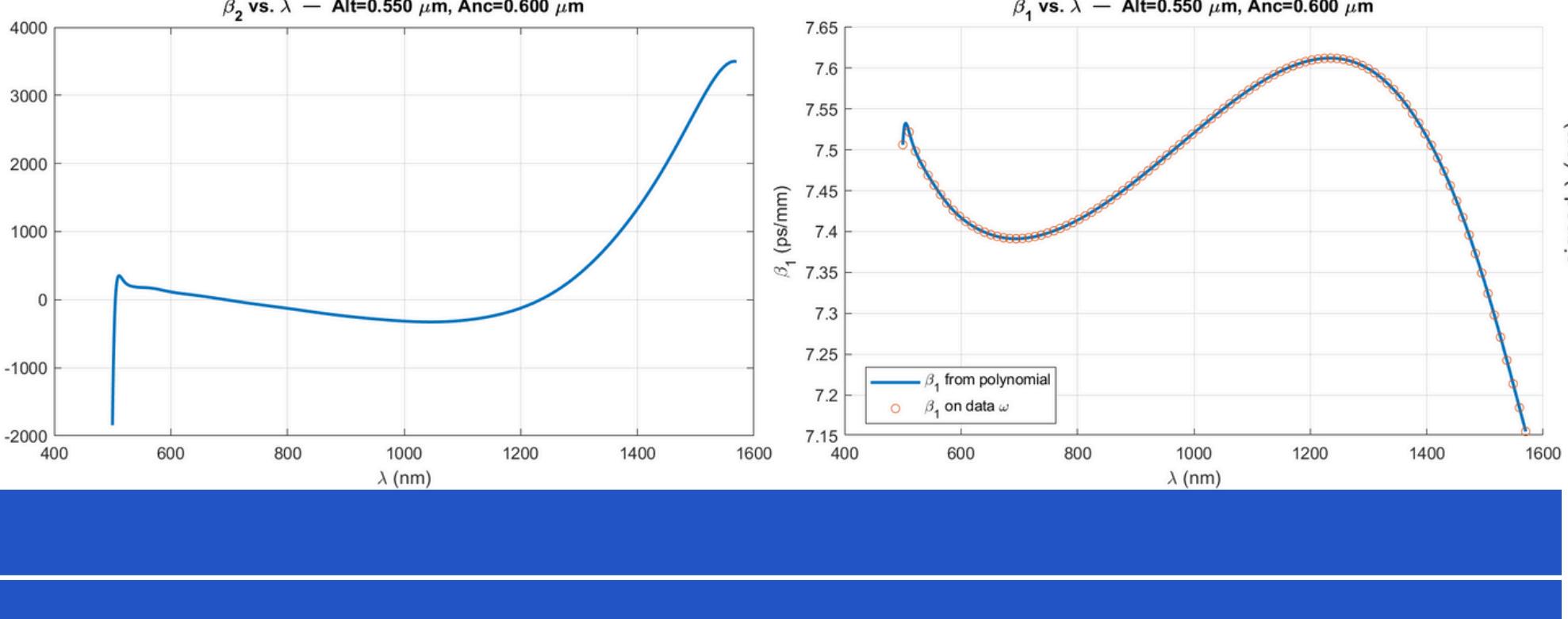
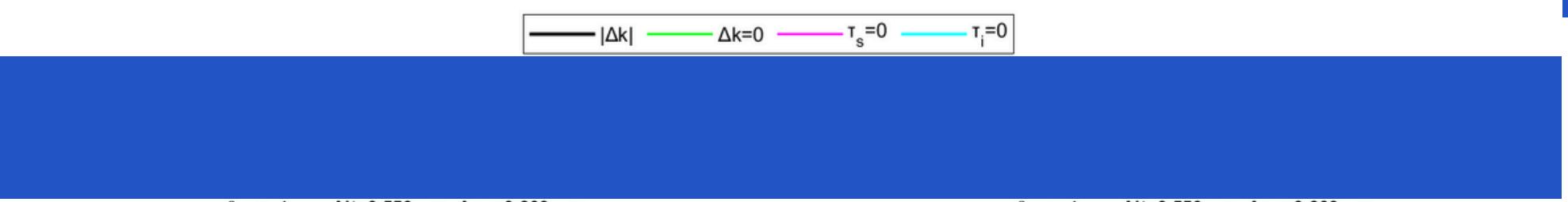
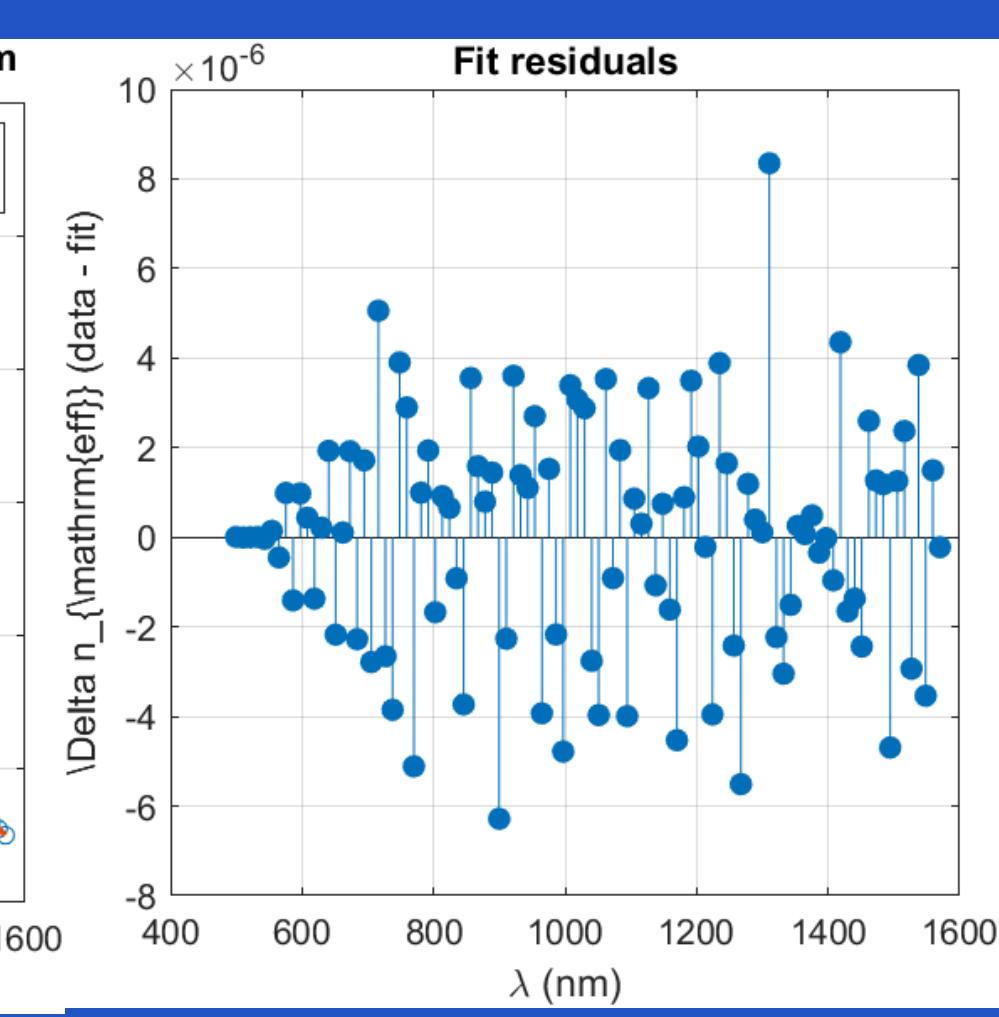
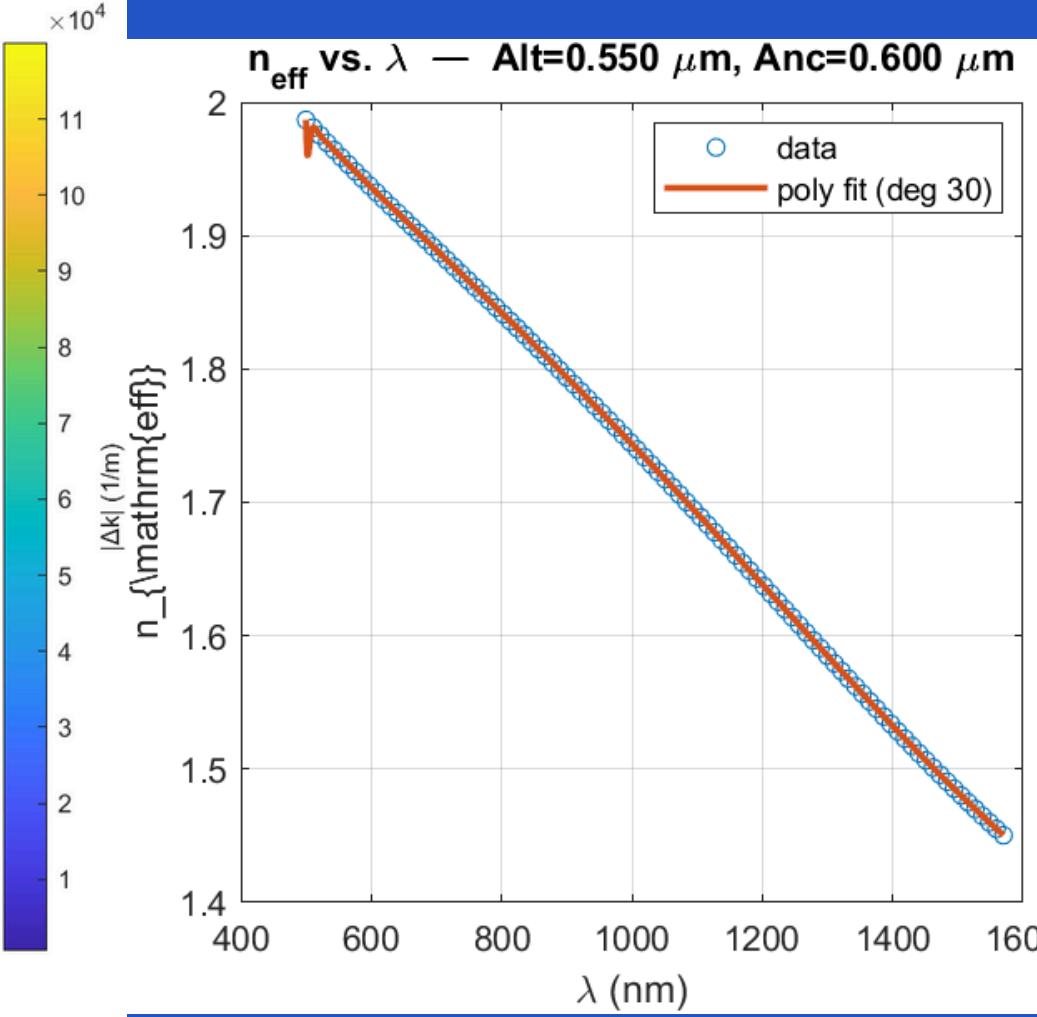
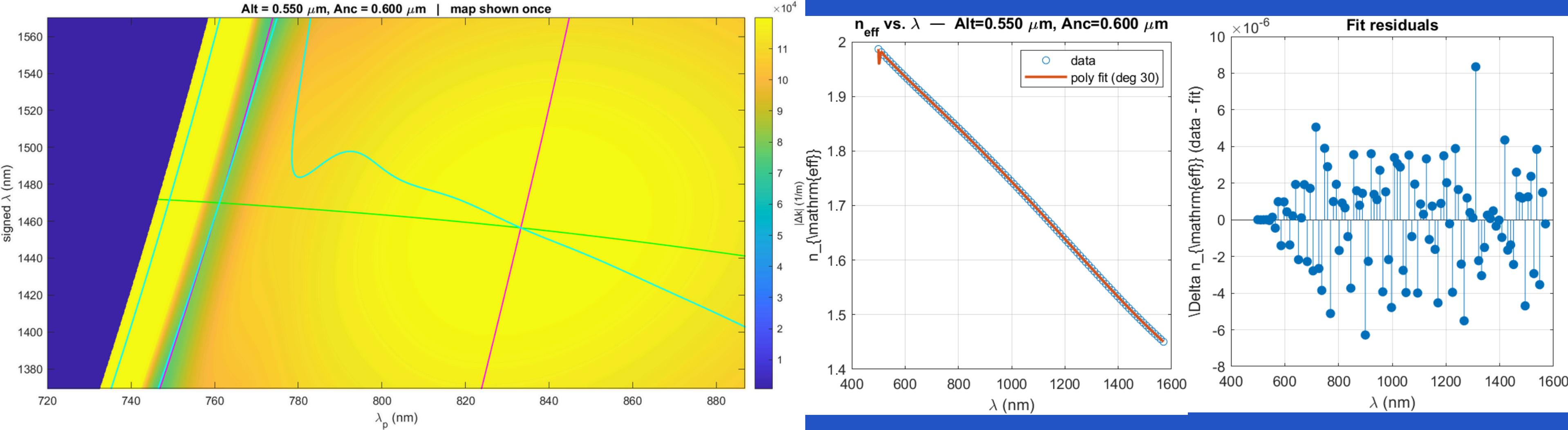
761 nm

SIGNAL

1470 nm

Idler

513.4 nm



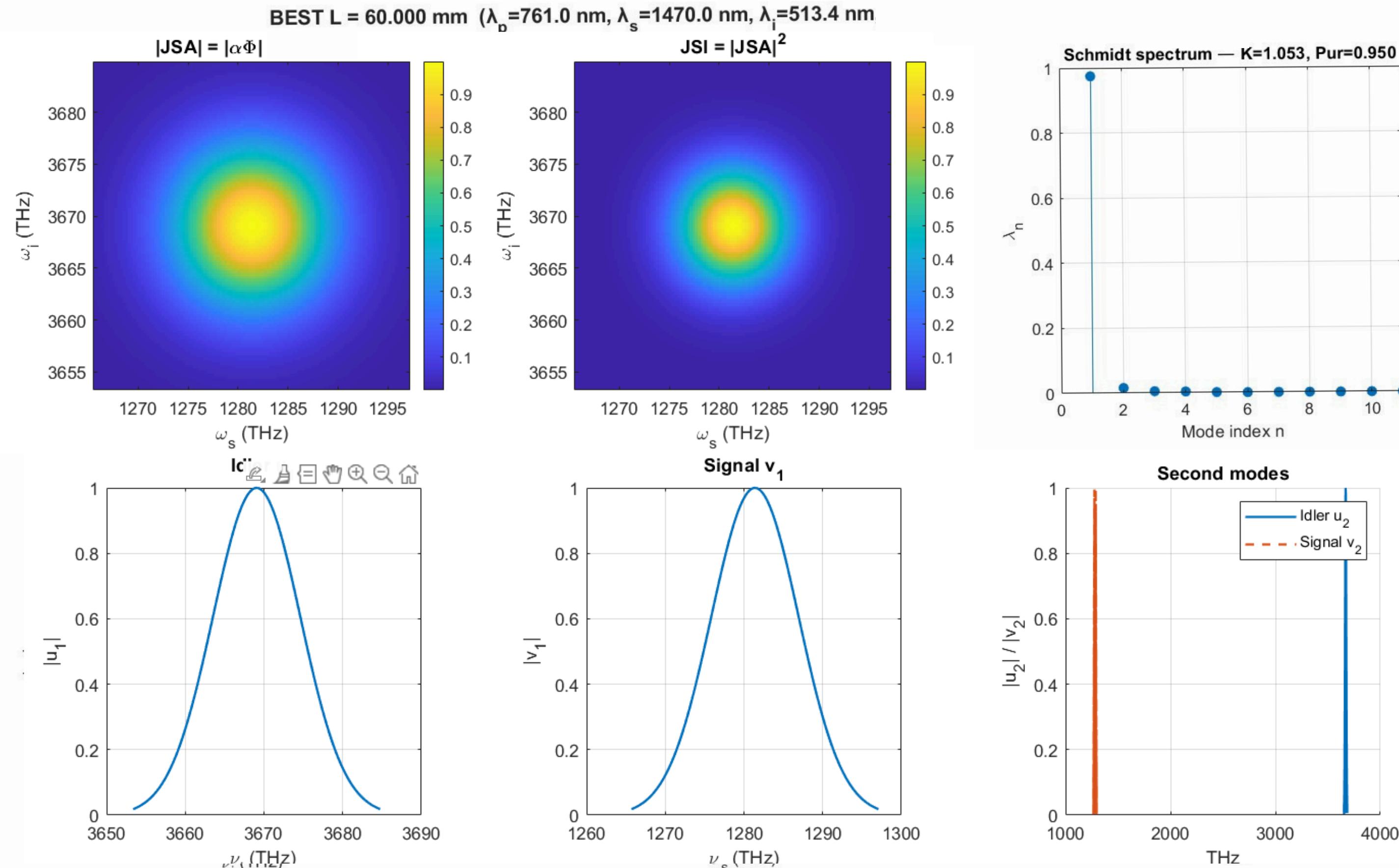
Solucion

Longitud de la
fuente

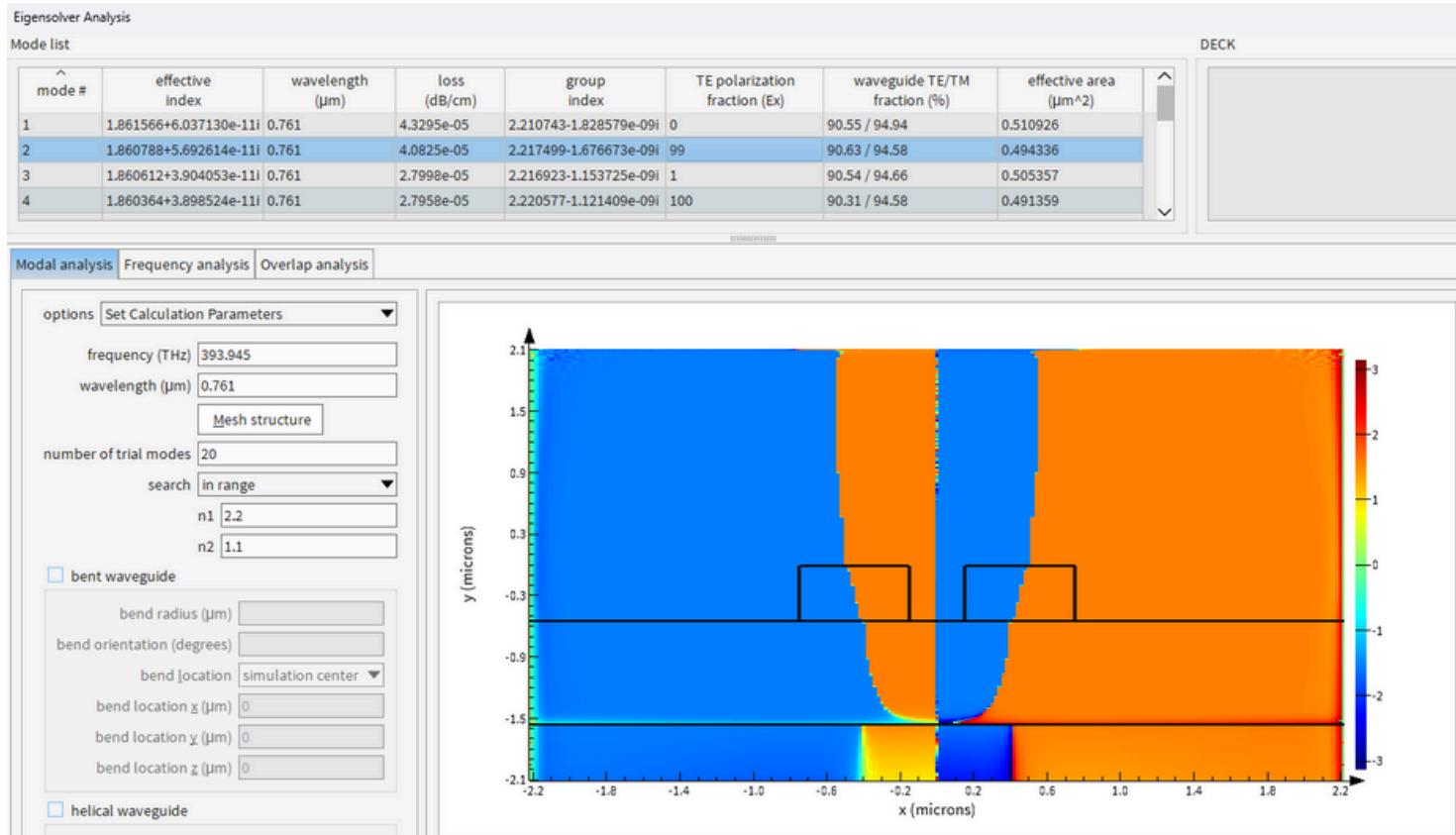
0.6 cm

Pureza

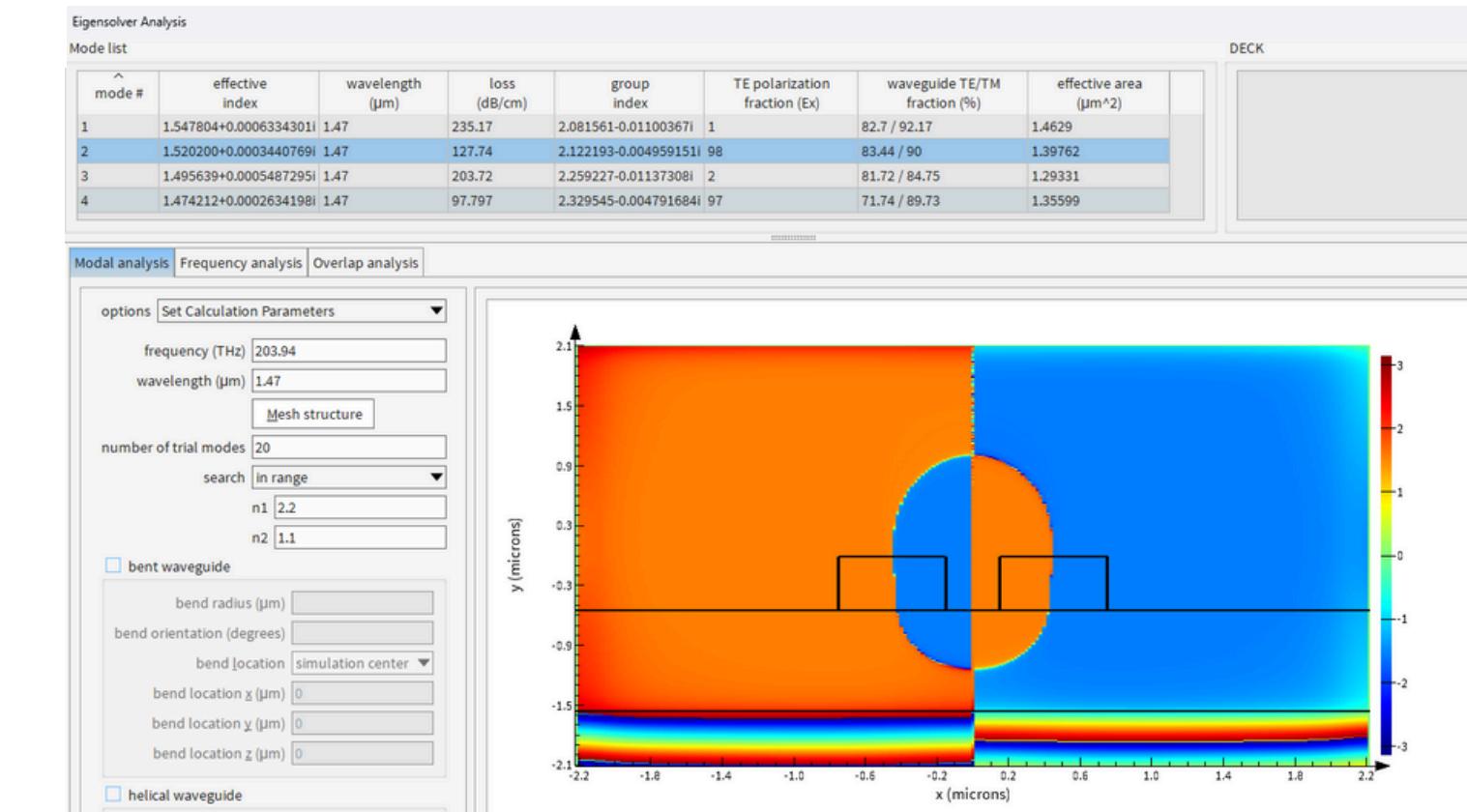
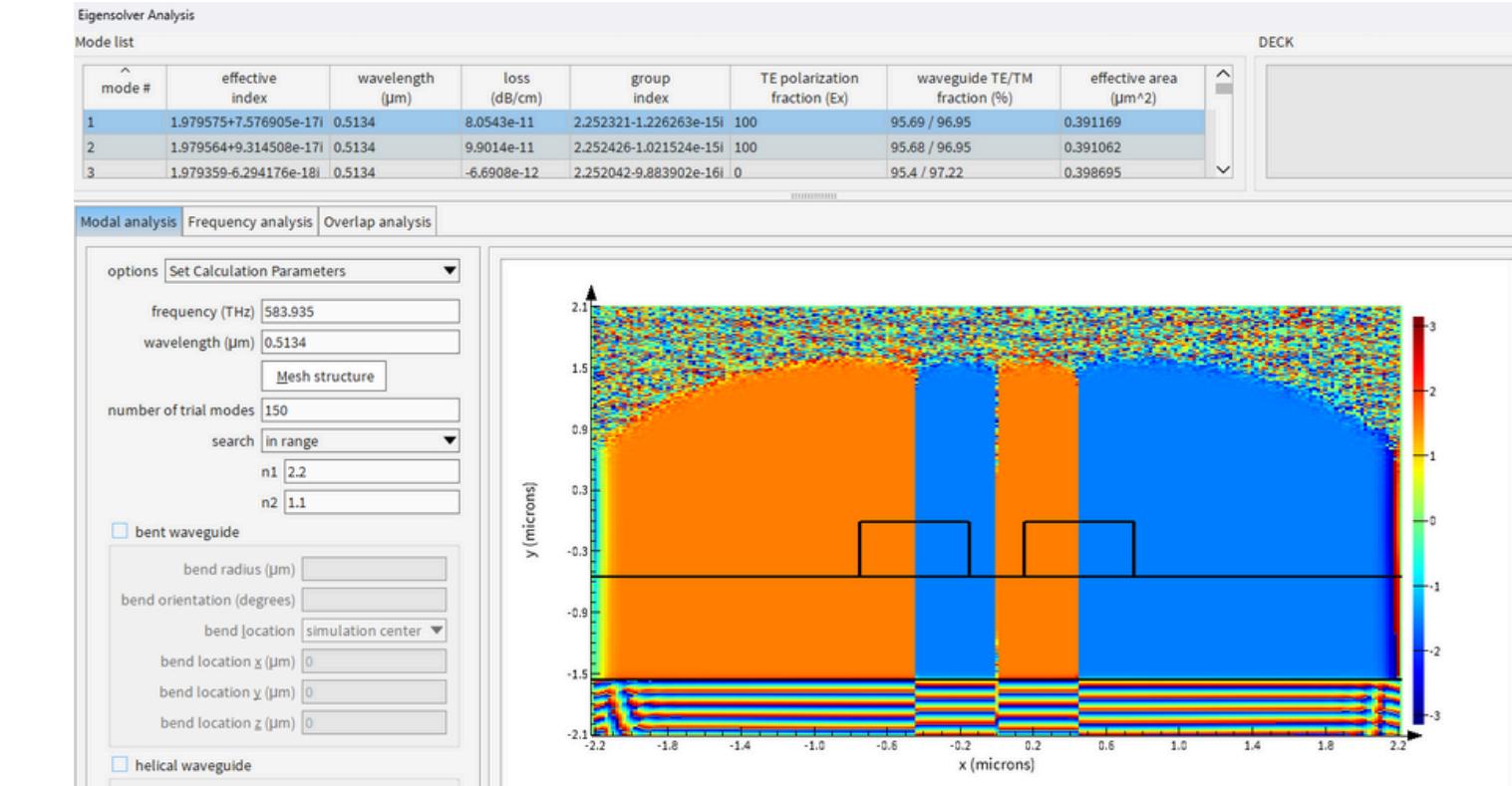
0.95



Separador Signal Calculo de LC



$$L_c = \frac{\lambda}{2\Delta n_{eff}}$$



Gap = 0.3
Lc
Signal: 15.98 um
Idler: 23336.36 um
Pump: 897.41 um

Separador Idler Calculo de LC

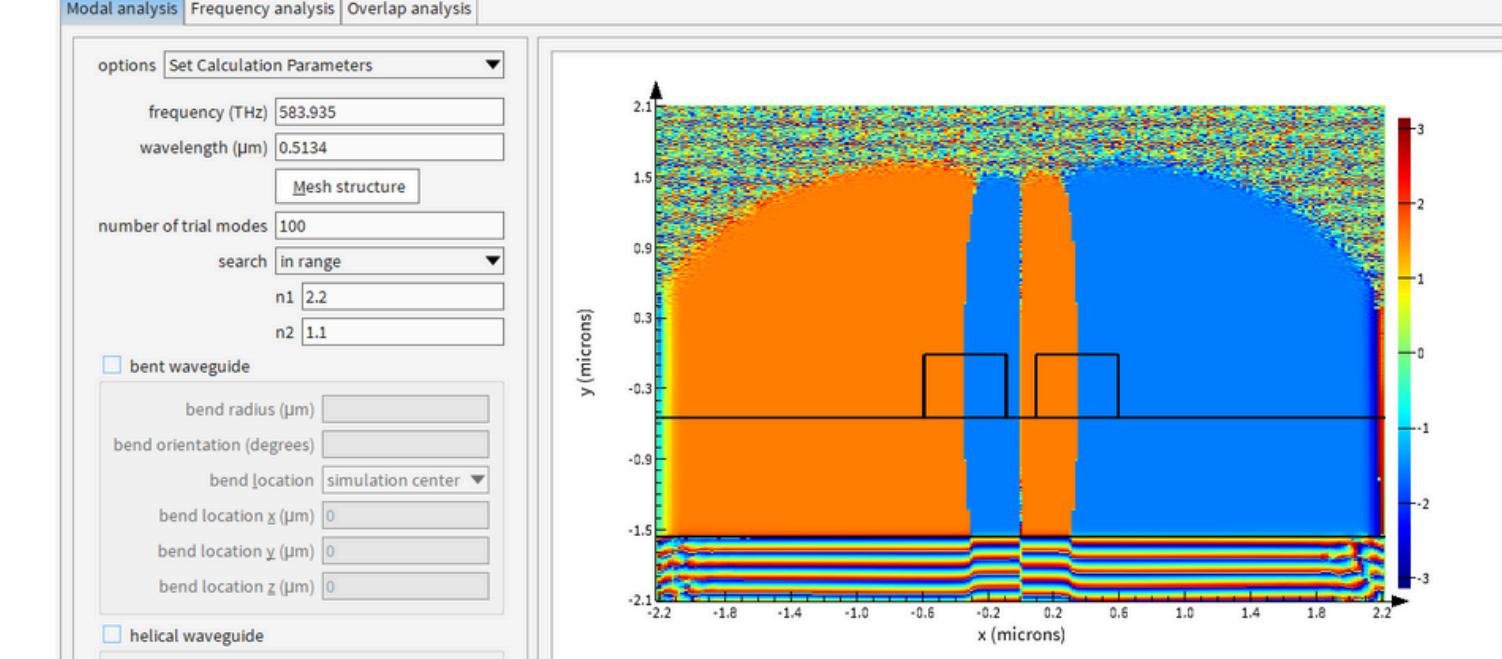
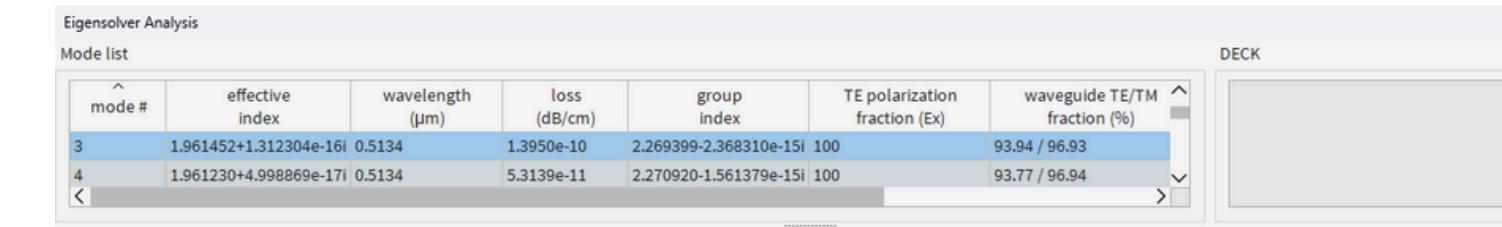
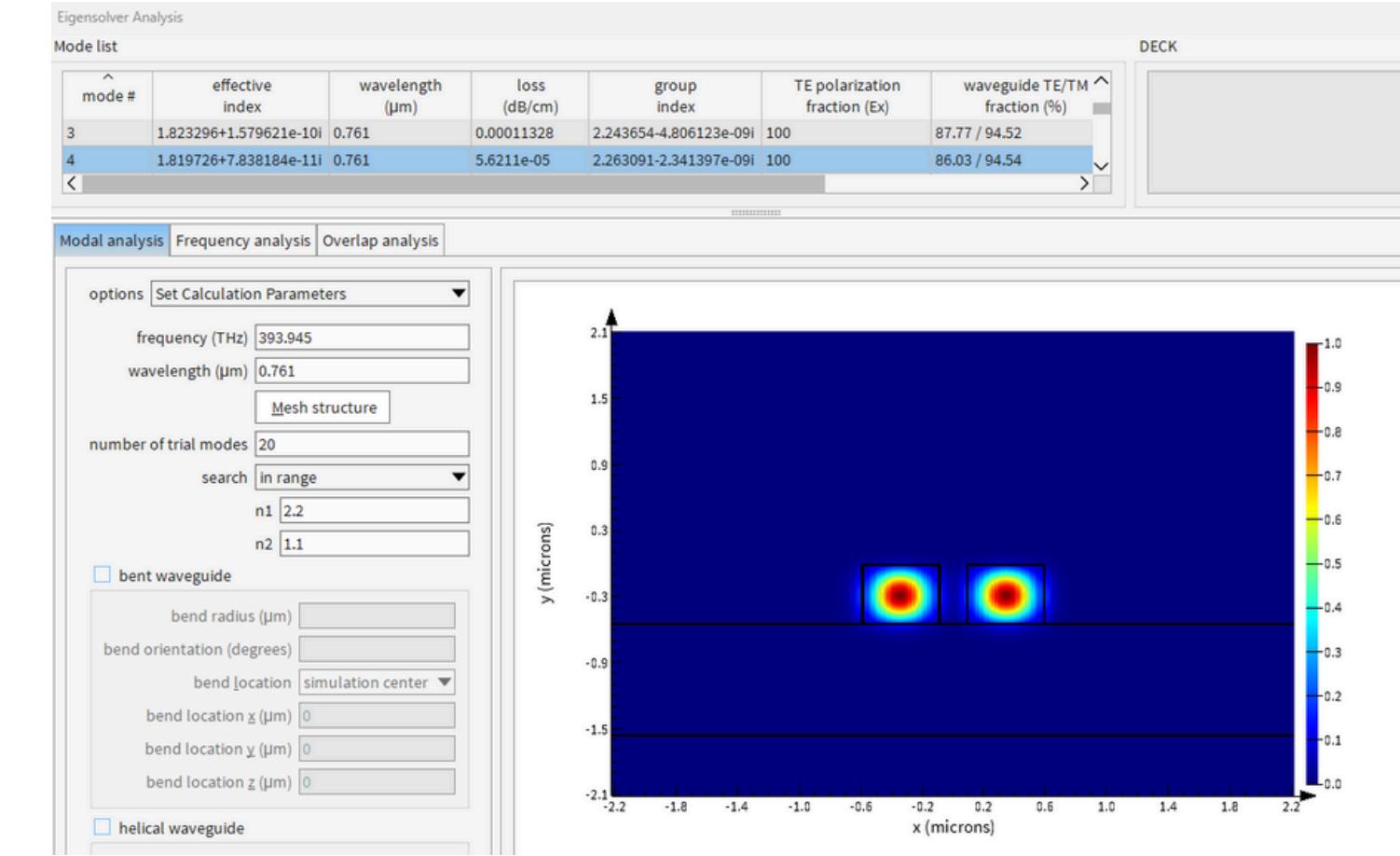
$$L_c = \frac{\lambda}{2 \Delta n_{\text{eff}}}$$

Gap: 0.185

Lc

Idler: 1156.31 um

Pump: 106.58 um

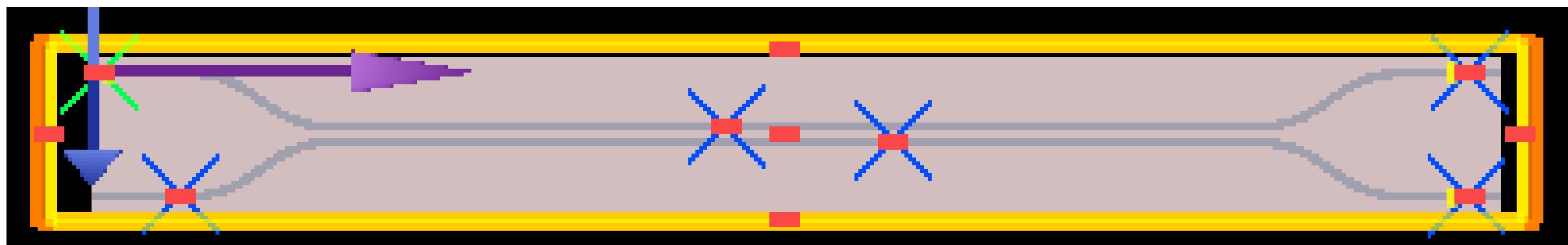


Acopladores direccionales

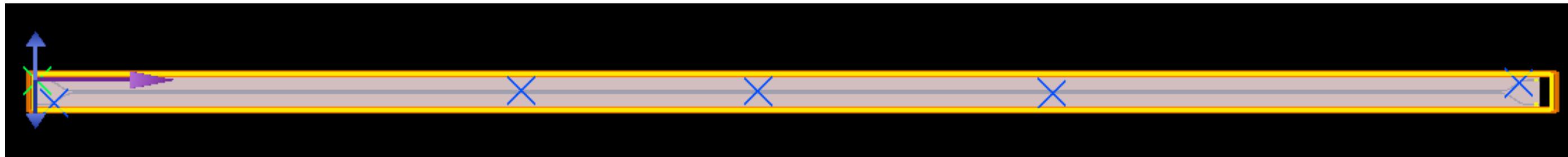
Un acoplador direccional es un dispositivo que permite transferir luz de una guía de onda a otra cercana mediante el acoplamiento evanescente. Se controla la separación y la longitud de acoplamiento, se puede dividir o redirigir la señal óptica

Separador Signal

$L_c = 59 \text{ um}$
 $\text{gap} = 0.3 \text{ um}$
 $L_w = 6$
 $L_s = 10$
 $y \text{ span} = 8$



Interferómetros o circuitos lógicos en fotónica integrada.

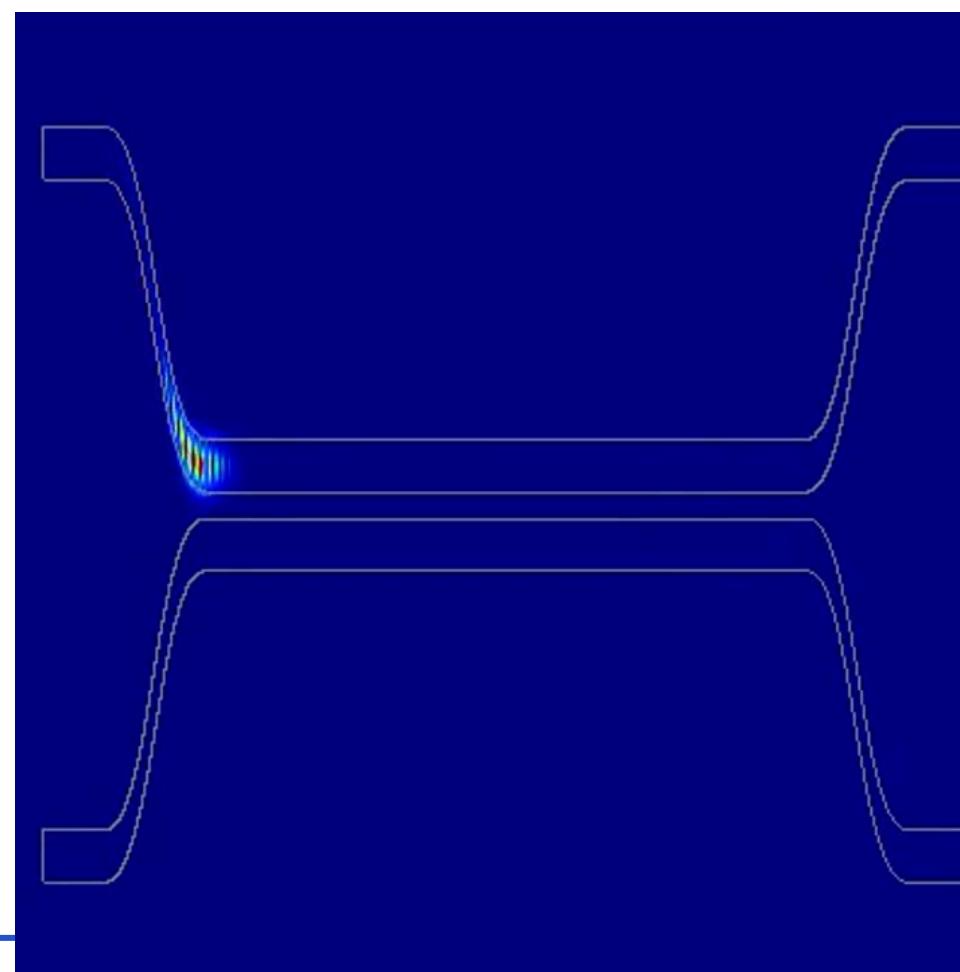
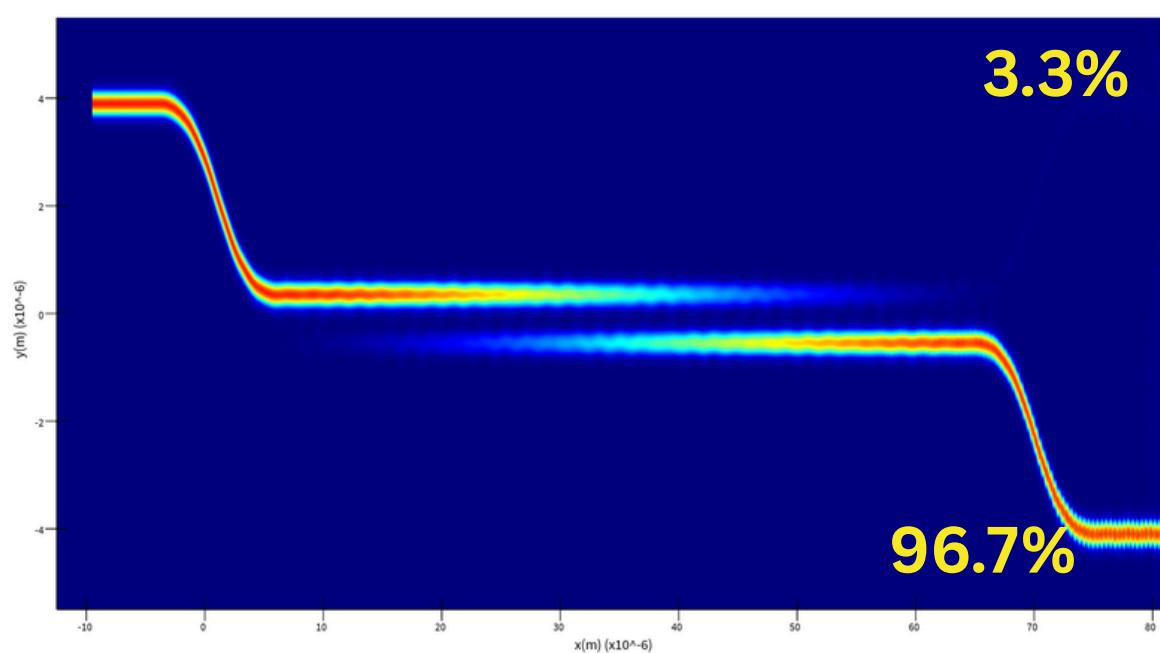


Separador Idler

$L_c = 460 \text{ um}$
 $\text{Ancho} = 0.5 \text{ um}$
 $\text{gap} = 0.185 \text{ um}$
 $L_w = 6$
 $L_s = 10$
 $y \text{ span} = 8$

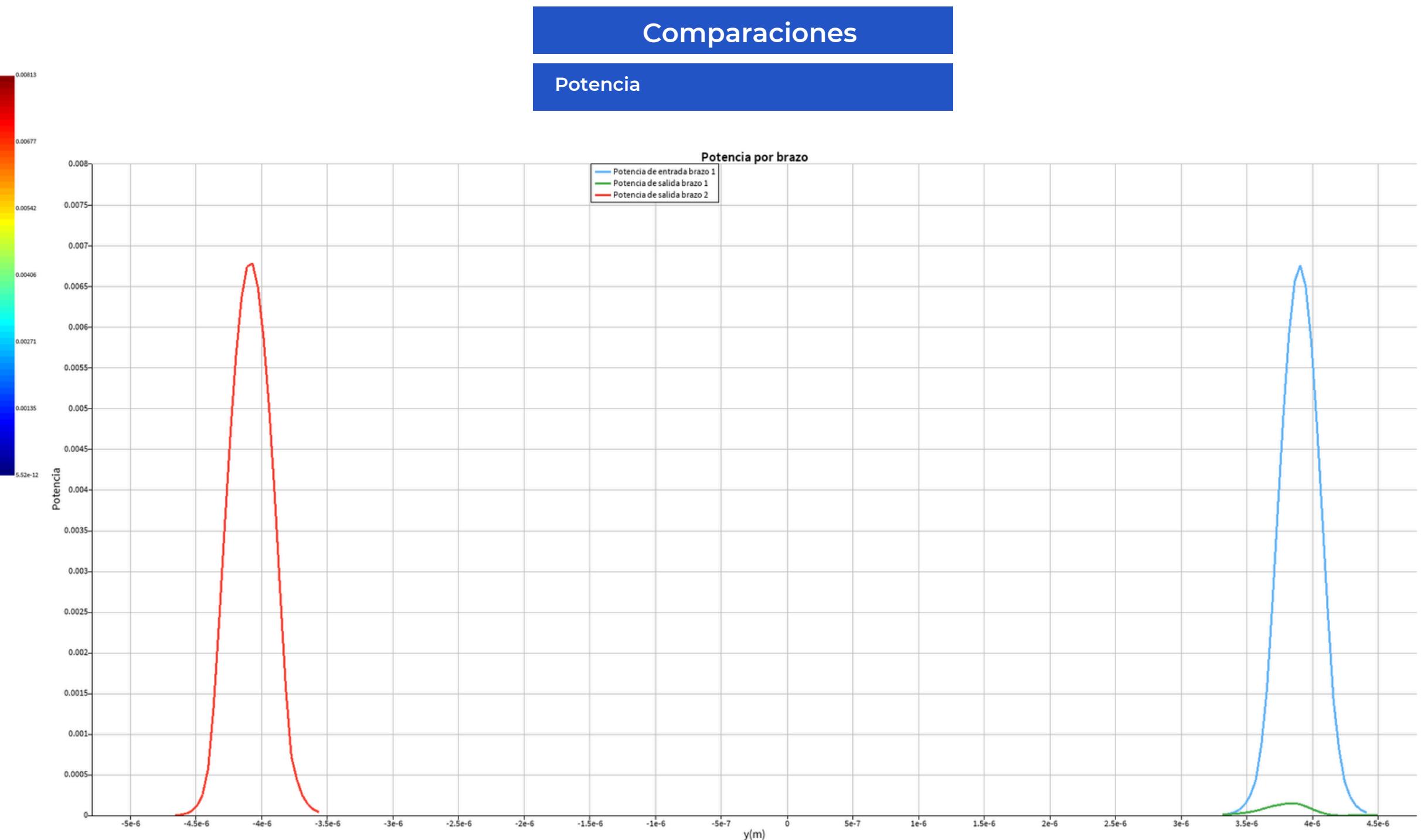
Separador de Signal

Potencia longitudinal



Comparaciones

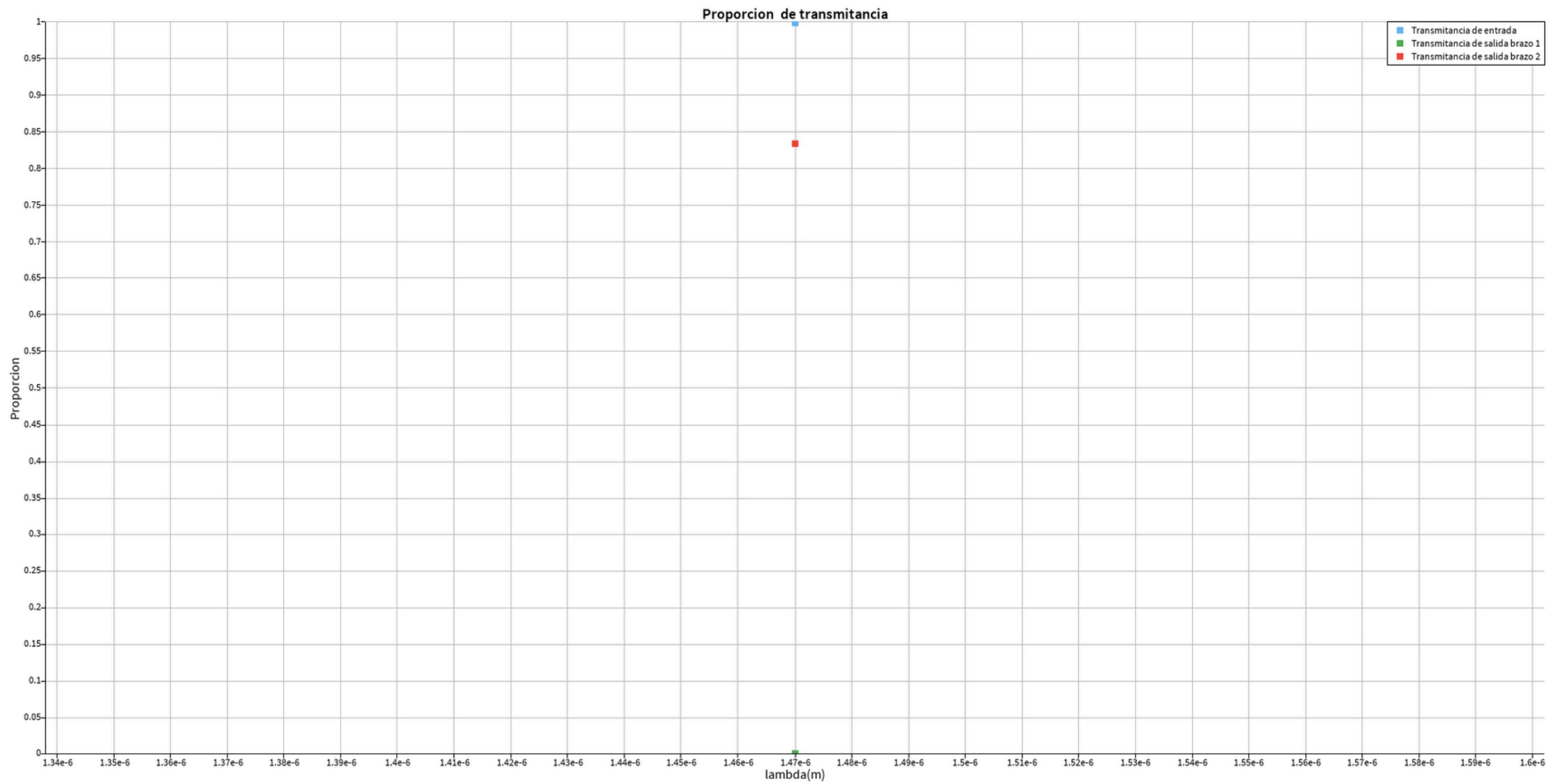
Potencia



in= 0.0069204, arm 1 = 0.00023277, arm 2 = 0.00668763

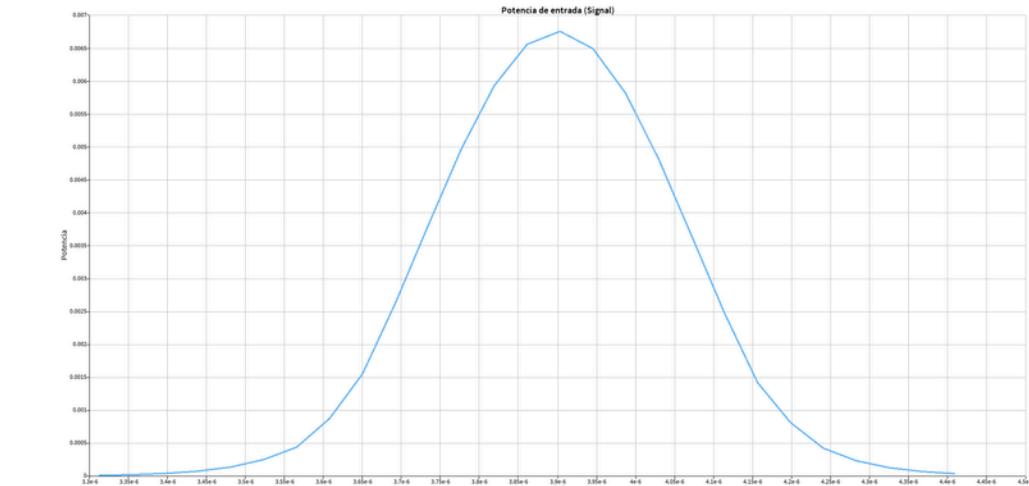
Separador de Signal

Transmitancia

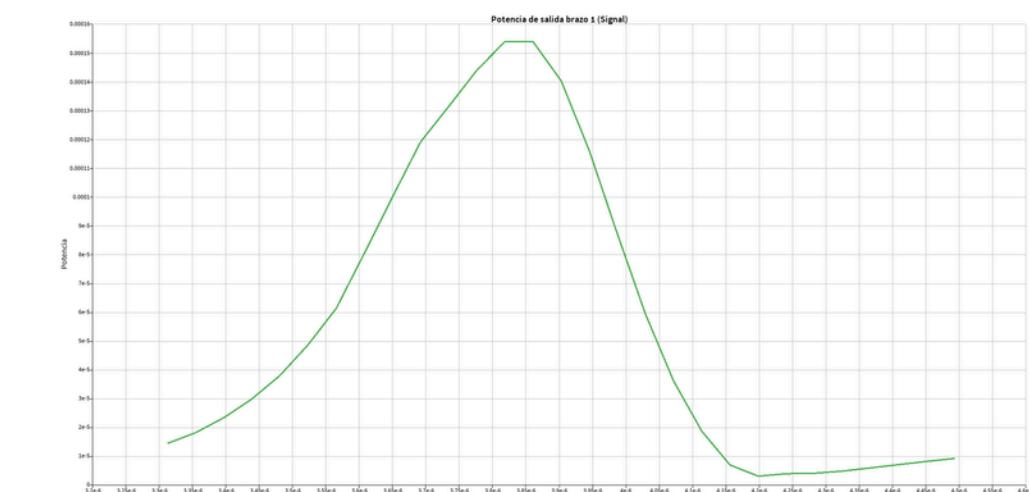


Potencias por brazo

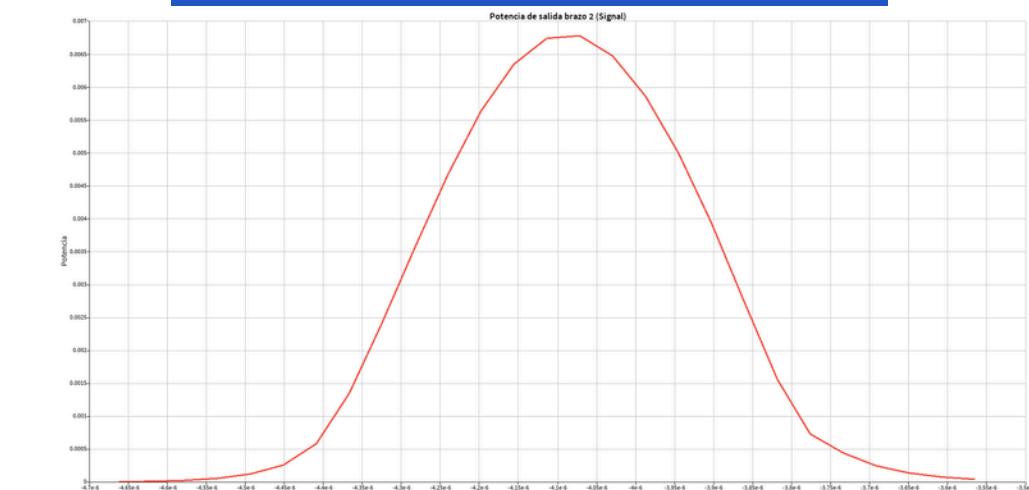
Potencia de entrada 100%



Potencia de salida brazo 1 = 3.3%



Potencia de salida brazo 2 = 96.7%



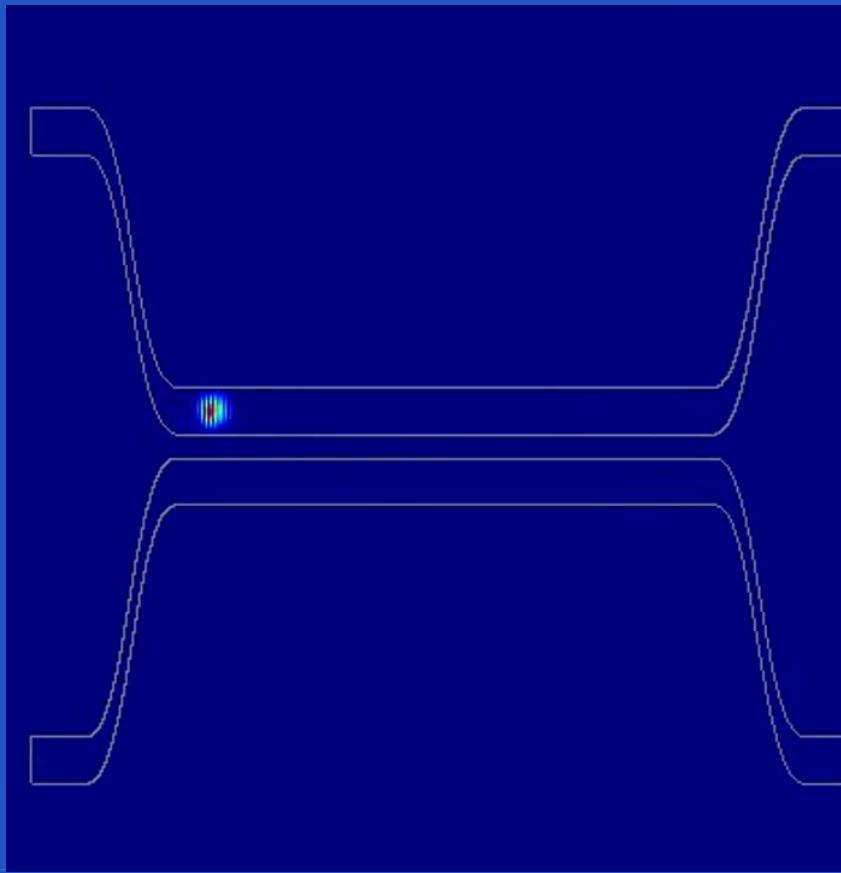
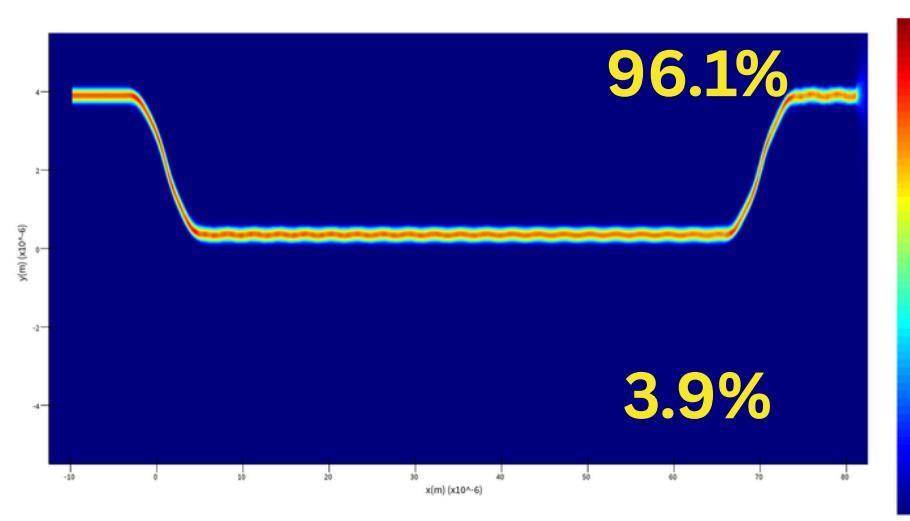
in= 0.0069204, arm 1 = 0.00023277, arm 2 = 0.00668763

Separador Signal Pump

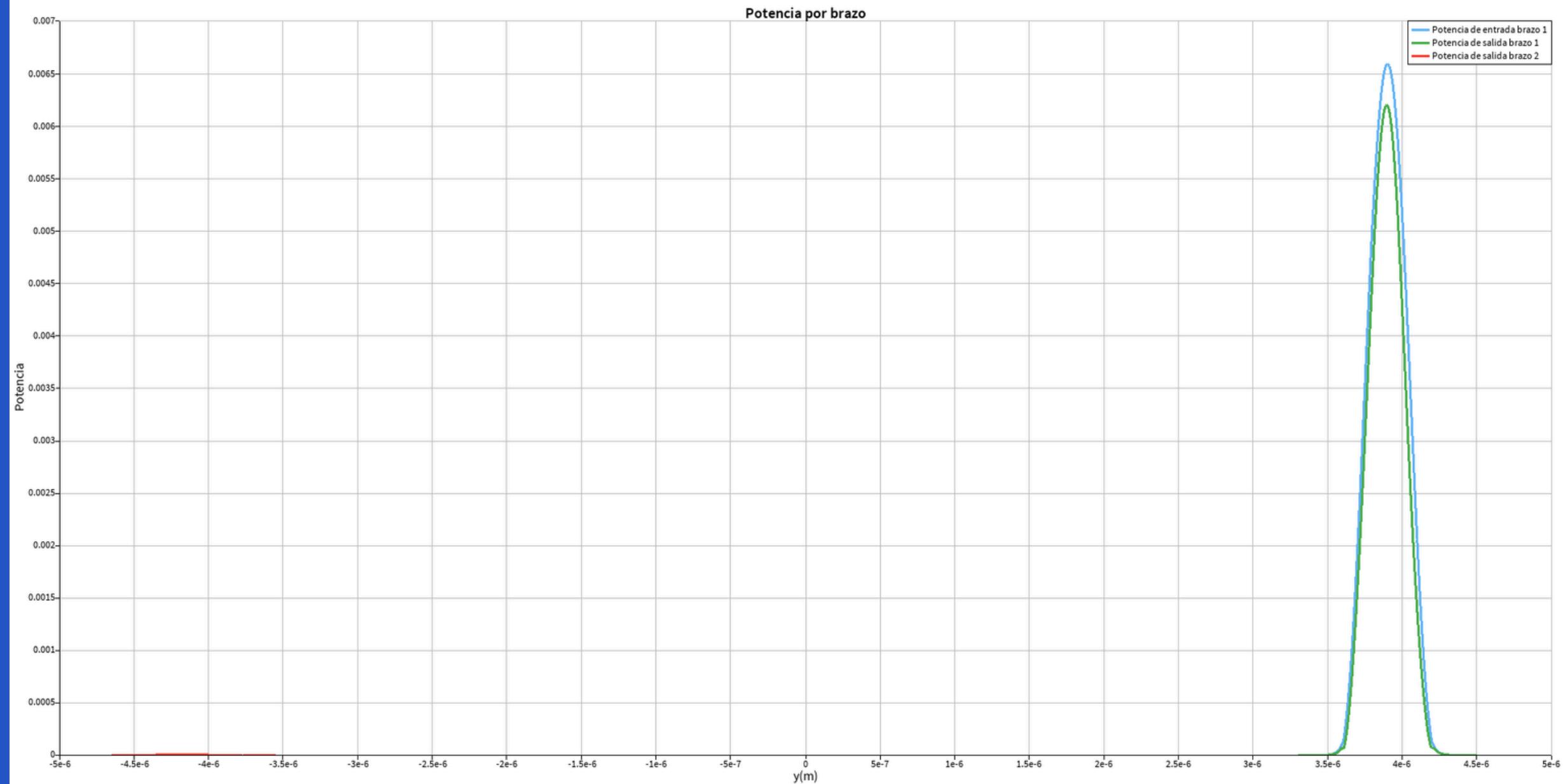
Comparaciones

Potencia

Potencia longitudinal



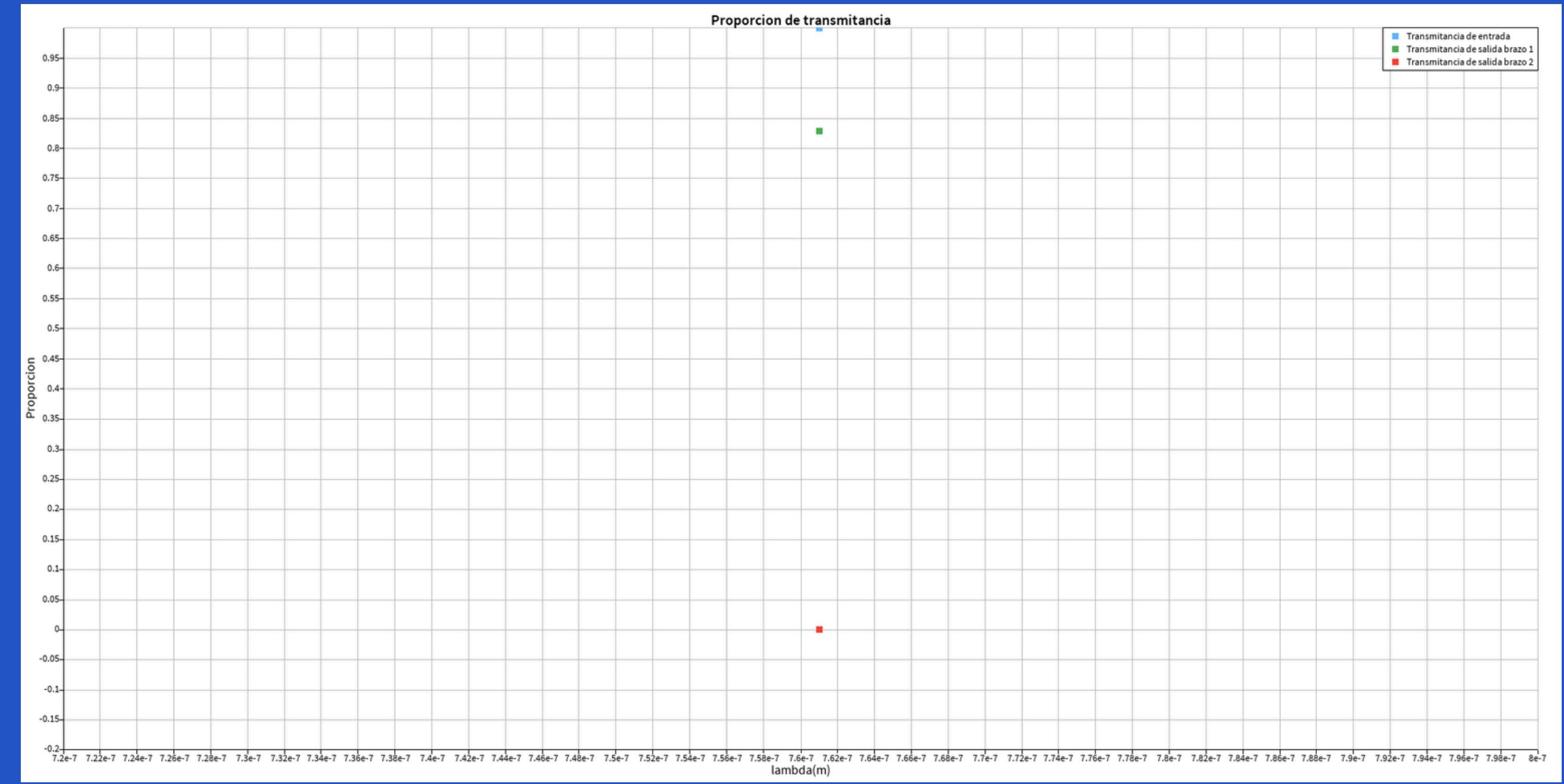
Potencia por brazo



in= 0.00659206, arm 1 = 0.00620072, arm 2 = 8.3944e-06

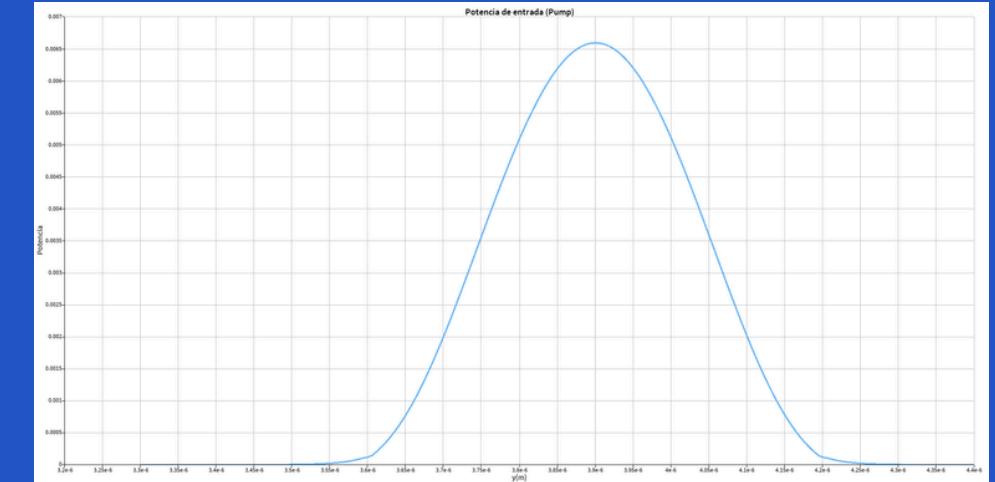
Separador Signal Pump

Transmitancia

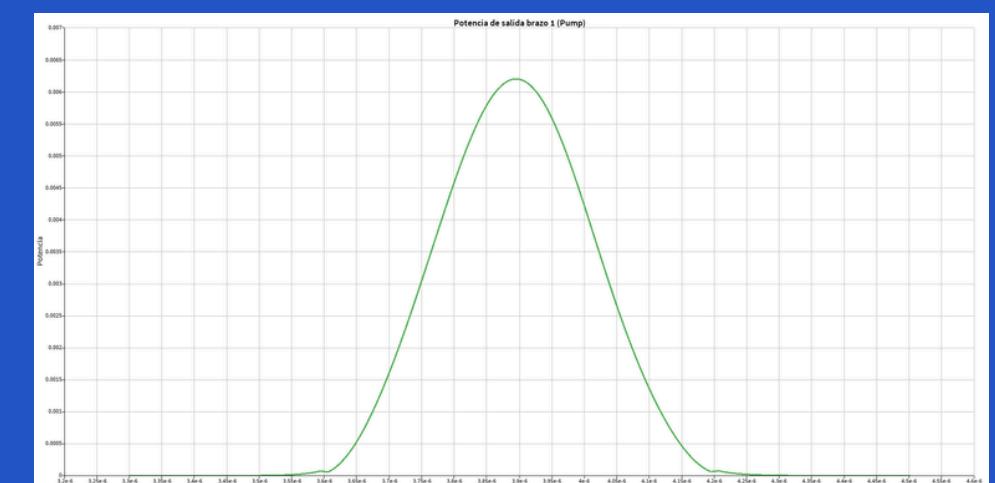


Potencias por brazo

Potencia de entrada 100%



Potencia de salida brazo 1 = 96.1%



Potencia de salida brazo 2 = 3.9%

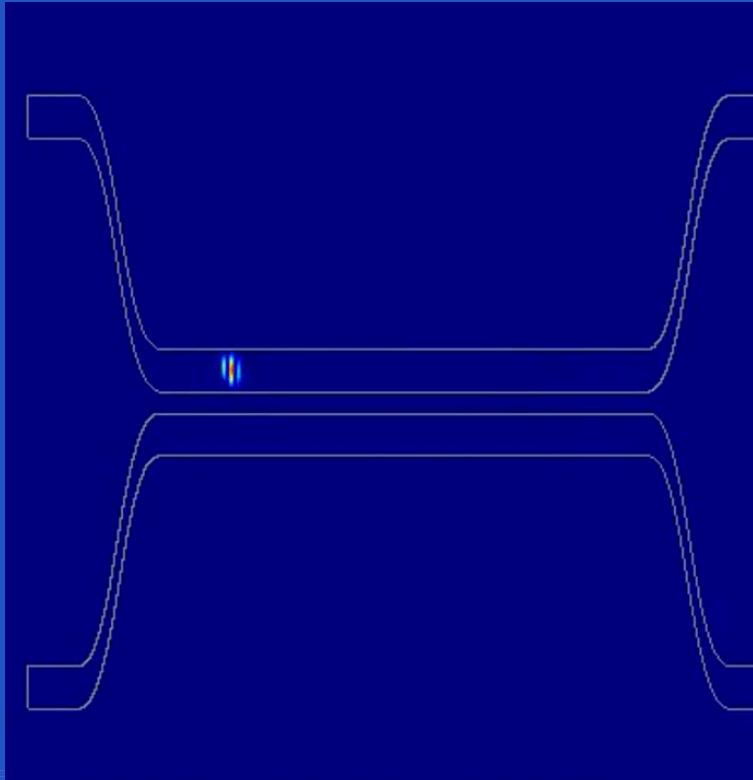
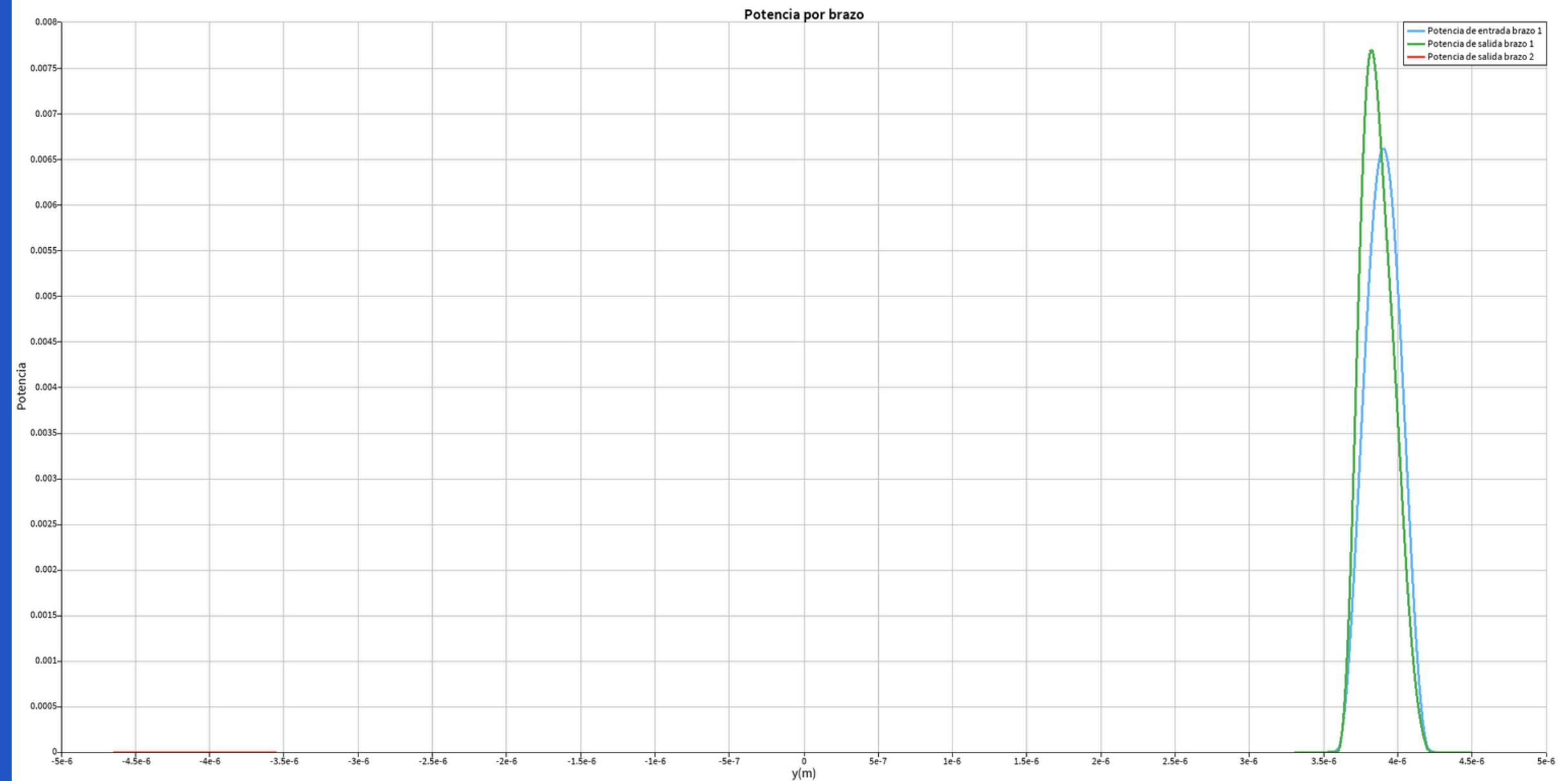
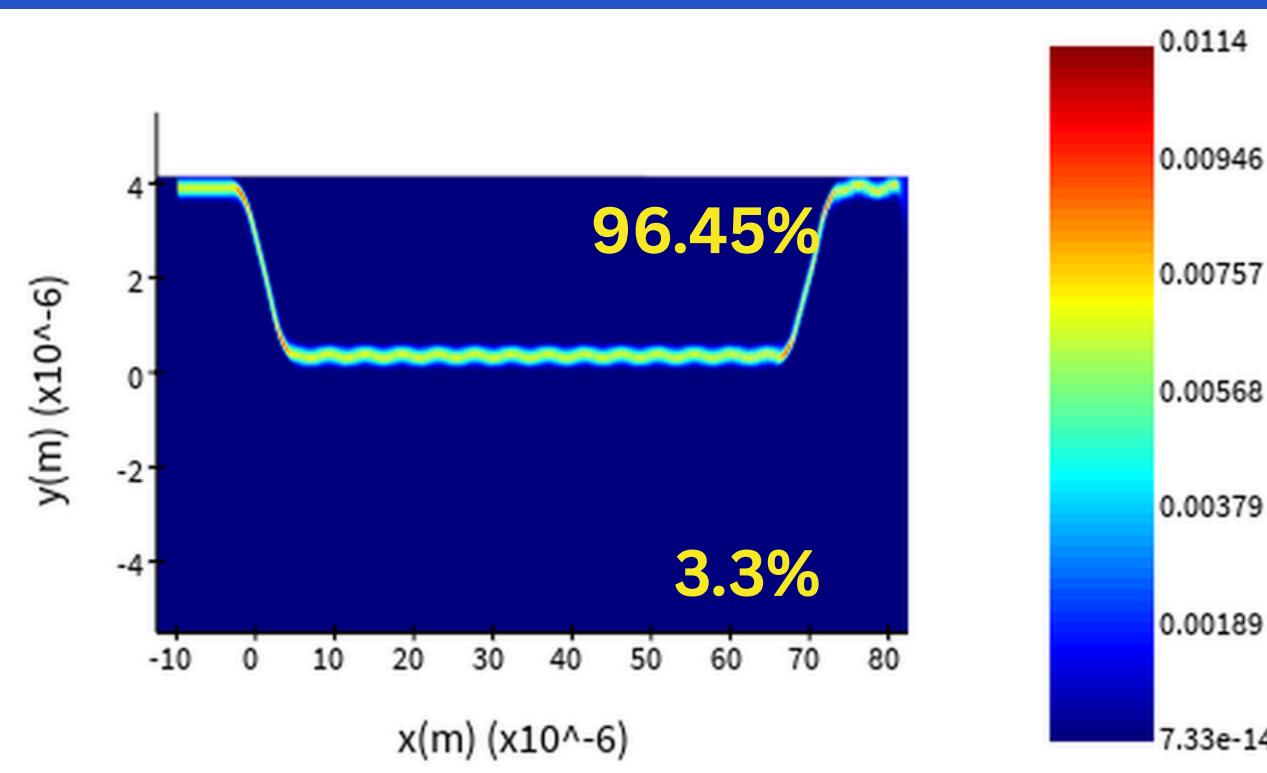


in= 0.00659206, arm 1 = 0.00620072, arm 2 = 8.3944e-06

Separador Signal Idler

Comparaciones

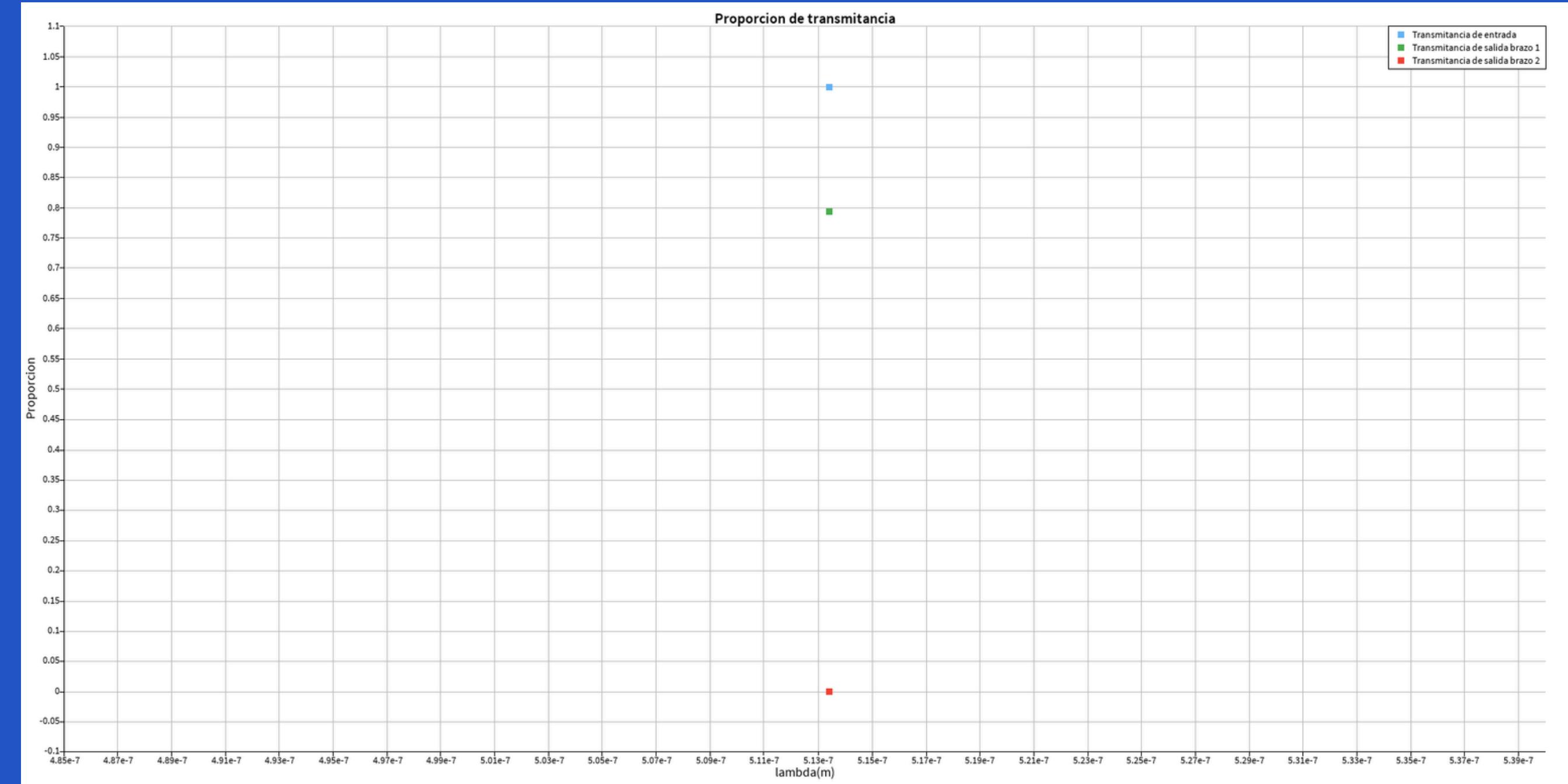
Potencia



in= 0.00661056, arm 1 = 0.00766897, arm 2 = 2.7201e-06

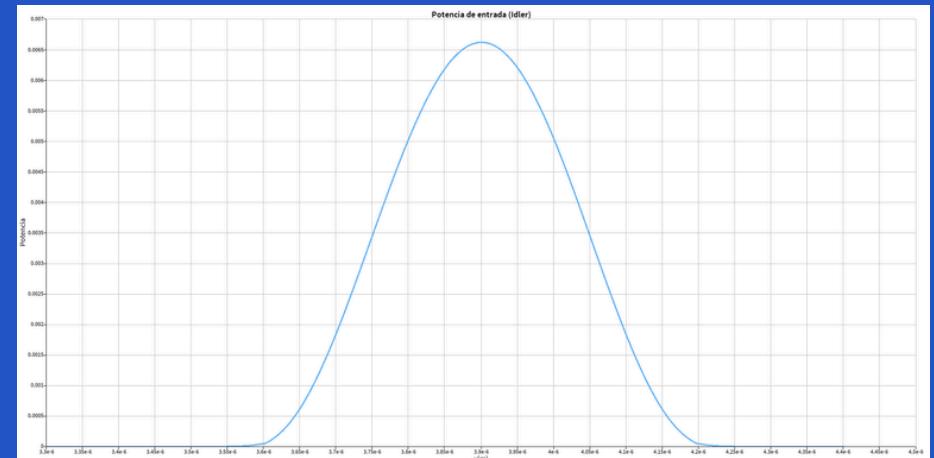
Separador Signal Idler

Transmitancia

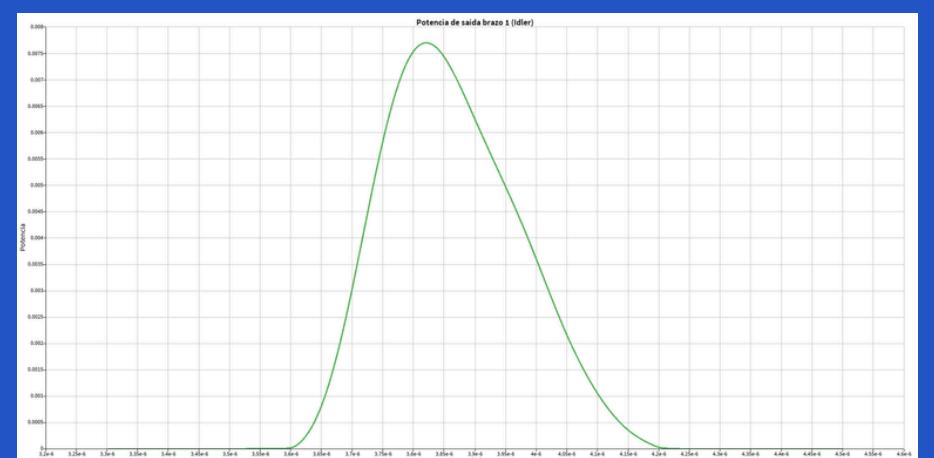


Potencias por brazo

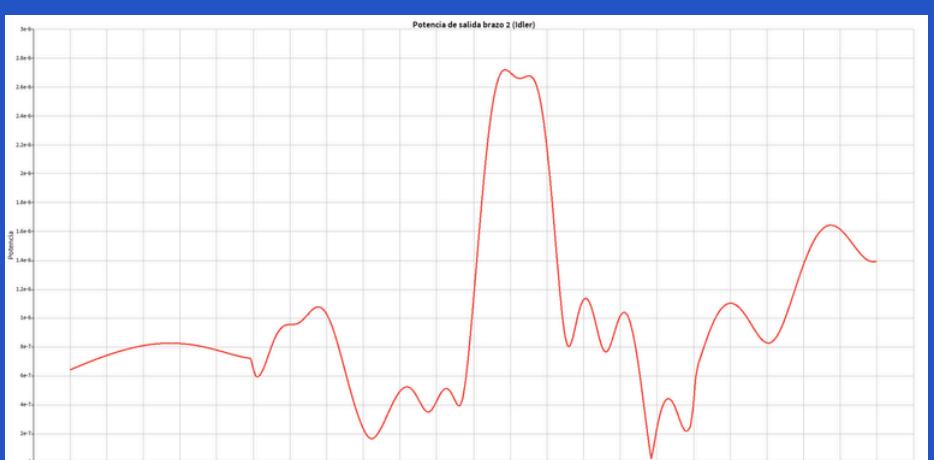
Potencia de entrada 100%



Potencia de salida brazo 1 = 96.45%

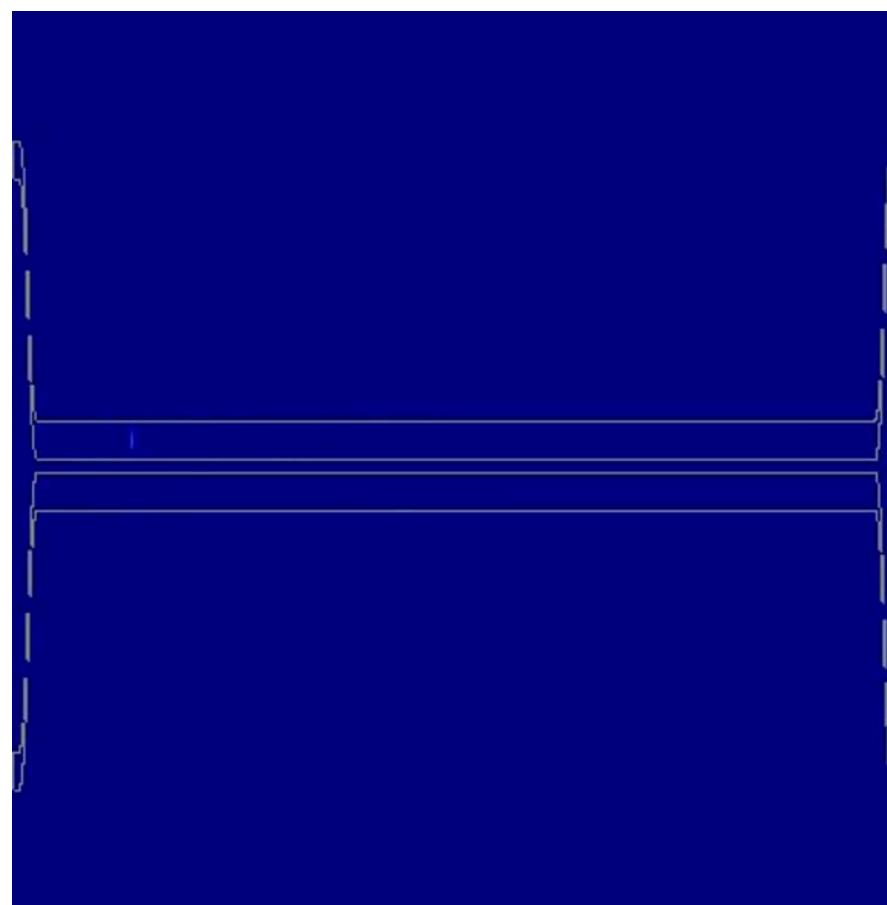
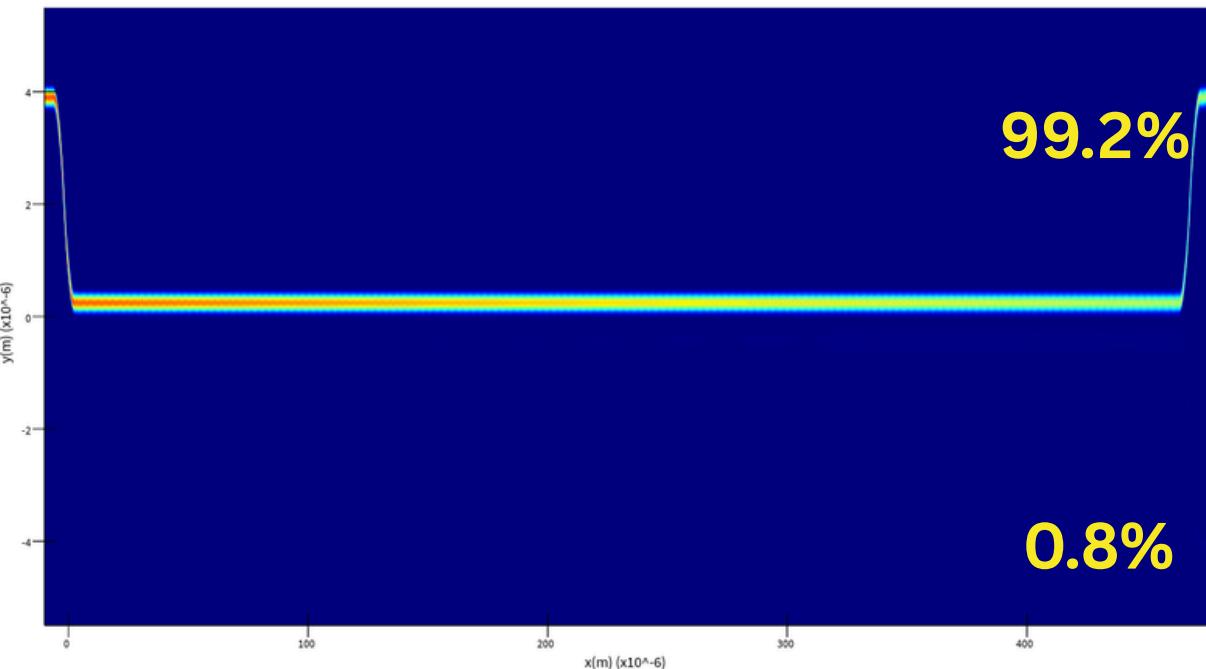


Potencia de salida brazo 2 = 3.55%



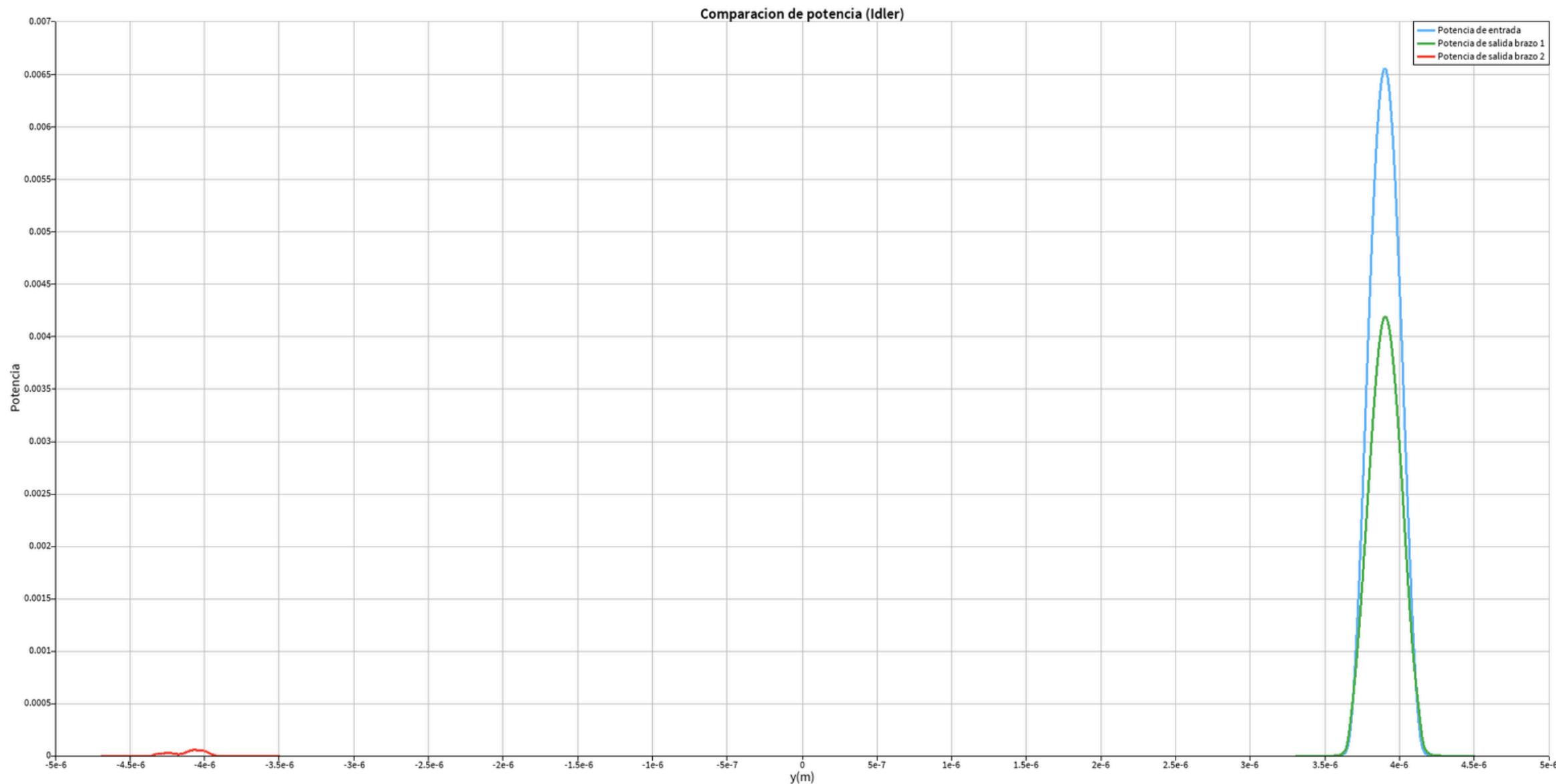
Separador de Idler

Potencia longitudinal



Comparaciones

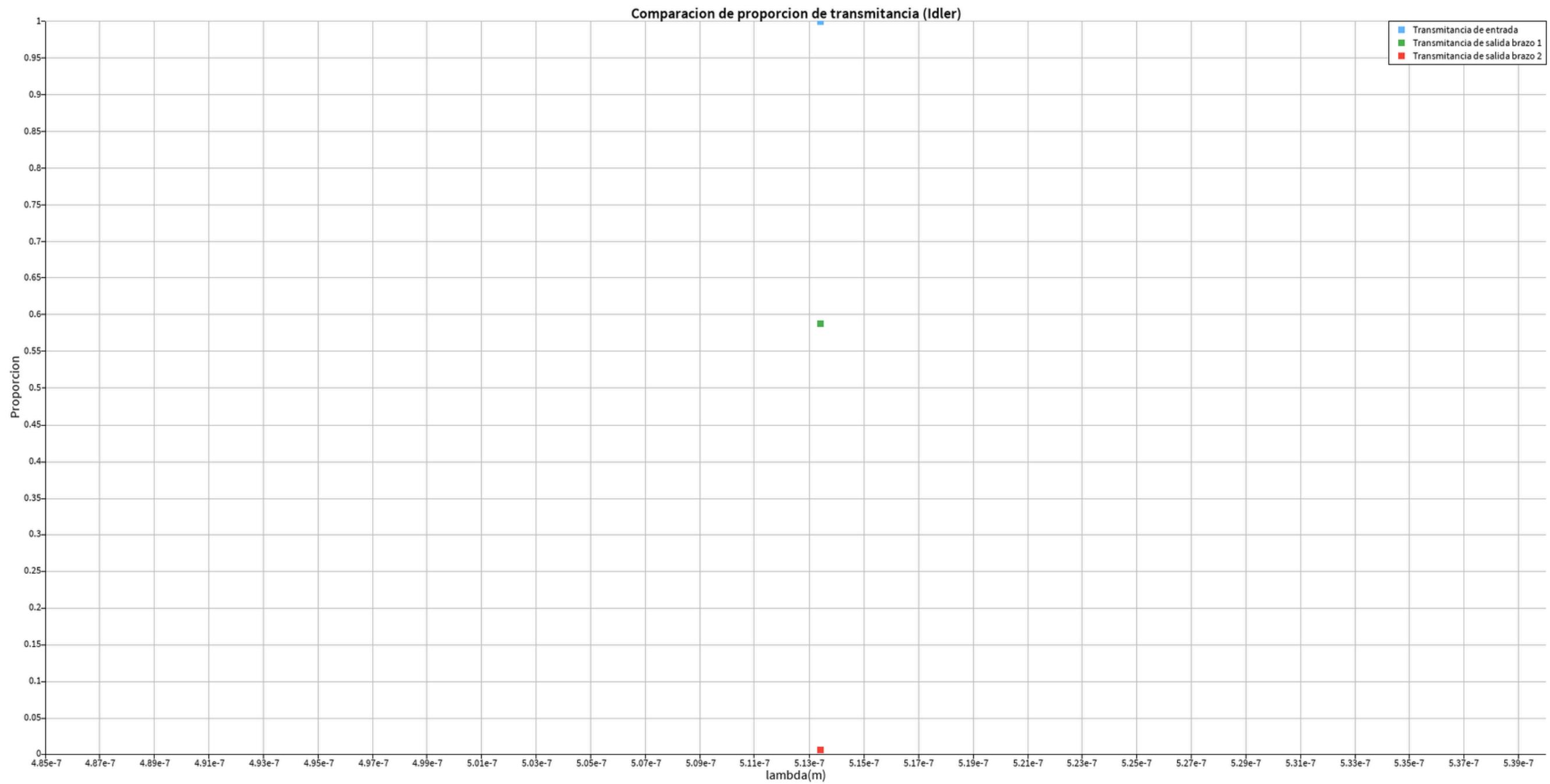
Potencia



in= 0.00654191, arm 1 = 0.00418659, arm 2 = 5.86288e-5

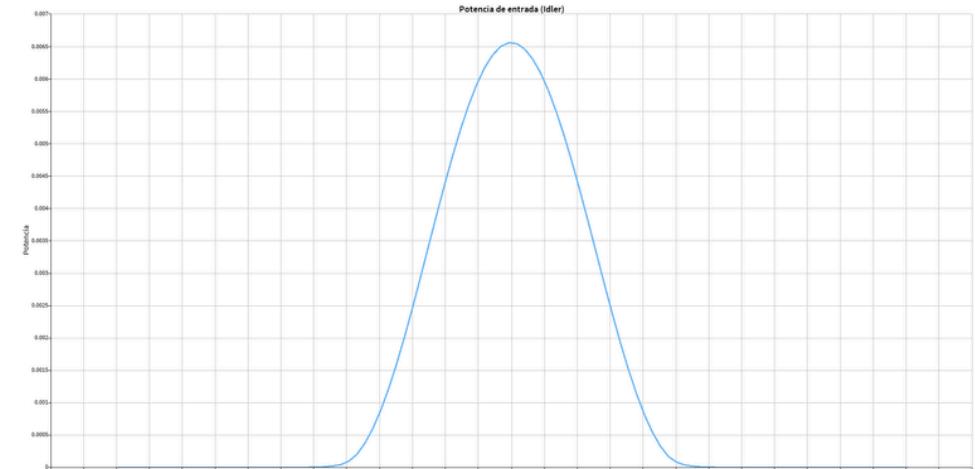
Separador de Idler

Transmitancia

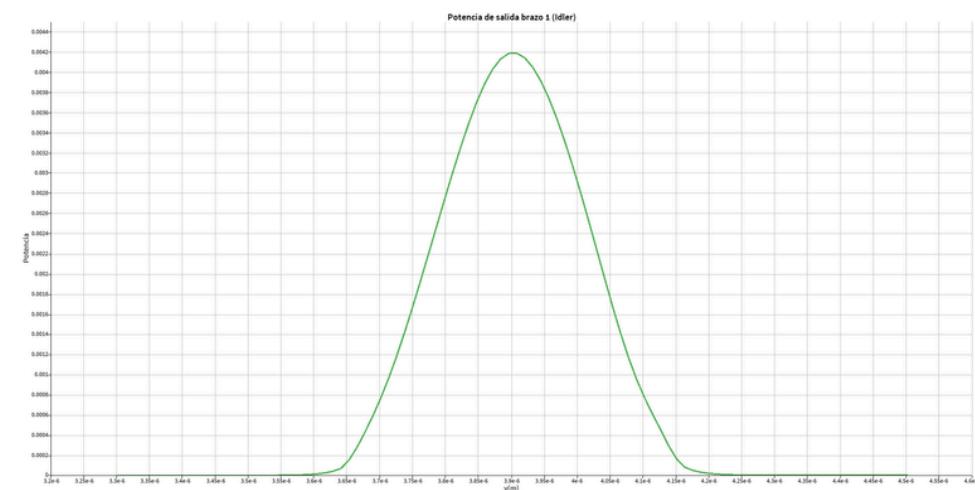


Potencias por brazo

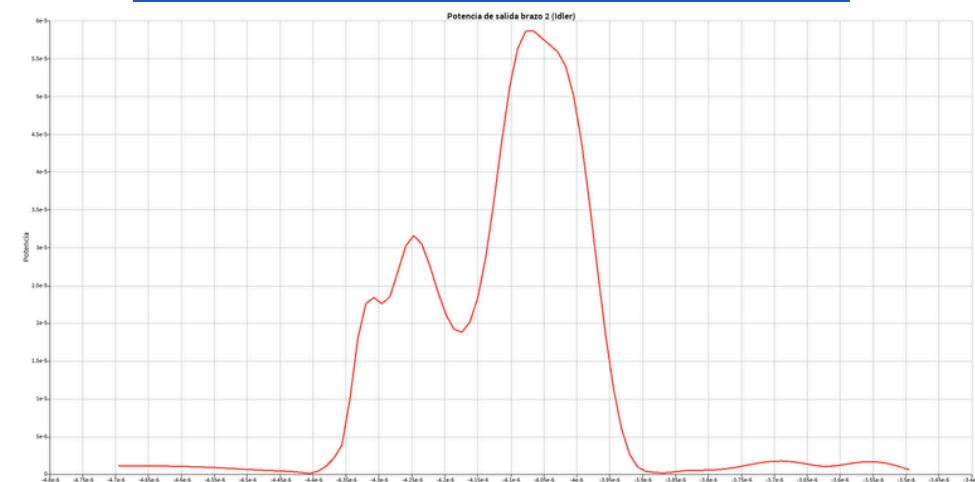
Potencia de entrada 100%



Potencia de salida brazo 1 = 99.2%



Potencia de salida brazo 2 = 0.8%

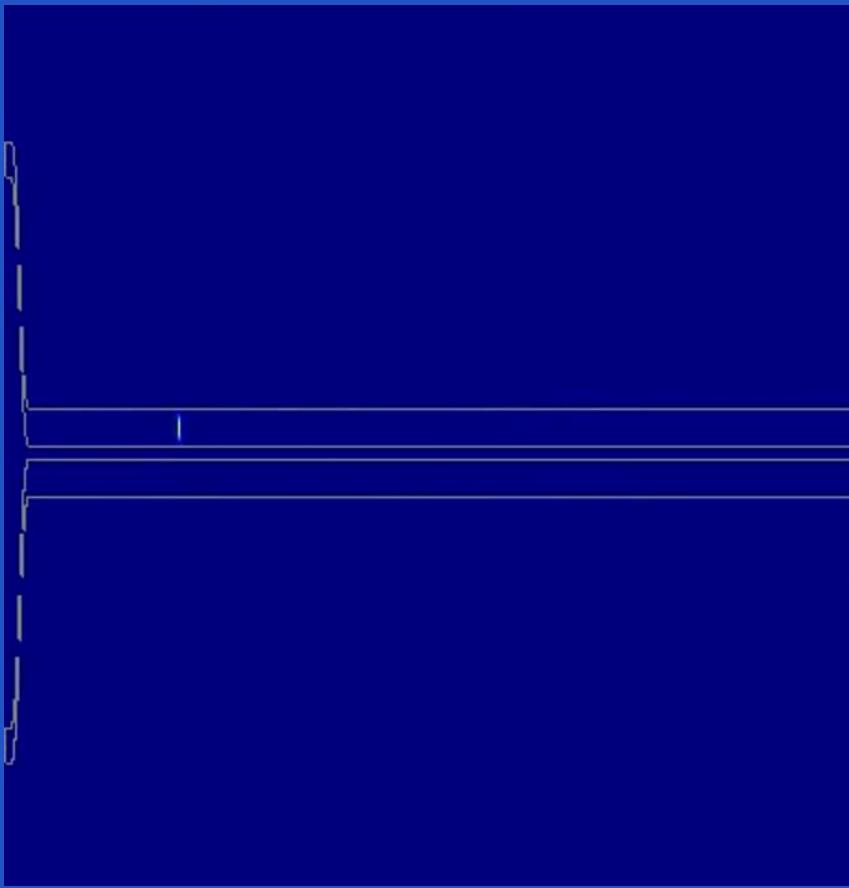
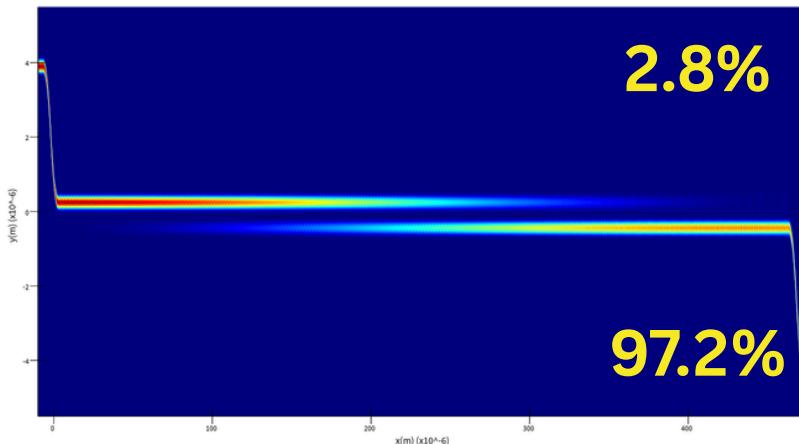


Separador Idler Pump

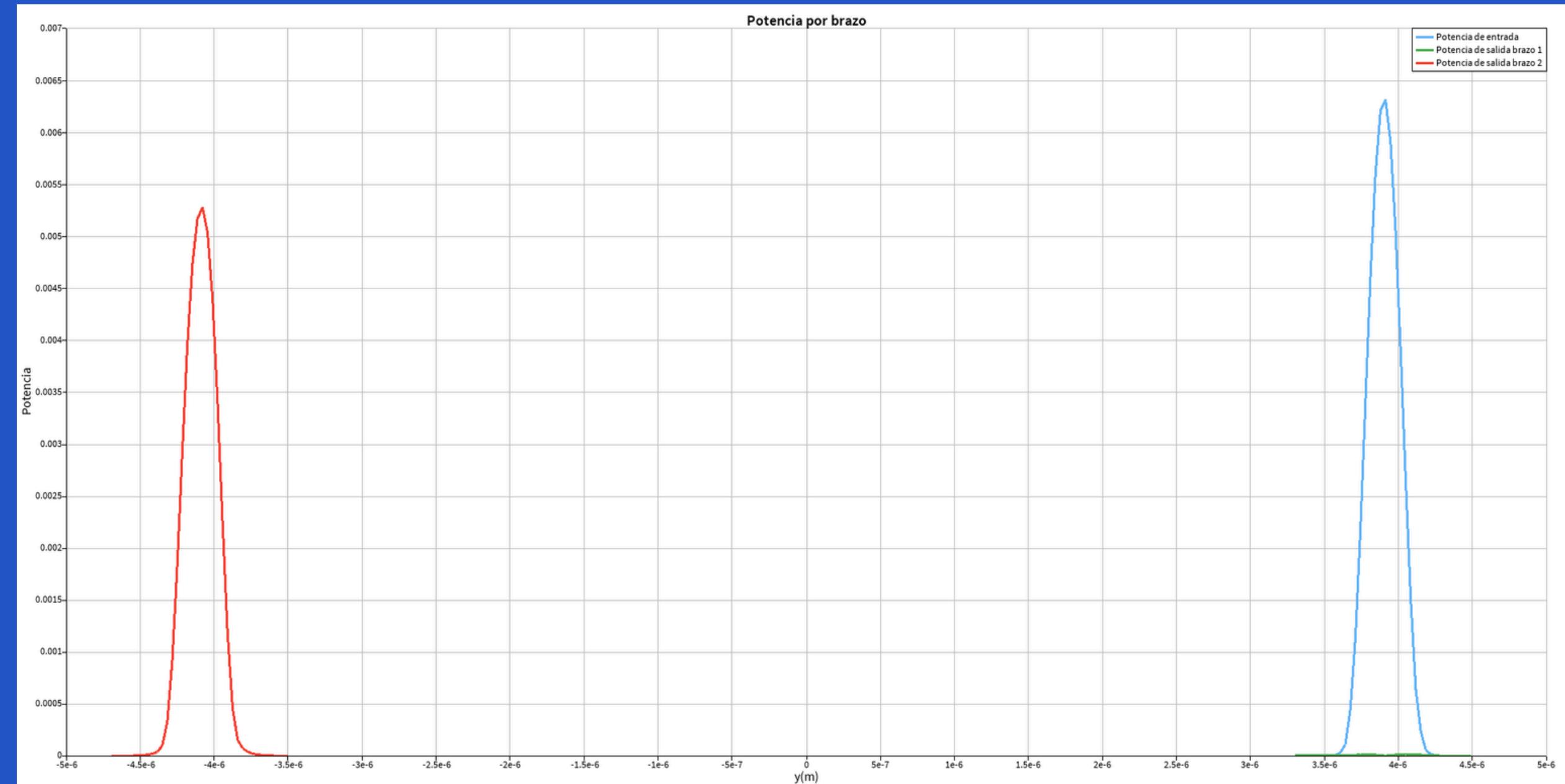
Comparaciones

Potencia

Potencia longitudinal

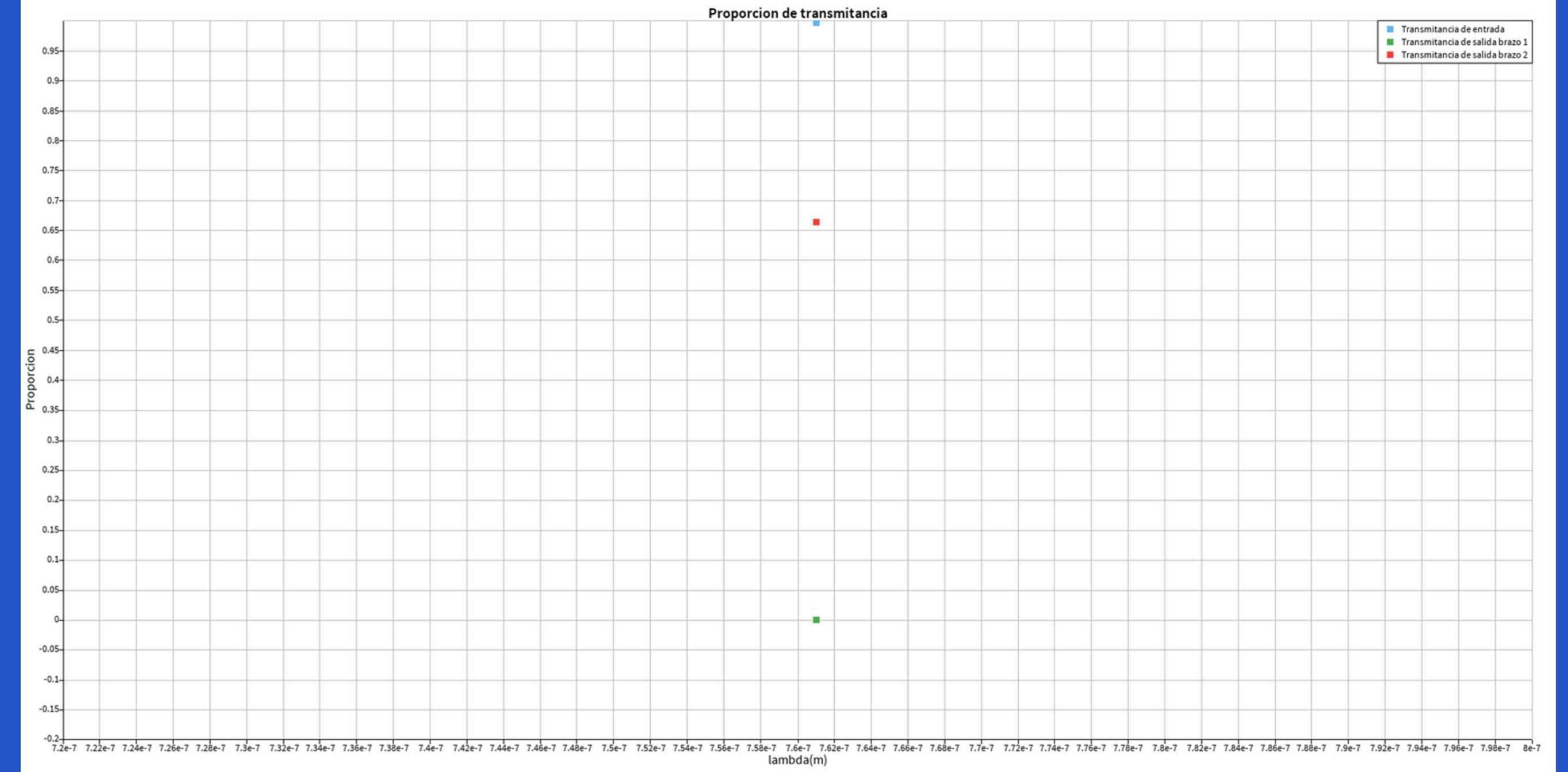


Potencia por brazo



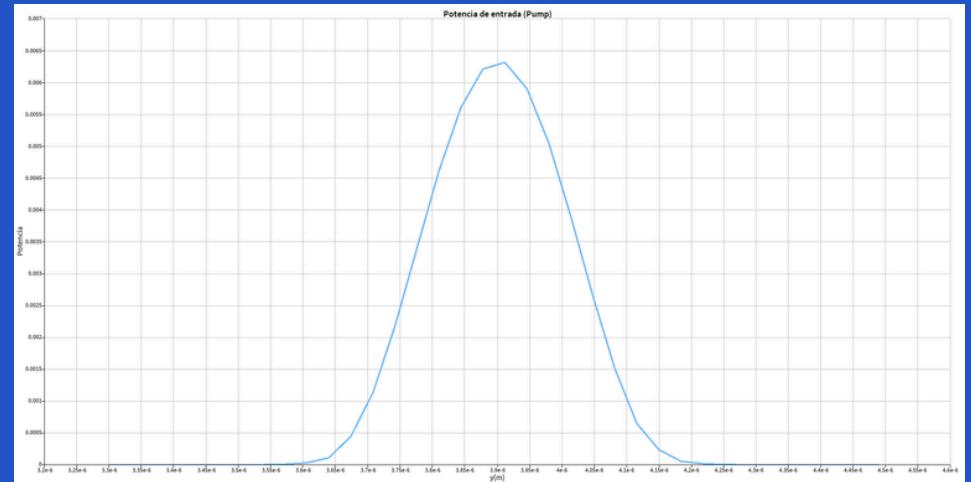
Separador Idler Pump

Transmitancia



Potencias por brazo

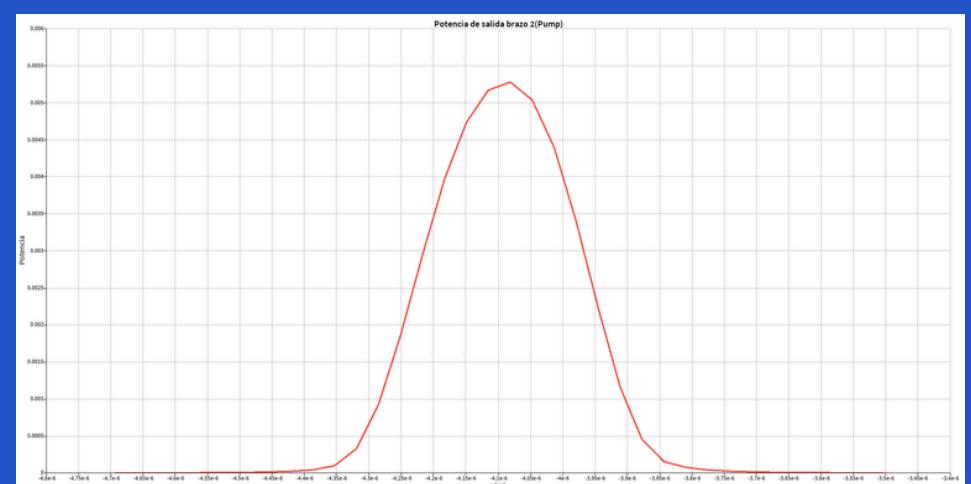
Potencia de entrada 100%



Potencia de salida brazo 1 = 97.2%

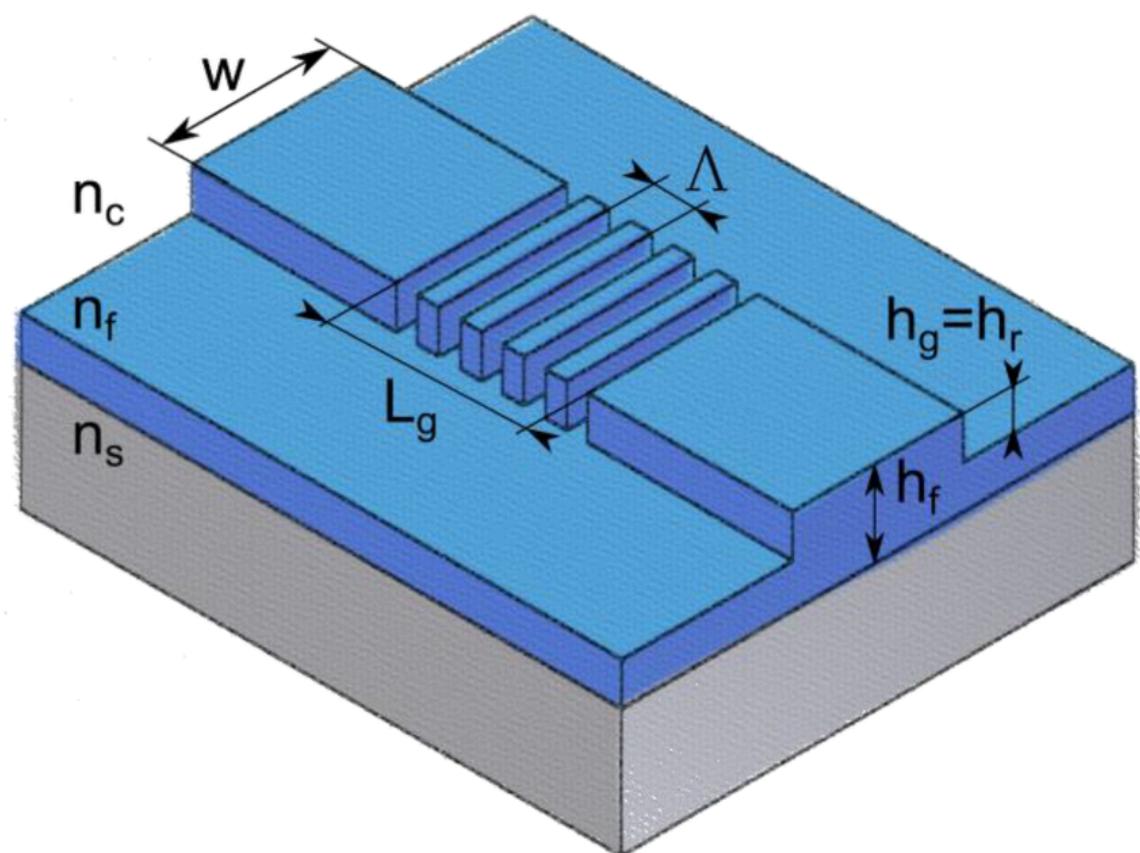


Potencia de salida brazo 2 = 2.8%



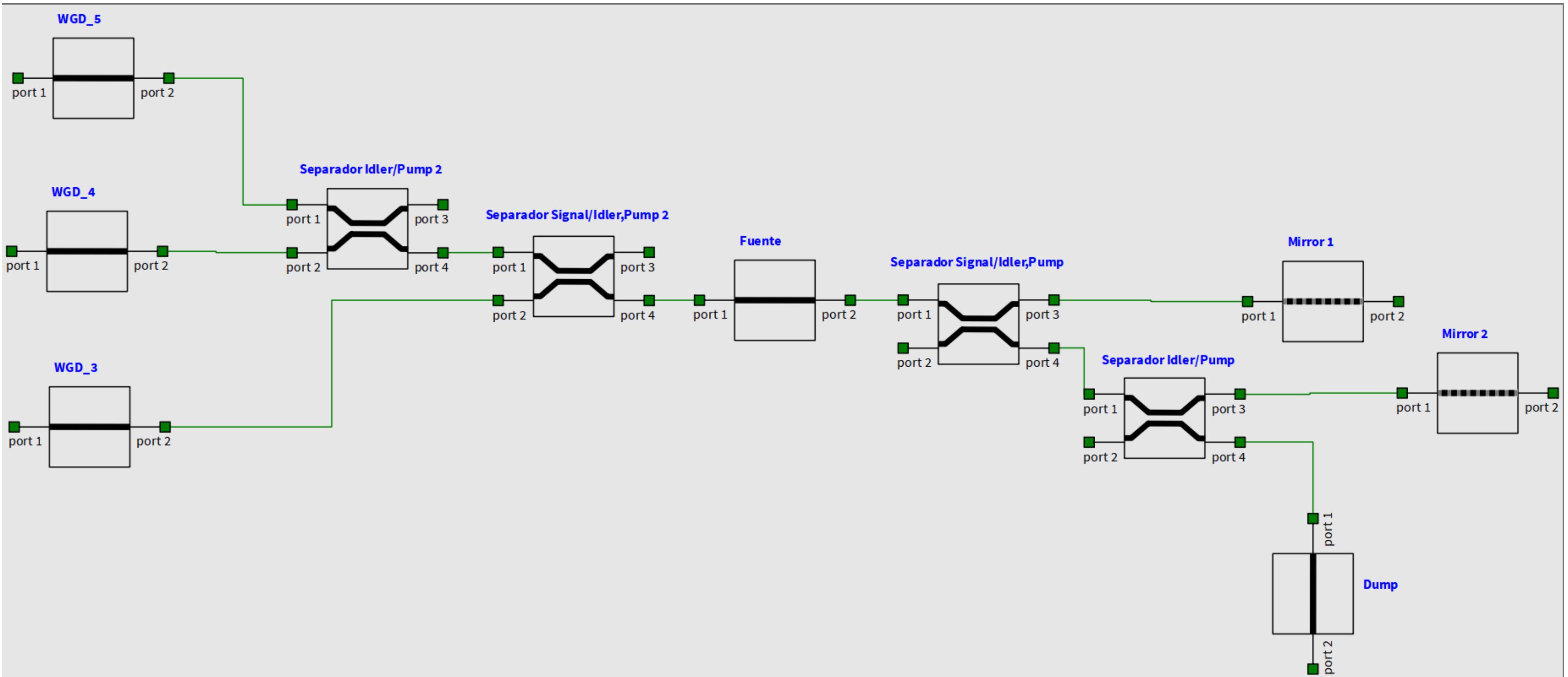
in= 0.00631414, arm 1 = 1.79908e-5, arm 2 = 0.00526513

Bragg mirror



- Un espejo de Bragg es una región periódica en la guía (modulación del índice efectivo o del ancho) con periodo
- Cada discontinuidad refleja una pequeña parte de la luz; si la distancia entre ellas se elige bien, todas las reflexiones se suman en fase para una longitud de onda específica.
- En nuestro circuito, estos espejos de Bragg funcionan como los “espejos” del oscilador paramétrico integrado: devuelven el campo al interior del chip y, ajustando la fase, permiten seleccionar la cuadratura que medimos del estado comprimido.

Circuito

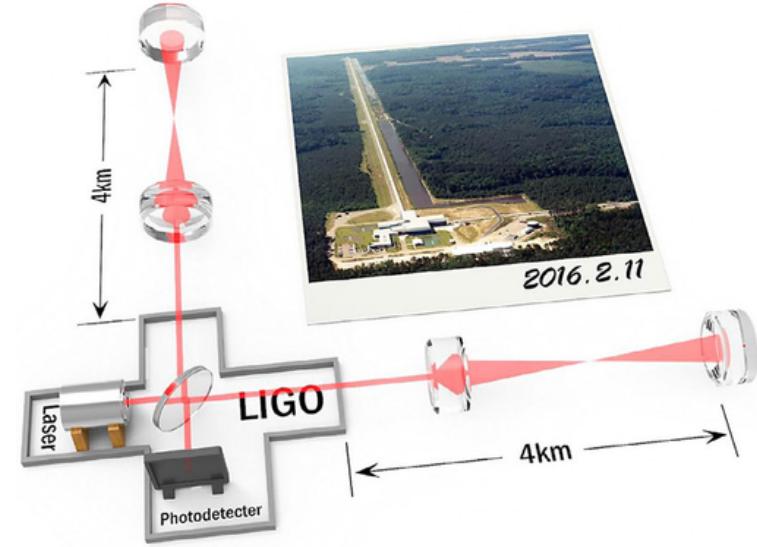


Siguientes pasos

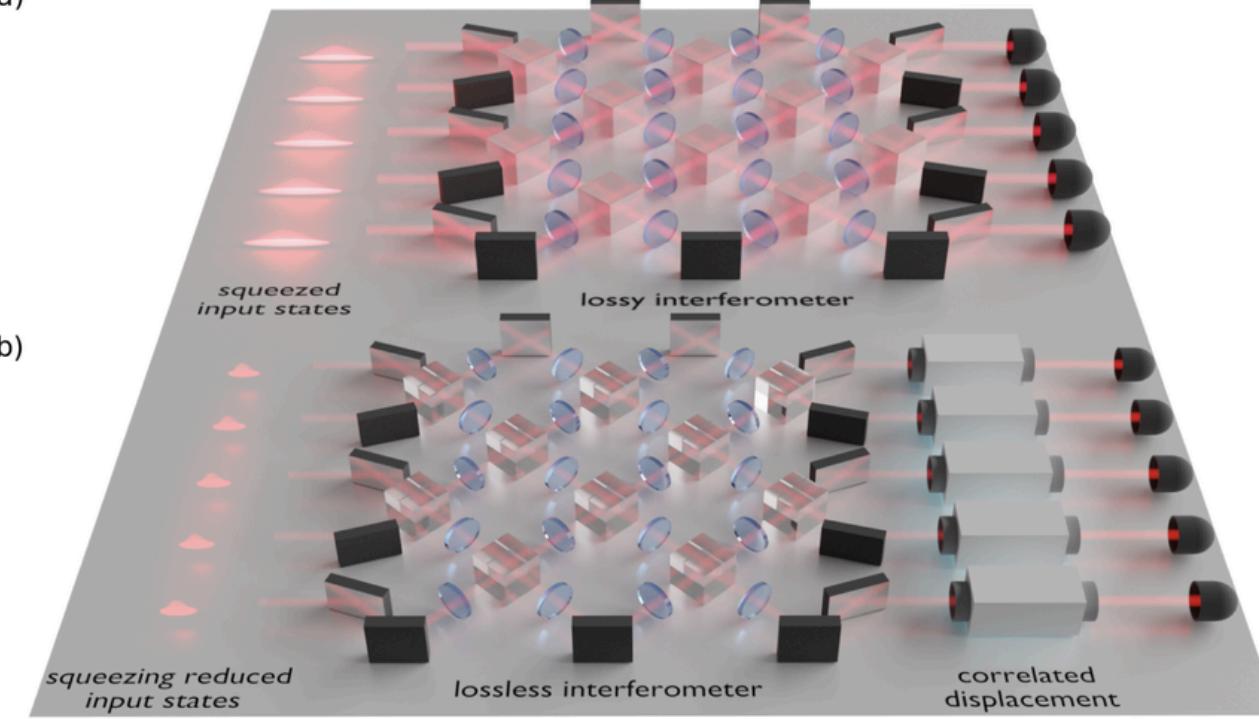
- Terminar de diseñar y caracterizar los espejos de bragg
- Simular en interconnect el circuito completo
- Incluir pérdidas de propagación y de acopladores para estimar el squeezing detectable (en dB).

En que se usa luz comprimida

- Ondas gravitacionales (LIGO/Virgo): vacío comprimido en el interferómetro para reducir ruido cuántico y aumentar la sensibilidad.
- Metrología e imagen: interferometría y microscopía por debajo del shot noise, más SNR sin subir la potencia sobre la muestra.
- Comunicaciones cuánticas (CV-QKD): estados comprimidos en fibra de telecom para claves cuánticas más robustas al ruido.
- Computación / simulación cuántica: muchos modos comprimidos → cluster states y Gaussian Boson Sampling en chips fotónicos.
- Sensores cuánticos integrados: circuitos en chip que generan y usan vacío comprimido para medir fases por encima del límite clásico.



(a)



(b)

Gracias

Si alguien no queda confundido con la fisica cuantica, es que no la ha entendido bien

-Niels Bohr