

I. Ejemplos coeficientes de reflexión y transmisión en una fractura

In this section, we test the reflection and transmission coefficients and consider several cases of interest in reservoir geophysics. The following cases are taken into account:

Case 1: Comparación método capa fina con el sistema 30 de Nakagawa-Schoemberg (2007)

Case 2: Comparación método capa fina con el sistema 52 de Nakagawa-Schoemberg (2007)

Case 3: Comparación método capa fina con el sistema 53 de Nakagawa-Schoemberg (2007). Cuando la permeabilidad tiende al infinito.

Case 4: Análisis de casos con diferente fluido en la fractura.

A. Case 1. Capa fina y sistema 30

Aquí para la frecuencia de 1000 Hz la longitud de onda es: 3.2030 m en el background y 1.5286 m en la fractura.

Cuando el espesor $h=0.001$ m es 0.031% de la longitud de onda en el background y 0.065% de la longitud de onda en la fractura. Ver figura 1.

Cuando el espesor es $h=0.00001$ m, es 0.00031% de la longitud de onda en el background y 0.00065% de la longitud de onda en la fractura. Ver figura 2.

¹⁸ **B. Case 2. Capa Fina vs sistema 52**

¹⁹ Aquí si la frecuencia es de 10 Hz, la longitud de onda es de 320 m en el background y
²⁰ 152.86 m en la fractura.

²¹ Para $h=0.001$ m, es $3.1*10^{-4}\%$ de la longitud de onda en el background y $6.5*10^{-4}\%$
²² de la longitud de onda en la fractura.

²³ Cuando la frecuencia es 100 Hz, ya empieza a verse diferencias entre los resultados
²⁴ obtenidos con el metodo de la capa fina y el sistema 52, en este caso las longitudes de onda
²⁵ son 32 m en el background y 15.2 m en la fractura.

²⁶ Para $h=0.001$ m, es $3.1*10^{-3}\%$ de la longitud de onda en el background y $6.5*10^{-3}\%$
²⁷ de la longitud de onda en la fractura.

²⁸ En el caso de $h=0.00001$ m, no se observan diferencias significativas para las
²⁹ frecuencias en el rango de la sísmica. Cuando la frecuencia es de 10 Hz, h es $3.1*10^{-6}\%$ de
³⁰ la longitud de onda en el background y $6.5*10^{-6}\%$ de la longitud de onda en la fractura.

³¹ Cuando la frecuencia es de 100 Hz, h es $3.1*10^{-5}\%$ de la longitud de onda en el background
³² y $6.5*10^{-5}\%$ de la longitud de onda en la fractura. Ver figura 3.

³³ **C. Case 3. Capa fina vs. sistema 53 (permeabilidad infinita)**

³⁴ Es caso es similar al anterior, la diferencia es que la permeabilidad tiende al infinito.

³⁵ En la figura 4 se observa que los resultados obtenidos con la capa fina y los resultados
³⁶ obtenidos con con el sistema 53 empiezan a a diferenciarse cuando la frecuencia es de 1000

37 Hz, en el caso de $h=0.001$ m, donde las longitudes de onda son, 3.2 m en el background y
38 1.528 m en la fractura.

39 Cuando el espesor $h=0.001$ m es 0.031% de la longitud de onda en el background y
40 0.065% de la longitud de onda en la fractura (Para 1000 Hz).

41 Cuando el espesor de la fractura es $h=0.00001$ m, esto es $3.1 \times 10^{-4}\%$ de la longitud de
42 onda en el background y $6.5 \times 10^{-4}\%$ de la longitud de onda en la fractura (Para 1000 Hz).

43 **D. Case 4. Analisis para diferentes fluidos en la fractura.**

44 En esta etapa se va a mostrar los cambios que hay con diferentes fluidos en la
45 fractura, cuando en el background hay agua. Ver figura 5

46 Para el caso de petroleo en la fractura y frecuencia de 50 Hz, las longitudes de onda
47 son, 64.0594 m en el background y 16.9346 m en la fractura. Como $h=0.001$ m, esto es
48 0.0016% de la longitud de onda en el background y 0.0059% de la longitud de onda en la
49 fractura.

50 Para el caso de gas en la fractura y frecuencia de 50 Hz, las longitudes de onda son,
51 64.0594 m en el background y 7.6977 m en la fractura. Como $h=0.001$ m, esto es 0.0016%
52 de la longitud de onda en el background y 0.0130% de la longitud de onda en la fractura.

Table 1: Baseline material properties used for the numerical examples are shown.

Properties	Matrix	Fracture
Porosity	0.15	0.5
Solid density (kg/m ³)	2700	2700
Solid bulk modulus (Pa)	36.0*10 ⁹	36.0*10 ⁹
Frame bulk modulus (Pa)	9.0*10 ⁹	5.56*10 ⁷
Frame shear modulus (Pa)	7.0*10 ⁹	3.33*10 ⁷
Permeability (m ²)	1.0*10 ⁻¹³	1.0*10 ⁻¹⁰ (case 1, 4) 1.0*10 ⁻¹⁶ (case 1) 1.0*10 ⁻¹⁵ (case 2) ∞ (case 3)
Tortuosity	3	1

Table 2: Saturant fluids.

Properties	Gas	Water	Oil
Density (kg/m ³)	139.8	1000	700
Fluid viscosity (Pa*s)	0.000022	0.001	0.004
Fluid bulk modulus (Pa)	0.05543*10 ⁹	2.25*10 ⁹	0.57*10 ⁹

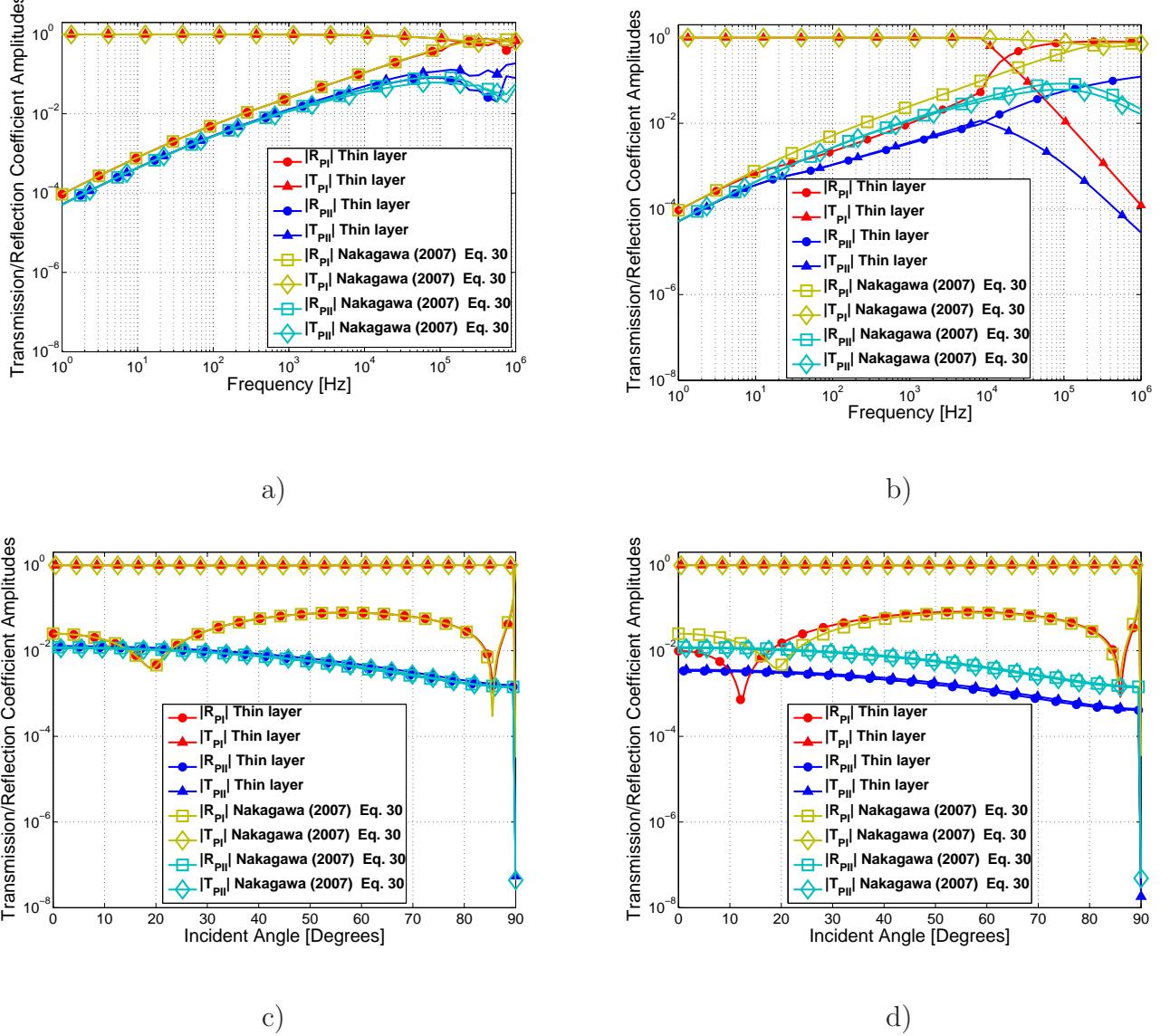


Figure 1: Magnitud coeficientes de reflexión y transmisión para las ondas P tipo I y II, para dos valores de permeabilidad, cuando incide una onda P tipo I. El espesor de la fractura es de $h = 0.001 \text{ m}$. a) Incidencia normal y permeabilidad $\kappa = 1.0 * 10^{-10} \text{ m}^2$ b) Incidencia normal y permeabilidad $\kappa = 1.0 * 10^{-16} \text{ m}^2$. c) Frecuencia 1000 Hz, permeabilidad $\kappa = 1.0 * 10^{-10} \text{ m}^2$. d) Frecuencia 1000 Hz, permeabilidad $\kappa = 1.0 * 10^{-16} \text{ m}^2$.

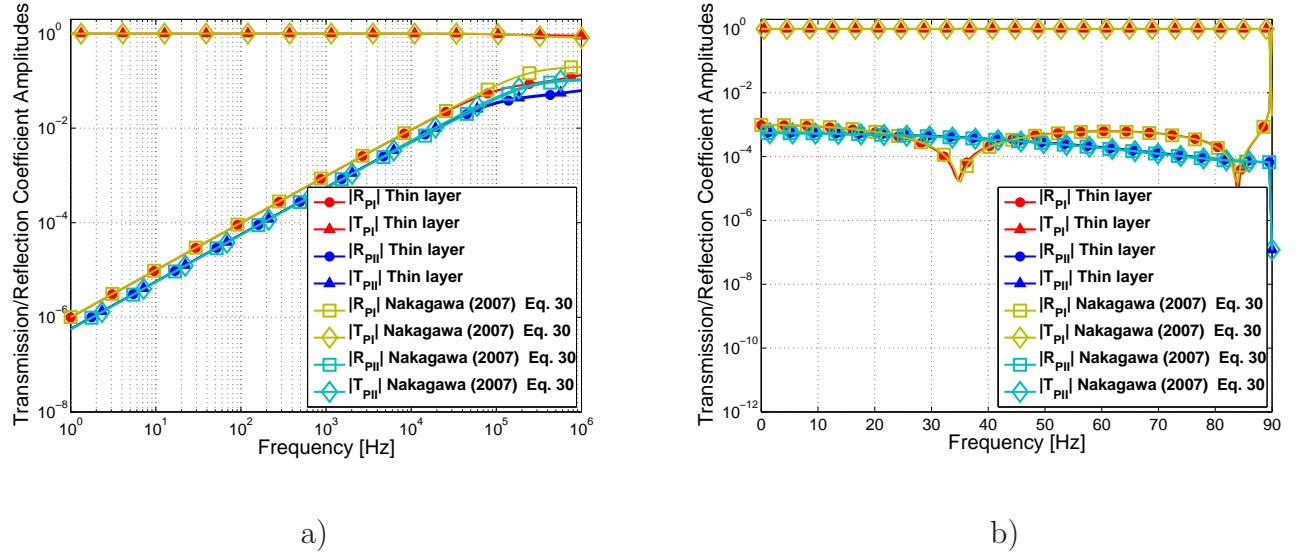


Figure 2: Magnitud de los coeficientes de reflexión y transmisión para ondas P tipo I y II, cuando incide una onda P tipo I de 1000 Hz. El espesor de la fractura es de $h = 0.00001$ m. a) Incidencia normal y permeabilidad $\kappa = 1.0 * 10^{-16}$ m² b) Frecuencia 1000 Hz, permeabilidad $\kappa = 1.0 * 10^{-16}$ m².

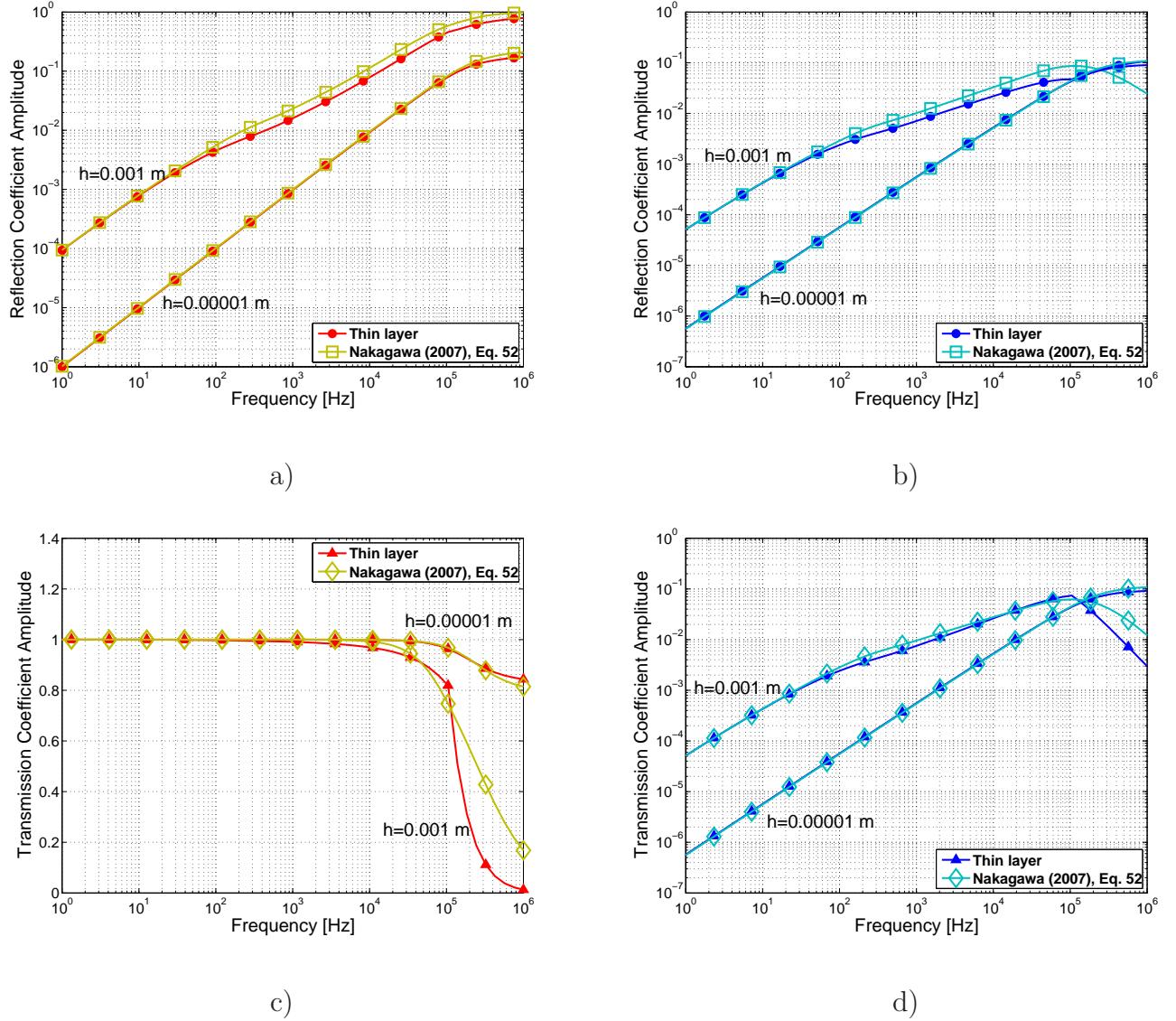


Figure 3: Magnitud coeficientes de reflexion y transmision para las ondas P tipo I, II, para una permeabilidad de $\kappa = 1.0 * 10^{-15} \text{ m}^2$ cuando incide una onda P tipo I. Se obtuvo los coeficientes de reflexion y transmision para dos valores de h , $h = 0.001 \text{ m}$ y $h = 0.00001 \text{ m}$.

a) Magnitud del coeficiente de reflexion de la onda P tipo I. b) Magnitud del coeficiente de reflexion de la onda P tipo II. d) Magnitud del coeficiente de transmision de la onda P tipo I. e) Magnitud del coeficiente de transmision de la onda P tipo II.

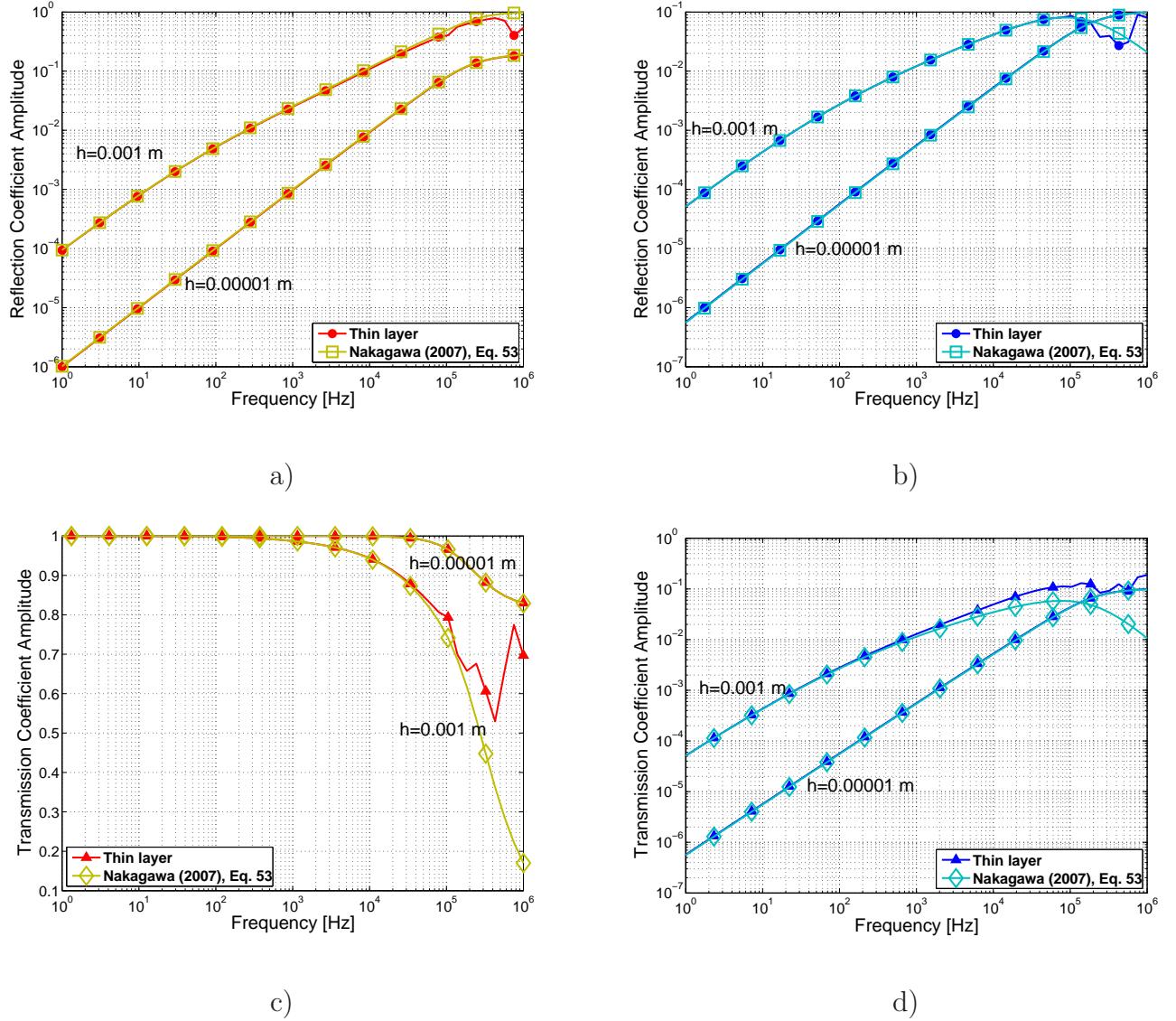


Figure 4: Magnitud coeficientes de reflexión y transmisión para las ondas P tipo I, II, para una permeabilidad de $\kappa \rightarrow \infty$ cuando incide una onda P tipo I. Se obtuvo los coeficientes de reflexion y transmision para dos valores de h , $h = 0.001\text{ m}$ y $h = 0.00001\text{ m}$. a) Magnitud del coeficiente de reflexion de la onda P tipo I. b) Magnitud del coeficiente de reflexion de la onda P tipo II. d) Magnitud del coeficiente de transmision de la onda P tipo I. e) Magnitud del coeficiente de transmision de la onda P tipo II.

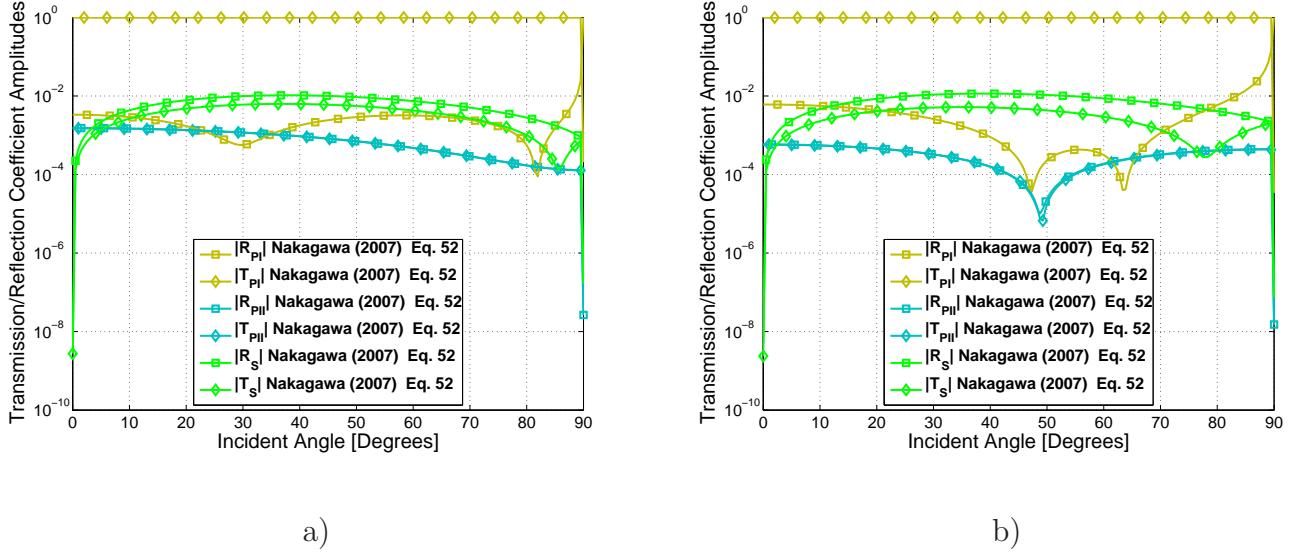


Figure 5: Magnitud de los coeficientes de reflexión y transmisión para las ondas P tipo I, II y las ondas de corte, cuando incide una onda P tipo I de 50 Hz. El fluido en el background es agua. El espesor de la fractura es de $h = 0.001$ m y su permeabilidad es $\kappa = 1.0 * 10^{-10}$ m². a) Petróleo en la fractura b) Gas en la fractura.