

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
REGISTRO SÍSMICO OFFSHORE “3D”
ÁREA CAN 102, ARGENTINA

CAPÍTULO 6 - MODELACIÓN ACÚSTICA

ANEXO II – ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA PERDIDA POR
TRANSMISIÓN DEL SONIDO

NOVIEMBRE DE 2021

ÍNDICE

1	SENSIBILIDAD A LA DENSIDAD DEL AGUA Y VELOCIDAD DEL SONIDO MENSUAL Y A LA PROFUNDIDAD	2
1.1.	Puntos de cálculo y Parámetros de Suelo empleados	2
1.2.	Modelación del Punto O. Profundidad 1100 m	6
1.3.	Modelación del Punto E. Profundidad 3600 m	9
1.4.	Verificación para otros Puntos de cálculo con profundidad uniforme	12
2	SENSIBILIDAD A LA BATIMETRÍA VARIABLE	15
3	SENSIBILIDAD A LOS PARÁMETROS DEL SUELO	21
4	CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD: COMPARACIÓN DE LAS SIMULACIONES DE TL MÍNIMO PARA O-1100 Y P1-DECRECIENTE	28

APÉNDICE: GRÁFICOS BIDIMENSIONALES DE LA PÉRDIDA DE TRANSMISIÓN



1 SENSIBILIDAD A LA DENSIDAD DEL AGUA Y VELOCIDAD DEL SONIDO MENSUAL Y A LA PROFUNDIDAD

1.1. PUNTOS DE CÁLCULO Y PARÁMETROS DE SUELO EMPLEADOS

Considerando la conveniencia de emplear perfiles de temperatura y salinidad provistos por el Programa Copernicus para calcular los perfiles de densidad y velocidad del sonido, se extrajeron perfiles representativos de cada mes según se explica en el Anexo 1 del Capítulo 6.

Se consideraron los diferentes meses del año en los que se puede realizar la prospección: Octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo.

Los análisis de sensibilidad se realizaron para frecuencias características de 20, 40, 80, 160 y 320 Hz.

Los puntos de análisis considerados según las consideraciones que se exponen en el texto principal del Capítulo 6 fueron los siguientes (ver **Figura 1**):

- Punto O. Profundidad 1100 m.
- Punto IO. Profundidad 1600 m.
- Punto S. Profundidad 2000 m.
- Punto N. Profundidad 3000 m.
- Punto IE. Profundidad 3100 m.
- Punto E. Profundidad 3600 m.
- Punto CM. Cañón Mar del Plata. Profundidad 3200 m.

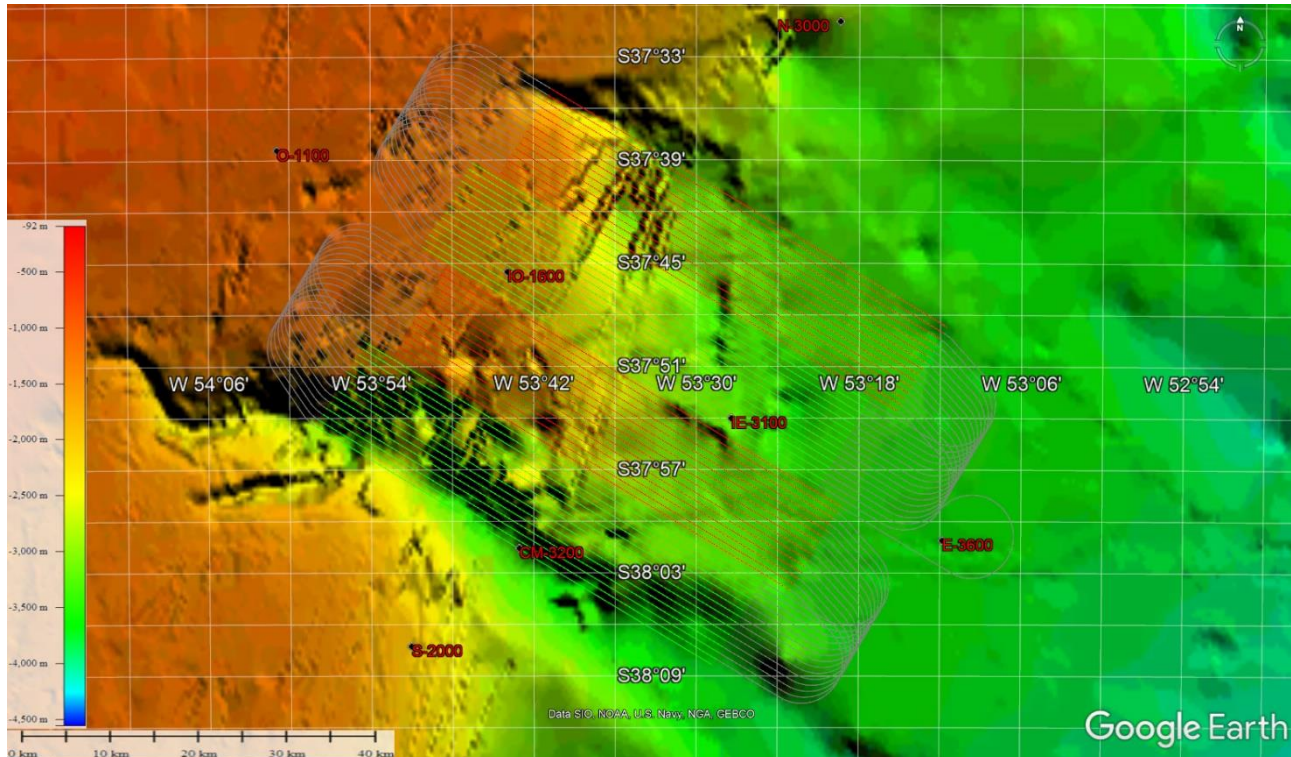


Figura 1. Ubicación de los puntos para el análisis de sensibilidad.



Simultáneamente se analizó la sensibilidad a las siguientes combinaciones de suelos posibles en la zona, de acuerdo con las características predominantes en cada punto:

- Fango sobre arena (FB - AB)
- Fango sobre grava (FB - GB)
- Arena sobre grava (AB - GB) (Solamente en el punto ubicado más al Oeste)

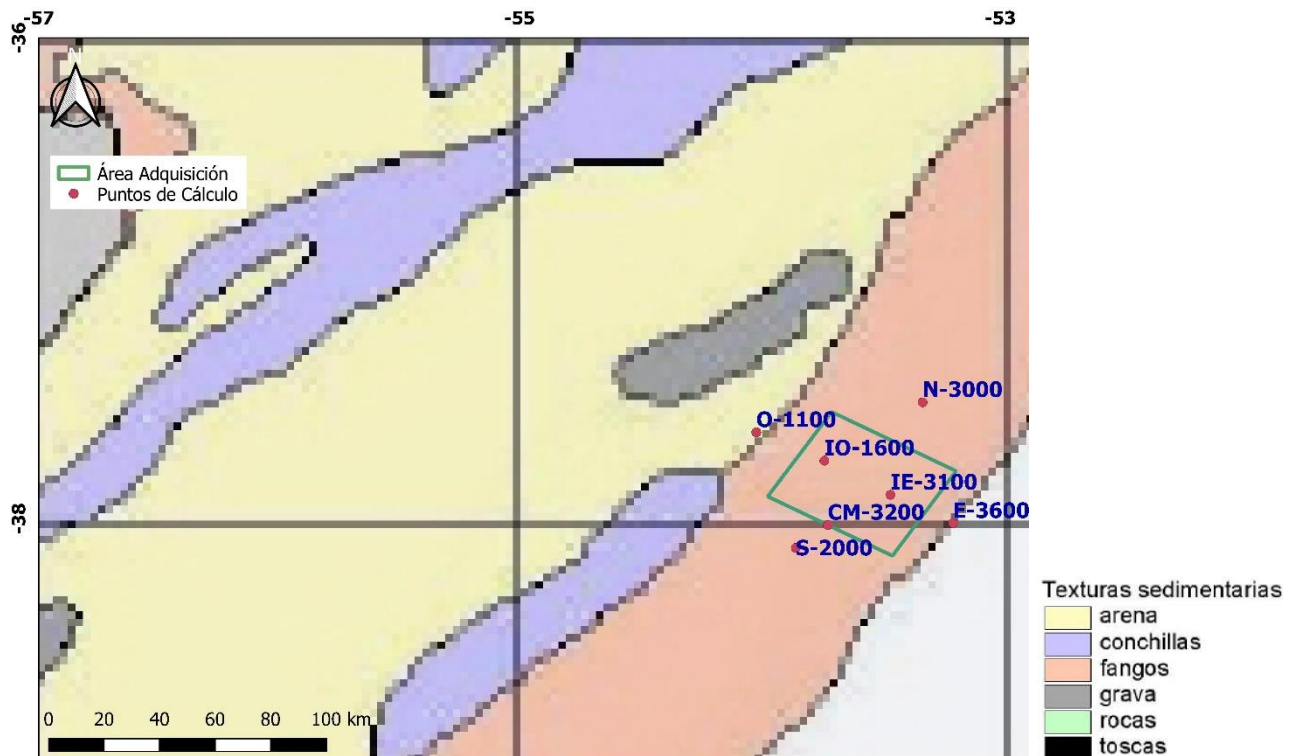


Figura 2. Caracterización de los sedimentos del fondo marino del área de interés y puntos de cálculo de la Pérdida de Transmisión del Sonido. La imagen de fondo corresponde al Atlas de Sensibilidad del Mar Argentino (Boltovskoy et al., 2008).

Como se indica en el Capítulo 6, los valores de las velocidades compresionales y de corte en los sedimentos y las atenuaciones de las mismas tienen grandes variaciones dependiendo del tipo de sedimento de fondo.

La siguiente tabla indica los valores característicos de las propiedades geoacústicas de los sedimentos de fondo que se encuentran en lechos marinos y plataformas continentales. En la Tabla 1, se muestran estos parámetros, donde p : porosidad (%), ρ_b/ρ_w : densidad del sedimento sobre densidad del agua ($\rho_w = 1100 \text{ kg/m}^3$), C_p/C_w : Velocidad compresional sobre velocidad del sonido media en agua ($C_w = 1500 \text{ m/s}$), C_p : velocidad compresional, C_s : Velocidad de corte, α_p : Atenuación asociada a la onda compresional, α_s : Atenuación asociada a la onda de corte. Para limos, arenas y gravas el valor de C_s depende del espesor z de la capa superficial de sedimentos.

La porosidad p se relaciona de una manera directa con la densidad del material y las velocidades de onda, es decir, una porosidad menor da como resultado una densidad mayor y velocidades de onda más altas. Las atenuaciones de onda, generalmente se indican en unidades de dB por longitud de onda, por lo que la atenuación aumenta linealmente con la frecuencia. Los materiales del fondo tienen pérdidas de tres a cuatro órdenes de magnitud mayores que el agua de mar.



Tabla 1. Tabla de propiedades geoacústicas de los sedimentos de fondo. Fuente: Jensen et al., 2014.

Table 1.3 Geoacoustic properties of continental shelf and slope environments

Bottom type	P (%)	ρ_b/ρ_w –	c_p/c_w –	c_p (m/s)	c_s (m/s)	α_p (dB/ λ_p)	α_s (dB/ λ_s)
Clay	70	1.5	1.00	1500	<100	0.2	1.0
Silt	55	1.7	1.05	1575	$c_s^{(1)}$	1.0	1.5
Sand	45	1.9	1.1	1650	$c_s^{(2)}$	0.8	2.5
Gravel	35	2.0	1.2	1800	$c_s^{(3)}$	0.6	1.5
Moraine	25	2.1	1.3	1950	600	0.4	1.0
Chalk	–	2.2	1.6	2400	1000	0.2	0.5
Limestone	–	2.4	2.0	3000	1500	0.1	0.2
Basalt	–	2.7	3.5	5250	2500	0.1	0.2

$$c_s^{(1)} = 80 \tilde{z}^{0.3} \quad c_w = 1500 \text{ m/s}, \quad \rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$c_s^{(2)} = 110 \tilde{z}^{0.3}$$

$$c_s^{(3)} = 180 \tilde{z}^{0.3}$$

Para las áreas de exploración el material predominante es fango, el cual es una acumulación de limos y arcillas.

Según Hamilton (1979) para este tipo de materiales se puede emplear la siguiente ecuación para estimar la velocidad de corte:

$$C_s = 116 + 4,65 z$$

Los “Parámetros Base” adoptados para Arenas (AB), Fangos (FB) y Gravas (GB) son los siguientes:

Identificación	FB	AB	GB	AB
Parámetro	Fangos superiores Cs Hamilton	Arenas superiores Cs Jensen	Gravas por debajo Cs Jensen	Arenas por debajo Cs Jensen
Espesor capa z (m)	15	15	30	30
C_p (m/s)	1.500	1.650	1.800	1.650
ρ (kg/m ³)	1.500	1.900	2.000	1.900
C_s (m/s)	186	248	499	305
C_s adoptado (m/s)	186	250	500	305
A_p (dB/ λ_p)	0,2	0.8	0,6	0.8
A_s (dB/ λ_s)	1,0	2.5	1,5	2.5

Se realizaron modelaciones para cada punto de análisis, representativo de la zona de estudio, habiendo considerado las frecuencias, tipos de suelo y meses del año en los que puede realizarse la prospección, según fue mencionado previamente.

Se muestra como ejemplo, a continuación, la tabla con la nomenclatura y condiciones de modelación, para el punto de análisis O-1100. La misma secuencia fue repetida para analizar los demás puntos modificando la profundidad de la batimetría y los perfiles oceanográficos según correspondiese, con el fin de seleccionar el perfil de velocidad de sonido y densidad mas



conservativo.

Nomenclatura	Batimetría / profund.	Perfil sonido	Frecuencias (FFF)	Z espesor capa (m)	Cp (m/s)	ρ (kg/m ³)	Cs (m/s)	Ap (dB/ λ)	As (dB/wlen)	Tipo Capa (Superior / Inferior)
O-1100-MAR-AB-GB	Uniforme 1100 m	O-1100-Marzo	Octavas 20; 40; 80; 160; 320	15	1.650	1.900	250	0,8	2,5	Arena par. base -AB
				30	1.800	2.000	500	0,6	1,5	Grava par. base-GB
O-1100-ABR-AB-GB	Uniforme 1100 m	O-1100-Abril	Octavas 20; 40; 80; 160; 320	15	1.650	1.900	250	0,8	2,5	Arena par. base -AB
				30	1.800	2.000	500	0,6	1,5	Grava par. base-GB
O-1100-MAY-AB-GB	Uniforme 1100 m	O-1100-Mayo	Octavas 20; 40; 80; 160; 320	15	1.650	1.900	250	0,8	2,5	Arena par. base -AB
				30	1.800	2.000	500	0,6	1,5	Grava par. base-GB
O-1100-JUN-AB-GB	Uniforme 1100 m	O-1100-Junio	Octavas 20; 40; 80; 160; 320	15	1.650	1.900	250	0,8	2,5	Arena par. base -AB
				30	1.800	2.000	500	0,6	1,5	Grava par. base-GB
O-1100-JUL-AB-GB	Uniforme 1100 m	O-1100-Julio	Octavas 20; 40; 80; 160; 320	15	1.650	1.900	250	0,8	2,5	Arena par. base -AB
				30	1.800	2.000	500	0,6	1,5	Grava par. base-GB

O-1100-MAR-AB-GB	Uniforme 1100 m	O-1100-Marzo	Octavas 20; 40; 80; 160; 320	15	1.500	1.500	186	0,2	1,0	Fango par. base -FB
				30	1.800	2.000	500	0,6	1,5	Grava par. base-GB
O-1100-ABR-AB-GB	Uniforme 1100 m	O-1100-Abril	Octavas 20; 40; 80; 160; 320	15	1.500	1.500	186	0,2	1,0	Fango par. base -FB
				30	1.800	2.000	500	0,6	1,5	Grava par. base-GB
O-1100-MAY-AB-GB	Uniforme 1100 m	O-1100-Mayo	Octavas 20; 40; 80; 160; 320	15	1.500	1.500	186	0,2	1,0	Fango par. base -FB
				30	1.800	2.000	500	0,6	1,5	Grava par. base-GB
O-1100-JUN-AB-GB	Uniforme 1100 m	O-1100-Junio	Octavas 20; 40; 80; 160; 320	15	1.500	1.500	186	0,2	1,0	Fango par. base -FB
				30	1.800	2.000	500	0,6	1,5	Grava par. base-GB
O-1100-JUL-AB-GB	Uniforme 1100 m	O-1100-Julio	Octavas 20; 40; 80; 160; 320	15	1.500	1.500	186	0,2	1,0	Fango par. base -FB
				30	1.800	2.000	500	0,6	1,5	Grava par. base-GB

O-1100-MAR-AB-GB	Uniforme 1100 m	O-1100-Marzo	Octavas 20; 40; 80; 160; 320	15	1.500	1.500	186	0,2	1,0	Fango par. base -FB
				30	1.650	1.900	305	0,8	2,5	Arena par. base-AB
O-1100-ABR-AB-GB	Uniforme 1100 m	O-1100-Abril	Octavas 20; 40; 80; 160; 320	15	1.500	1.500	186	0,2	1,0	Fango par. base -FB
				30	1.650	1.900	305	0,8	2,5	Arena par. base-AB
O-1100-MAY-AB-GB	Uniforme 1100 m	O-1100-Mayo	Octavas 20; 40; 80; 160; 320	15	1.500	1.500	186	0,2	1,0	Fango par. base -FB
				30	1.650	1.900	305	0,8	2,5	Arena par. base-AB
O-1100-JUN-AB-GB	Uniforme 1100 m	O-1100-Junio	Octavas 20; 40; 80; 160; 320	15	1.500	1.500	186	0,2	1,0	Fango par. base -FB
				30	1.650	1.900	305	0,8	2,5	Arena par. base-AB
O-1100-JUL-AB-GB	Uniforme 1100 m	O-1100-Julio	Octavas 20; 40; 80; 160; 320	15	1.500	1.500	186	0,2	1,0	Fango par. base -FB
				30	1.650	1.900	305	0,8	2,5	Arena par. base-AB

Se presentan en las figuras a continuación los resultados de Pérdida de Transmisión para las modelaciones de sensibilidad a los perfiles de velocidad del sonido y densidad, y tipo de suelo, según el punto de análisis y frecuencia.

Las imágenes 2D correspondientes se presentan en Apéndice para permitir la visualización de los patrones de propagación del sonido.

Se puede observar que para frecuencias de hasta 80 Hz el tipo de suelo AB-GB (Fangos sobre Gravas), resulta más conservativo que los otros tipos analizados para todos los perfiles oceanográficos considerados. A partir de los 160 Hz se invierte esta tendencia y se observa que el tipo de suelo AB-GB (Arena sobre Grava) se convierte en el más conservativo para el perfil de menor profundidad. Las diferencias más significativas se producen en distancias en general superiores a unos 2,5 a 10 km según el punto y la frecuencia.

Esto muestra que las diferencias en los resultados de TL se manifiestan recién en distancias del orden o superiores a la profundidad de agua, dependiendo entonces mucho más del tipo de suelo y de la forma de la batimetría que de los perfiles oceanográficos.

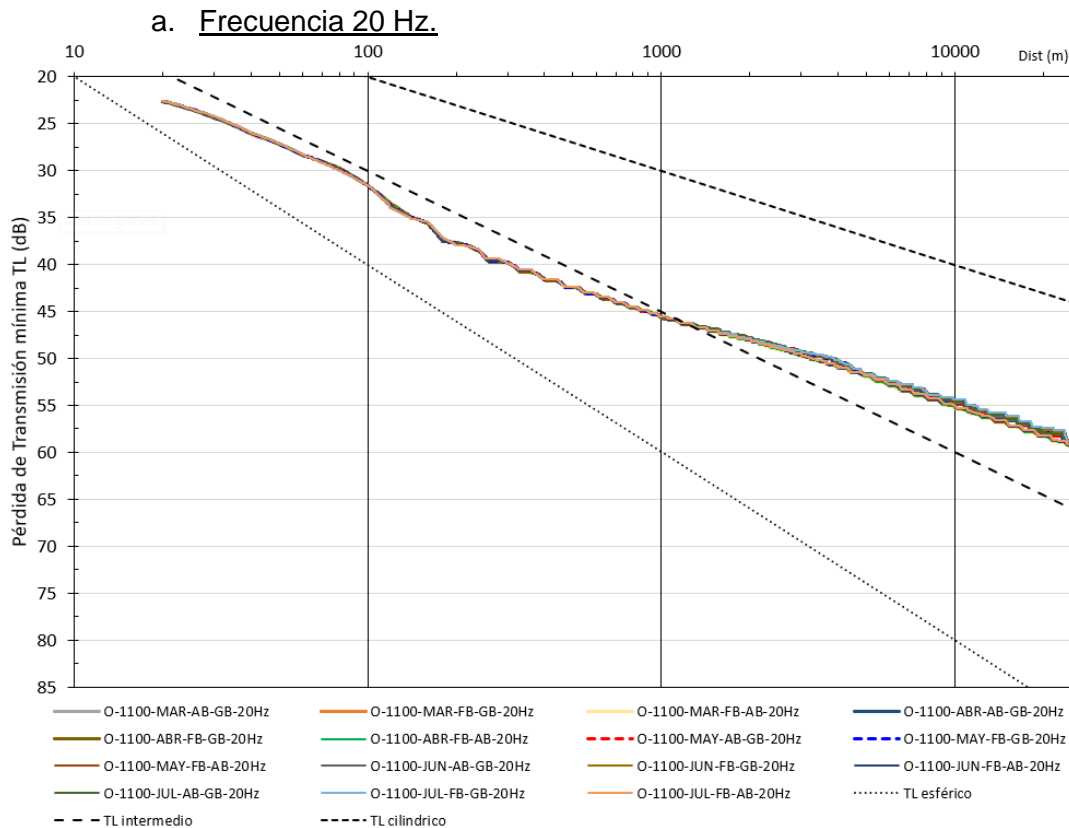


1.2. MODELACIÓN DEL PUNTO O. PROFUNDIDAD 1100 M

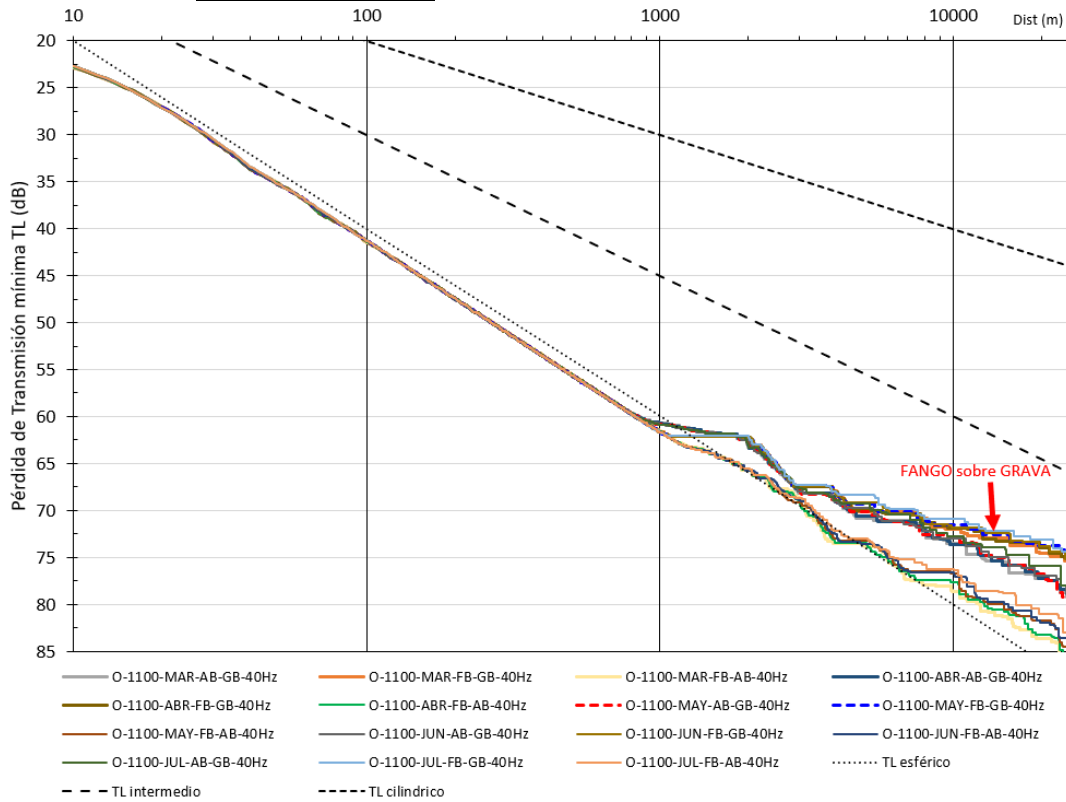
Los resultados indican lo siguiente:

- Frecuencia 20 Hz: es prácticamente indistinta la Pérdida de Transmisión (TL) para los diferentes meses y tipos de suelo, y tiende a ser similar al TL intermedio.
- Frecuencia 40 Hz: la tendencia es más similar a la esférica, y la menor TL se da para la combinación Fango sobre Grava, los resultados para los diferentes meses son similares, siendo levemente más conservativos los meses de junio y julio.
- Frecuencia 80 Hz: la tendencia está entre la esférica y la intermedia, y la menor TL se da también para la combinación Fango sobre Grava, los resultados para los diferentes meses son similares, siendo levemente más conservativos los meses de junio y julio.
- Frecuencia 160 Hz: la tendencia está entre la esférica y la intermedia, y la menor TL se da para la combinación Arena sobre Grava, aunque la diferencia con la combinación Fango sobre Grava es del orden de 1 dB a una distancia de 10 km y se amplía hasta unos 4 dB a mayores distancias. Los resultados para los diferentes meses son similares, siendo levemente más conservativos los meses de junio y julio.
- Frecuencia 320 Hz: la tendencia está entre la esférica y la intermedia, y la menor TL se da para la combinación Arena sobre Grava. Los resultados para los diferentes meses son similares, siendo levemente más conservativos los meses de junio y julio.

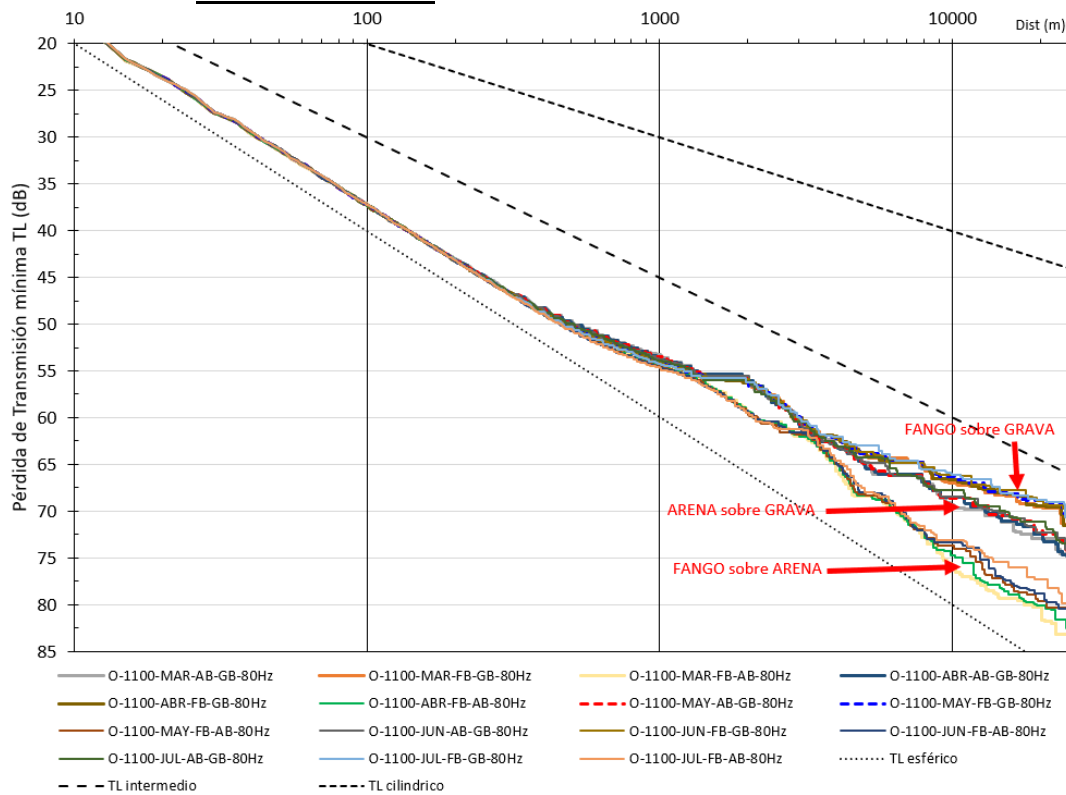
Como conclusión, en este punto la combinación de Arena sobre Grava tiende ser más conservativa para las frecuencias más altas, mientras que para las frecuencias bajas entre 40 y 80 Hz es un poco más conservativa la combinación de Fango sobre Grava. La capa inferior de arena es siempre menos conservativa. En cuanto al mes más conservativo, se puede seleccionar tanto junio como julio, pues son muy similares.



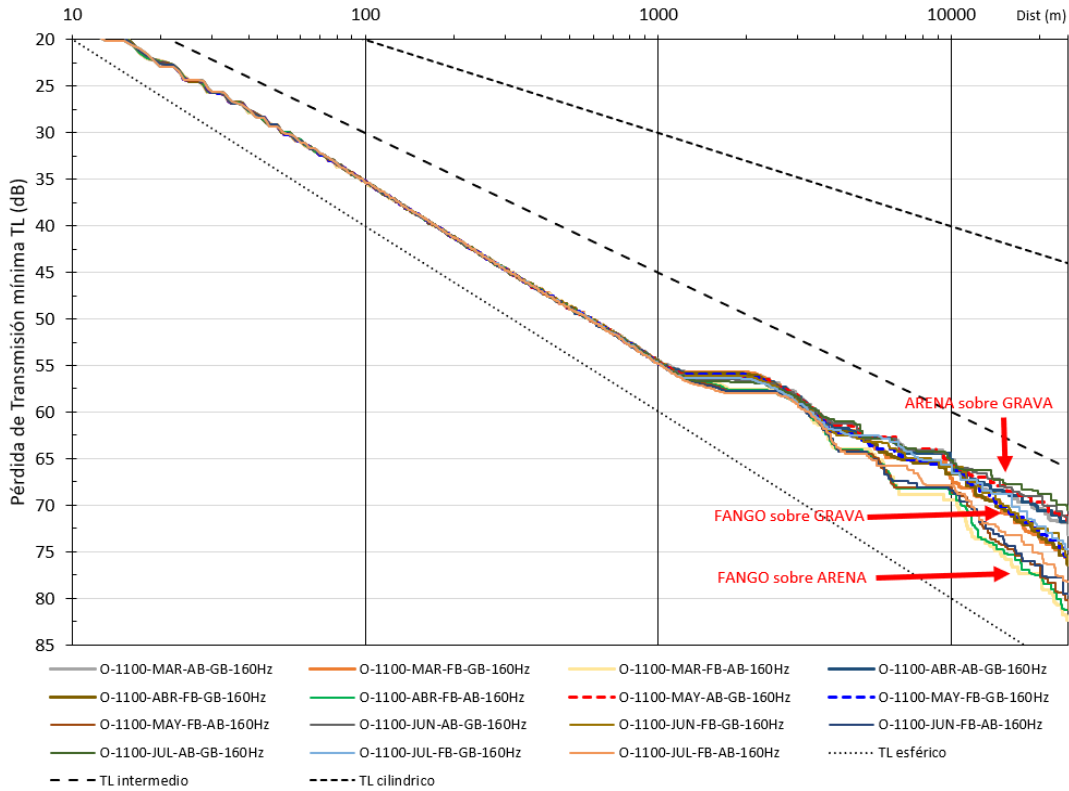

b. Frecuencia 40 Hz.



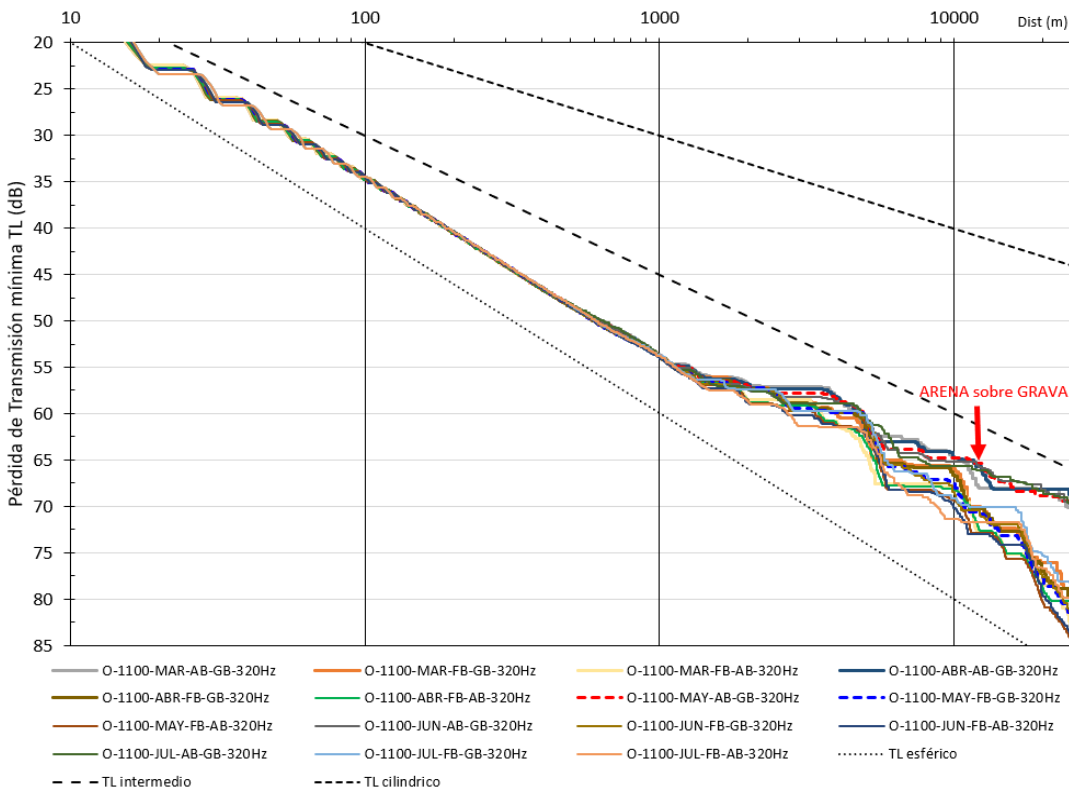
c. Frecuencia 80 Hz.




d. Frecuencia 160 Hz.



e. Frecuencia 320 Hz.

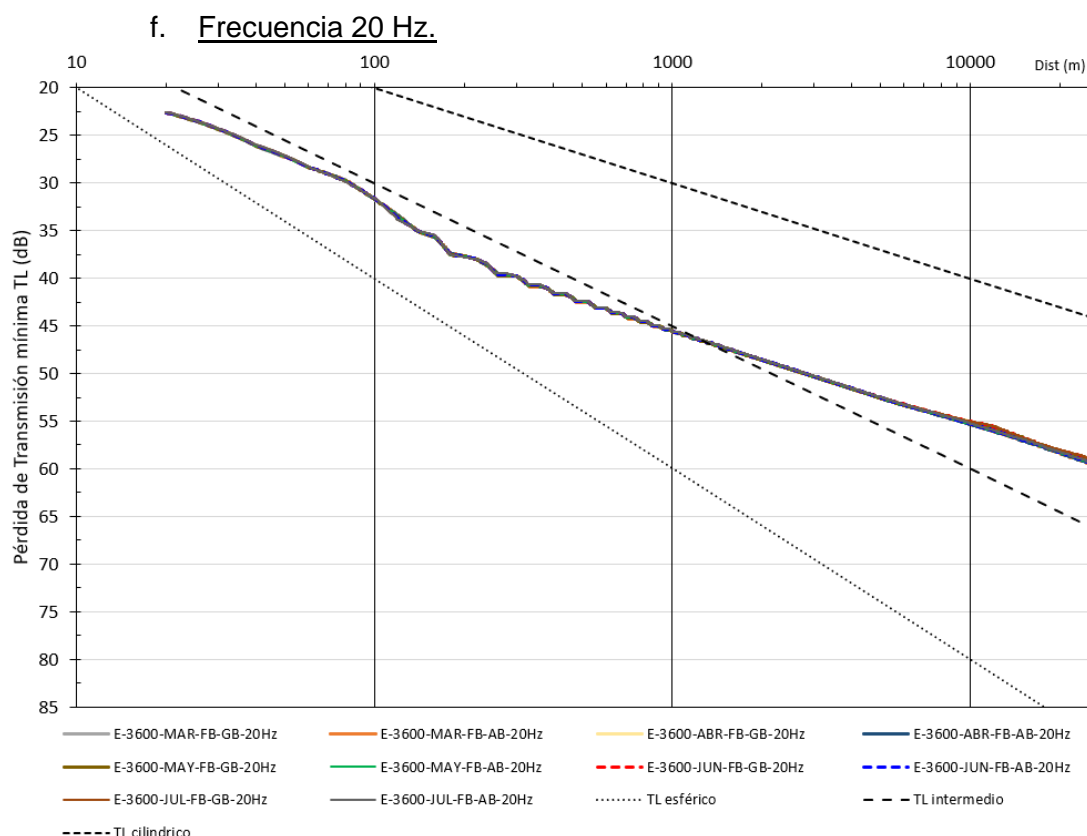



1.3. MODELACIÓN DEL PUNTO E. PROFUNDIDAD 3600 M

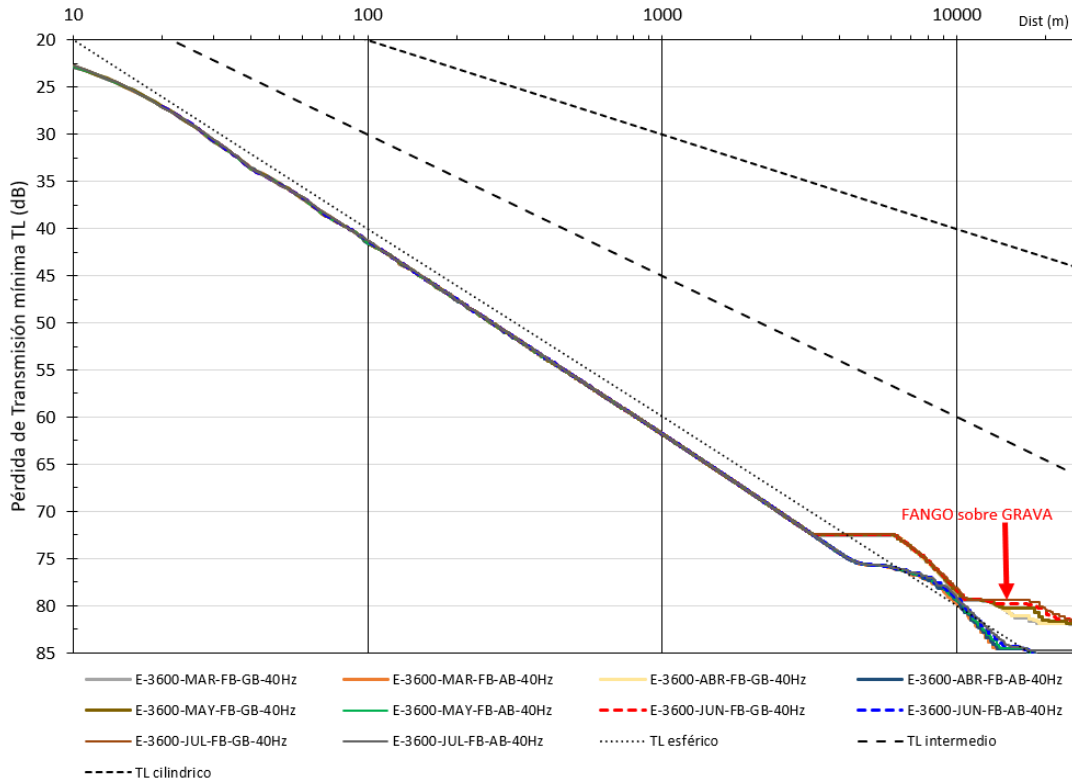
Los resultados indican lo siguiente:

- Frecuencia 20 Hz: es prácticamente indistinta la Pérdida de Transmisión (TL) para los diferentes meses y tipos de suelo, y tiende a ser similar al TL intermedio.
- Frecuencia 40 Hz: la tendencia es más similar a la esférica, hasta aproximadamente 3400 m de distancia todos los resultados son prácticamente iguales, y a partir de ese punto la menor TL se da para la combinación Fango sobre Grava; los resultados para los diferentes meses son similares, siendo levemente más conservativo julio.
- Frecuencia 80 Hz: la tendencia está entre la esférica y la intermedia, y la menor TL se da también para la combinación Fango sobre Grava, los resultados para los diferentes meses son similares, siendo levemente más conservativo julio.
- Frecuencia 160 Hz: la tendencia está entre la esférica y la intermedia, y la menor TL se da también para la combinación Fango sobre Grava, los resultados para los diferentes meses son similares, siendo levemente más conservativo julio.
- Frecuencia 320 Hz: los resultados son similares a las dos frecuencias previas, pero con menor diferencia entre los diferentes tipos de suelo.

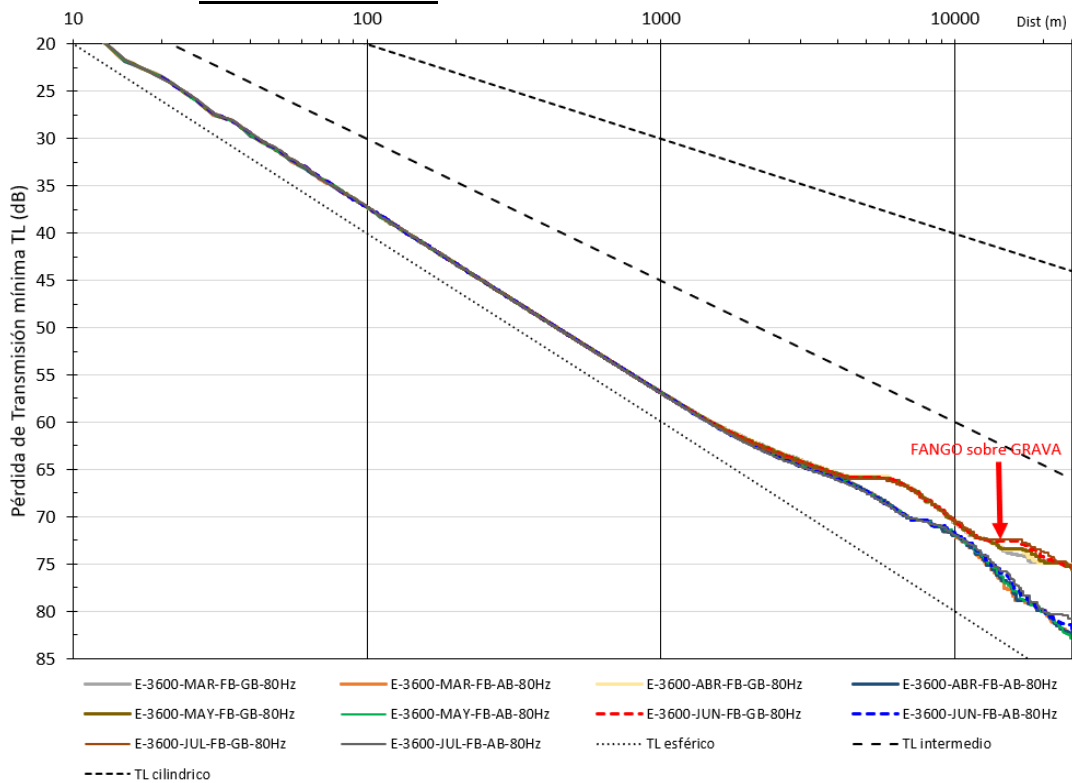
Como conclusión, en este punto la combinación de Fango sobre Grava es más conservativa que la combinación de Fango sobre Arena. El mes más conservativo es julio, si bien todos los meses presentan resultados similares.



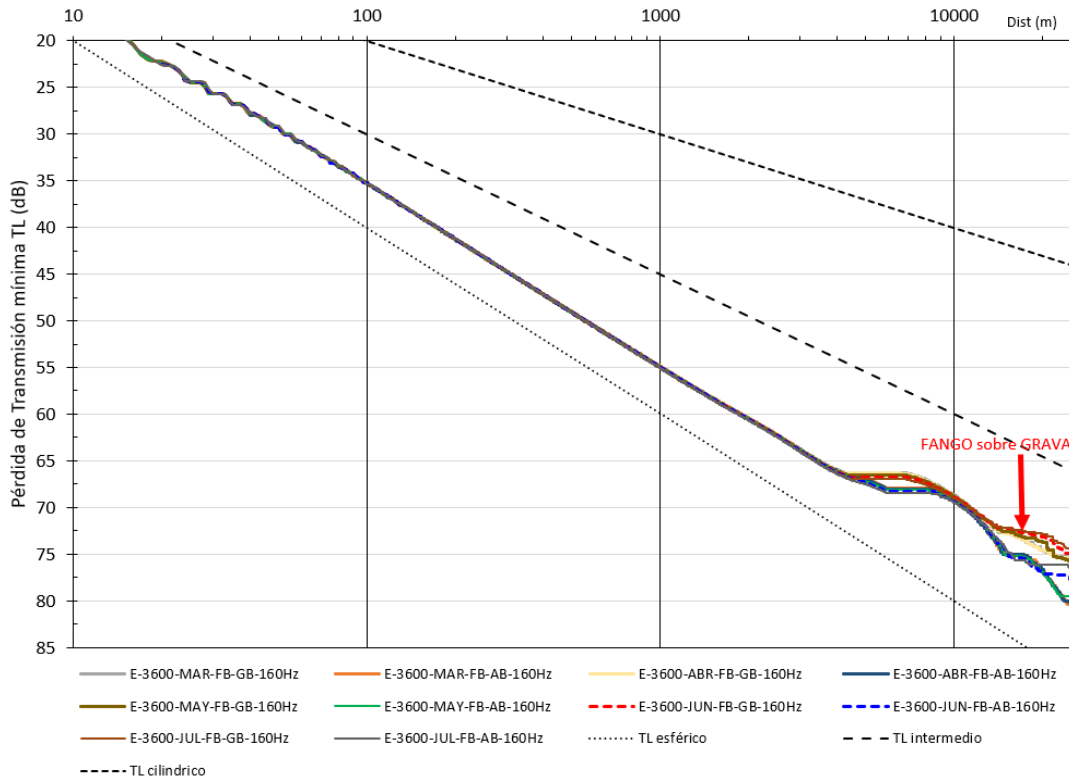

g. Frecuencia 40 Hz.



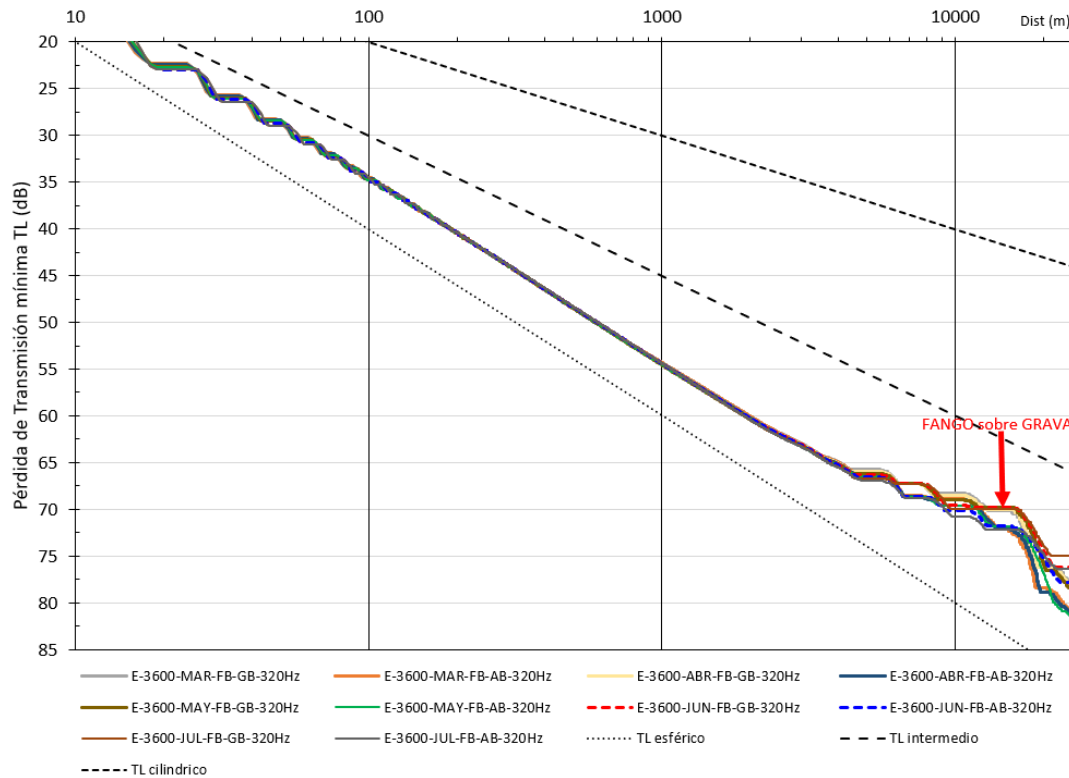
h. Frecuencia 80 Hz.




i. Frecuencia 160 Hz.



j. Frecuencia 320 Hz.




1.4. VERIFICACIÓN PARA OTROS PUNTOS DE CÁLCULO CON PROFUNDIDAD UNIFORME

En los puntos laterales N-3000 y S-2000, más los puntos interiores IO-1600 y IE-3100, y el punto en el cañón Mar del Plata CM-3200, se encuentran suelos superficiales tipo Fango.

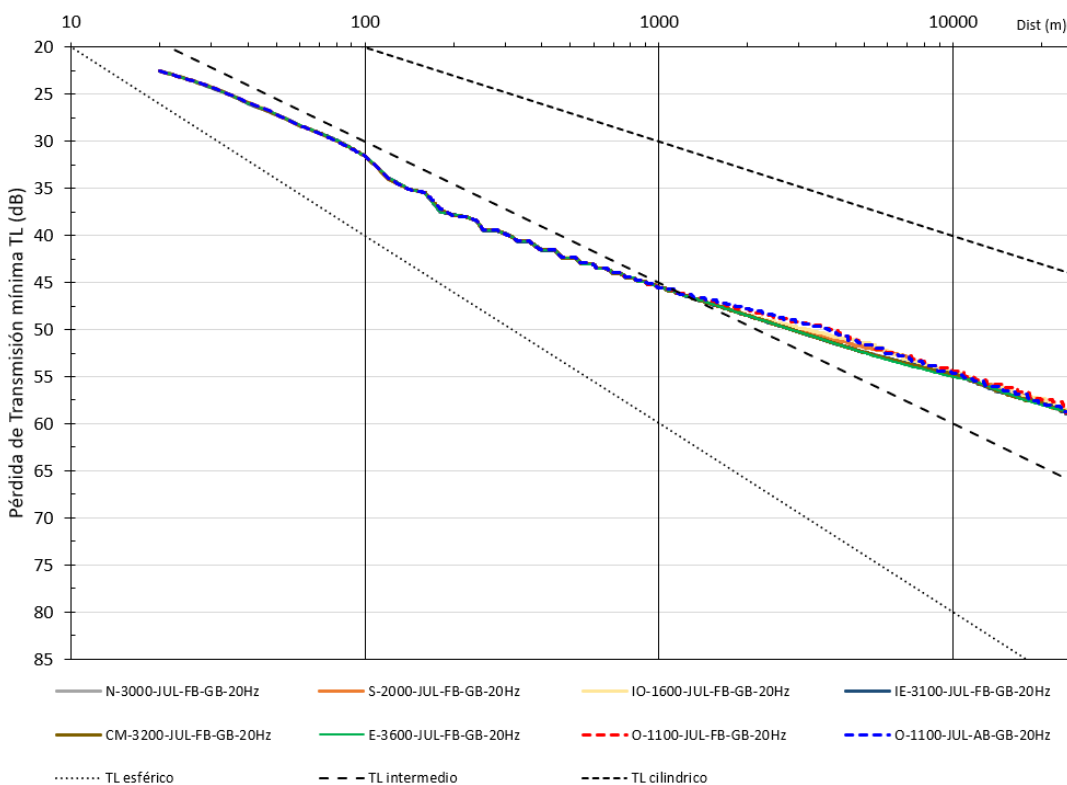
Dado que la combinación Fango / Grava en los dos puntos previos fue más conservativa que Fango / Arena, se consideró la primera para la modelización de estos 5 puntos, la cual se realizó para el mes de julio, que también fue el más conservativo en general en los análisis previos.

Los resultados indican lo siguiente:

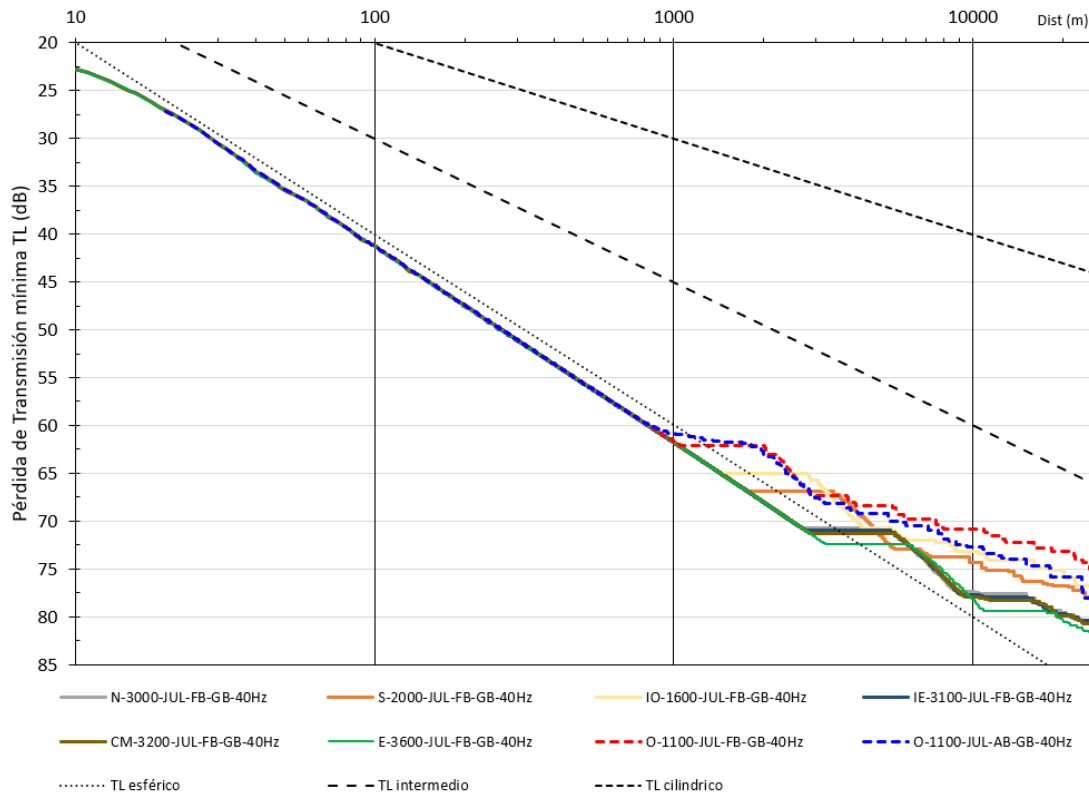
- Frecuencia 20 Hz: es prácticamente indistinta la Pérdida de Transmisión (TL) para los diferentes sitios, y tiende a ser similar al TL intermedio.
- Frecuencia 40 Hz: la condición más conservativa para casi todas las distancias a la fuente es la de O-1100 con Fango sobre Grava, siendo ligeramente más conservativo Arena sobre Grava para distancias menores a 2 km
- Frecuencia 80 Hz: similar a 40 Hz
- Frecuencia 160 Hz: la condición más conservativa para distancias superiores a 7 km de la fuente es O-1100 con Arena sobre Grava
- Frecuencia 320 Hz: la condición más conservativa para distancias superiores a 2,5 km de la fuente es O-1100 con Arena sobre Grava. Otros puntos tienen valores de TL inferiores en cortos tramos, pero globalmente son menos conservativos.

Como conclusión, el punto O-1100, de menor profundidad que el resto, es el más conservativo para las simulaciones con profundidad uniforme.

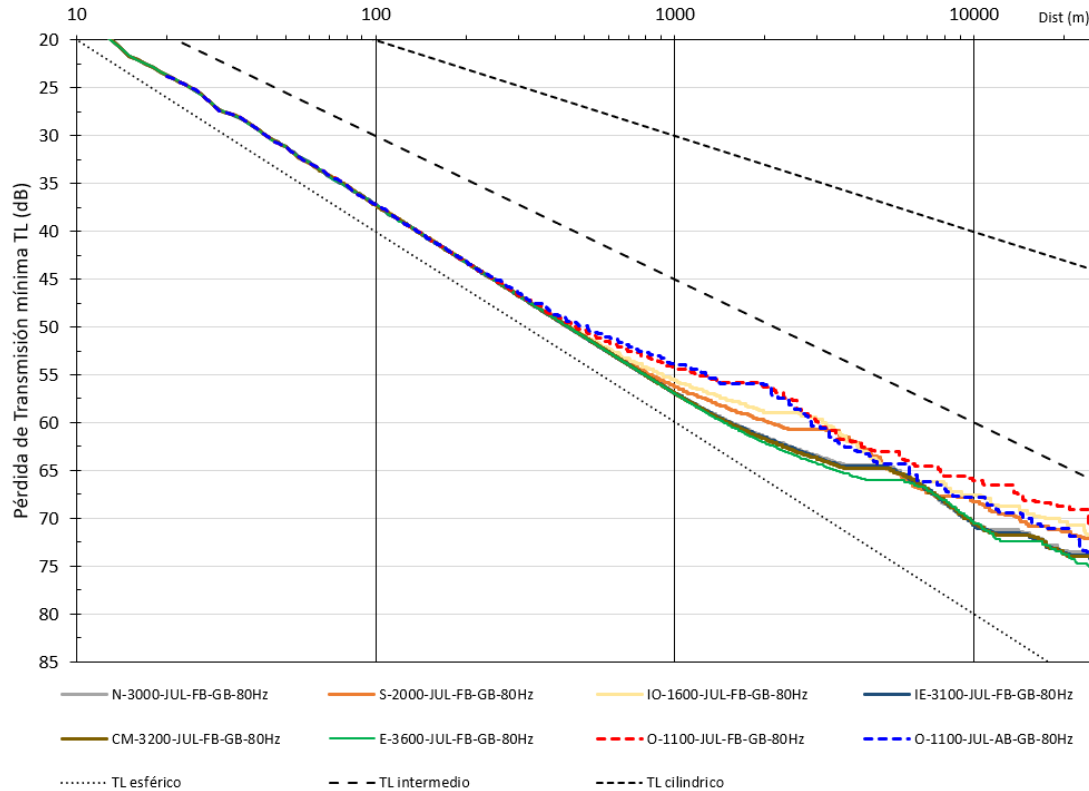
Frecuencia 20 Hz.



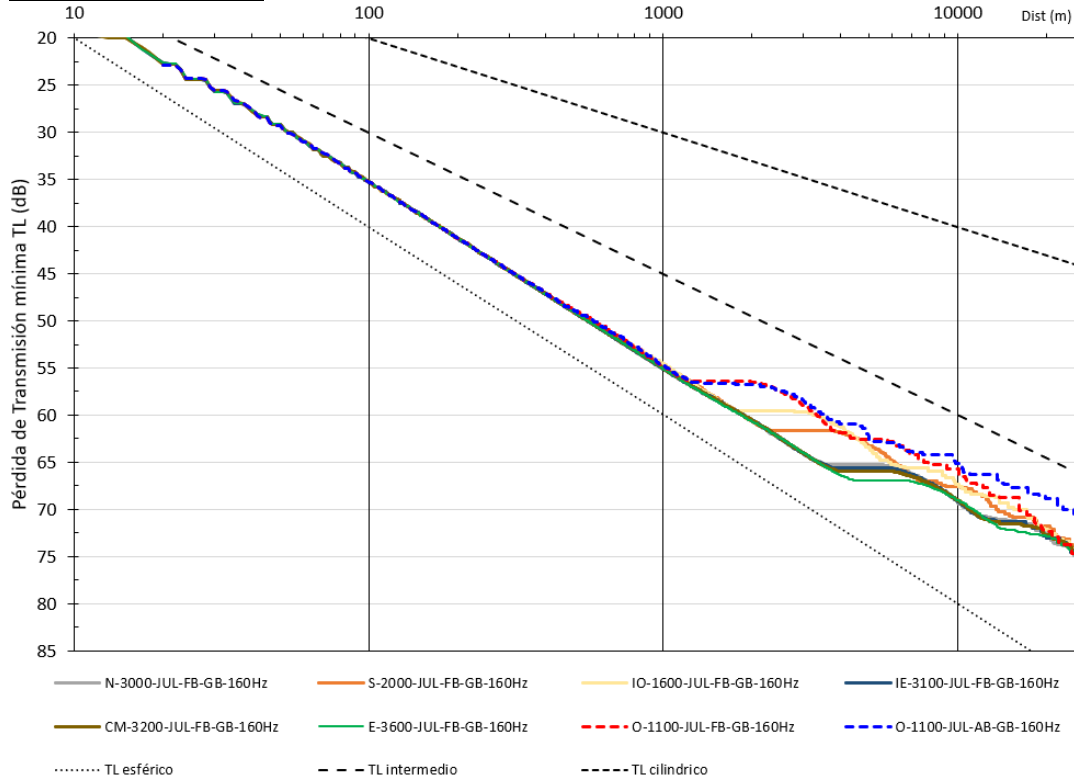

Frecuencia 40 Hz.



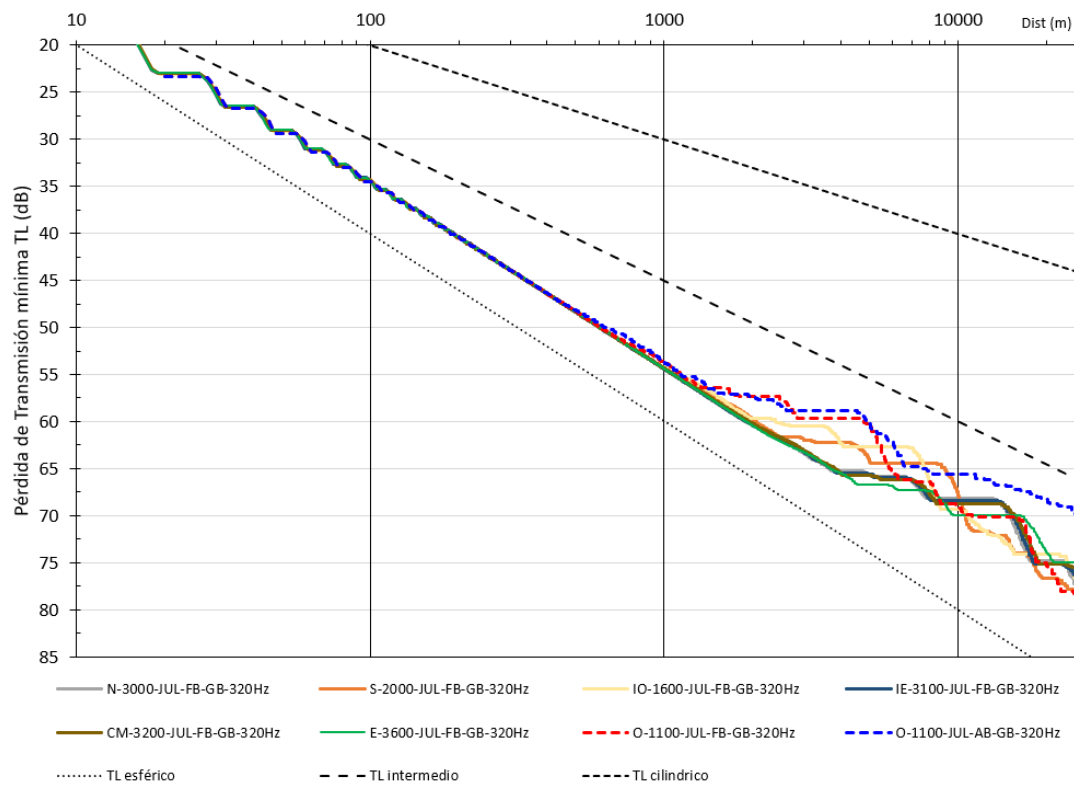
Frecuencia 80 Hz.




Frecuencia 160 Hz.



Frecuencia 320 Hz.




2 SENSIBILIDAD A LA BATIMETRÍA VARIABLE

Se efectuó también un análisis de sensibilidad, respecto a la variabilidad de la batimetría en la zona de estudio. En la Figura 3 y la Figura 4, se muestra la batimetría de la zona junto a los puntos seleccionados, y dos perfiles batimétricos representativos, uno de los cuales tiene sentido NO-SE (con profundidades decrecientes) y el otro tiene orientación NE-SW cruzando el cañón Mar del Plata. La cota de lecho de los perfiles batimétricos se presenta en la Figura 4.

En la Figura 5 se muestra la selección del tramo y dirección de los perfiles de batimetría creciente y decreciente representativos del sector de mayores pendientes en el Perfil 1.

En la Figura 6 se muestran los perfiles de batimetría representativos del Perfil 2. Allí se ha optado por simular una emisión que se realiza en el borde del área de registro sísmico dentro del mismo cañón Mar del Plata (Perfil 2-A), y otra que se realiza dentro del área aproximadamente plana al Norte del cañón Mar del Plata y lo atraviesa (Perfil 2-B).

Las simulaciones se realizaron para el perfil oceanográfico del mes de julio interpolado entre los puntos seleccionados por los que pasa cada transecta y para la condición de suelos Fango sobre Grava, representativa del área.

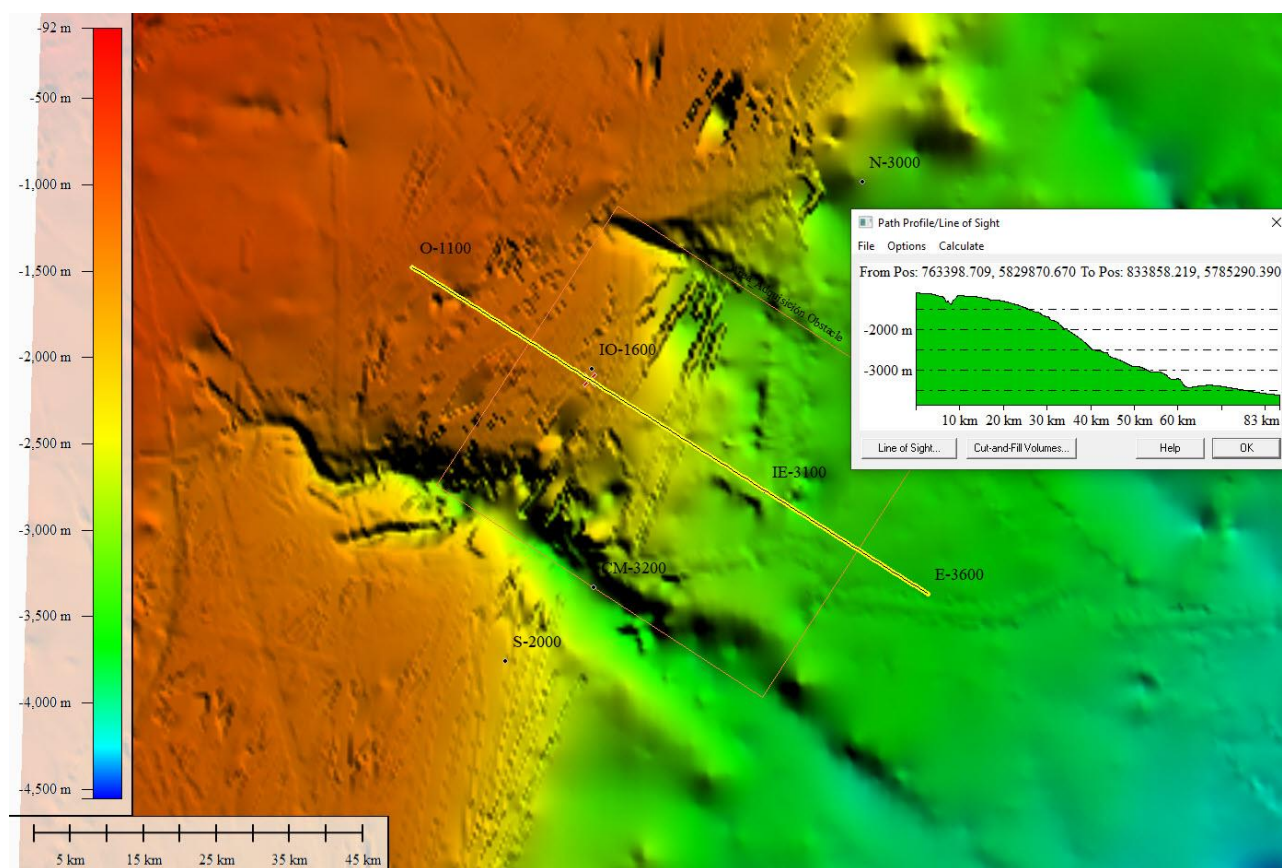


Figura 3. Batimetría de la zona de estudio y perfil 1 para análisis de sensibilidad a la variabilidad batimétrica.



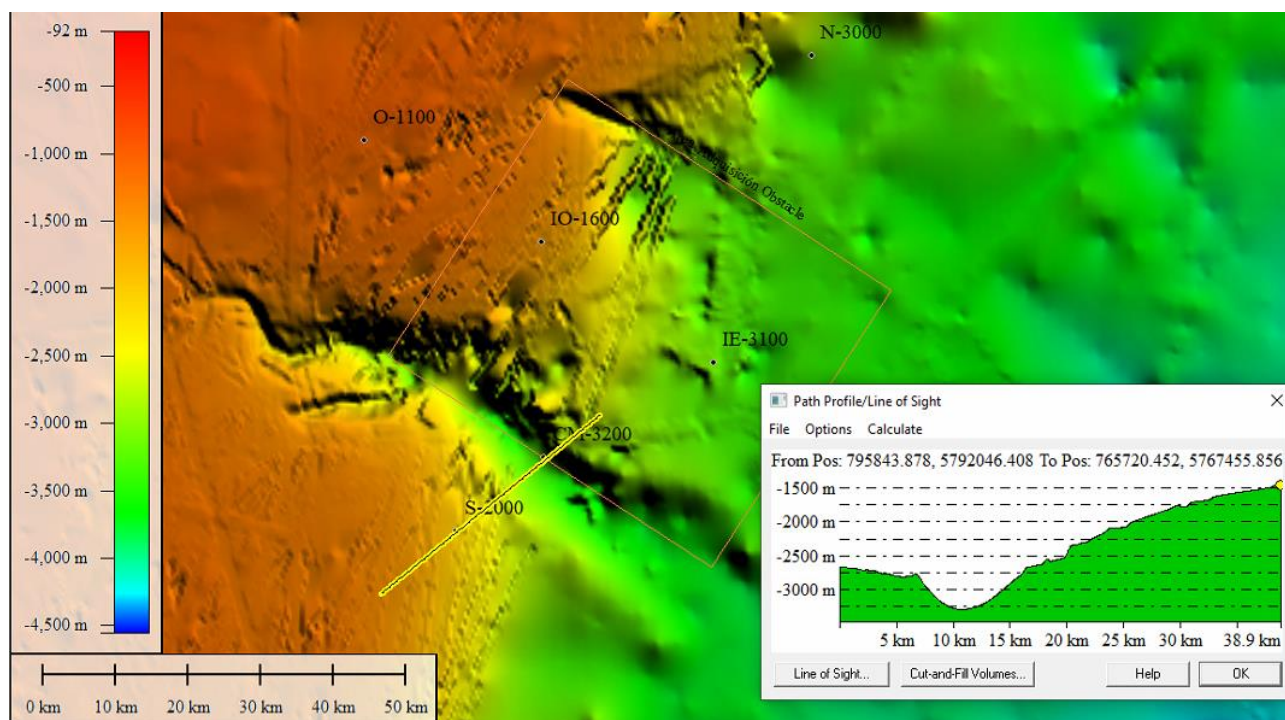


Figura 4. Batimetría de la zona de estudio y perfil 2 para análisis de sensibilidad a la variabilidad batimétrica.

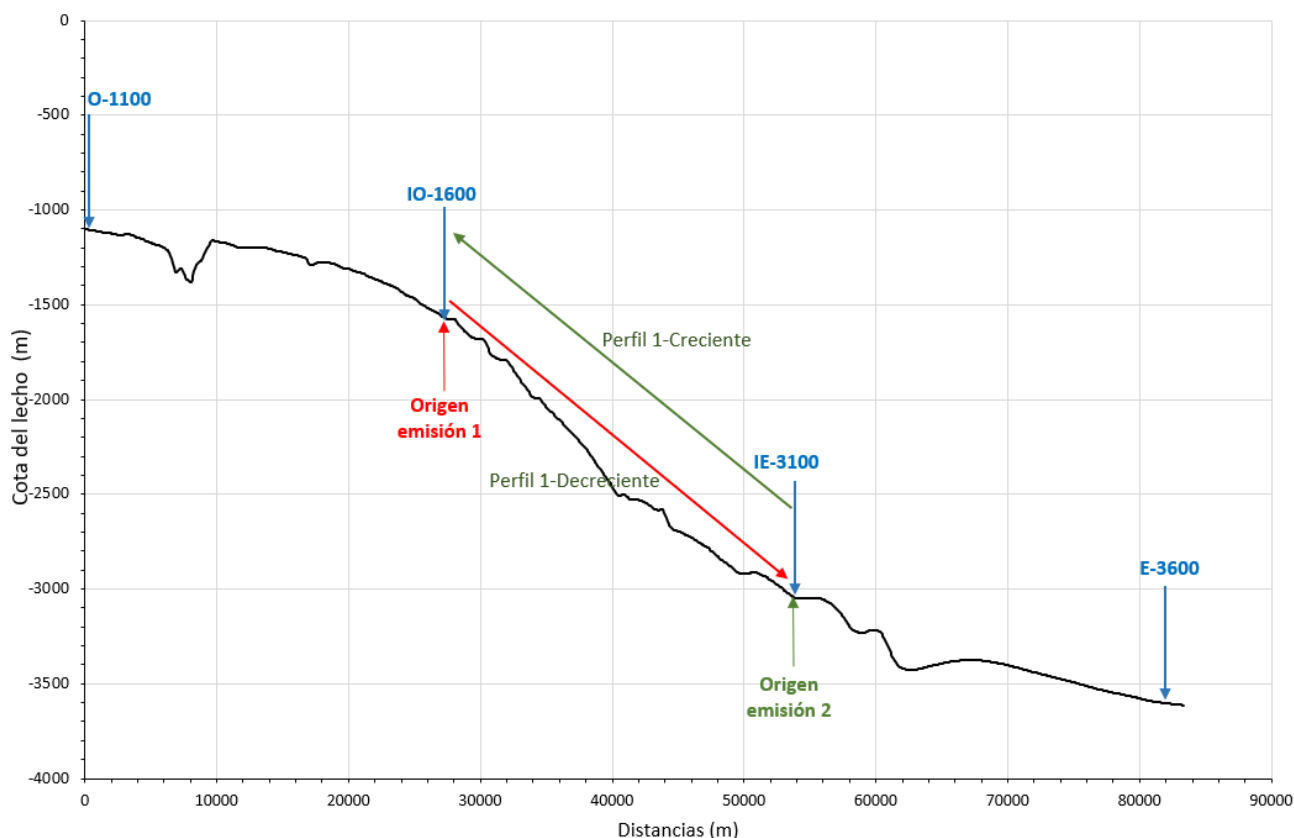


Figura 5. Perfil batimétrico 1 – Puntos de Emisión y sentidos de propagación modelados.

[Signature]

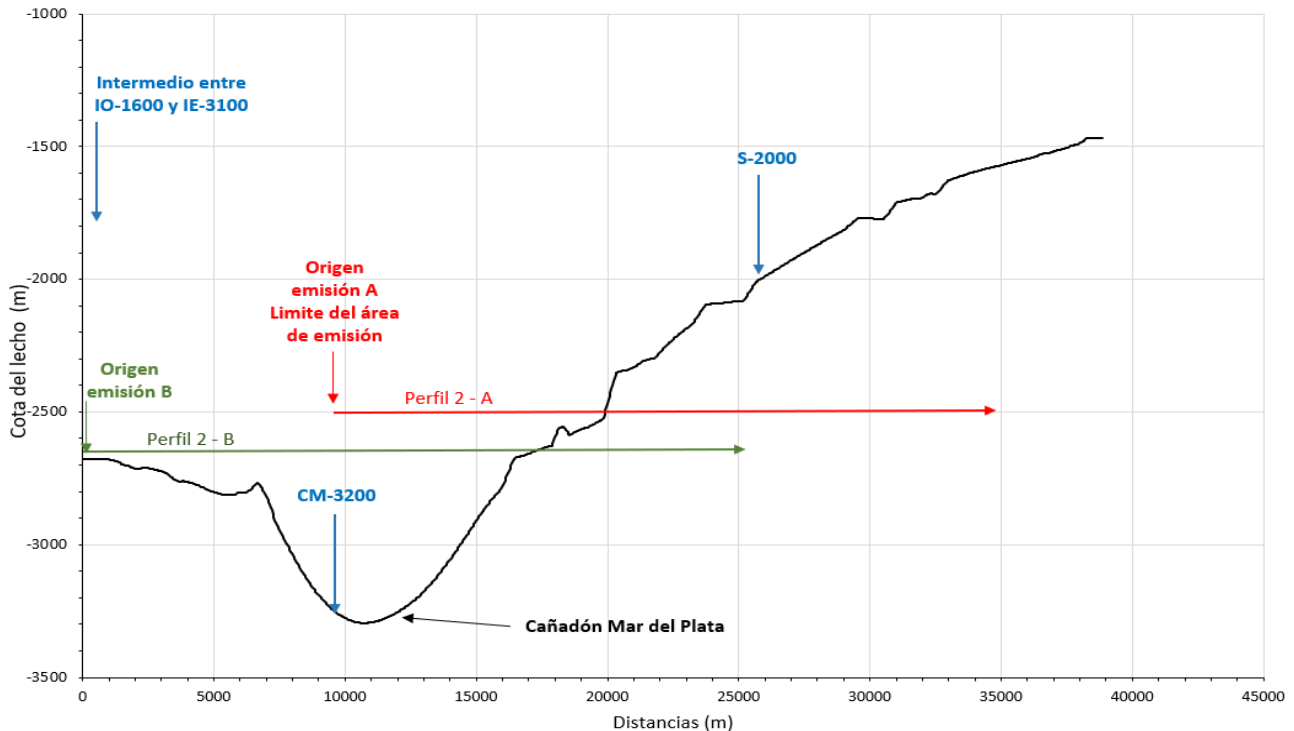


Figura 6. Perfil batimétrico 2 – Puntos de Emisión y sentidos de propagación modelados.

Se presentan en las figuras a continuación los resultados de las modelaciones de sensibilidad a la variabilidad batimétrica, según tipo de suelo y frecuencia, comparados con los del punto O-1100, que es el más conservativo de los previamente evaluados con profundidad constante.

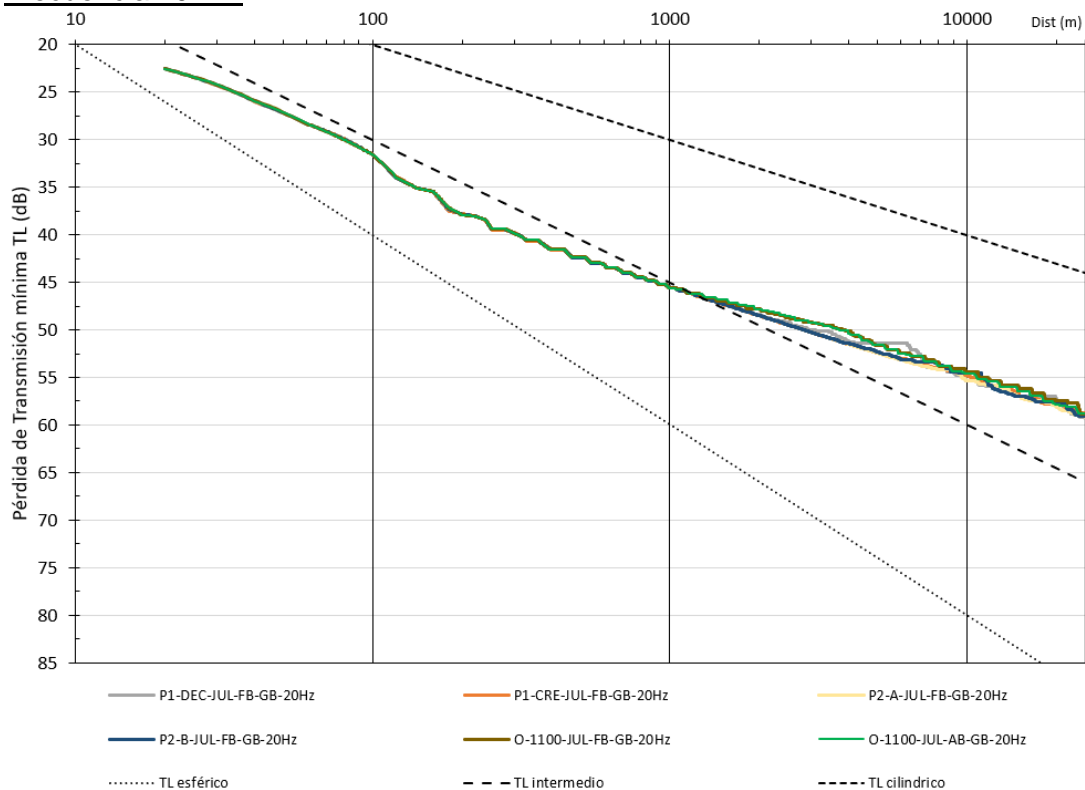
Los resultados indican lo siguiente:

- Frecuencia 20 Hz: es prácticamente indistinta la Pérdida de Transmisión (TL) para los diferentes casos, y tiende a ser similar al TL intermedio.
- Frecuencia 40 Hz: hasta 1 km de la fuente todos los perfiles son similares, entre 1 y 2 km la TL del Perfil 1 decreciente es unos 2 dB mayor y a mayor distancia es más conservativa.
- Frecuencia 80 Hz: el perfil O-1100 es más conservativo hasta casi 3 km de la fuente, luego se alternan por tramos los perfiles de batimetría variable como más conservativos, prevaleciendo el Perfil 1 decreciente en general.
- Frecuencia 160 Hz: la condición más conservativa es O-1100 hasta 2,5 km, luego prevalece el Perfil 2-B, debido a un “rebote” en el lecho que reduce el TL a unos 9 km, a partir de allí los diversos perfiles de batimetría variable presentan resultados similares.
- Frecuencia 320 Hz: la condición más conservativa es la O-1100 hasta unos 5 km de la fuente, luego se alternan las demás condiciones de batimetría variable, con diferencias oscilantes del orden de +/- 2 dB respecto a la simulación O-1100 con Arena sobre Grava.

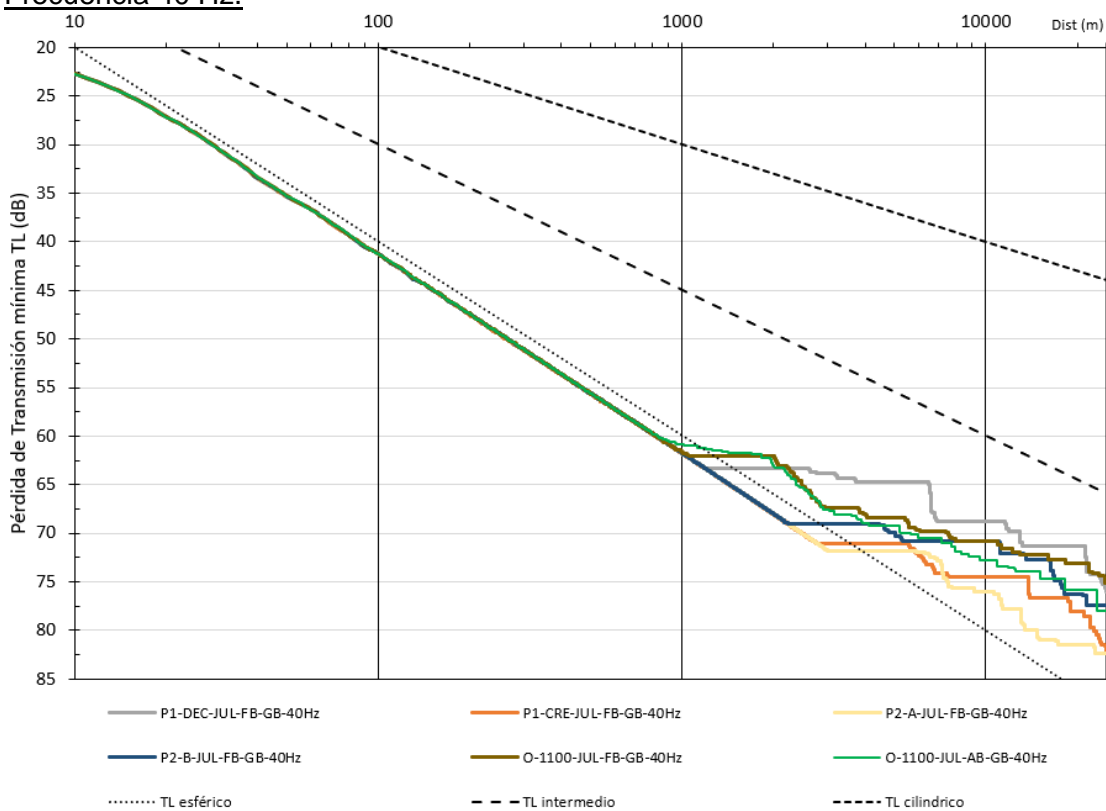
En conclusión, la **condición más conservativa para distancias de la fuente hasta 2,5 a 5 km según la frecuencia es la O-1100**, condición que según la experiencia será la que brinde un valor de SPL mayor y por lo tanto, condicionante de la distancia mínima a la que deben encontrarse los animales receptores para permitir el inicio de la emisión del arreglo. En cambio, para la acumulación del SEL, si bien en los primeros kilómetros desde la fuente se produce el mayor incremento del SELcum, no estaría demostrado que el punto O-1100 sea el más conservativo. Teniendo en cuenta que el Perfil 2 en el cañón Mar del Plata es una particularidad localizada en un borde del área de relevamiento sísmico y no es más conservativo en general que el **Perfil 1 Decreciente**, se adopta este último como **perfil de verificación para el cálculo del SELcum**.



Frecuencia 20 Hz.

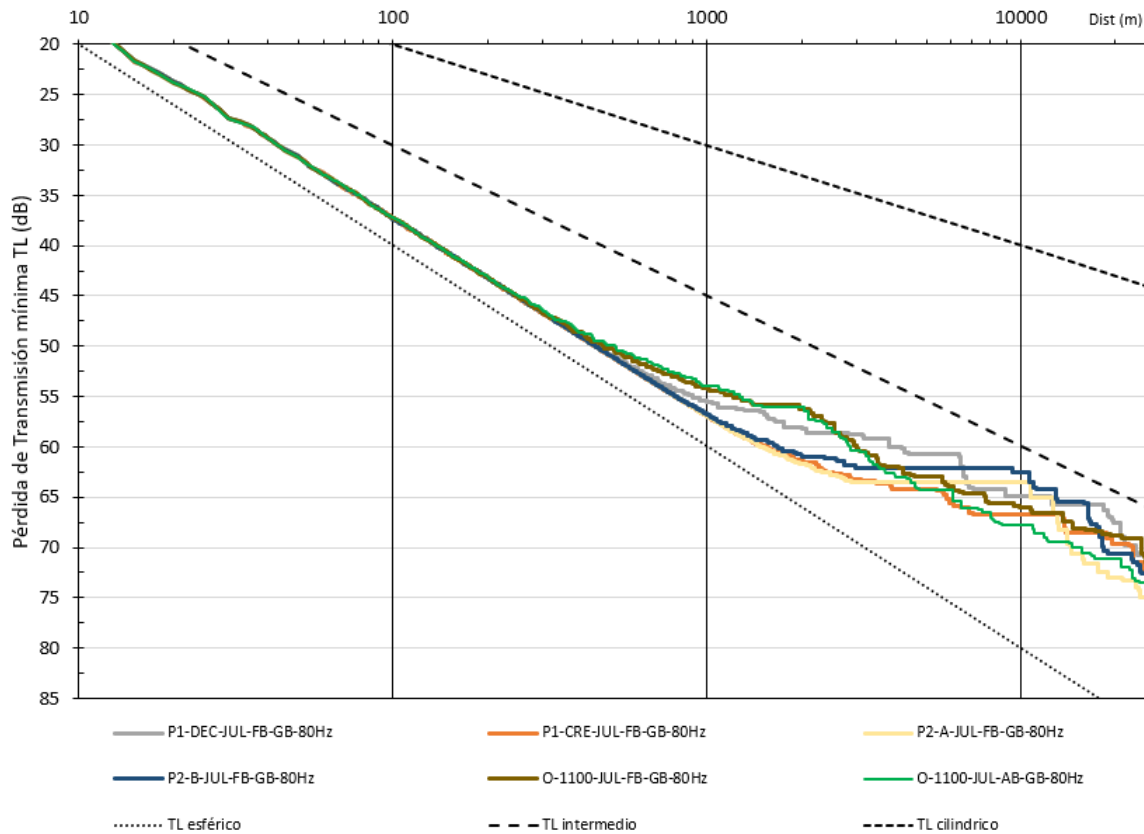


Frecuencia 40 Hz.

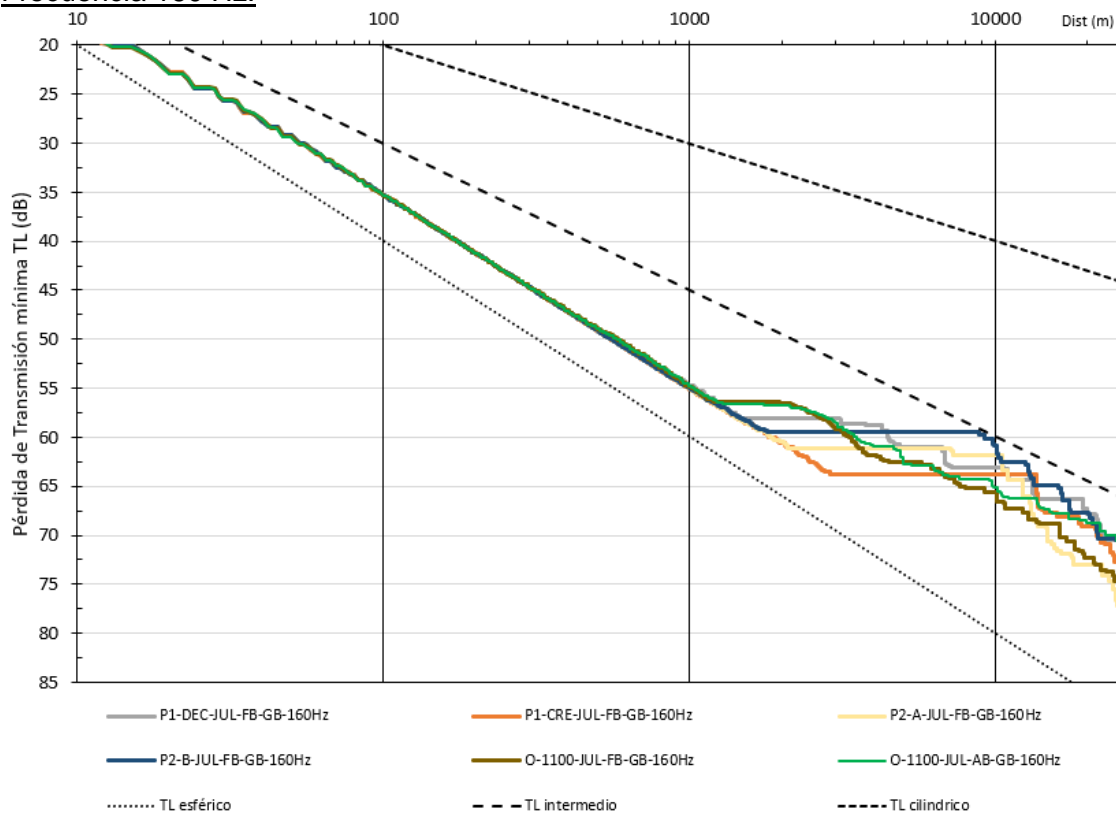


Frecuencia 80 Hz.

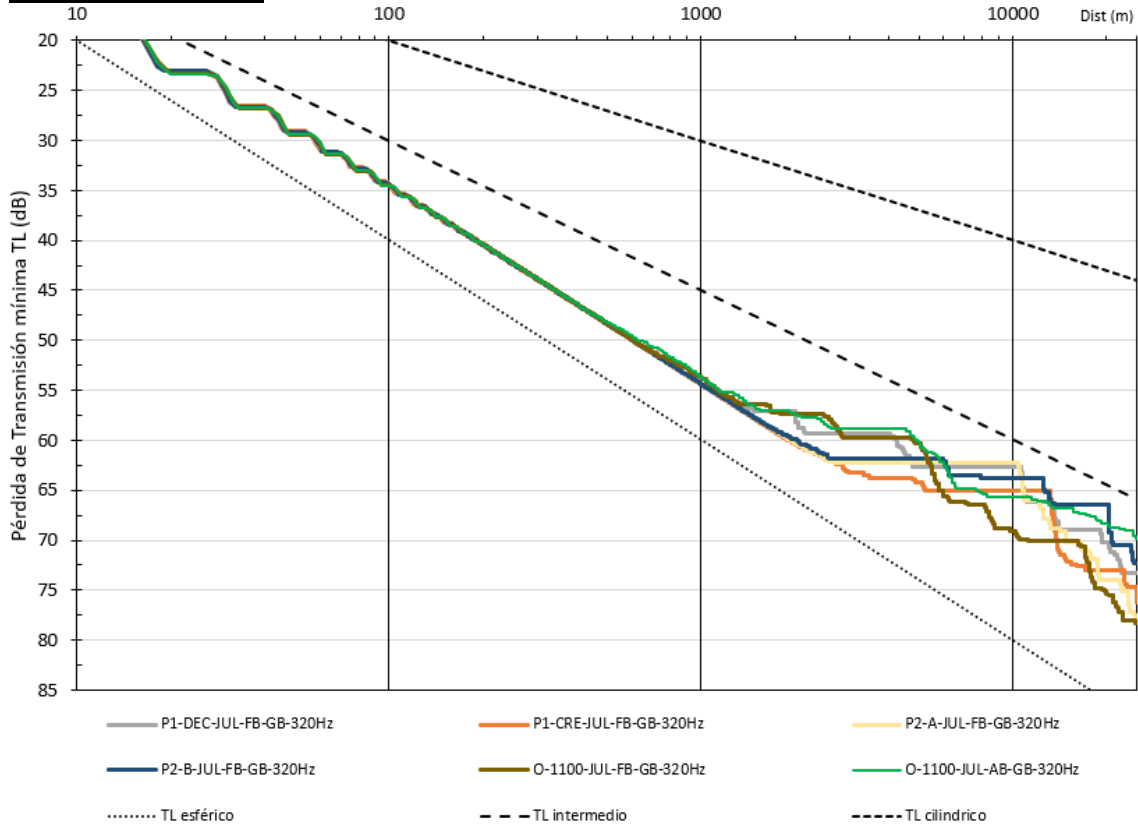




Frecuencia 160 Hz.




Frecuencia 320 Hz.




3 SENSIBILIDAD A LOS PARÁMETROS DEL SUELO

Finalmente, se realizó un análisis de sensibilidad respecto de los parámetros de suelo.

Para el punto más conservativo de profundidad uniforme, O-1100 en el mes de julio, se consideraron las siguientes variaciones de los parámetros del suelo, comparadas con los parámetros Base AB-GB (Arenas sobre Gravas).

Identificación	A1	A2	A3	G1	G2	G3
Parámetro	Arenas superiores con			Gravas por debajo con		
	menor espesor Cs Jensen	mayor espesor Cs Jensen	mayor velocidad compresional y densidad	mayor espesor Cs Jensen	menor espesor Cs Jensen	mayor velocidad compresional y densidad
Espesor capa z (m)	10	20	15	42	15	30
C_p (m/s)	1.650	1.650	1.700	1.800	1.800	1.850
ρ (kg/m ³)	1.900	1.900	1.950	2.000	2.000	2.050
C_s (m/s)	219	270	248	552	406	499
C_s adoptado (m/s)	220	270	250	550	400	500
A_p (dB/ λ_p)	0.8	0.8	0.8	0,6	0,6	0,6
A_s (dB/ λ_s)	2.5	2.5	2.5	1,5	1,5	1,5

Para el perfil de batimetría variable más conservativo, seleccionado como el Perfil 1 decreciente, se consideraron las siguientes variaciones de los parámetros del suelo, comparadas con los parámetros base FB-GB (Fangos sobre Gravas).

Identificación	F1	F2	F3	G1	G2	G3
Parámetro	Fangos superiores con			Gravas por debajo con		
	menor espesor Cs Hamilton	limos Cs Hamilton	limos Cs Silt (Jensen)	mayor espesor	menor espesor	mayor velocidad compresional y densidad
Espesor capa z (m)	10	15	15	42	15	30
C_p (m/s)	1.500	1.575	1.575	1.800	1.800	1.850
ρ (kg/m ³)	1.500	1.700	1.700	2.000	2.000	2.050
C_s (m/s)	163	186	248	552	406	499
C_s adoptado (m/s)	163	186	250	550	400	500
A_p (dB/ λ_p)	0,2	1,0	1,0	0,6	0,6	0,6
A_s (dB/ λ_s)	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Las consideraciones para la adopción de los parámetros presentados fueron las siguientes:

- La condición F1 y A1 únicamente reduce el espesor del suelo y por consiguiente el valor de la velocidad de corte C_s , a un mínimo razonable de 10 metros en función de la información disponible.
- La condición A2 únicamente incrementa el espesor del suelo a 20 metros y por consiguiente el valor de la velocidad de corte C_s .



- La condición A3 implica un incremento en la densidad y la velocidad compresional que se asocia a este incremento.
- La condición F2 tiene en cuenta que los fangos podrían tener características más limosas, por lo que se emplearon los parámetros de Silt (limo) de la tabla de Jensen, incluyendo los parámetros de atenuación, pero se mantuvo la ecuación de Hamilton para Cs.
- La condición F3 considera lo mismo que F2, pero se incrementa Cs empleando la ecuación propuesta por Jensen.
- La condición G1 implica un aumento del valor de Cs para las gravas obtenido mediante un incremento del espesor de la capa, acercándolo al correspondiente a las morenas, que son materiales más densos y compactos.
- La condición G2 reduce el espesor de gravas y por consiguiente el valor de Cs.
- La condición G3 implica un incremento en la densidad y la velocidad compresional que se asocia a este incremento.

Cada una de estas variantes de parámetros de un suelo se combinó en primer lugar con la condición base del otro, resultando 6 alternativas para 0-1100 y 6 alternativas para el Perfil 1 decreciente, que fueron comparadas entre sí:

Punto 0-1100: A1-GB, A2-GB, A3-GB, AB-G1, AB-G2, AB-G3

Perfil 1 decreciente: F1-GB, F2-GB, F3-GB, FB-G1, FB-G2, FB-G3.

Se presentan en las figuras a continuación los resultados obtenidos, para cada frecuencia, comparando las distintas combinaciones de parámetros de suelo.

Como resultado de este análisis, se concluyó que las condiciones ligeramente más conservativas son las siguientes:

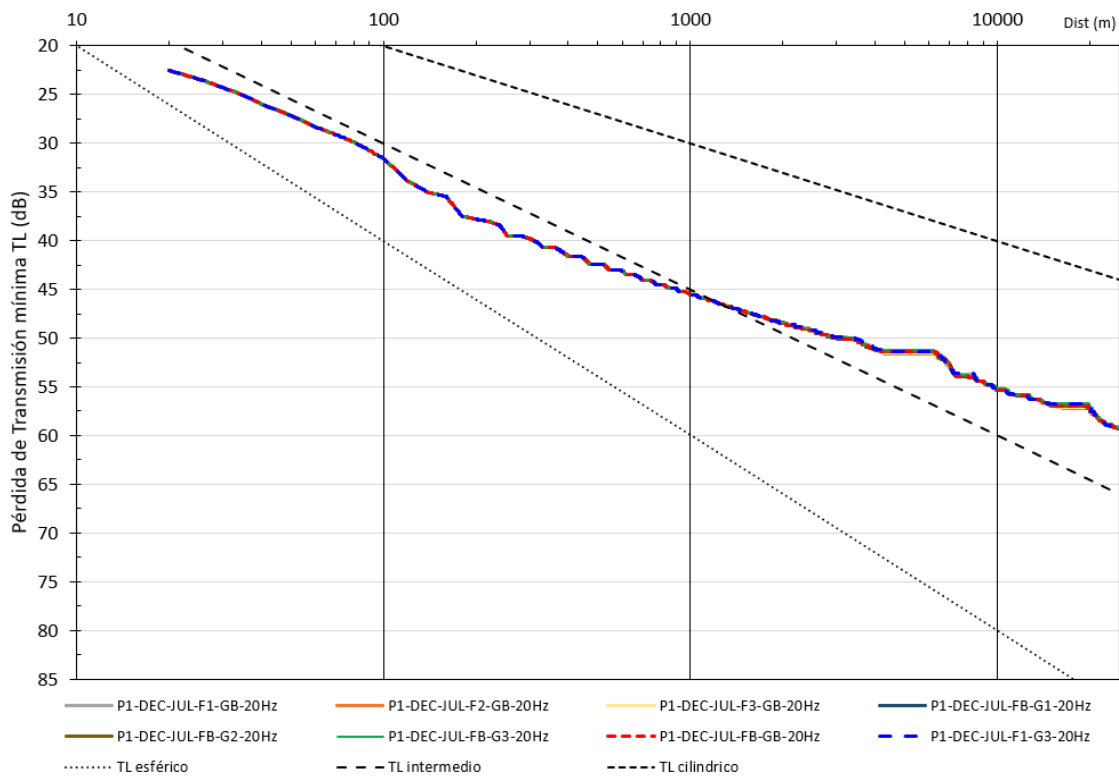
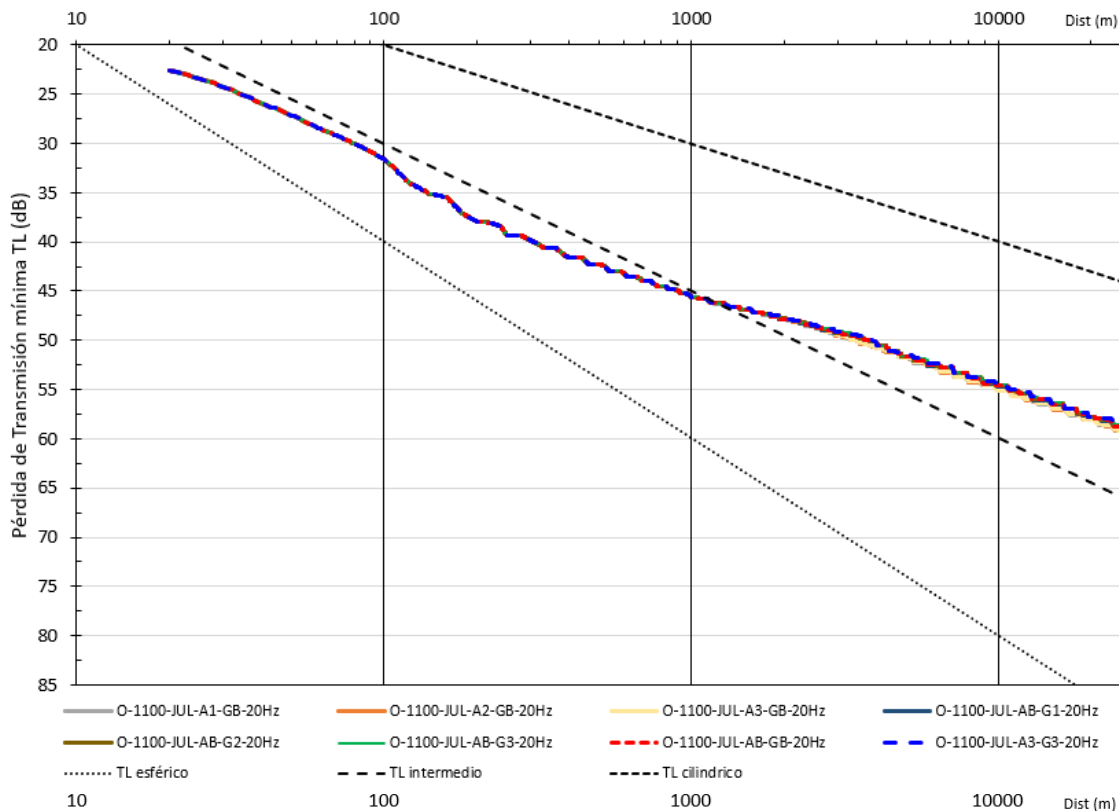
Punto 0-1100: A3-GB y AB-G3

Perfil 1 decreciente: F1-GB y FB-G3.

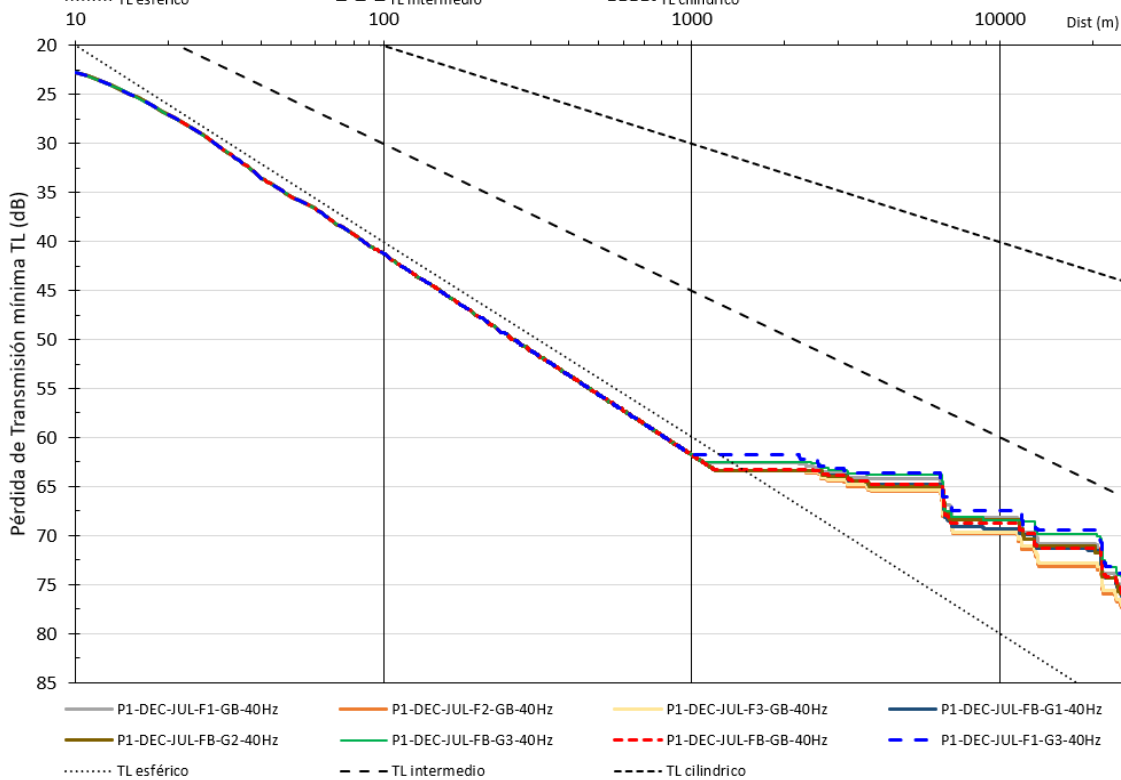
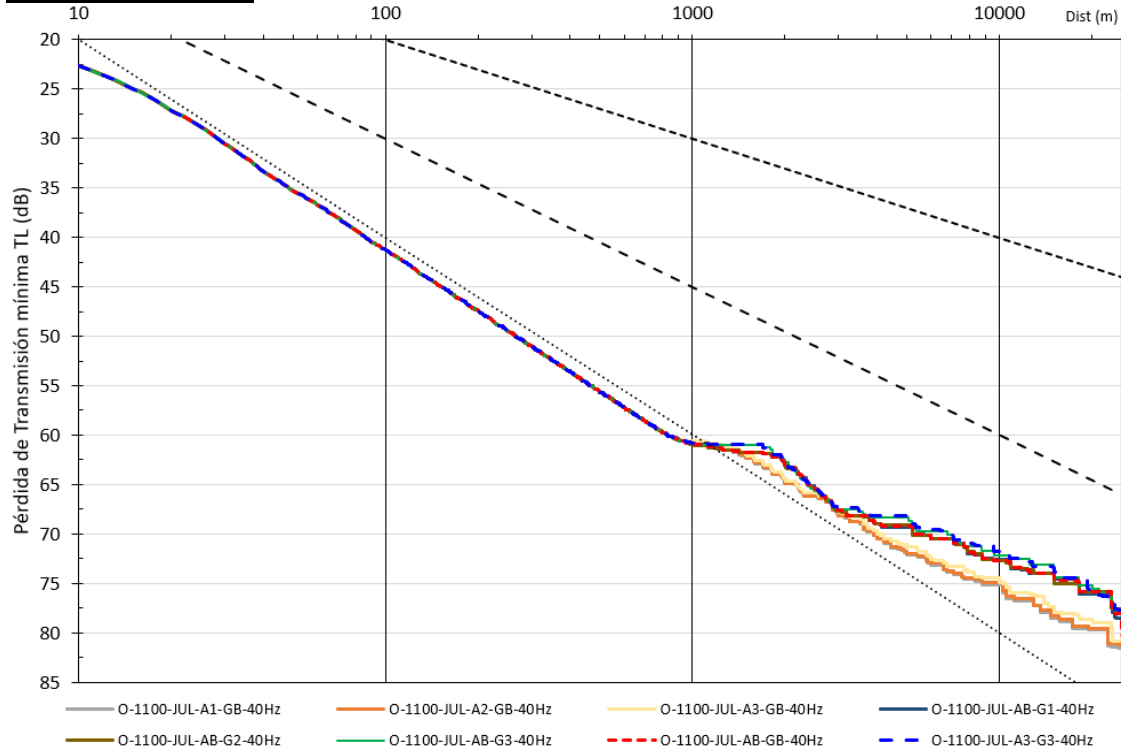
En consecuencia, se completó el análisis simulando para 0-1100 la combinación A3-G3 y para el Perfil 1 decreciente F1-G3. Esta combinación de suelos resultó la más conservativa en prácticamente todas las frecuencias y distancias a la fuente, por lo que es la seleccionada.



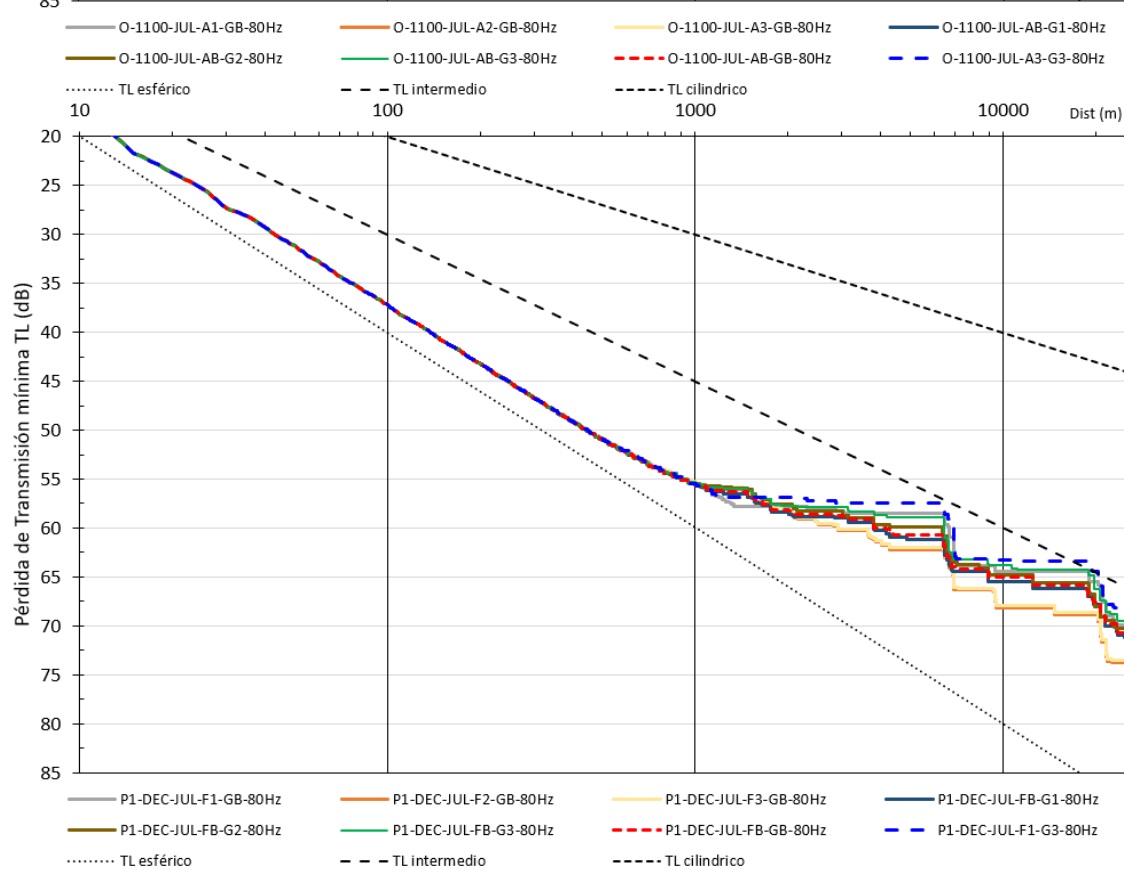
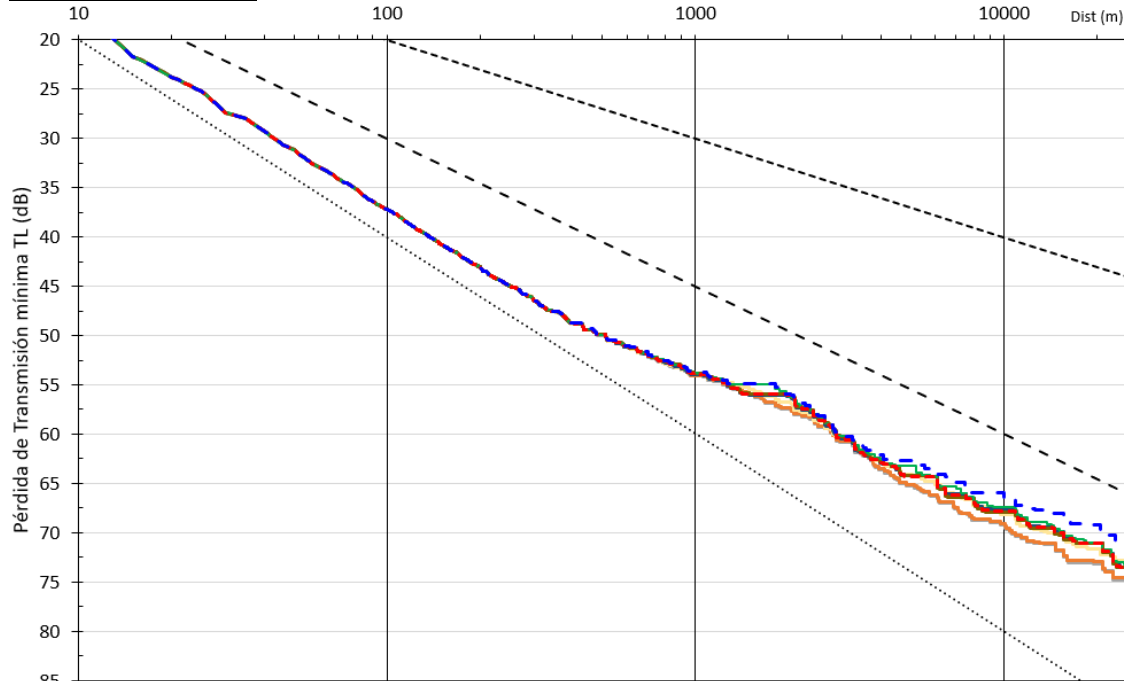
Frecuencia 20 Hz.



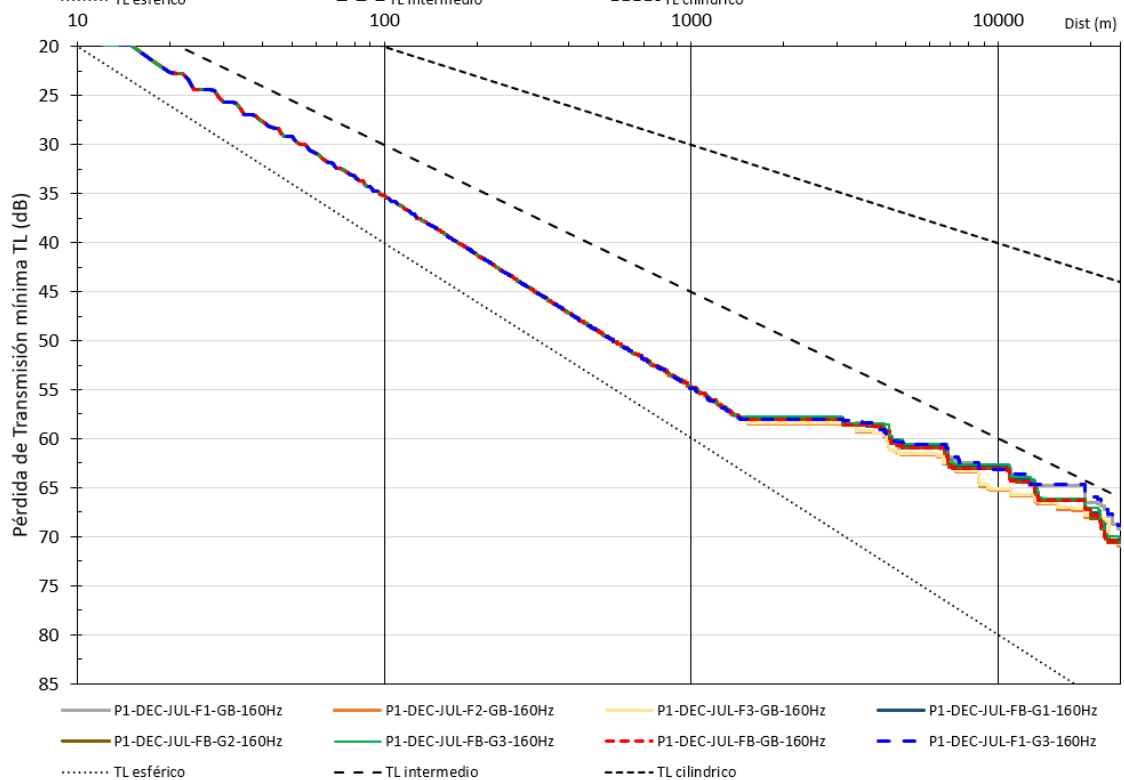
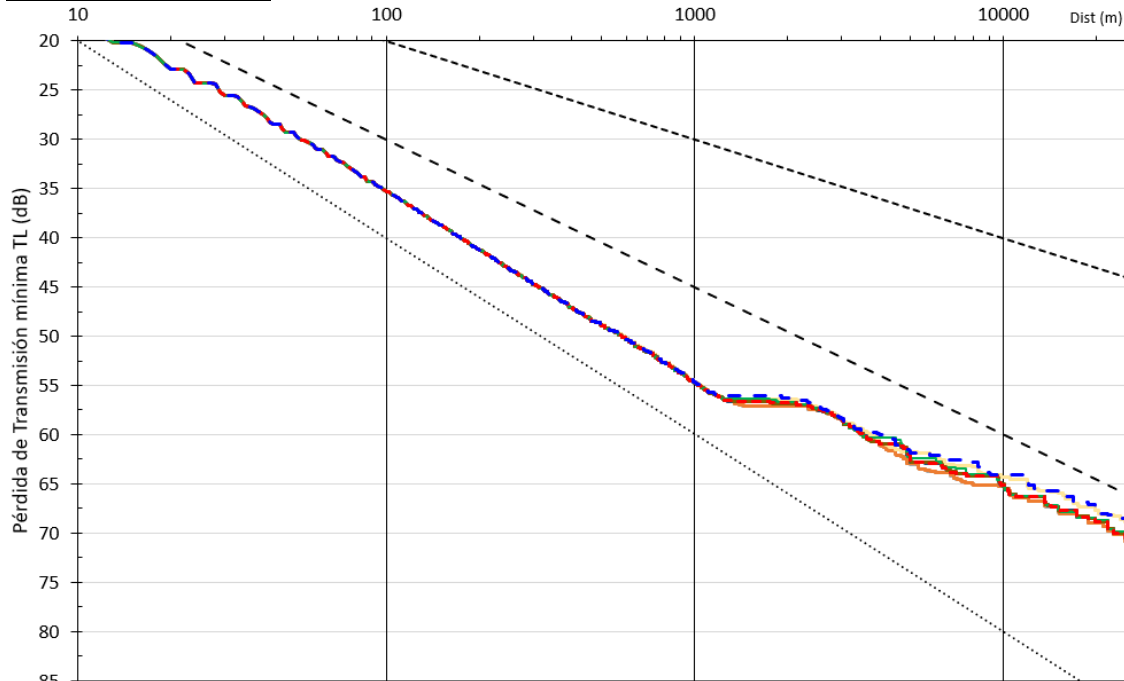

Frecuencia 40 Hz.



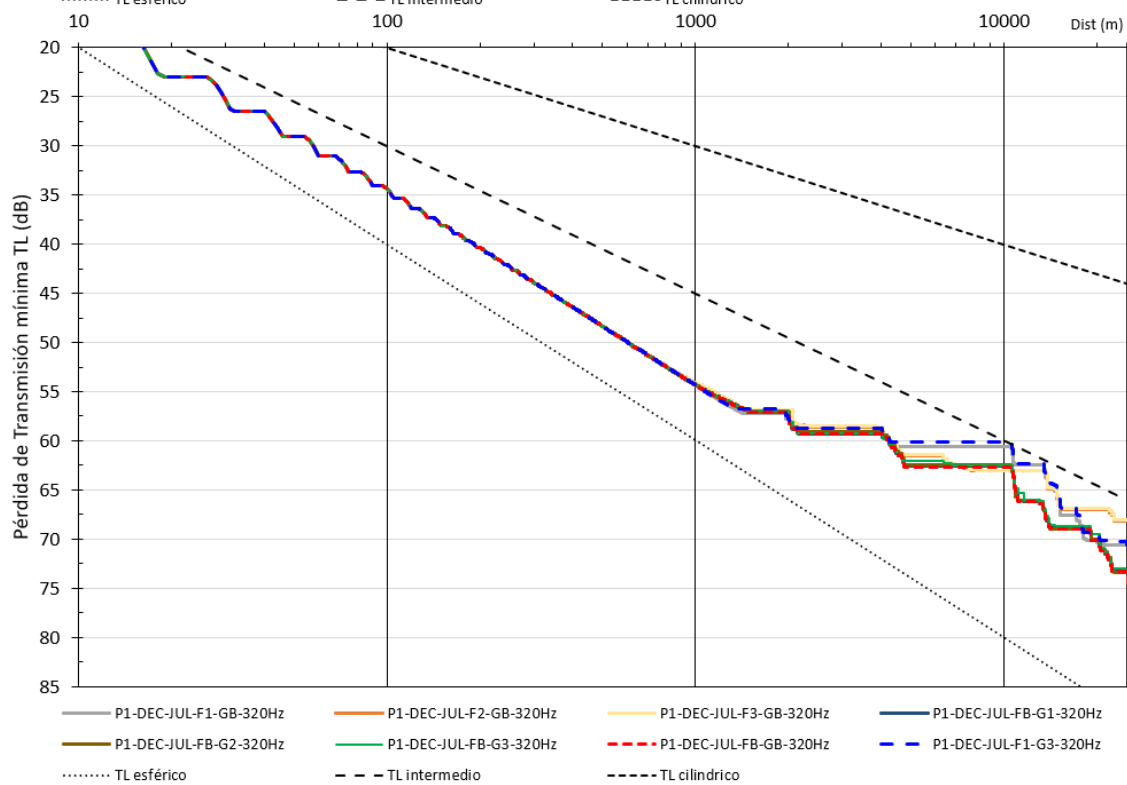
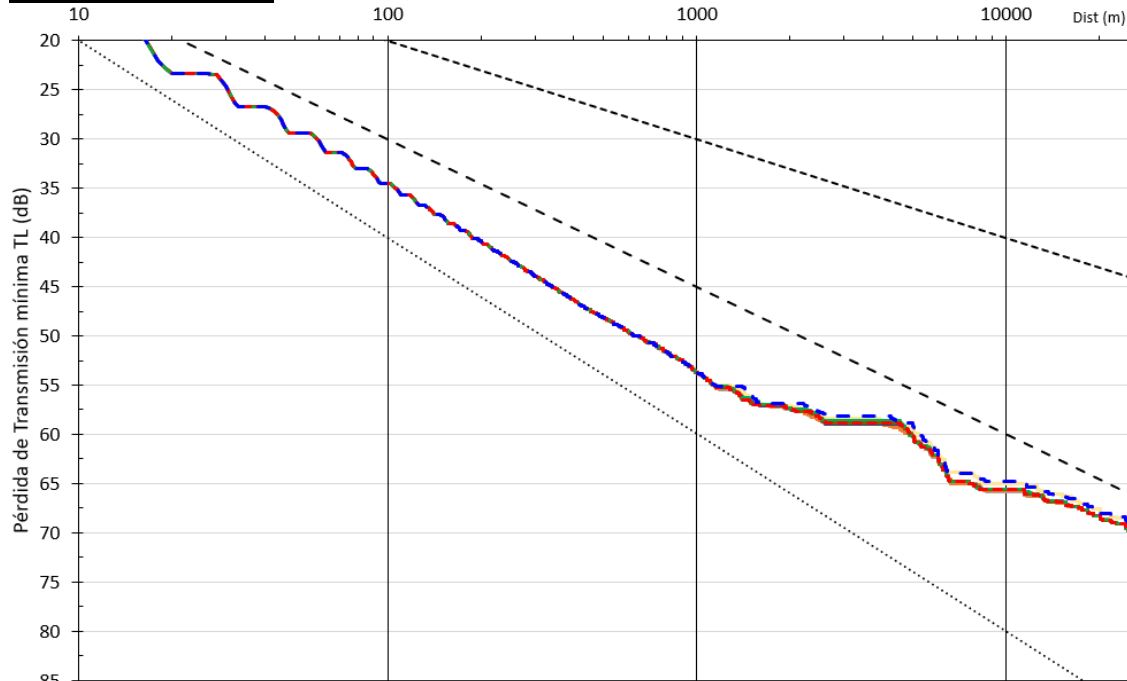

Frecuencia 80 Hz.




Frecuencia 160 Hz.




Frecuencia 320 Hz.



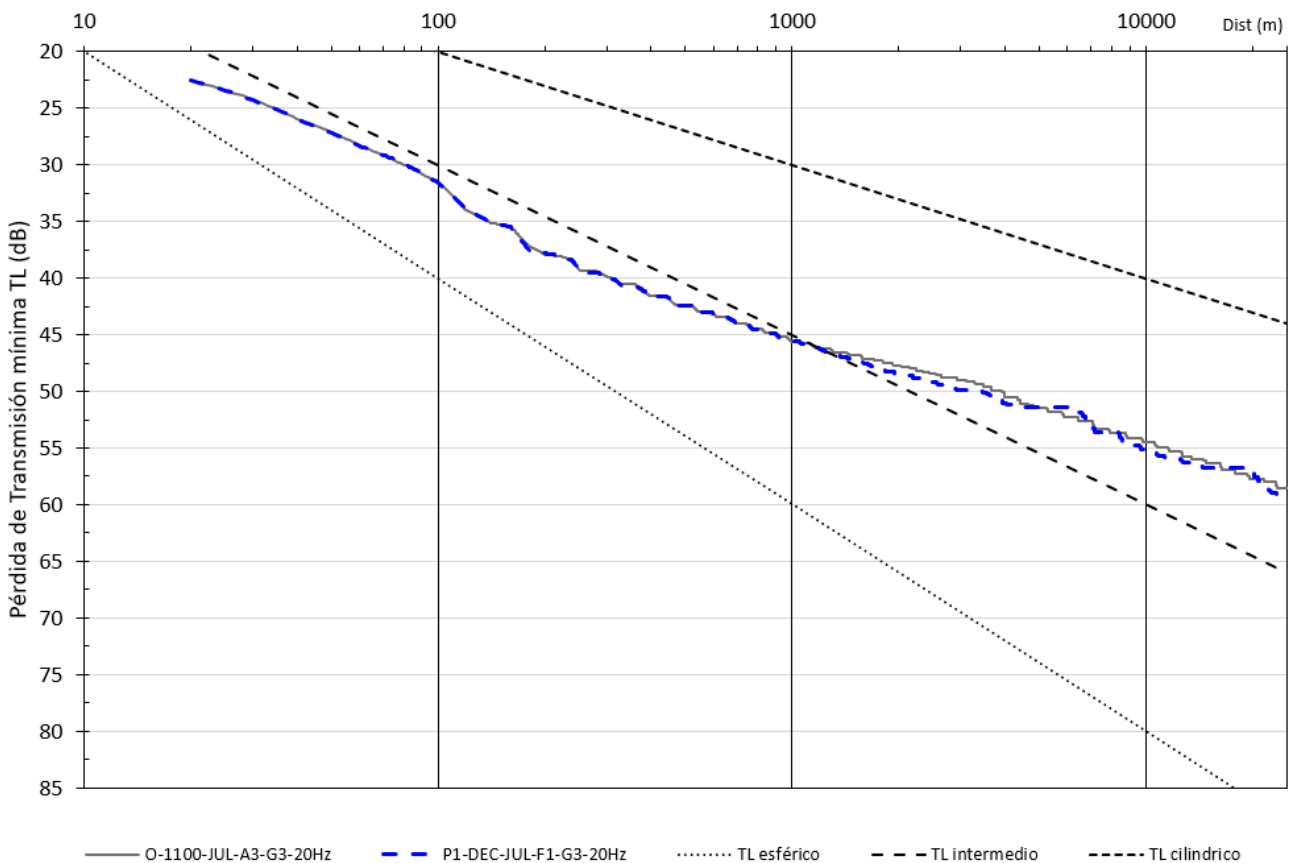

4 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD: COMPARACIÓN DE LAS SIMULACIONES DE TL MÍNIMO PARA O-1100 Y P1-DECRECIENTE

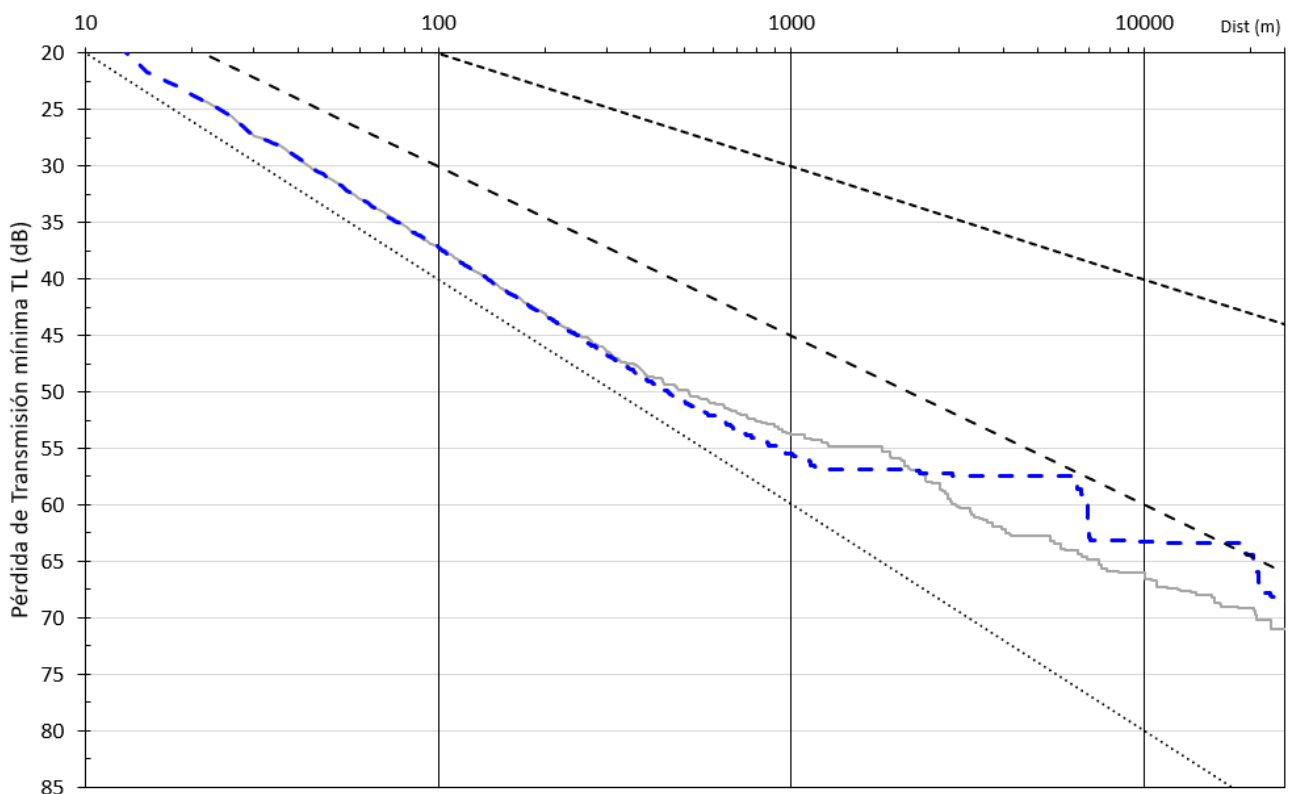
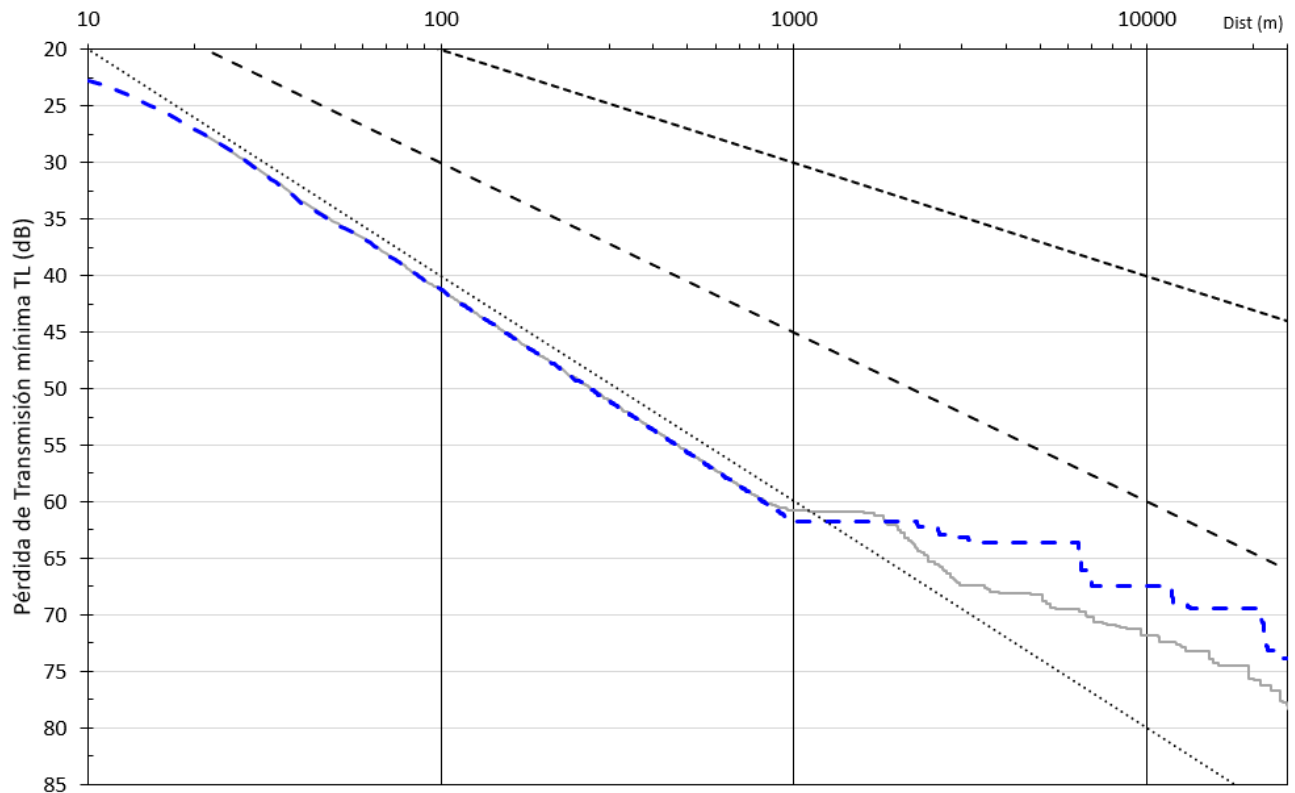
A continuación se presentan para cada frecuencia modelada los resultados de TL mínimo comparando el punto O-1100 con profundidad constante y el Perfil 1 Decreciente para la combinación de tipo de suelos más conservativa.

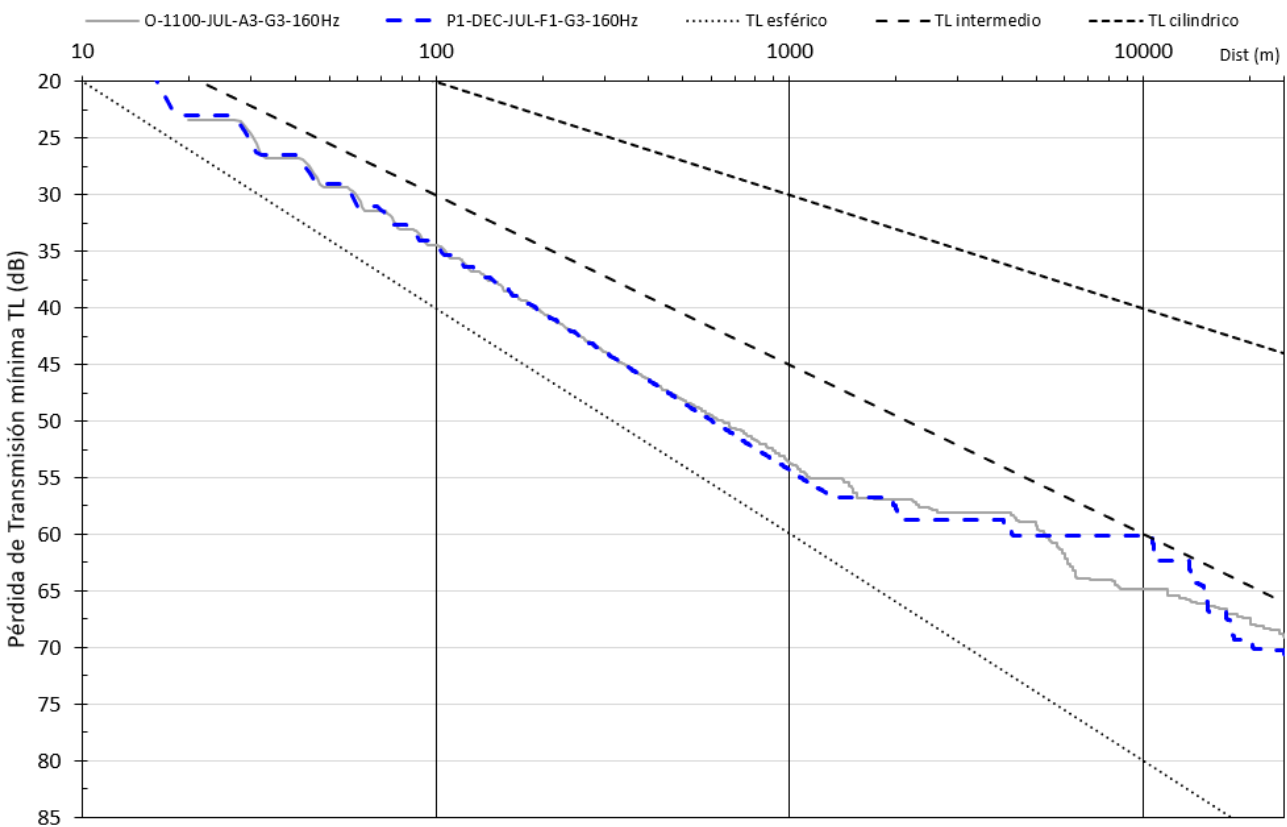
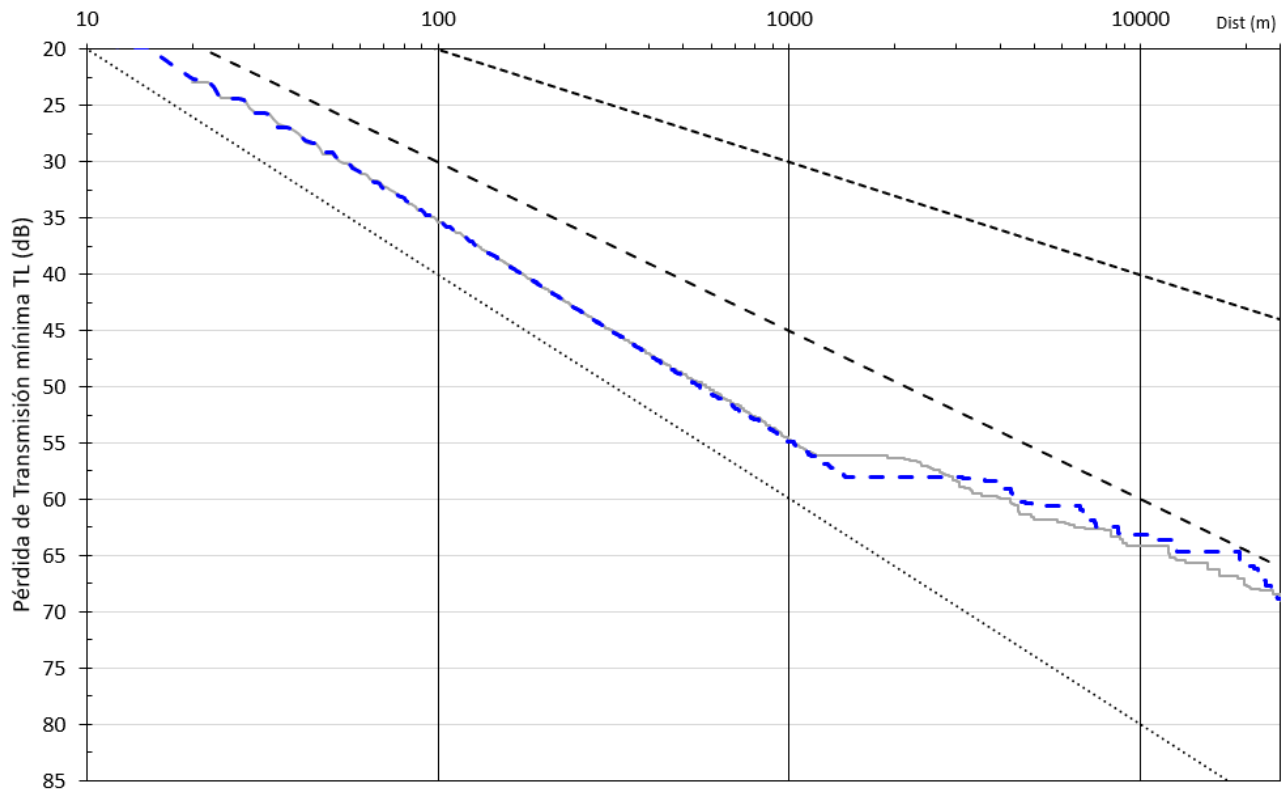
Se puede apreciar que en general el perfil de menor profundidad uniforme O-1100 es ligeramente más conservativo hasta distancias del orden de 2 a 5 km de la fuente (según la frecuencia) y para distancias mayores es más conservativo el perfil de batimetría variable.

En consecuencia, de acuerdo a la experiencia el perfil O-1100 será determinante para verificar la distancia de exclusión de 1.000 m para el inicio del aumento gradual empleando la métrica SPL, pero no puede asegurarse cual de las dos condiciones será más conservativa para calcular la acumulación del SEL, la cual se efectúa a lo largo de grandes distancias.

Por lo tanto, el análisis del SELcum será efectuado considerando ambas condiciones batimétricas y oceanográficas.



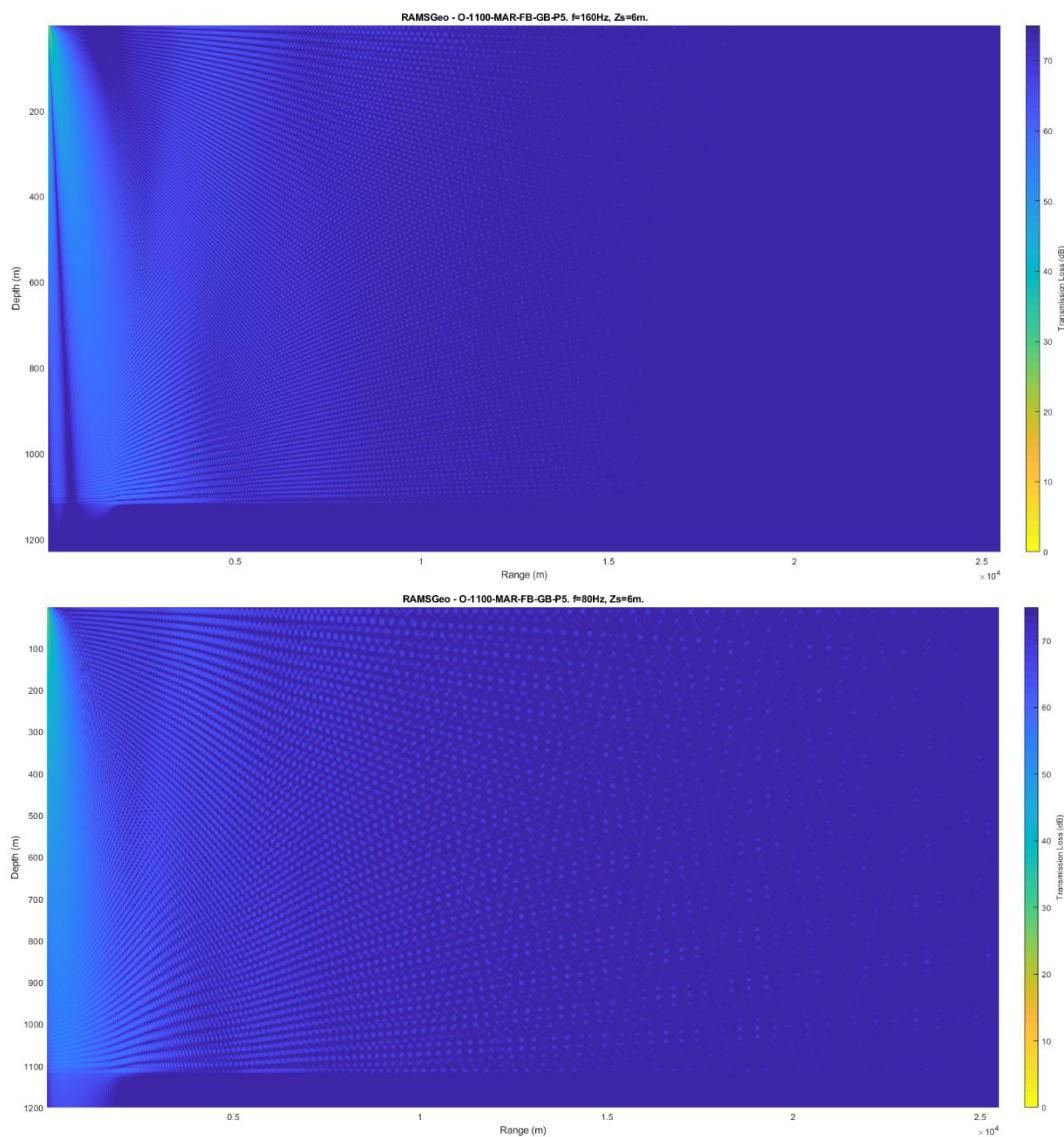

APÉNDICE: GRÁFICOS BIDIMENSIONALES DE LA PÉRDIDA DE TRANSMISIÓN

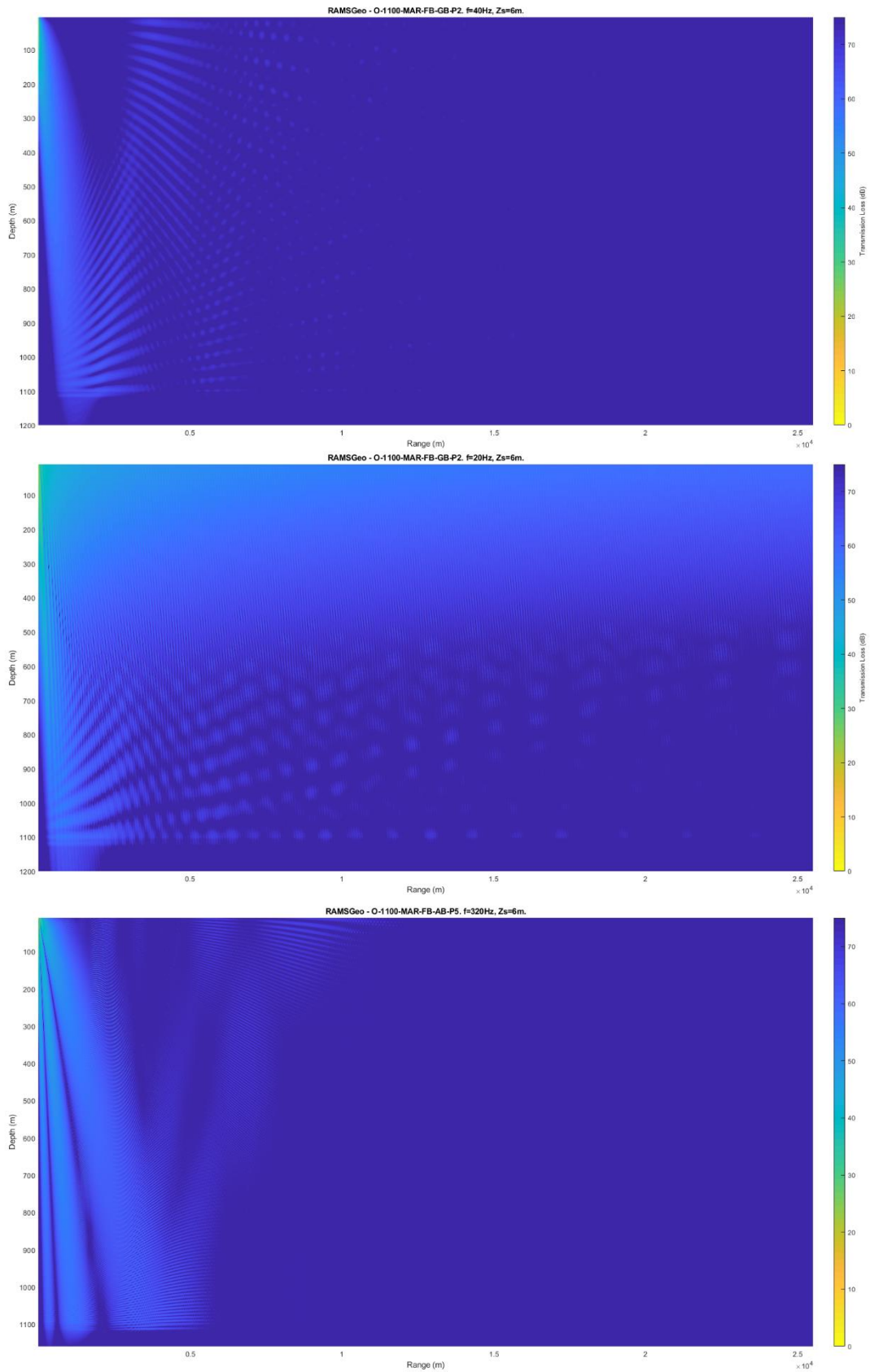
A continuación se presentan los gráficos bidimensionales obtenidos para cada condición modelada. Los mismos se identifican por la nomenclatura indicada sobre el gráfico, la cual indica lo siguiente:

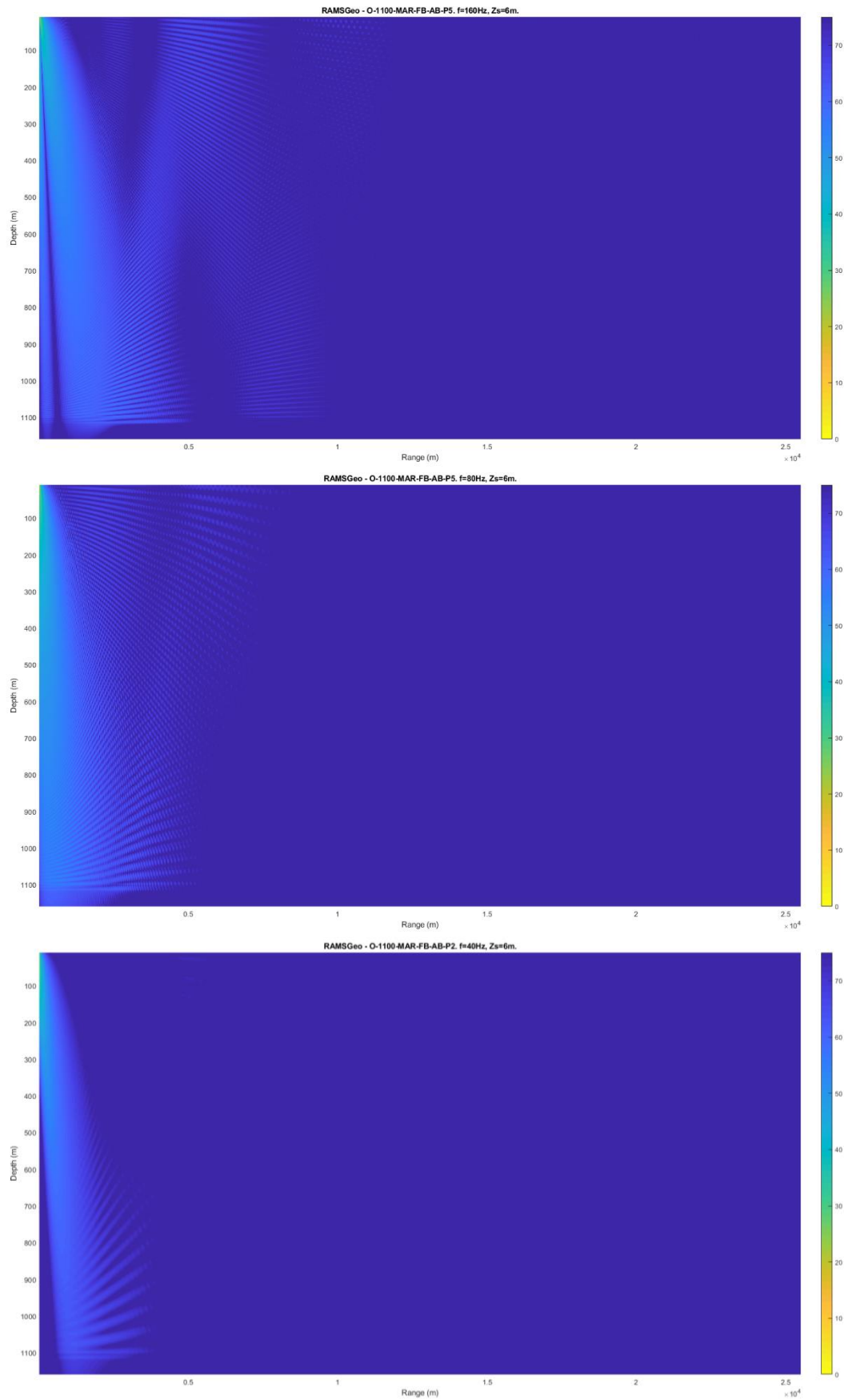
- Punto y Profundidad (o nombre del Perfil de batimetría variable), ej. O-1100, P2-A, etc.
- mes del año, ej. JUL (por Julio)
- tipo de suelo superior, ej. AB
- tipo de suelo inferior, ej. GB
- frecuencia en Hz.

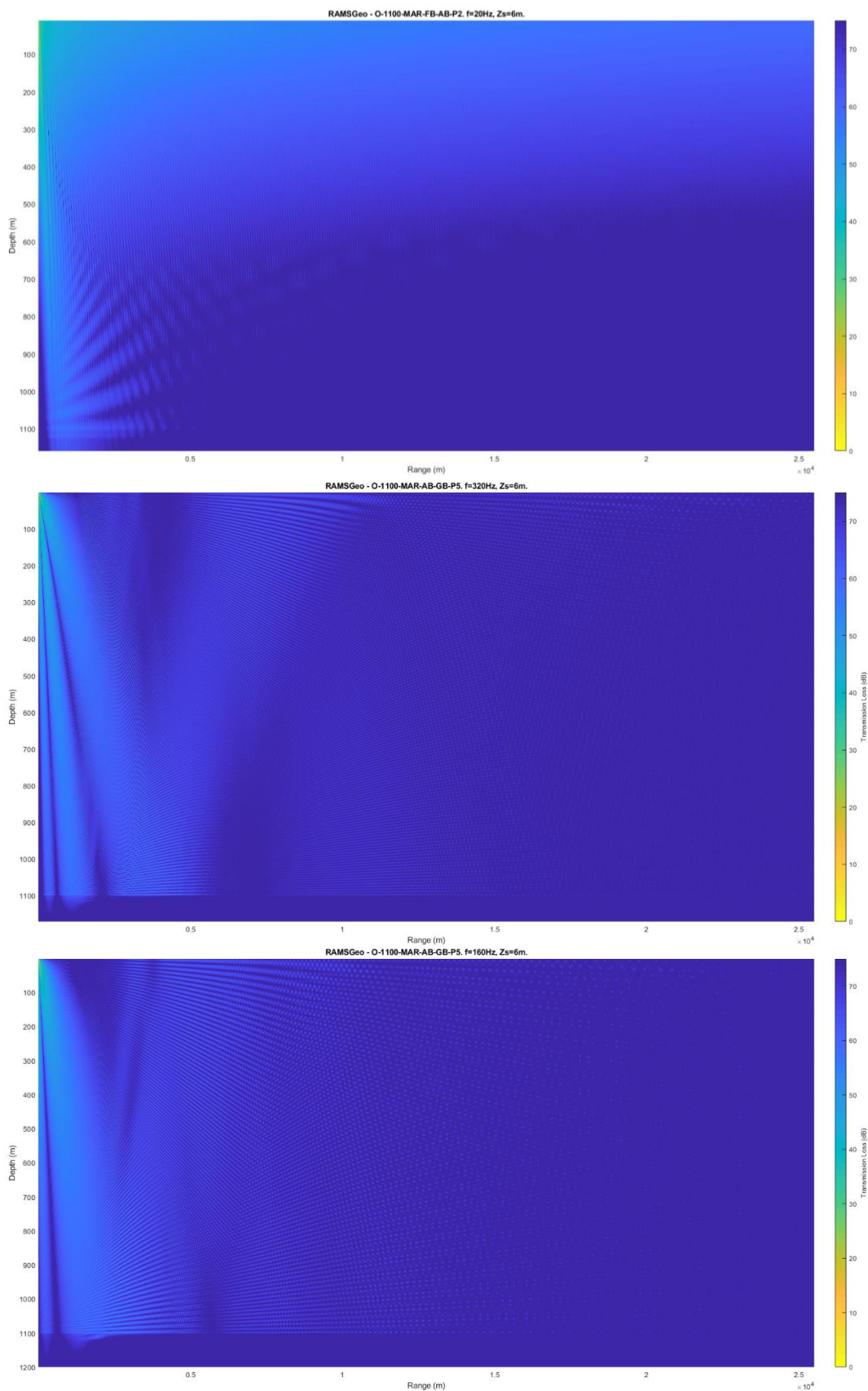
Modelaciones con profundidad constante

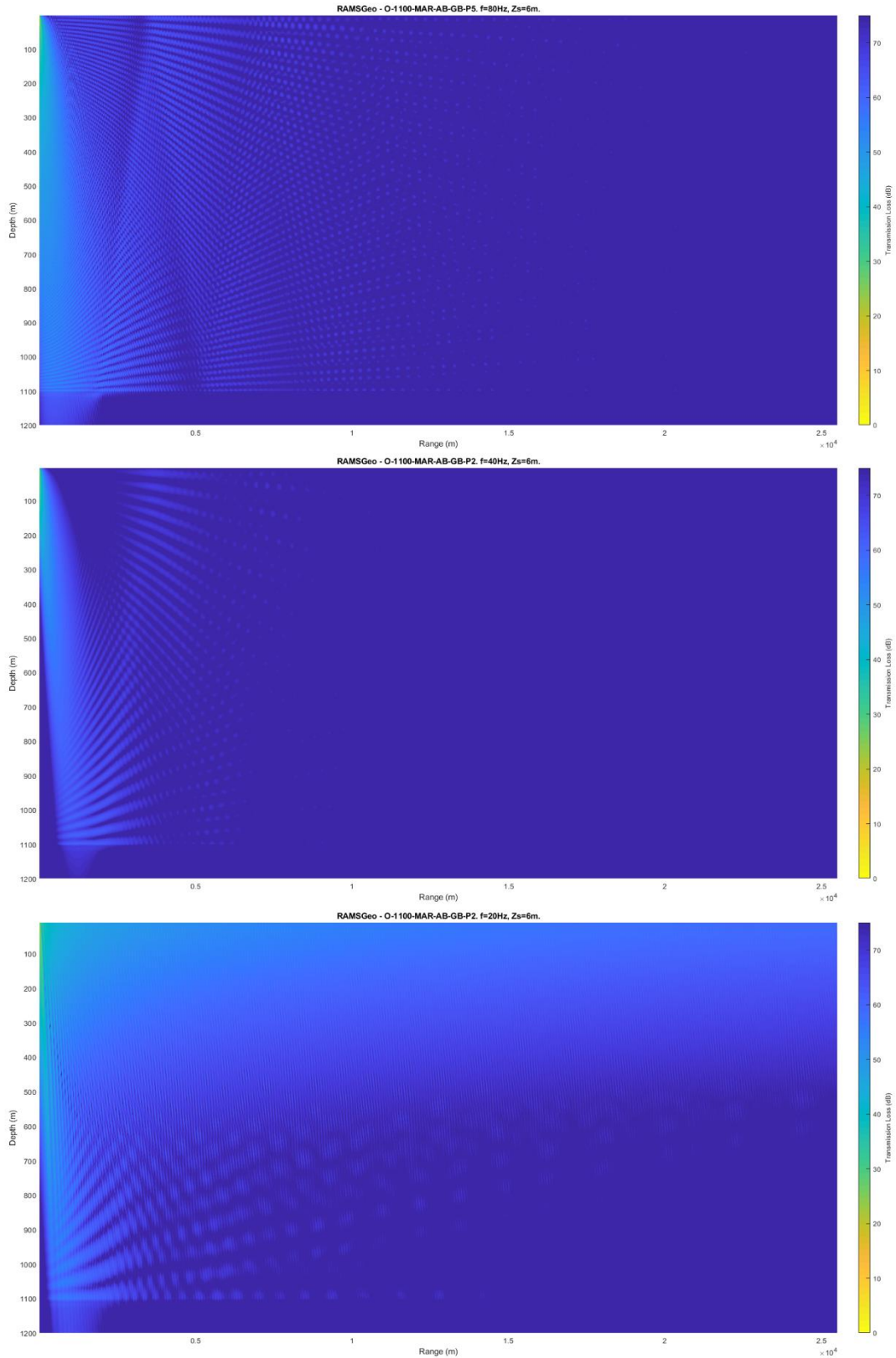
Punto O. Profundidad 1100 m.

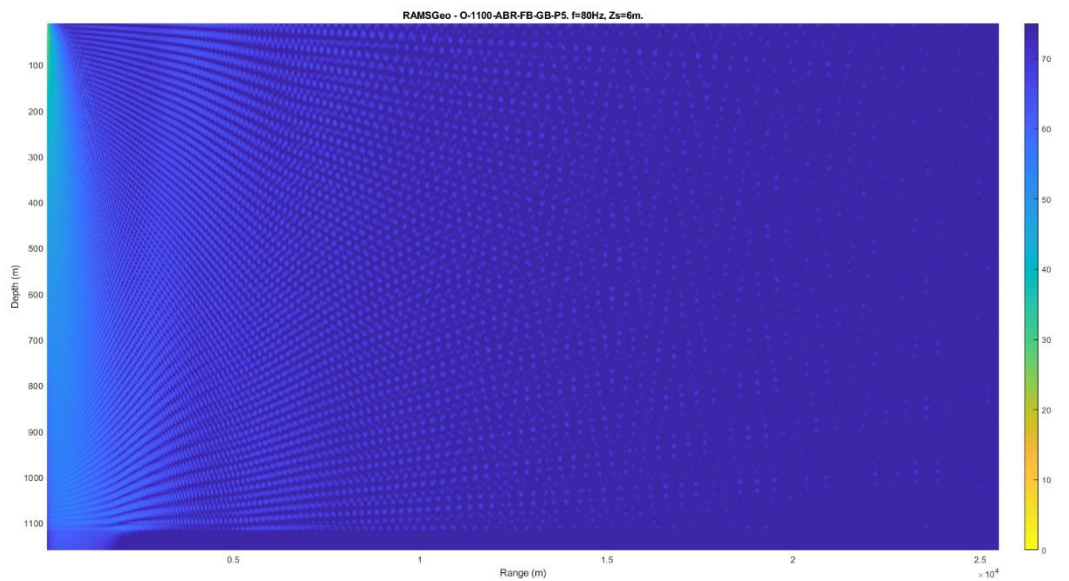
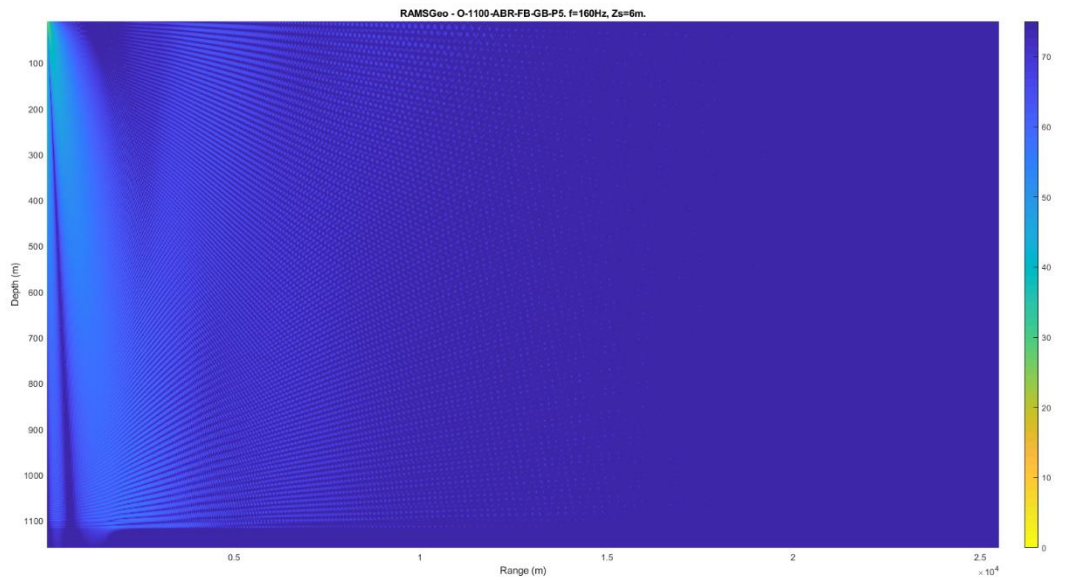
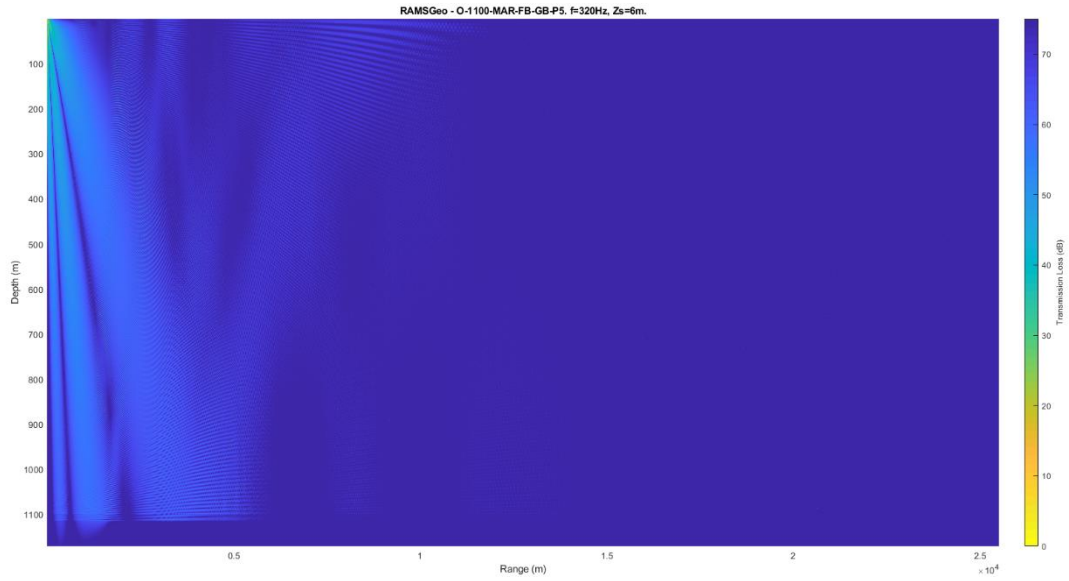


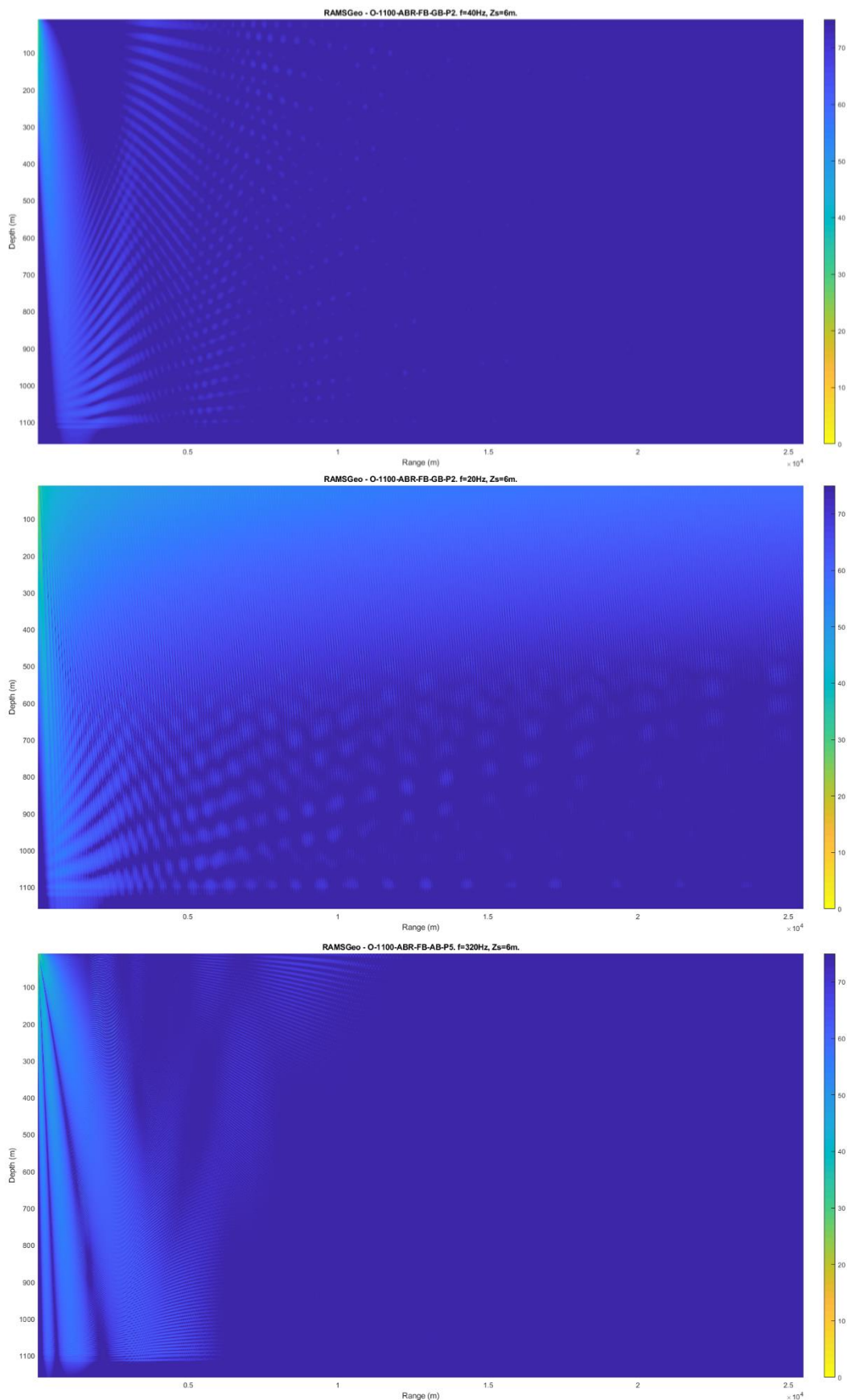



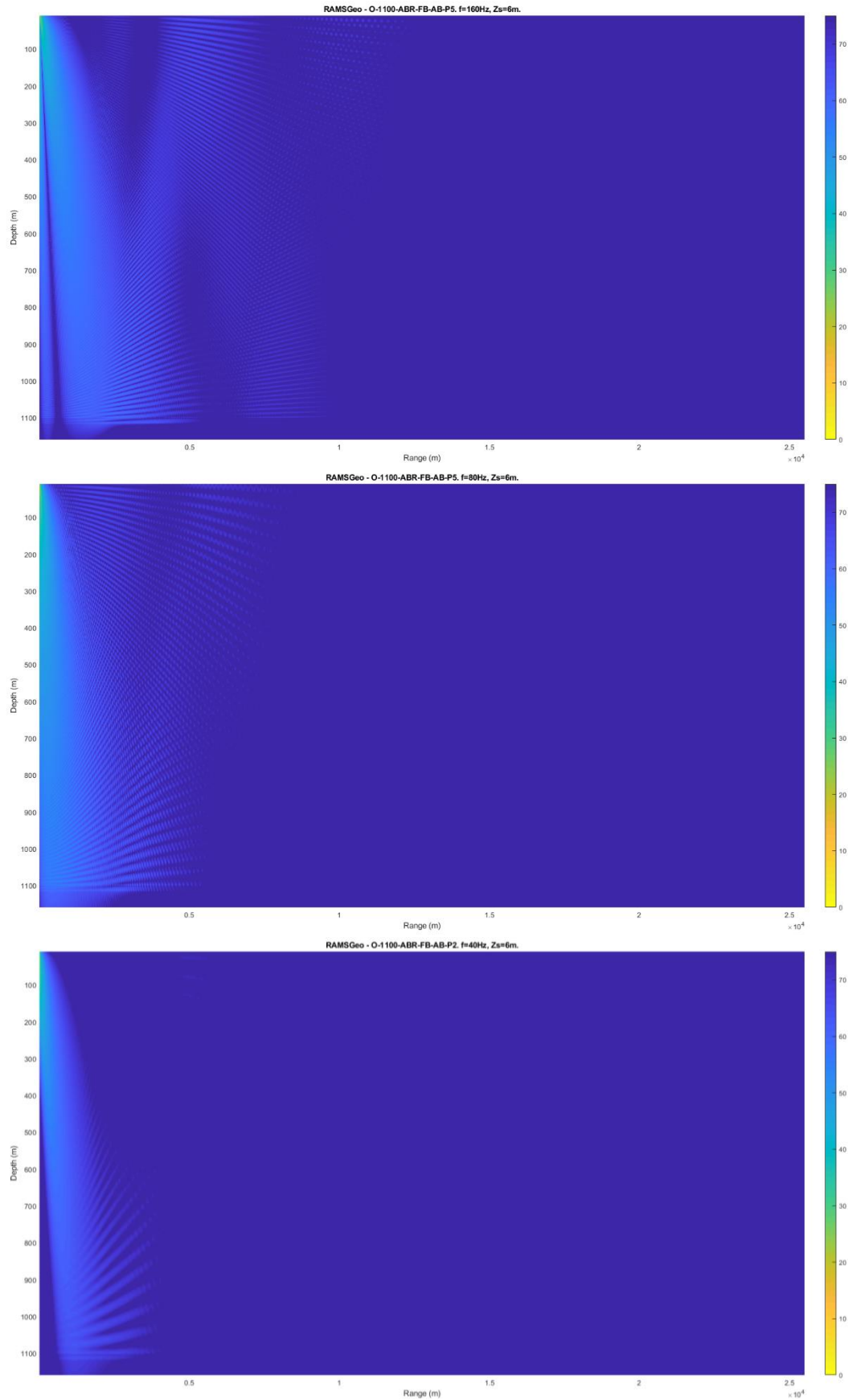



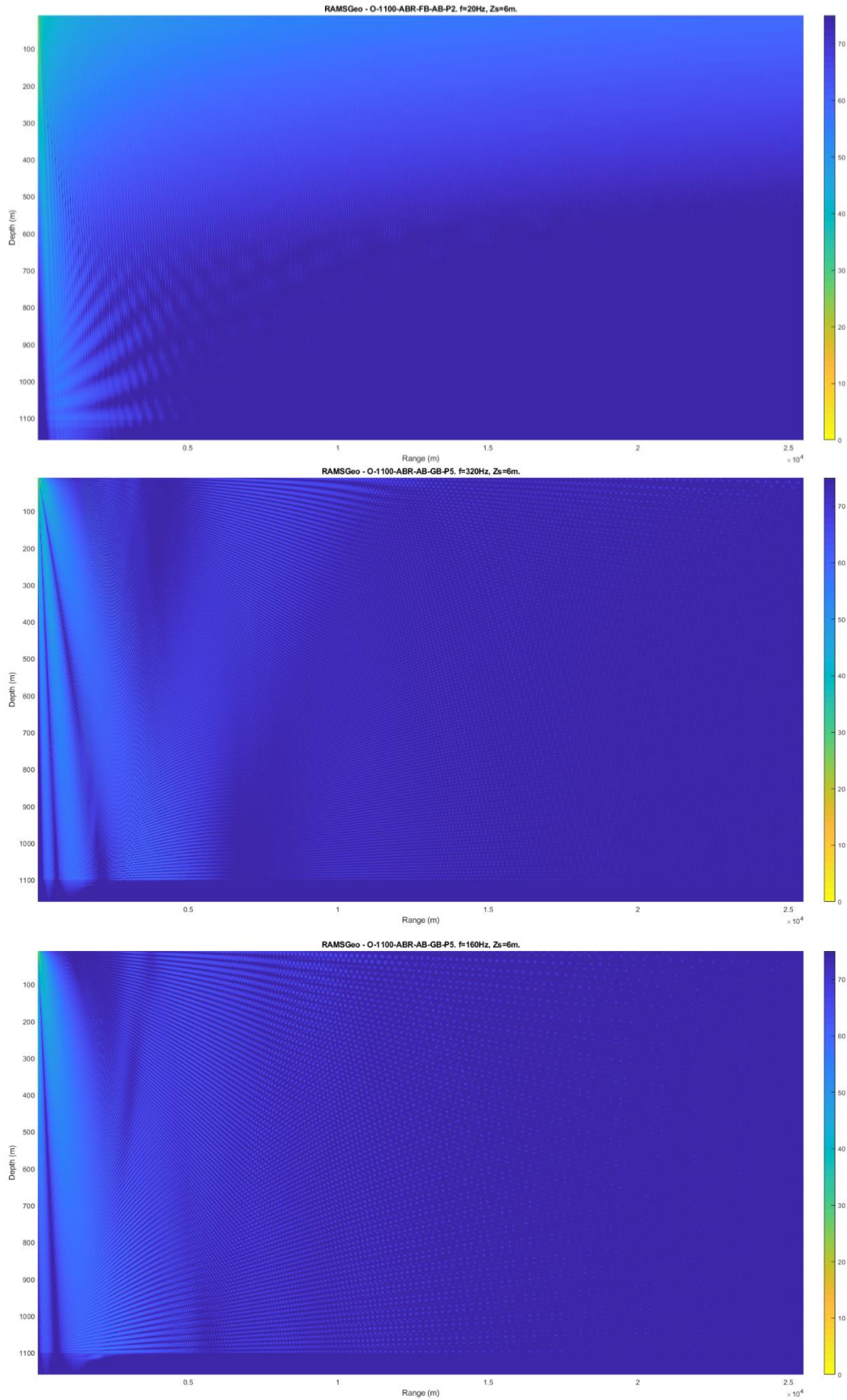



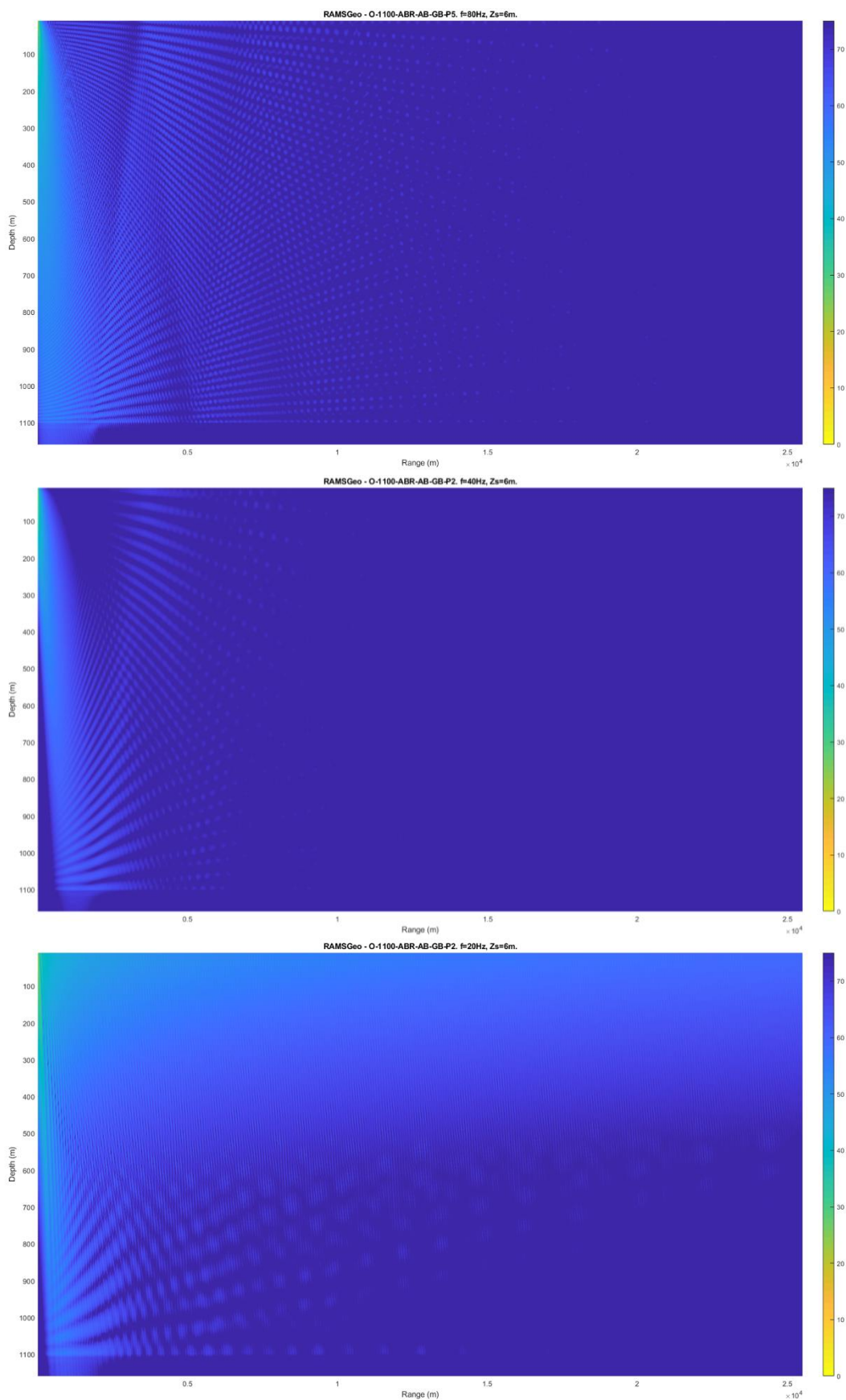



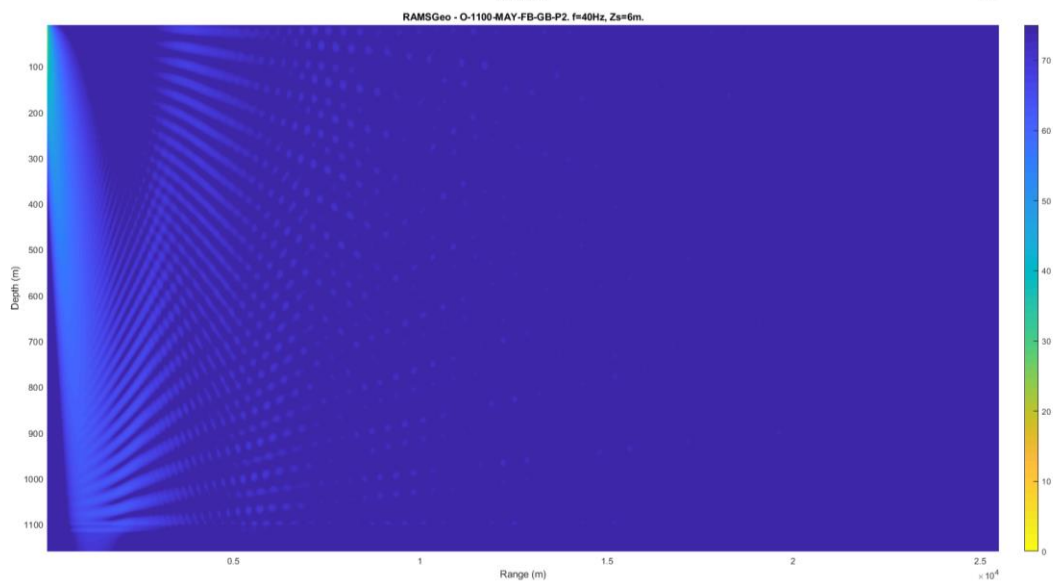
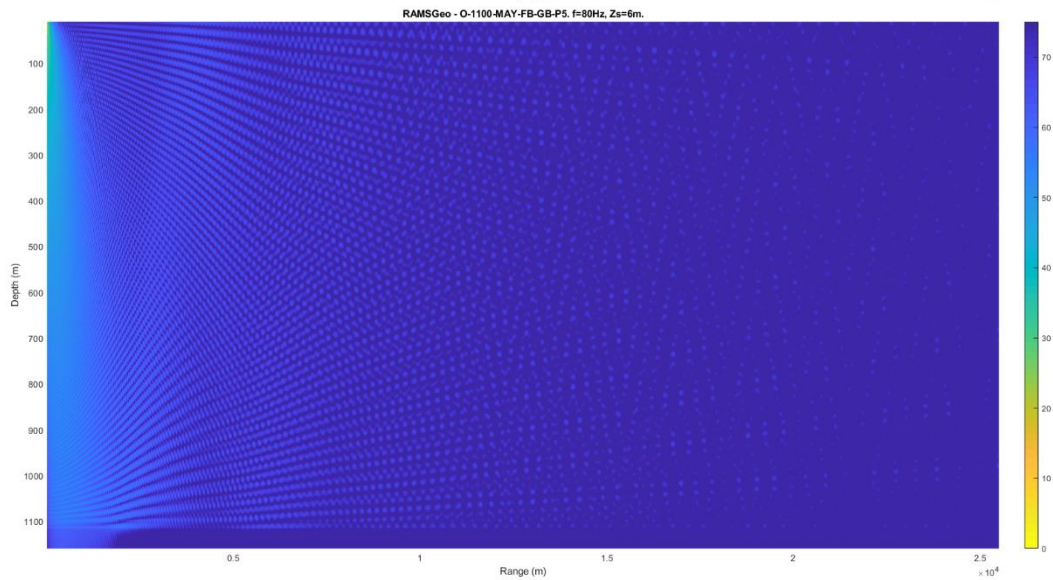
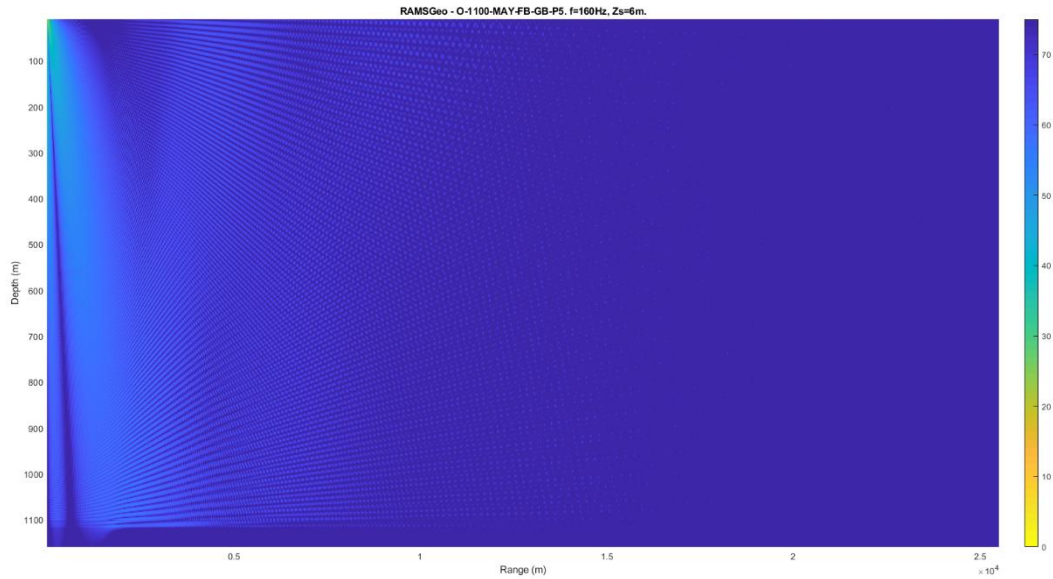



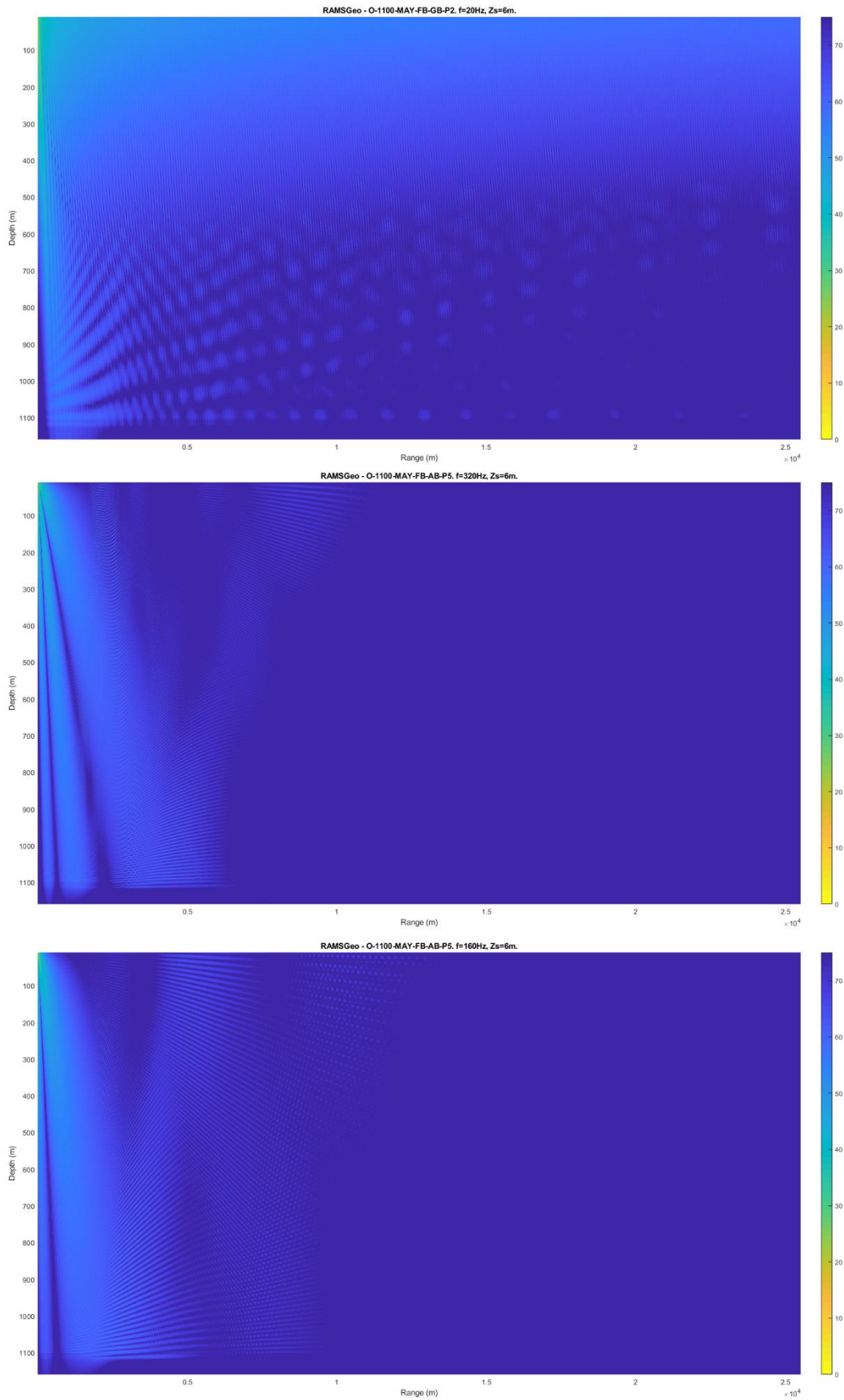



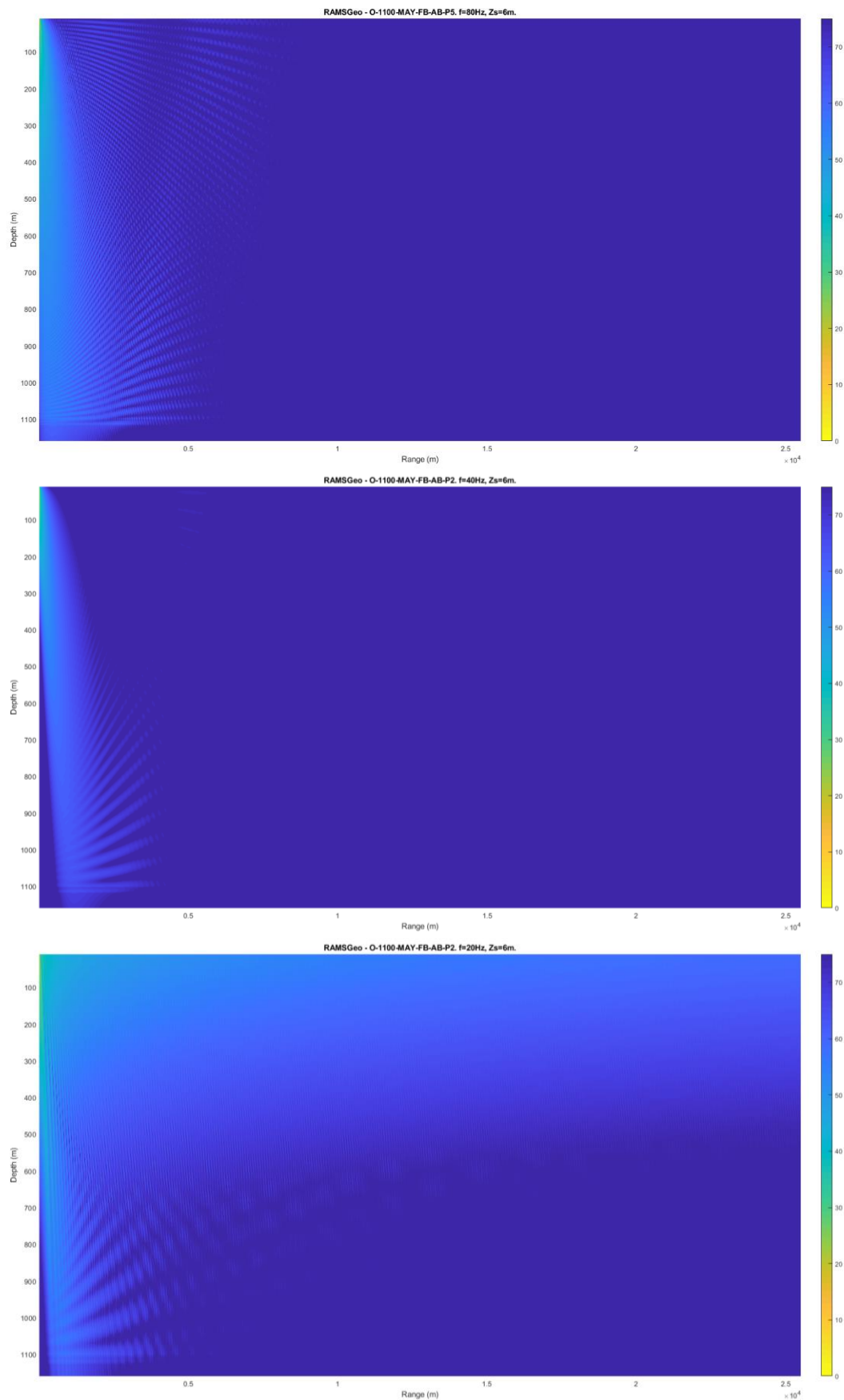



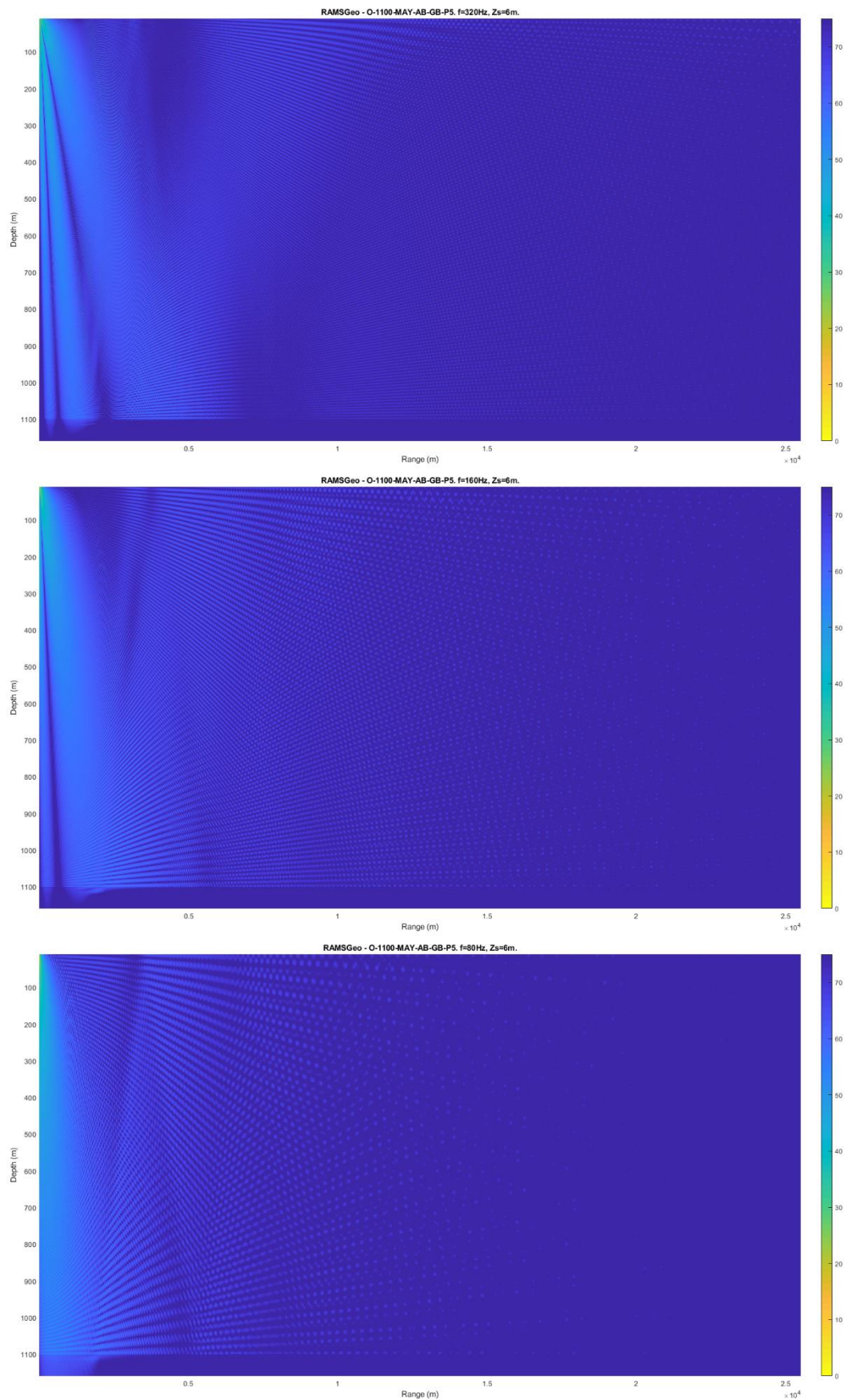



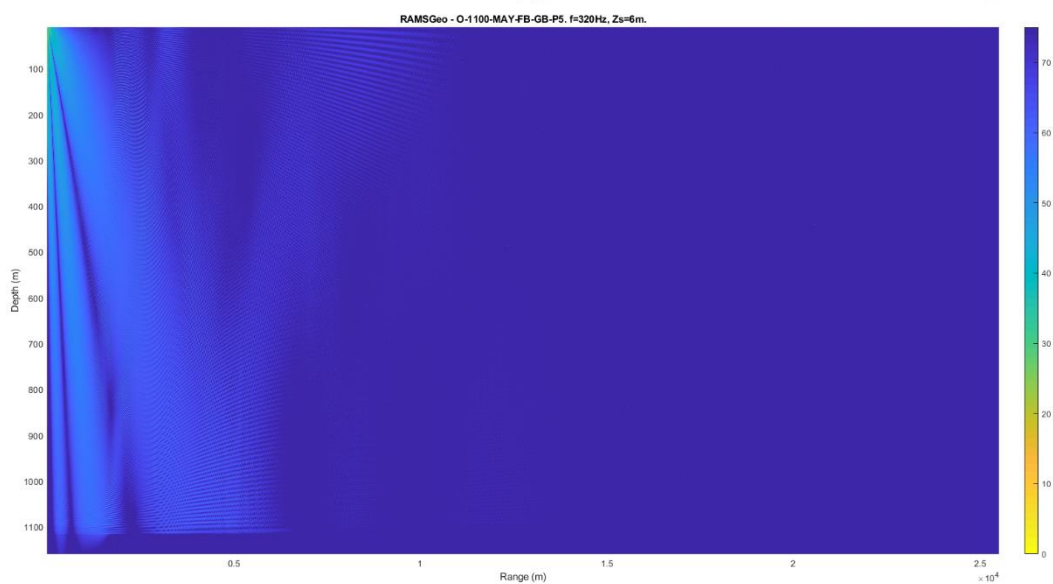
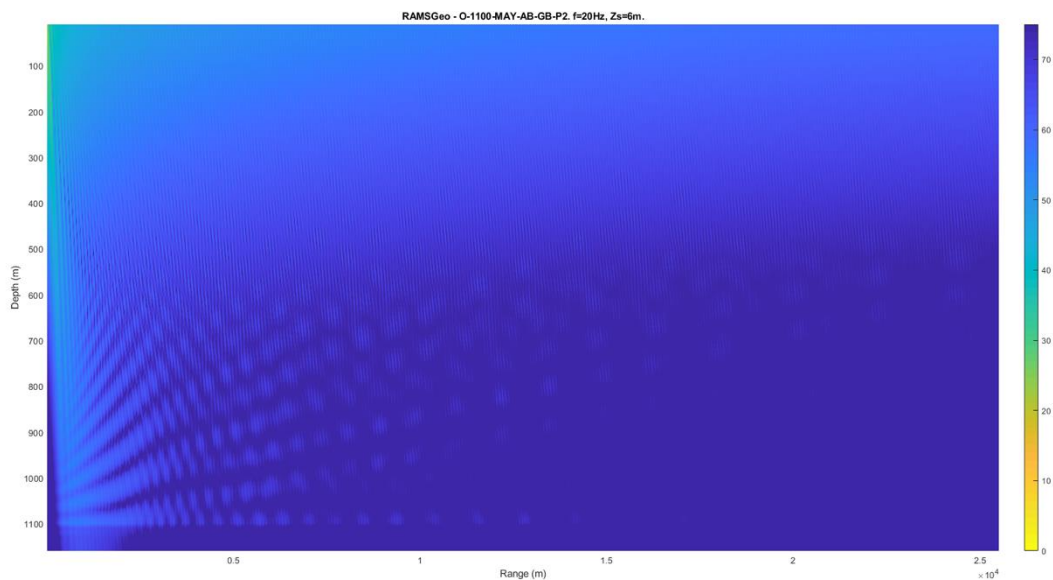
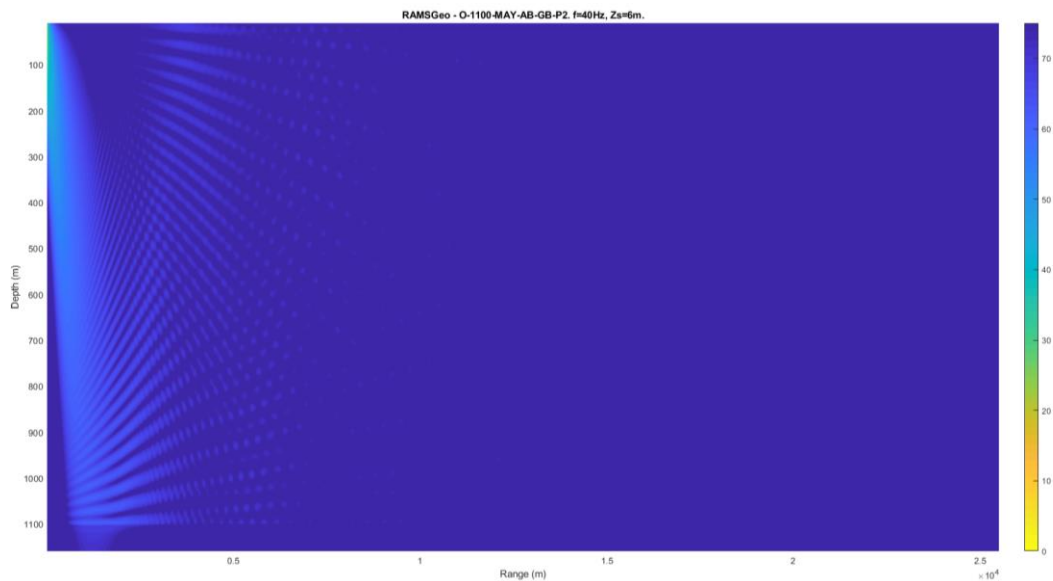



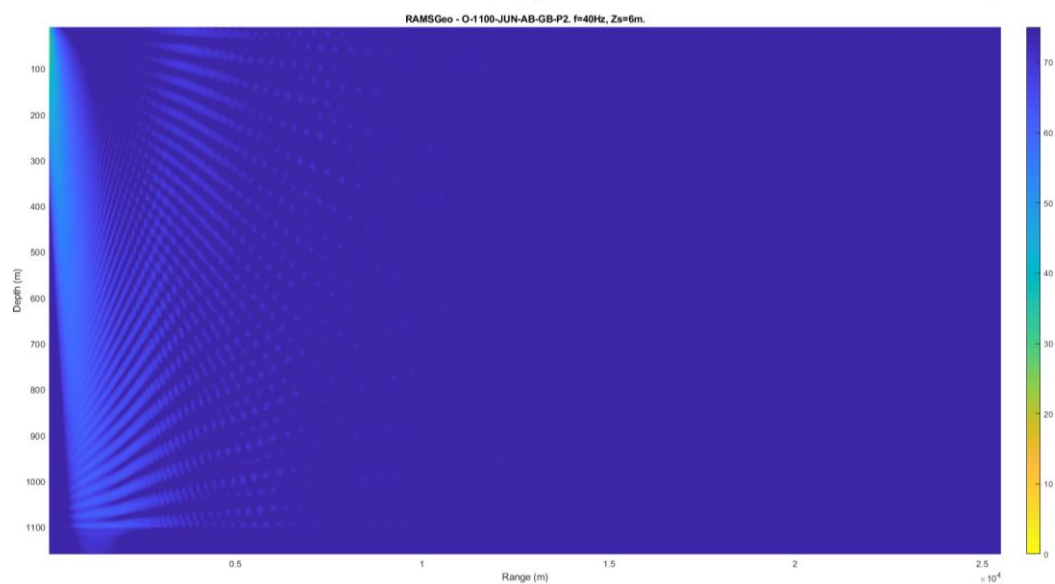
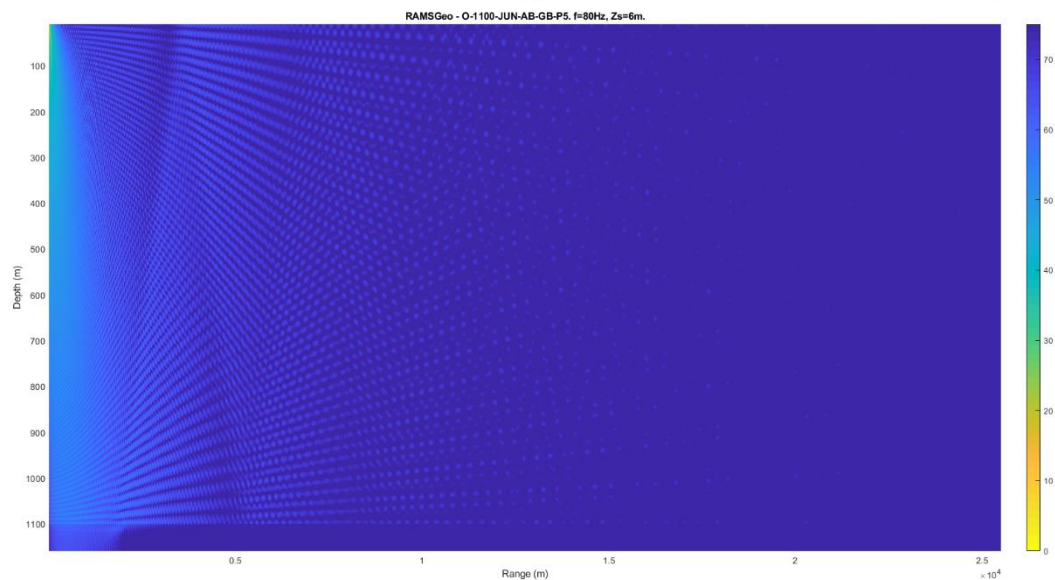
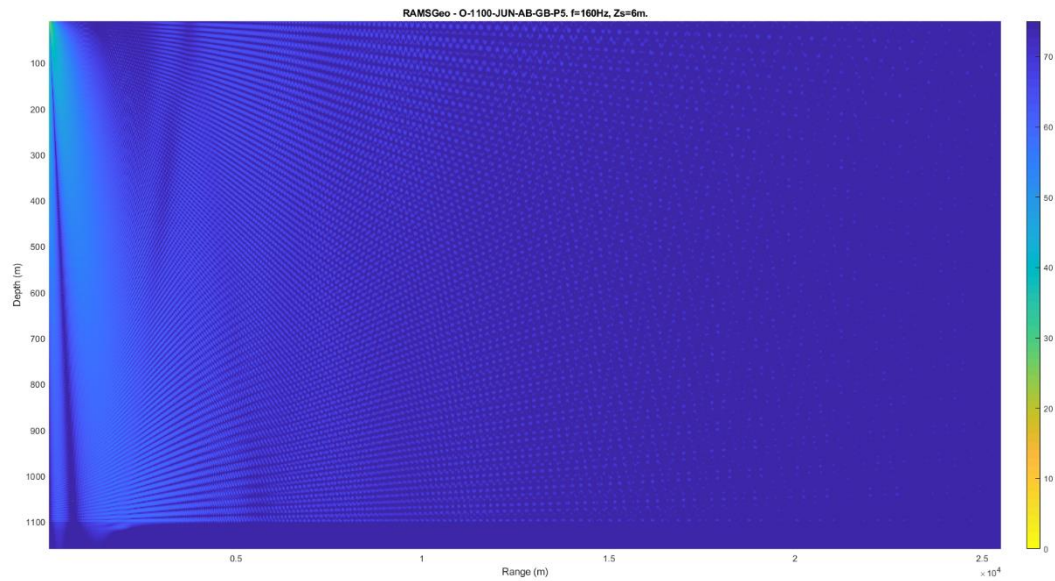



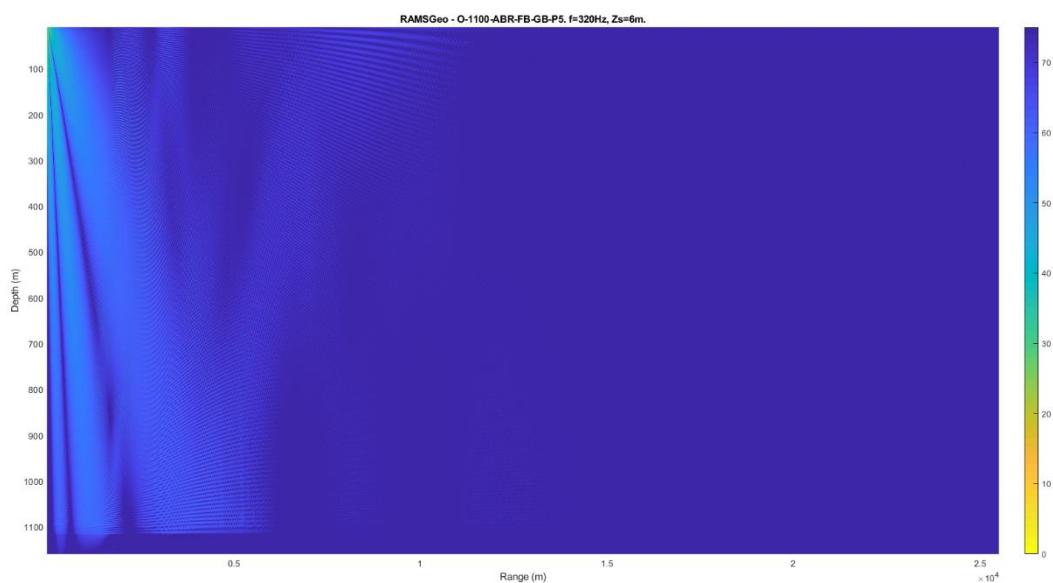
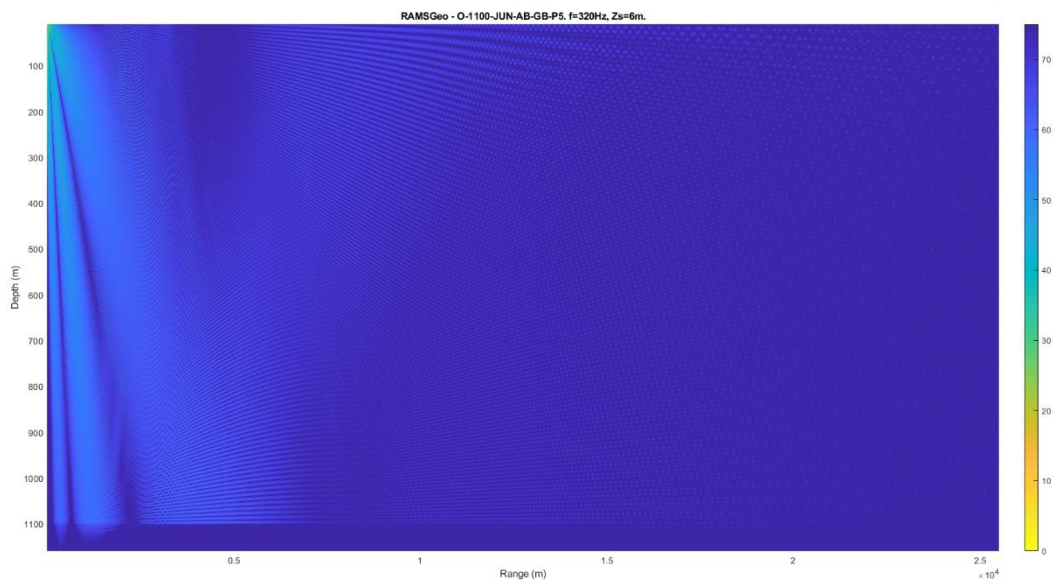
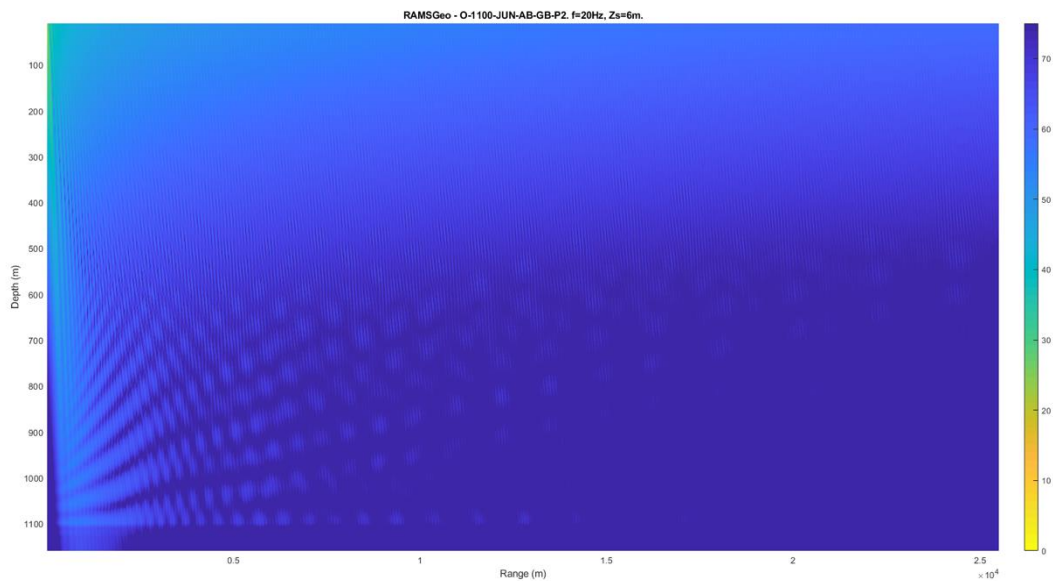



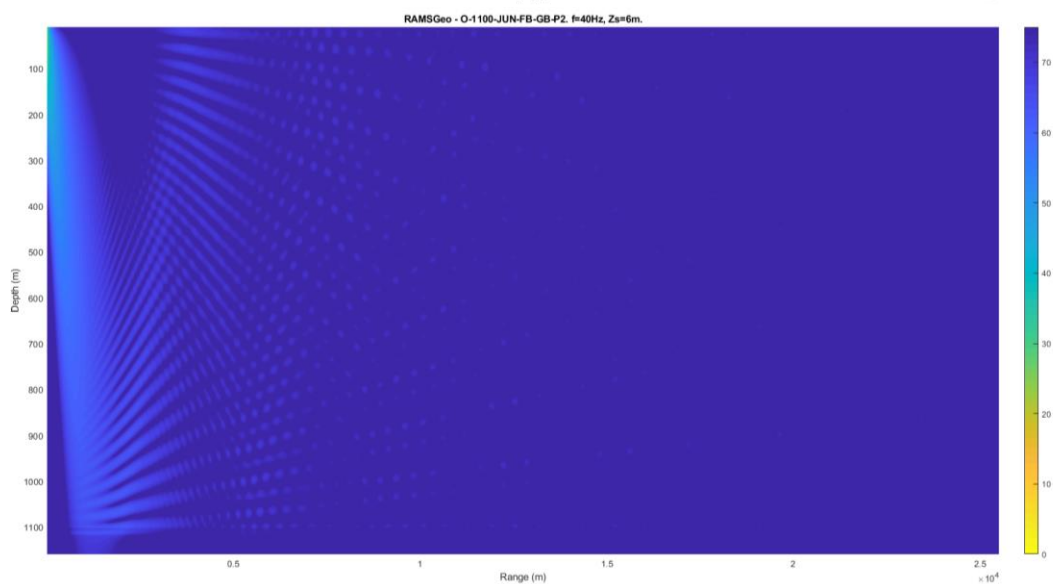
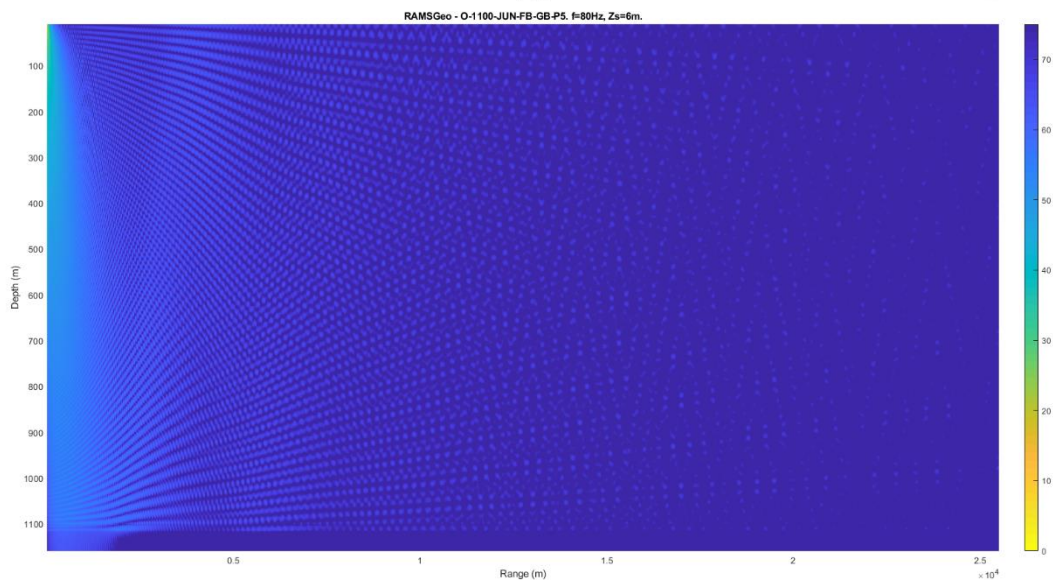
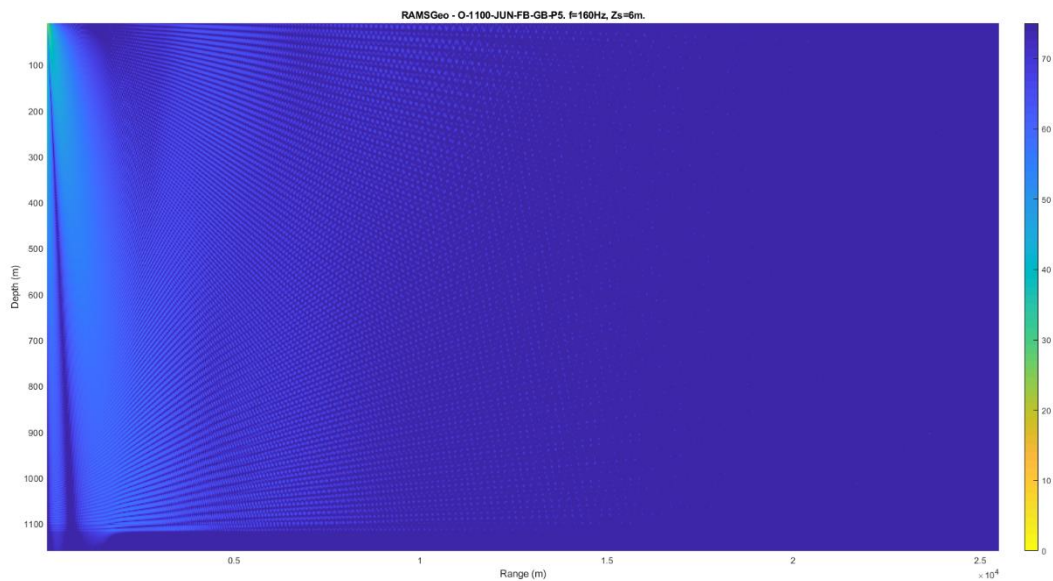



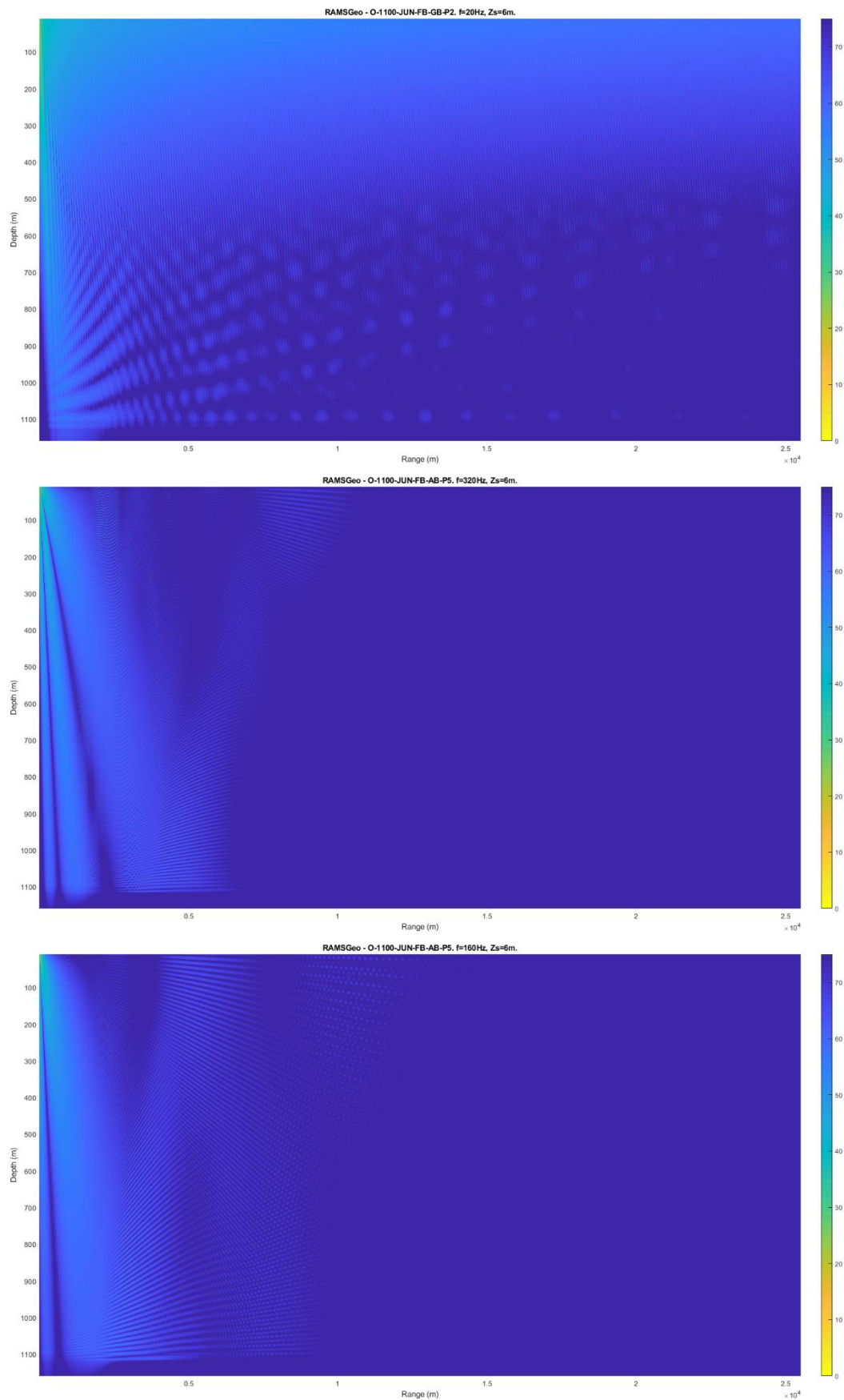



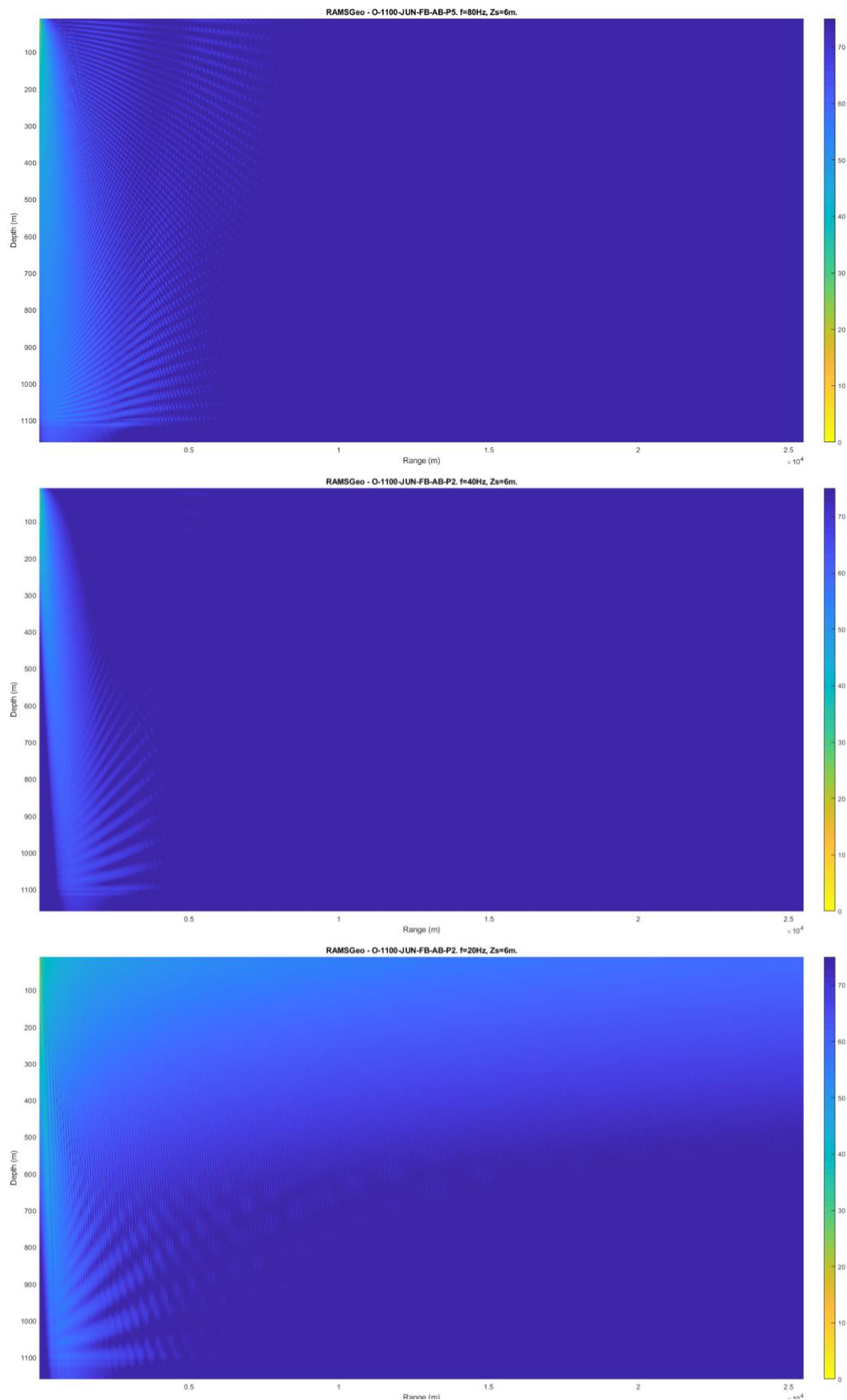



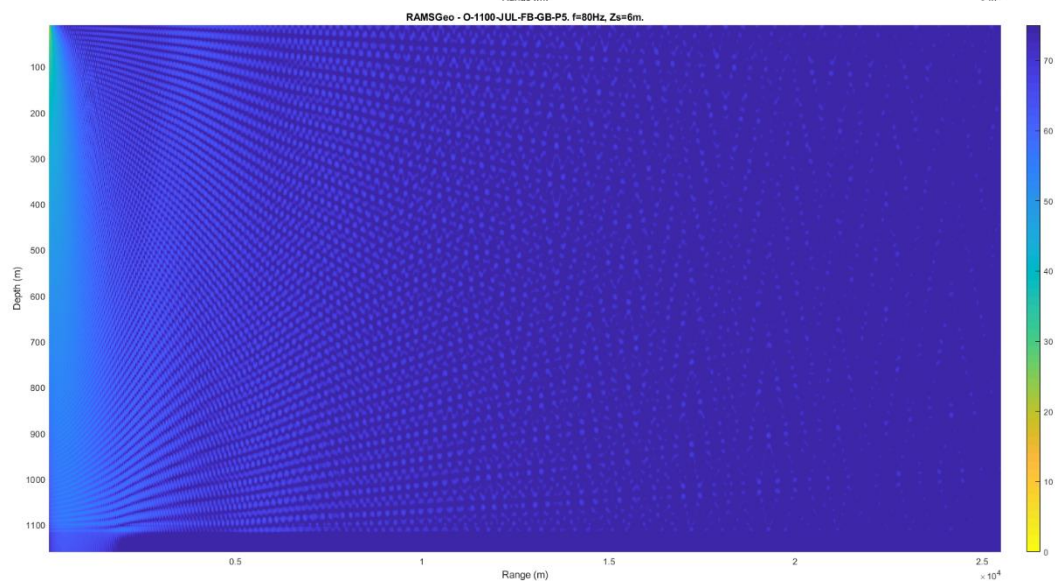
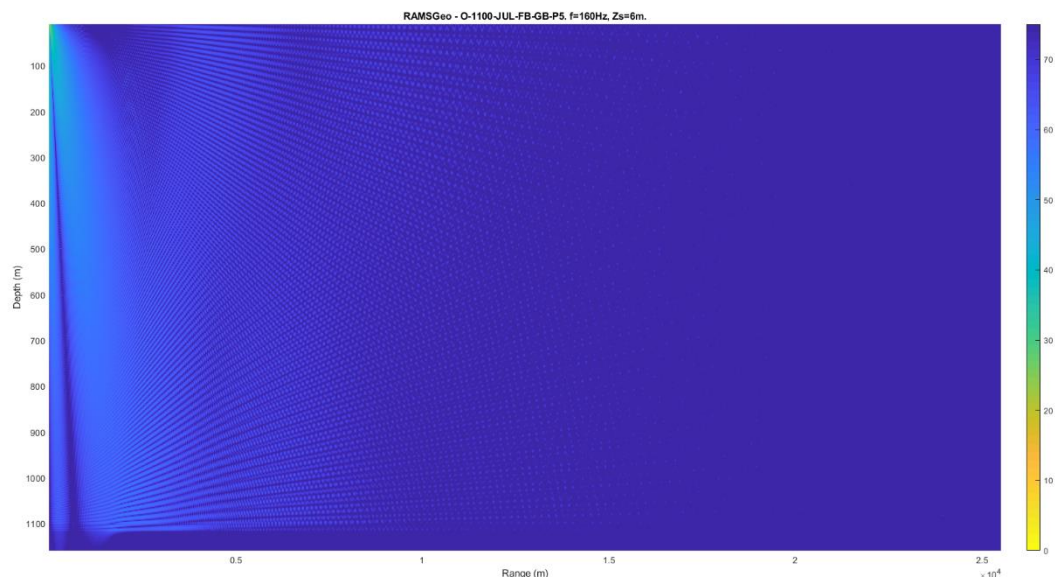
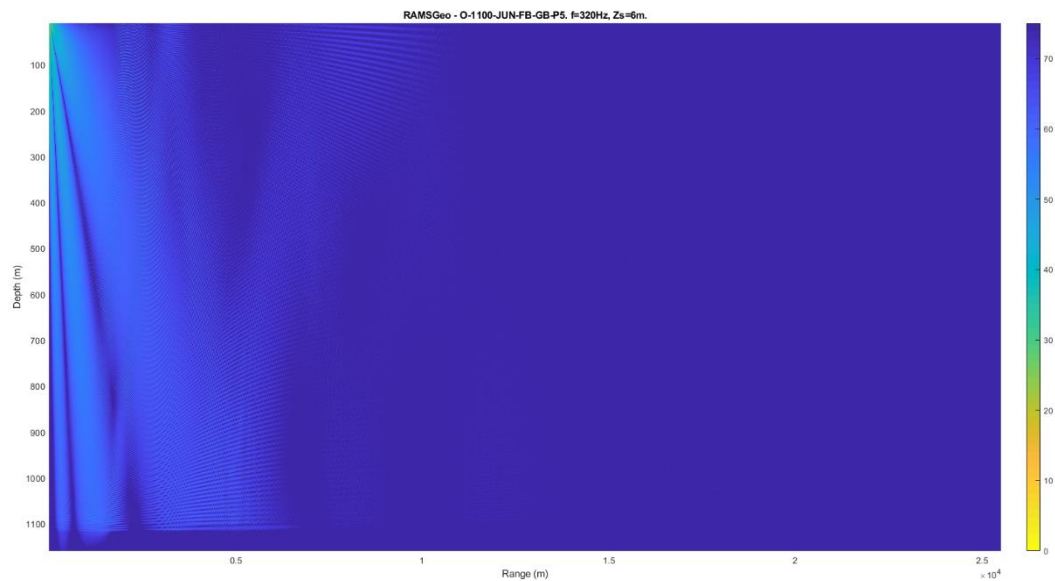



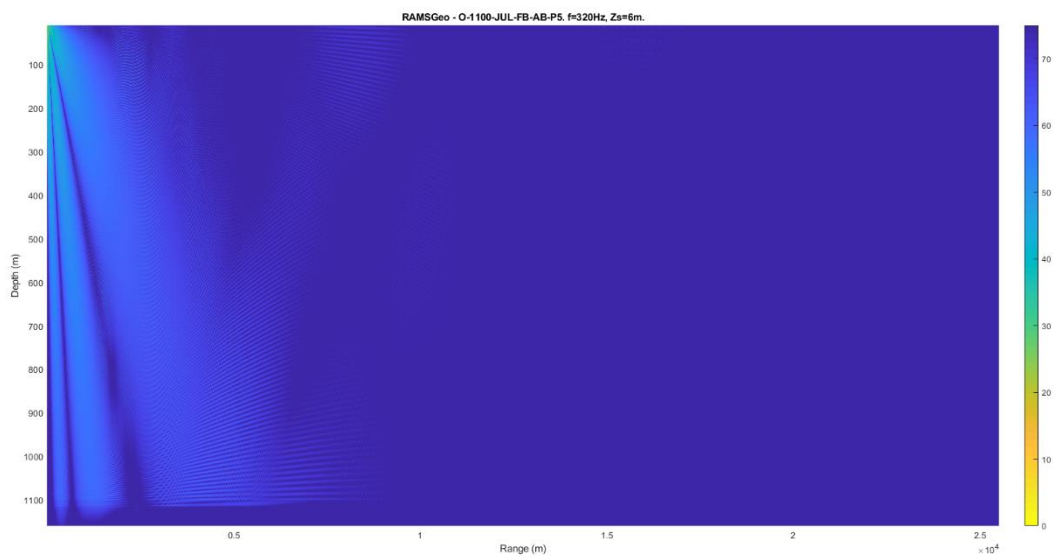
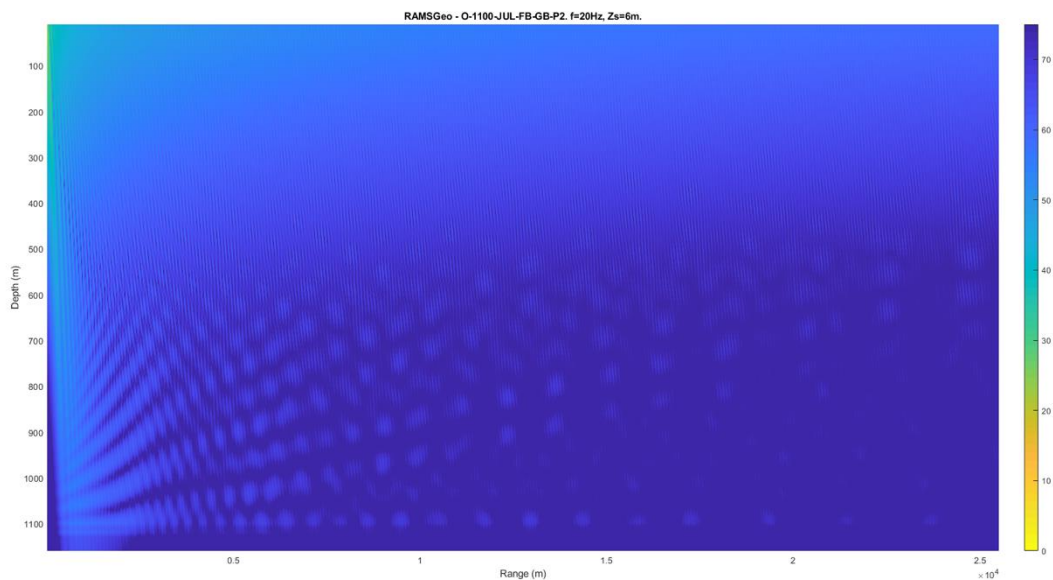
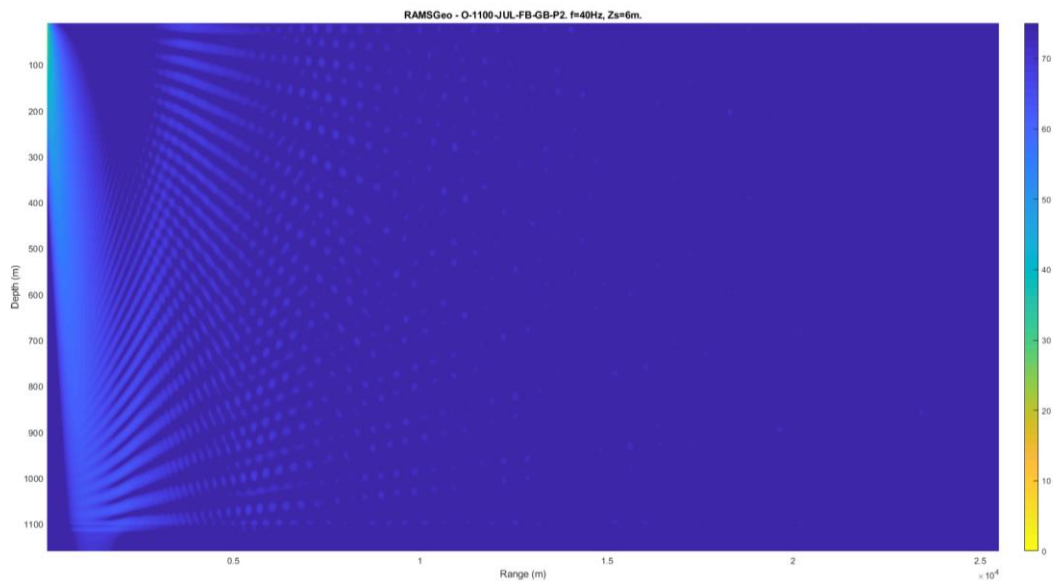



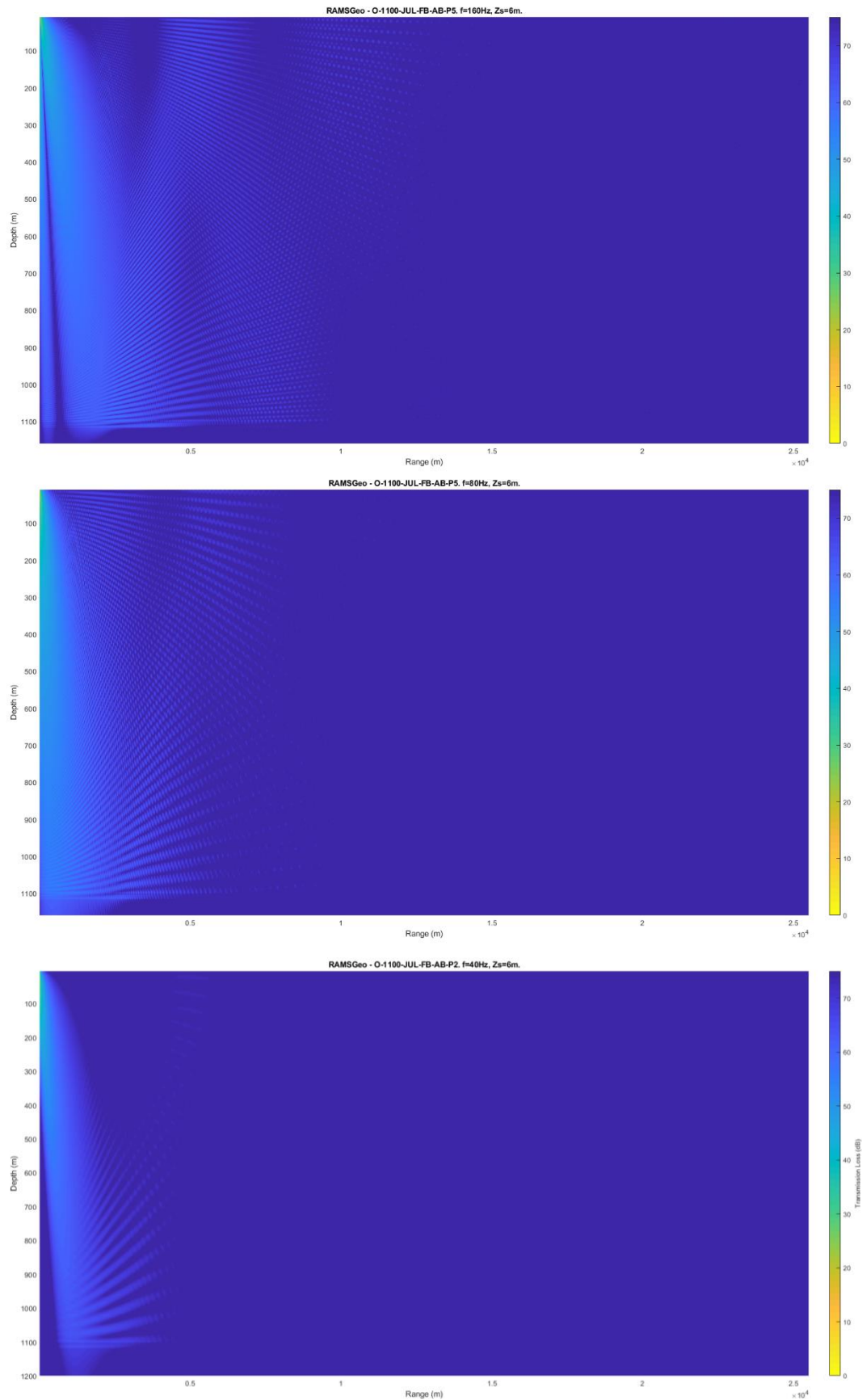
[Handwritten signature]

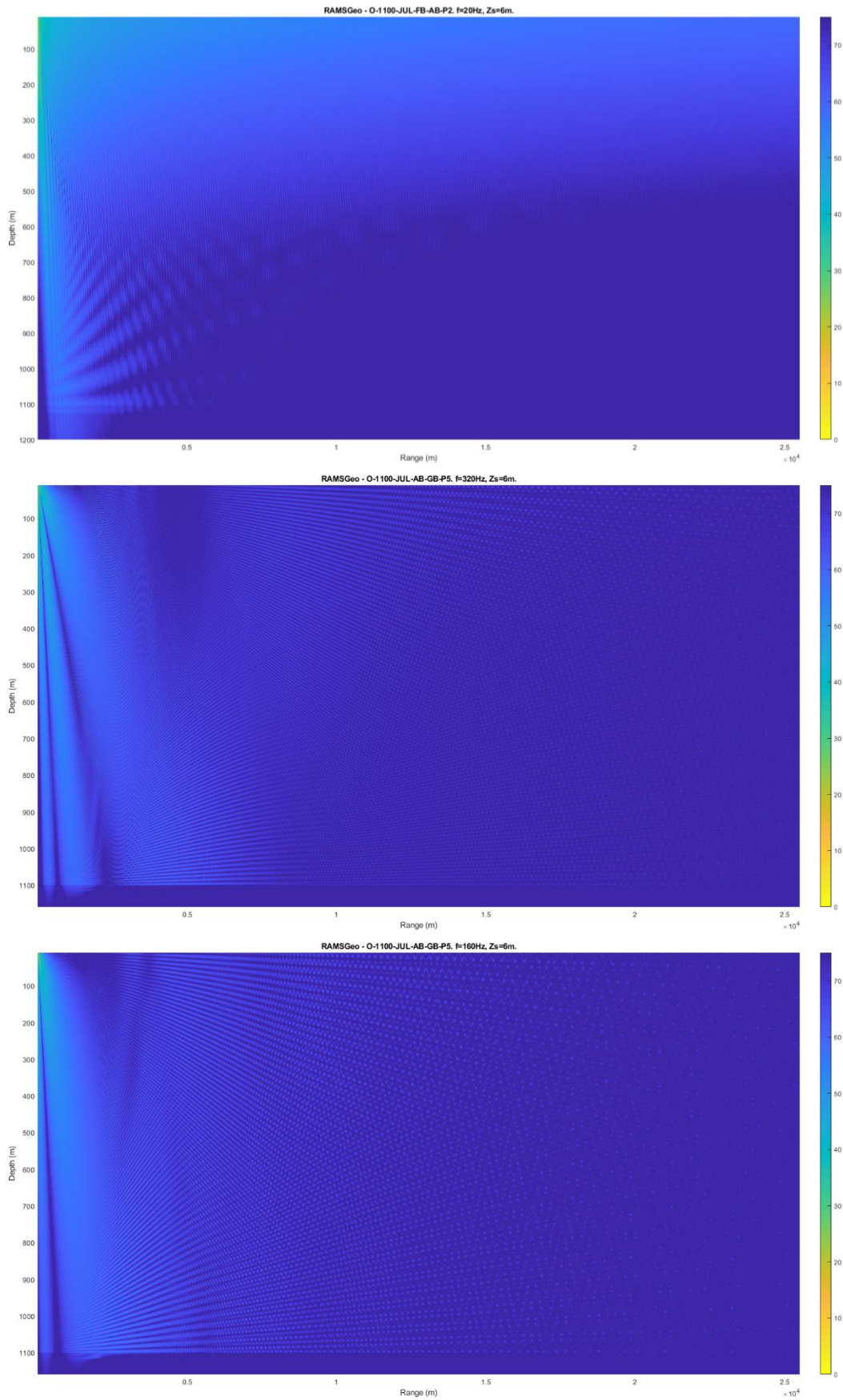


[Handwritten signature]

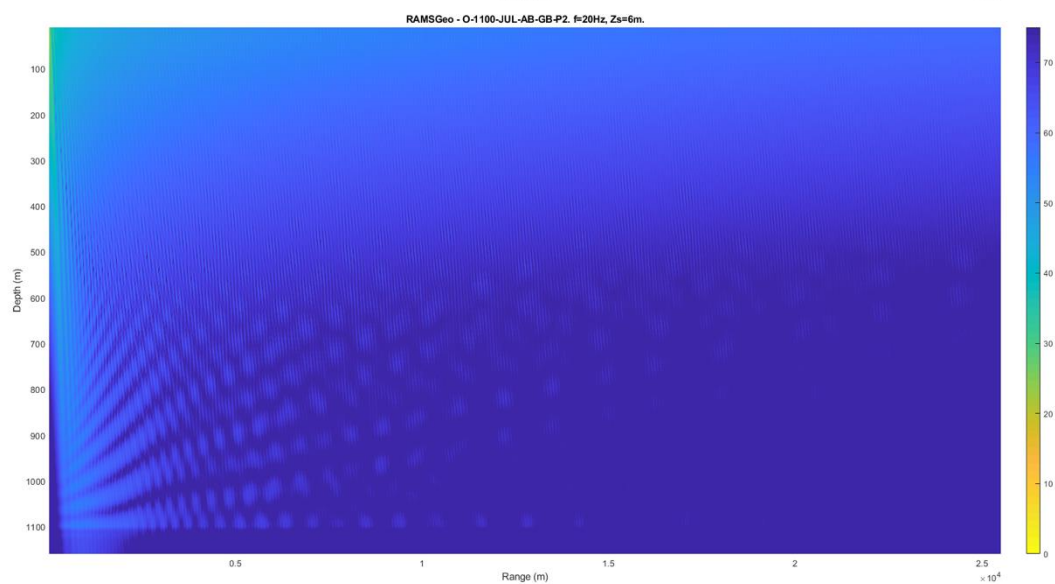
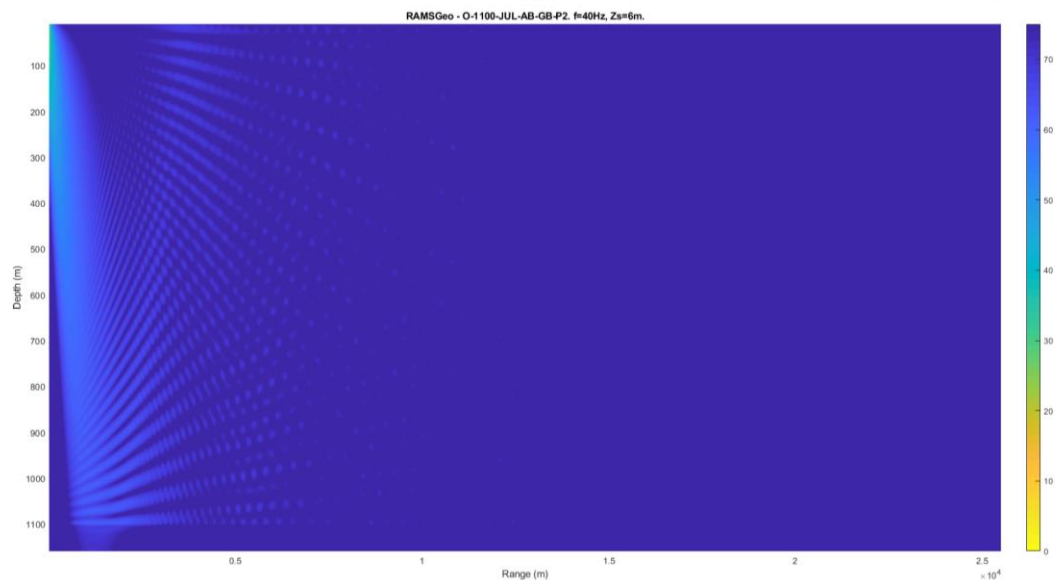
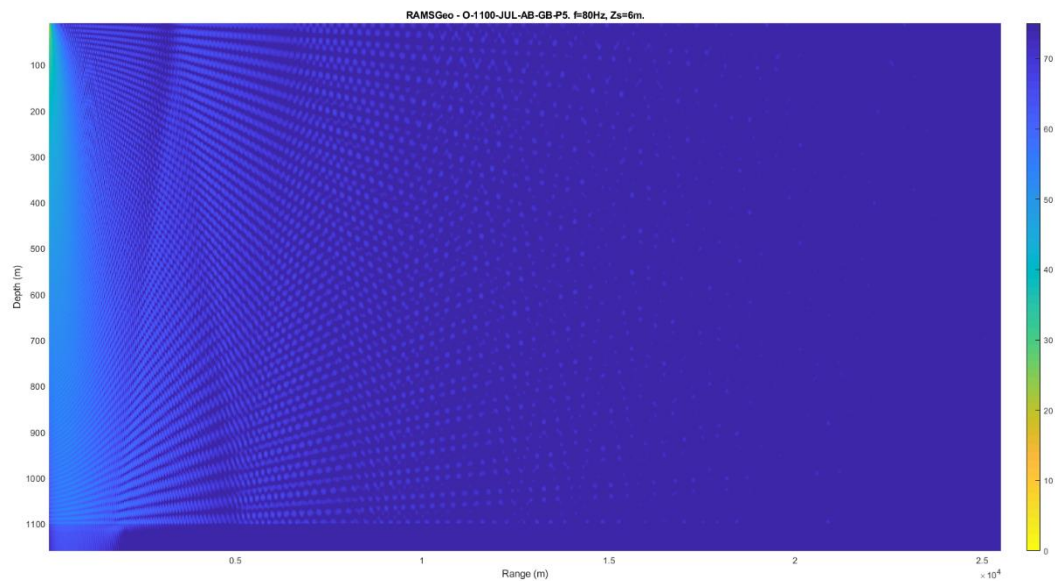


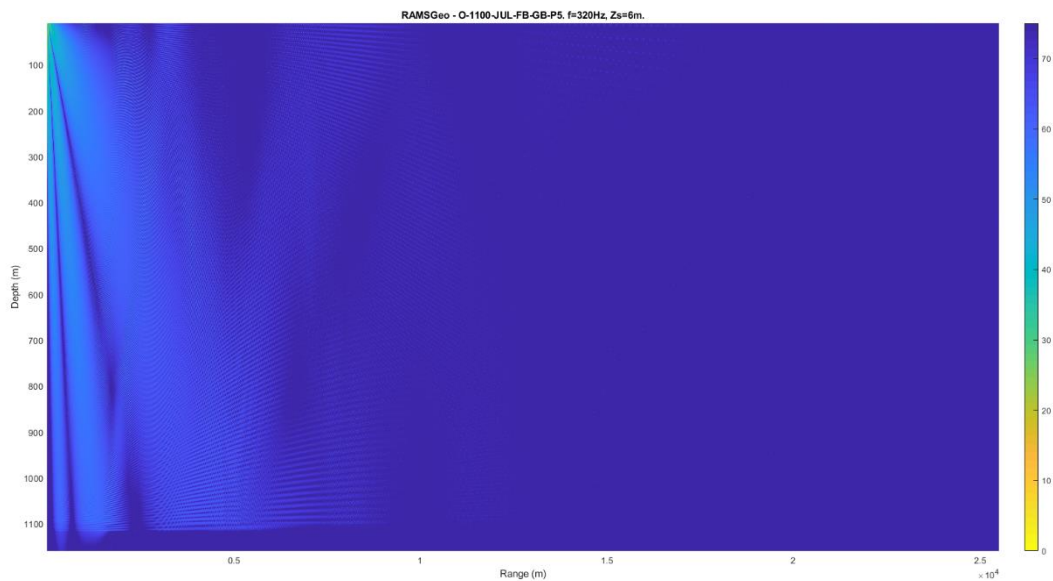
[Handwritten signature]



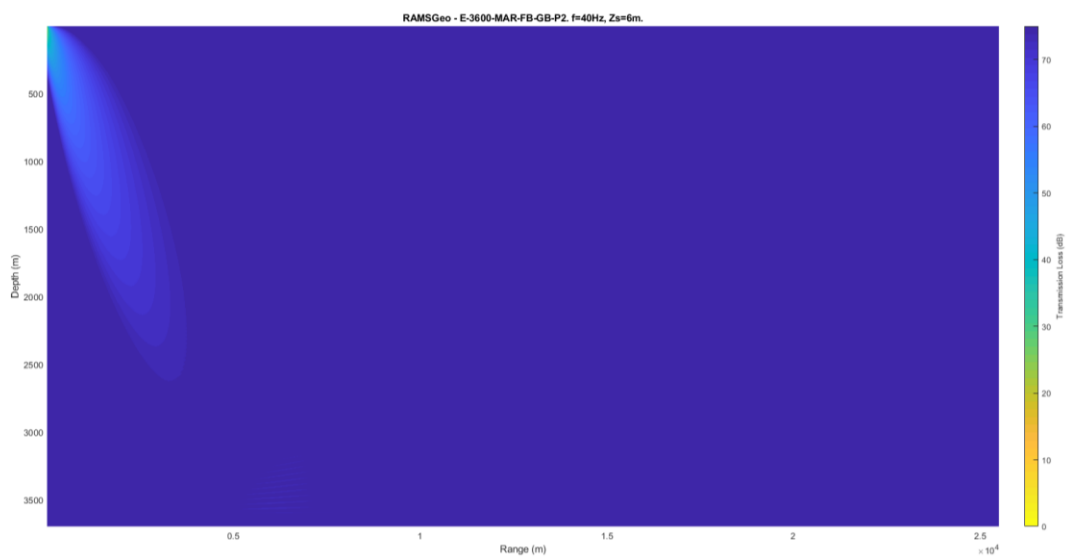
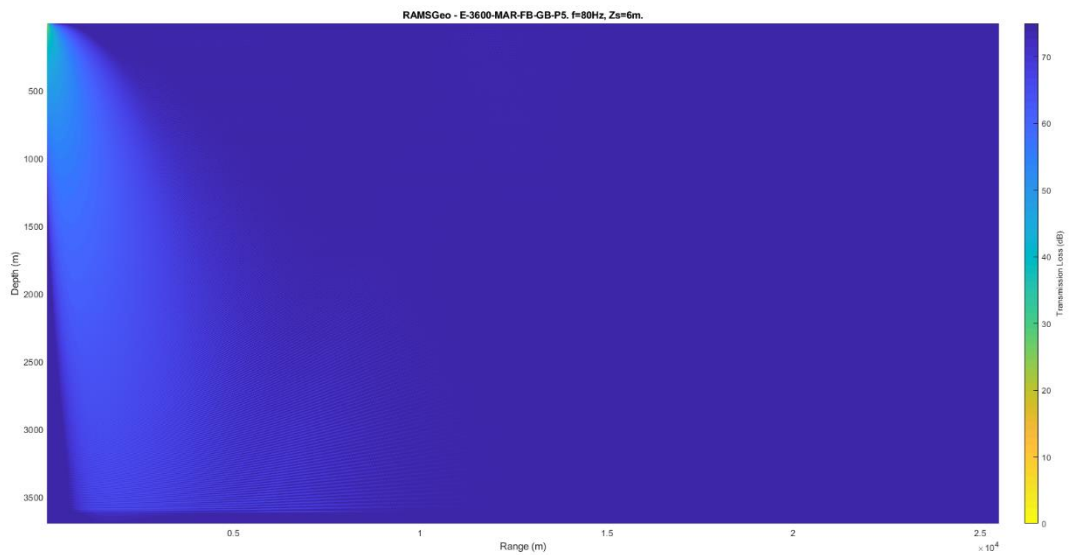
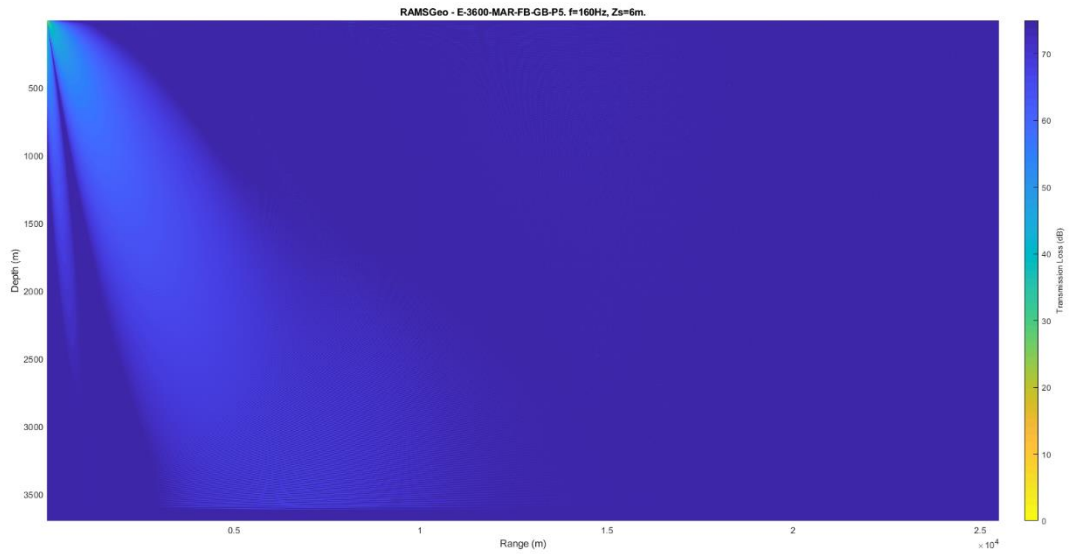
[Handwritten signature]

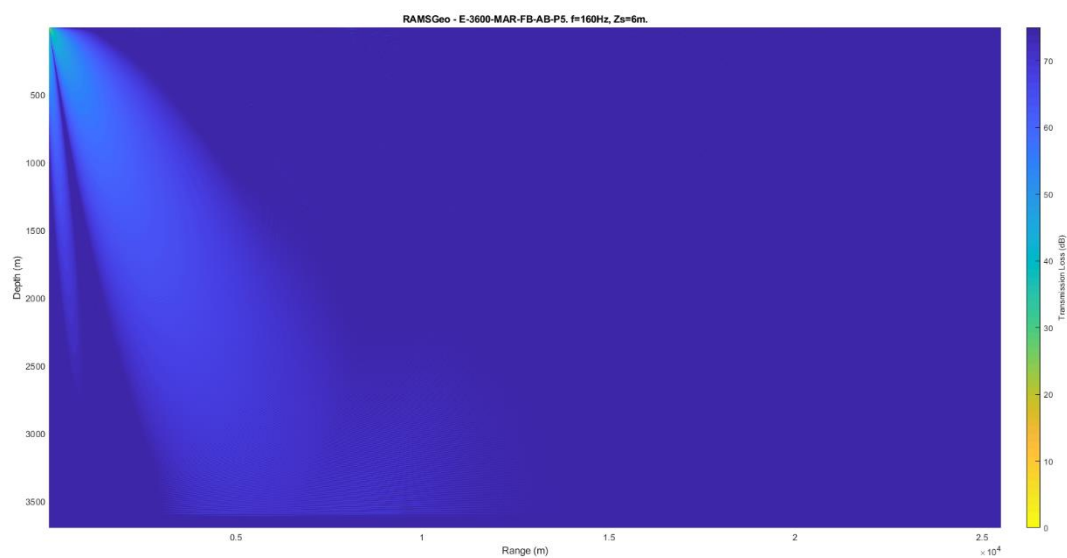
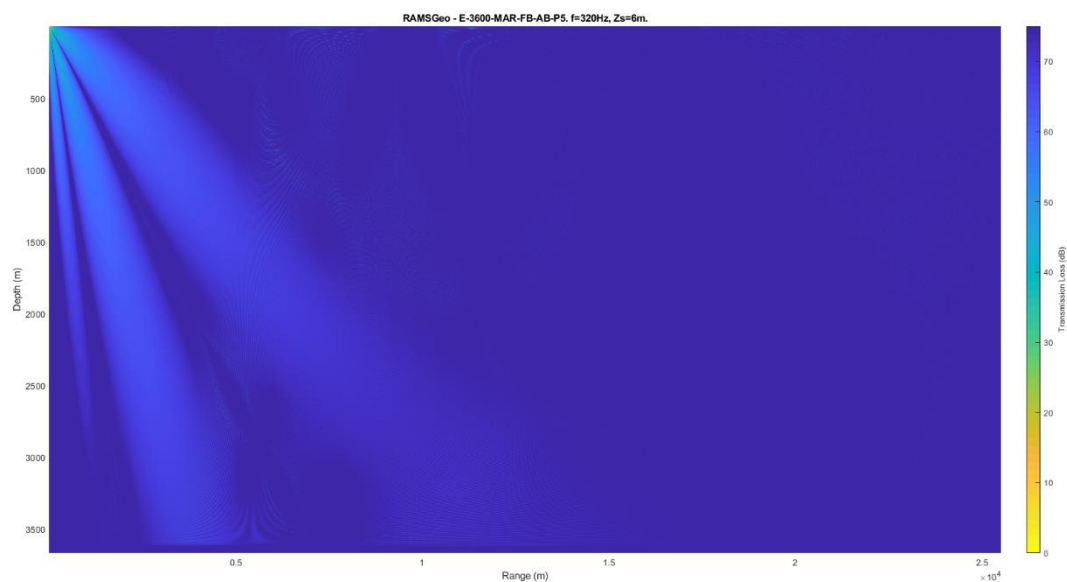
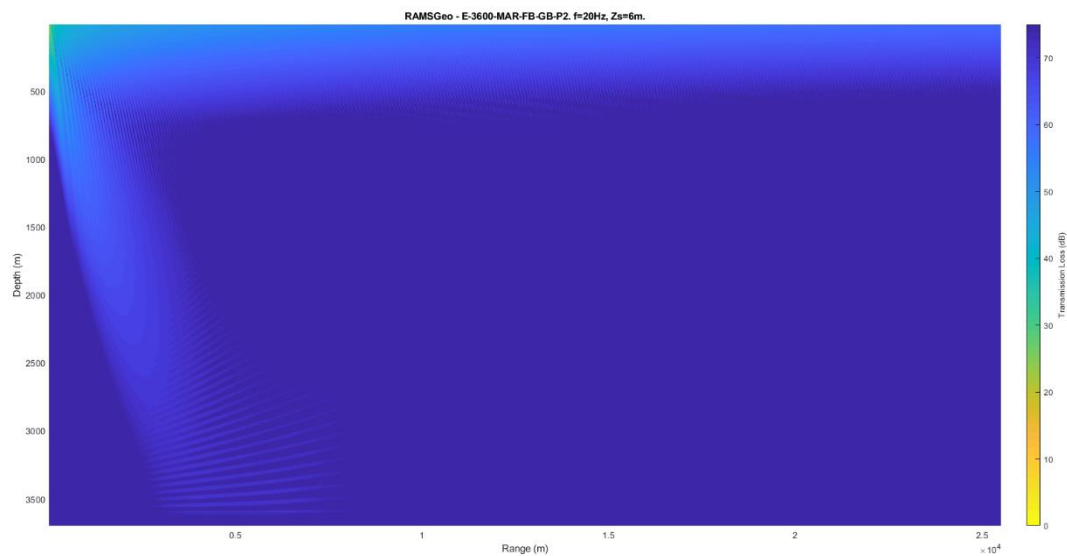


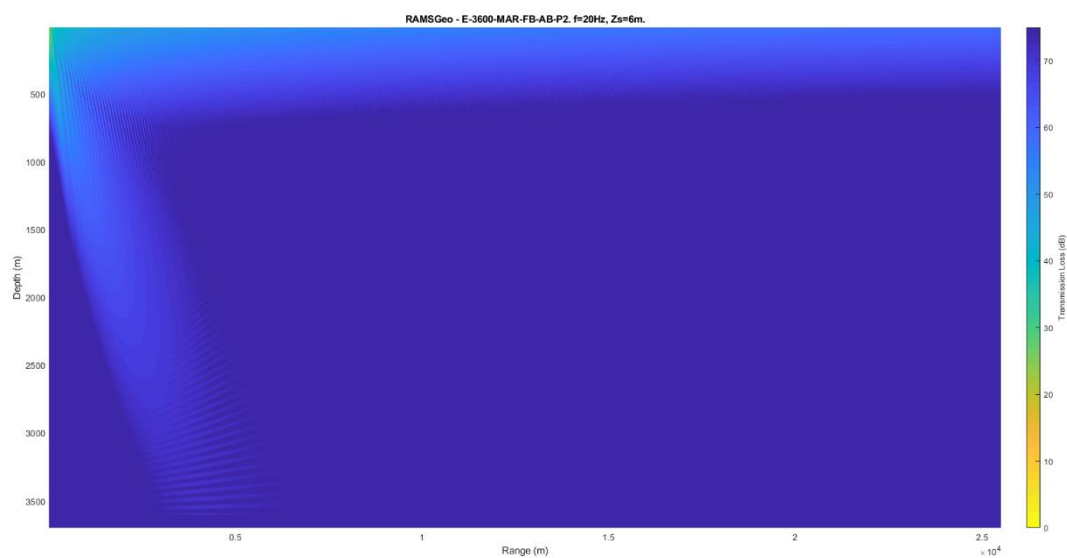
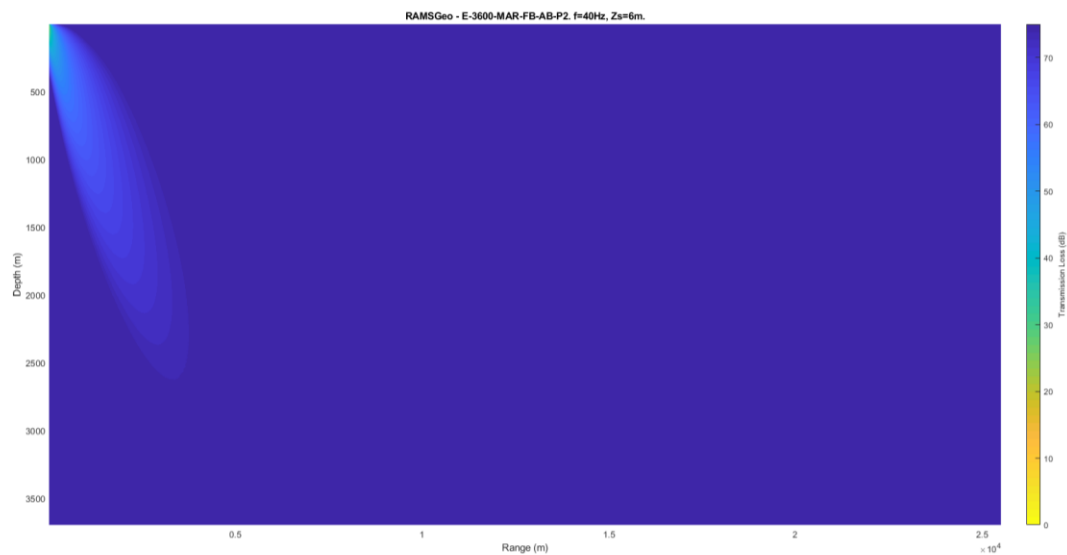
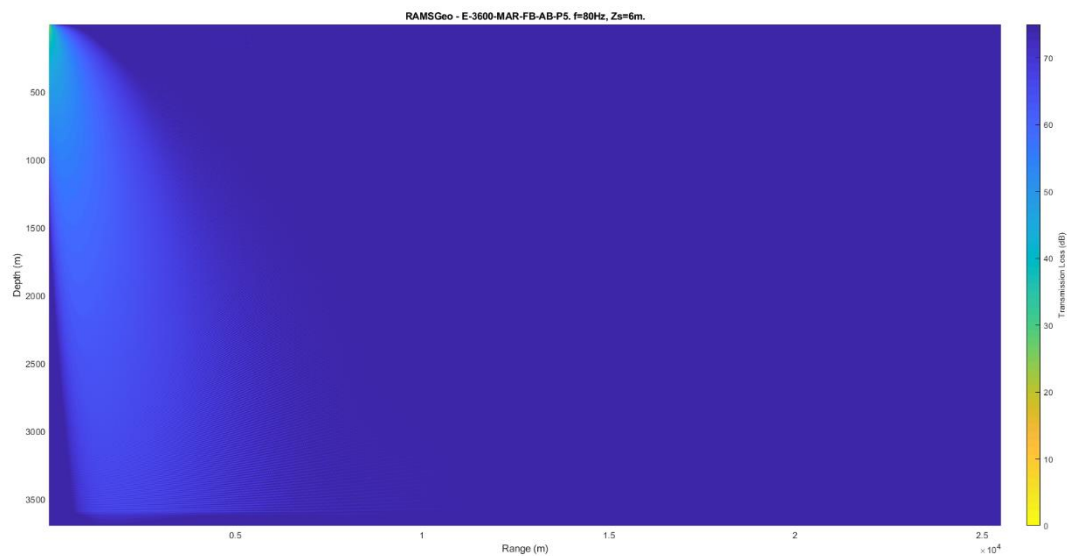



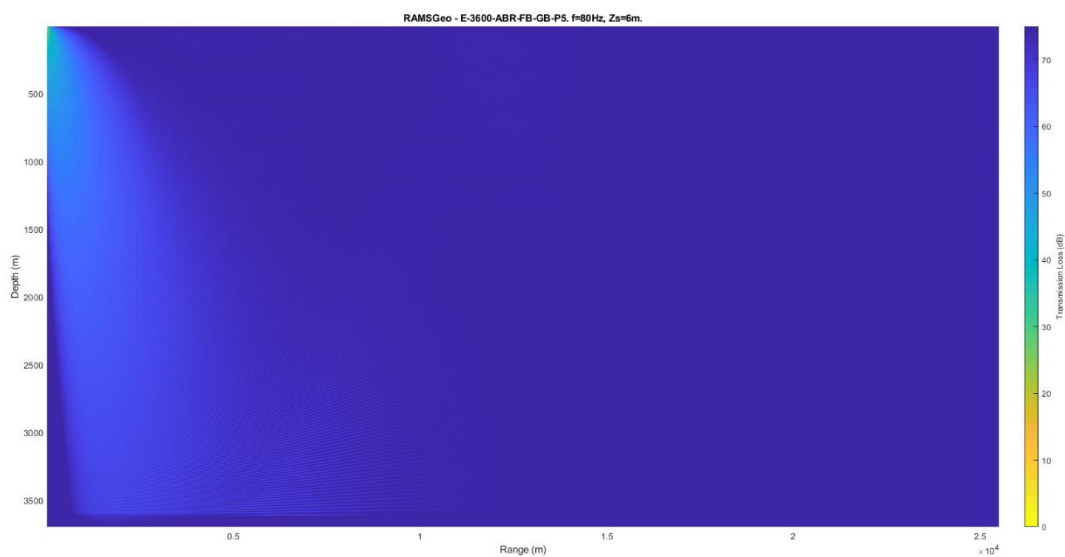
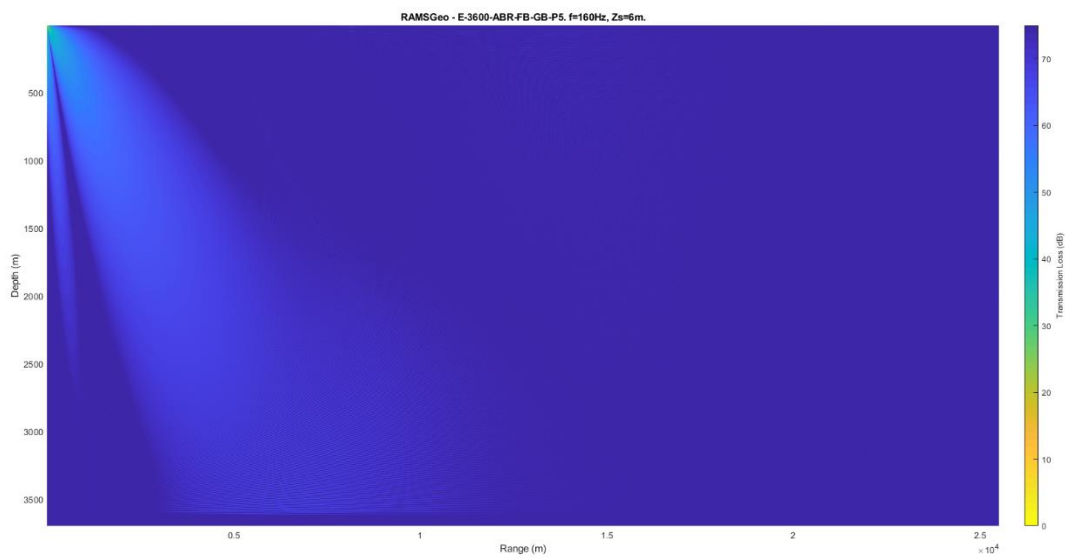
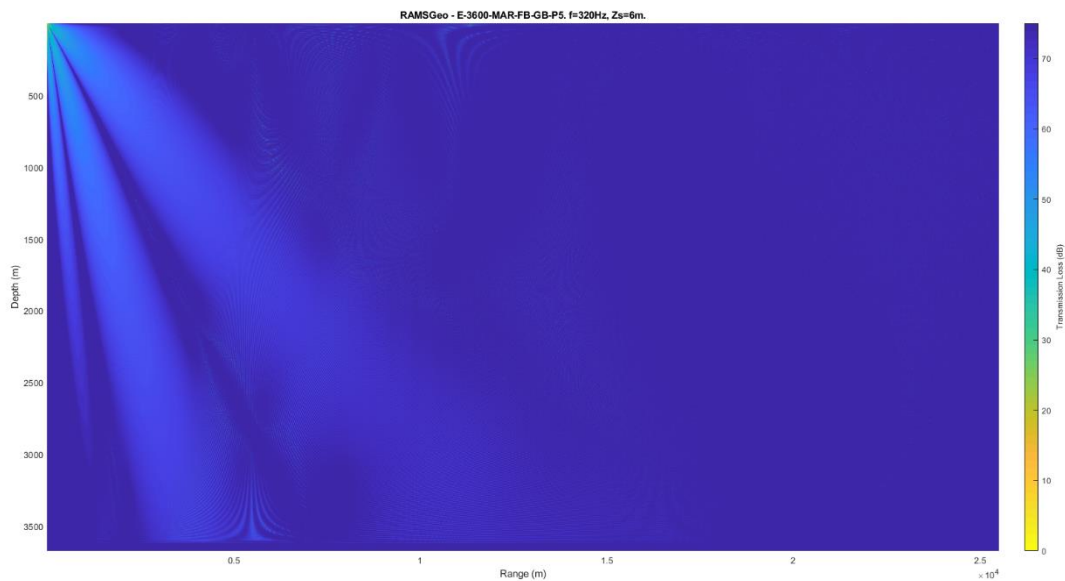
[Handwritten signature]

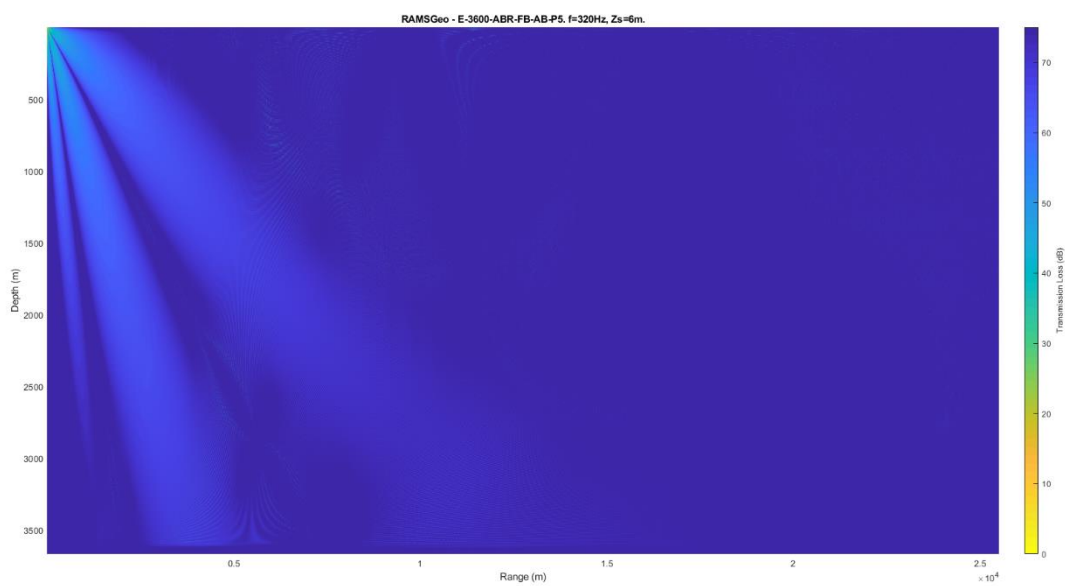
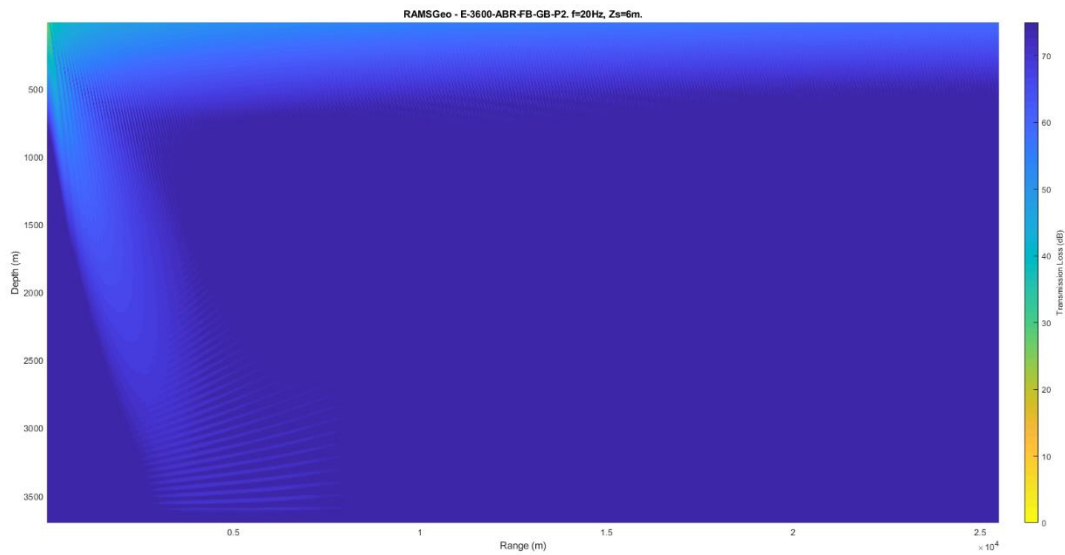
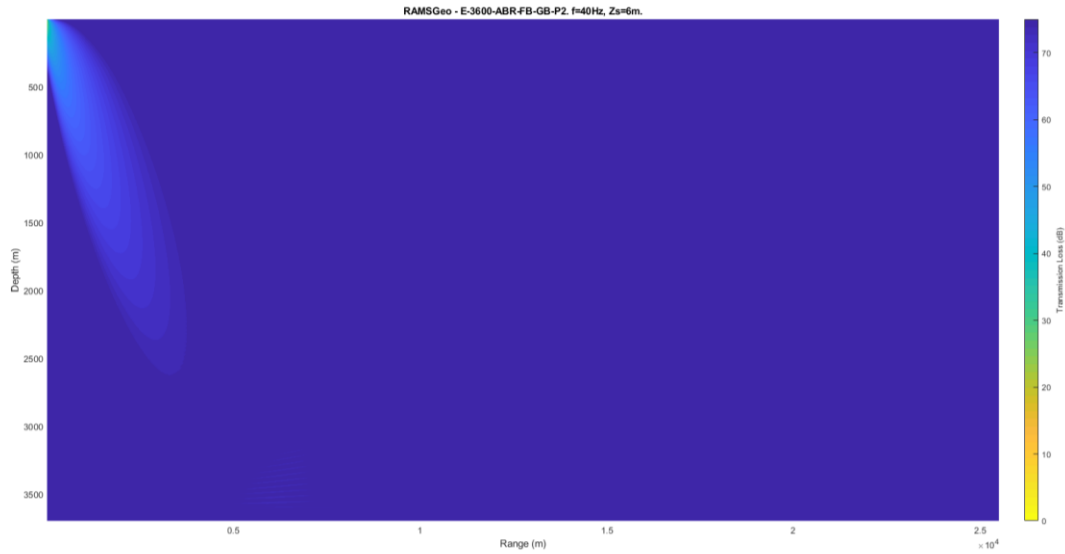
Punto E. Profundidad 3600 m.

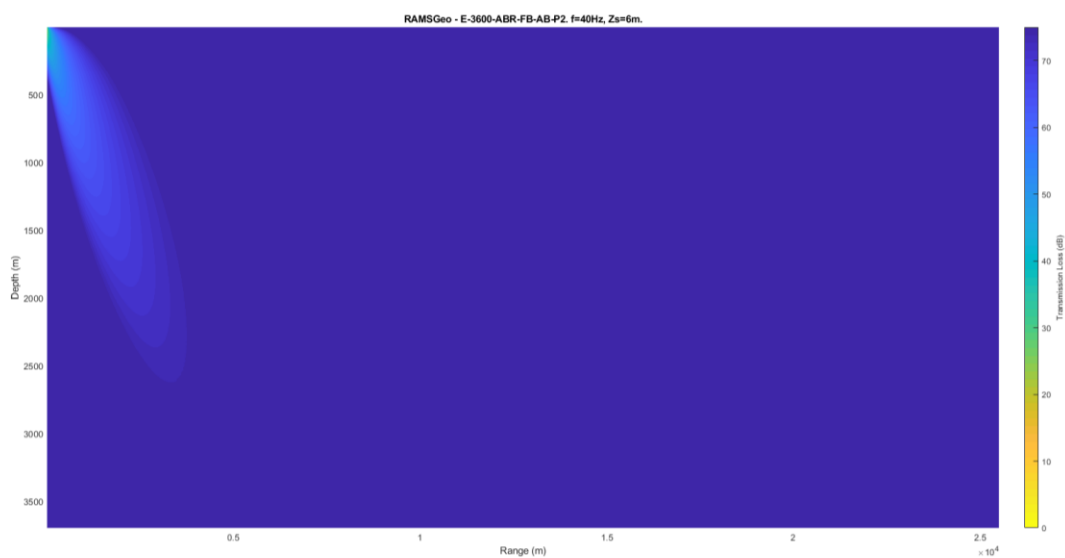
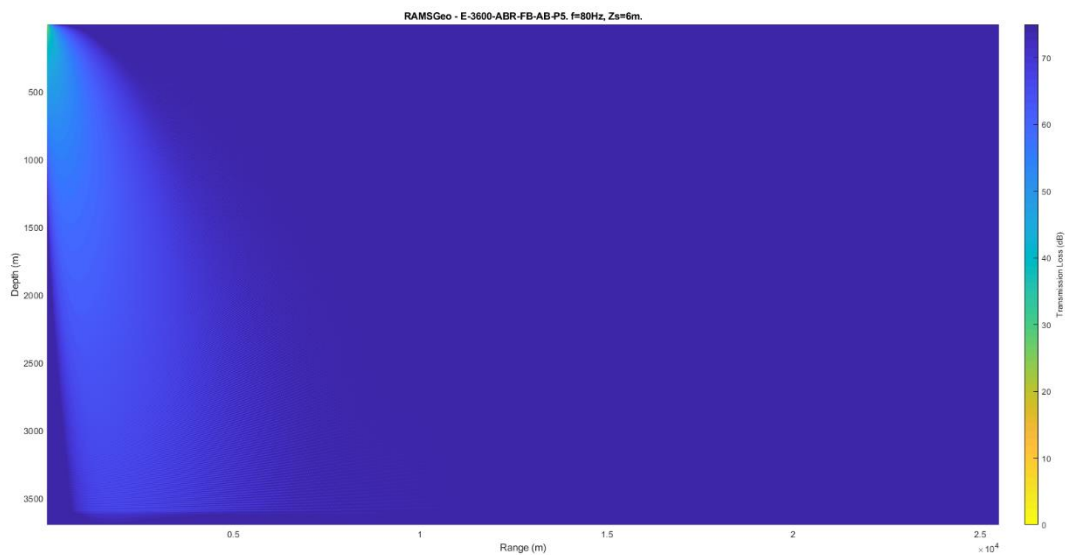
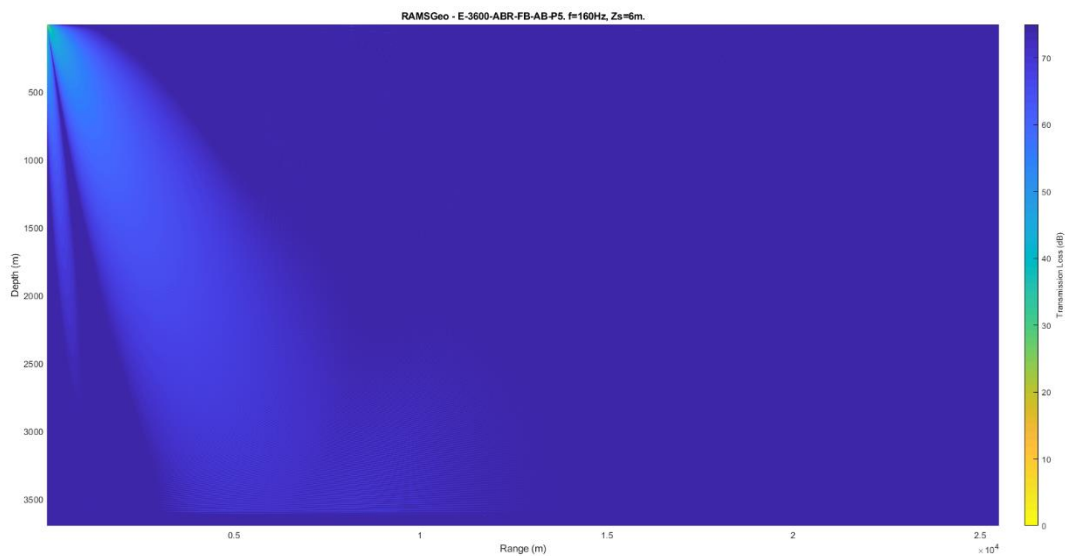


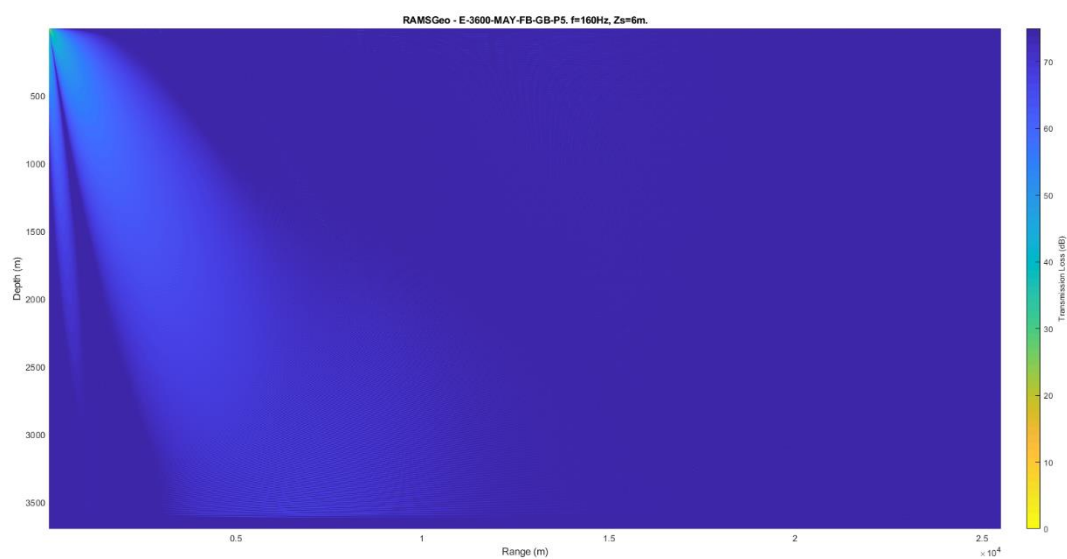
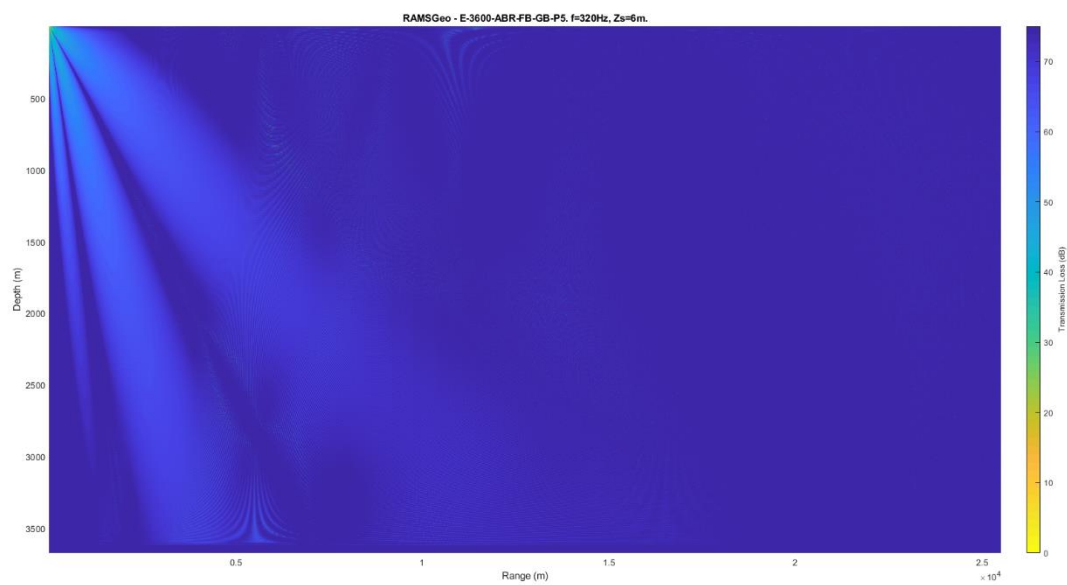
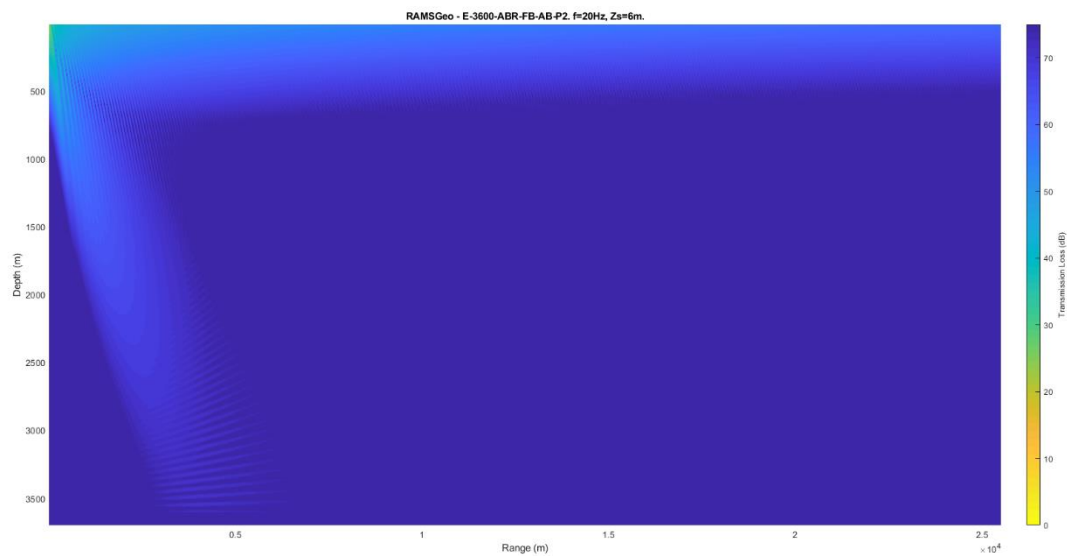



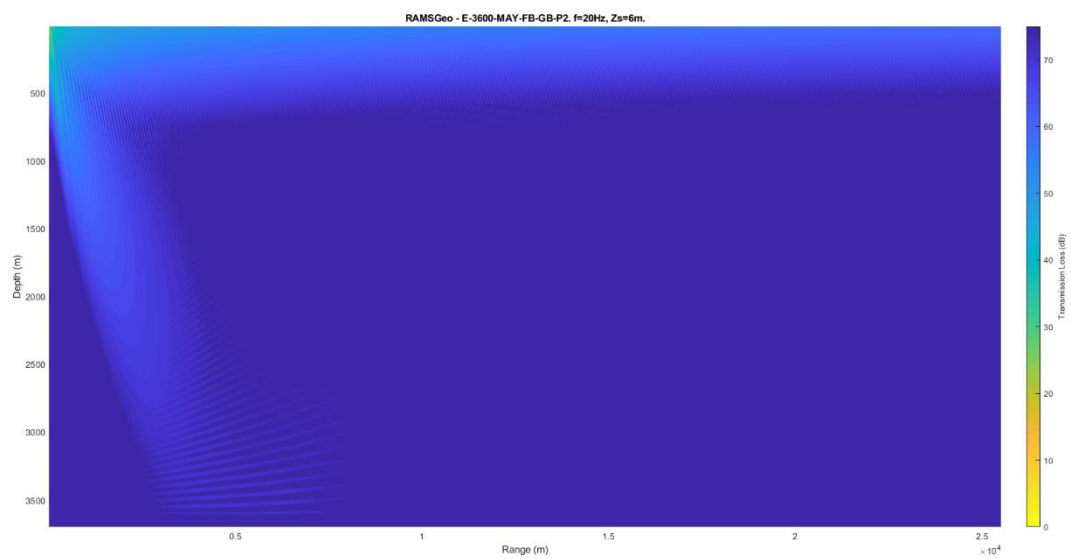
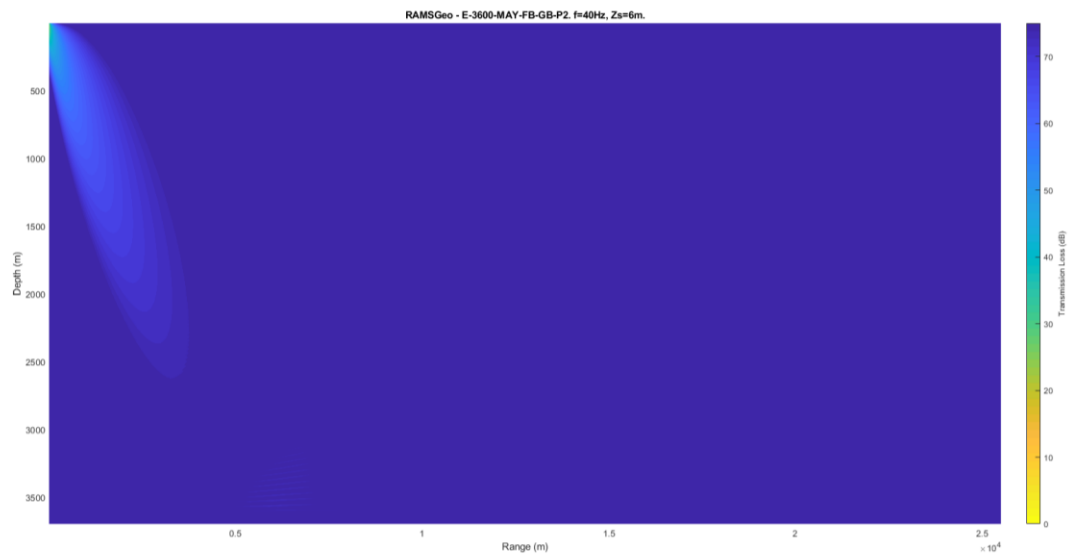
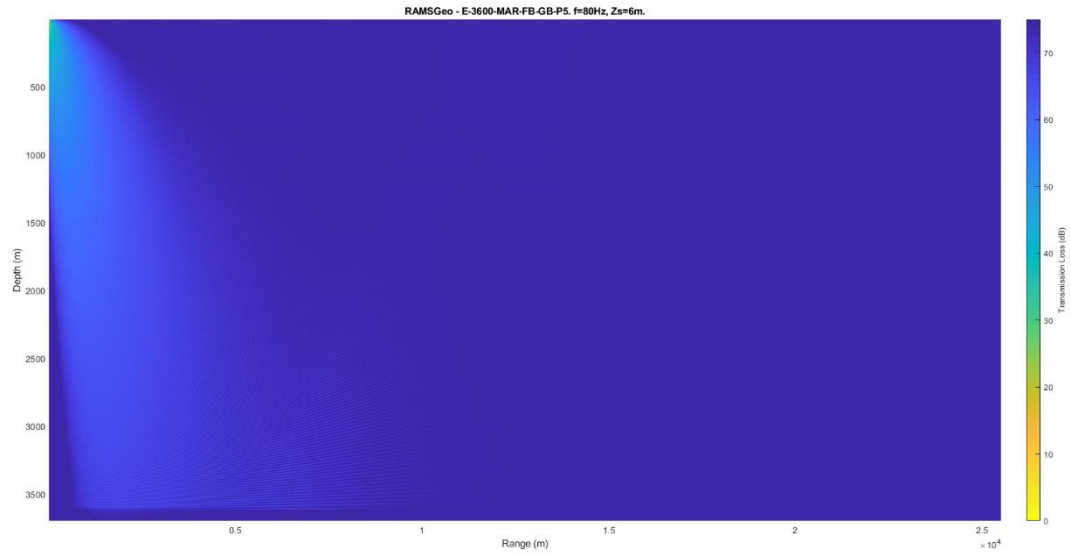



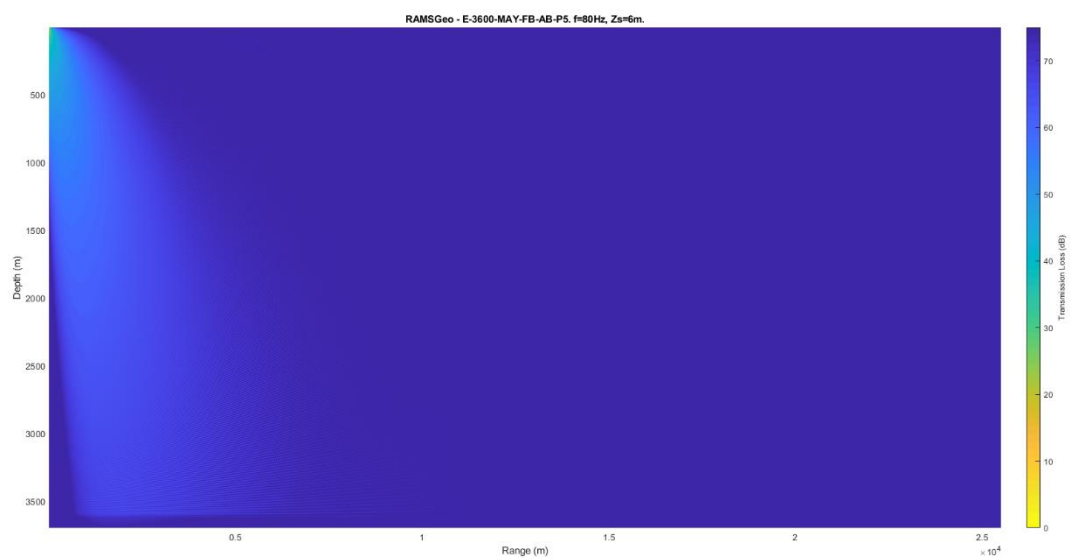
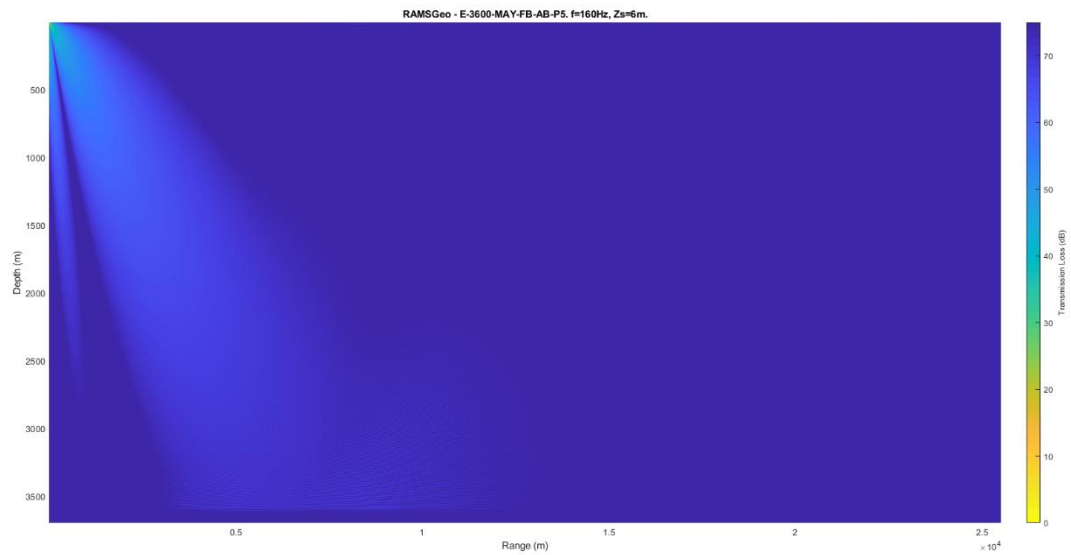
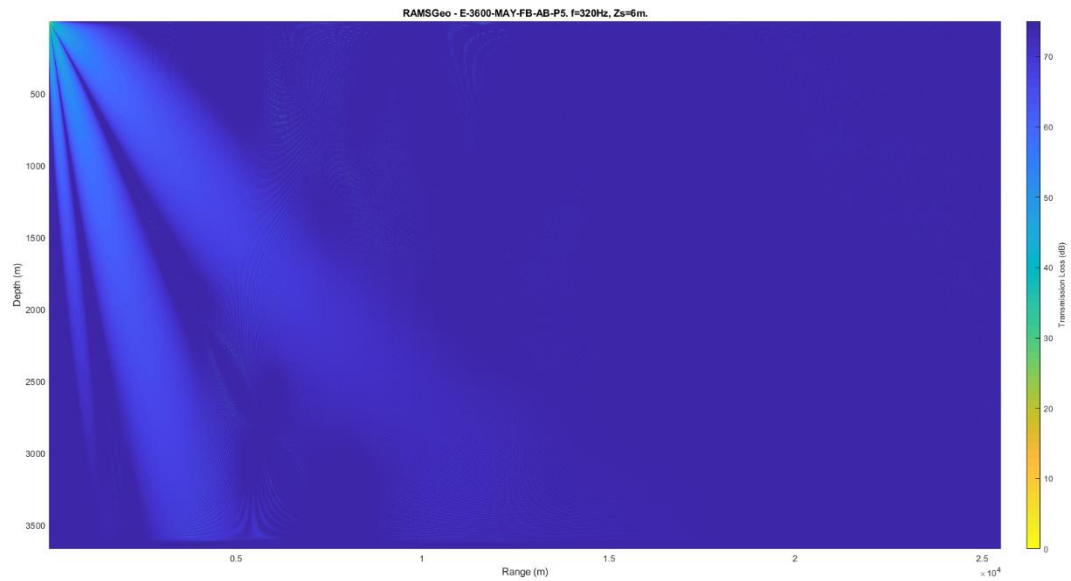



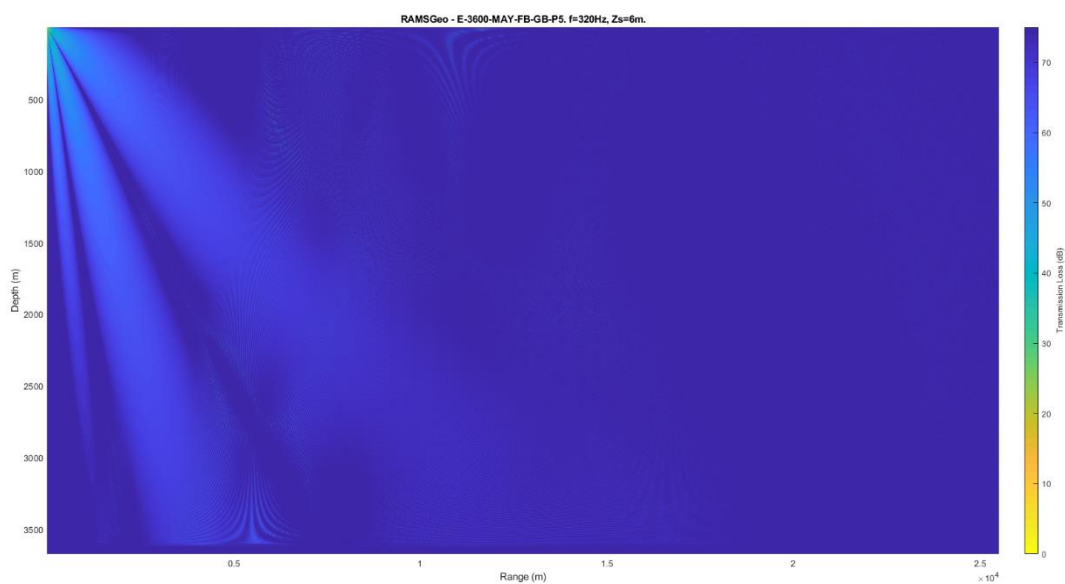
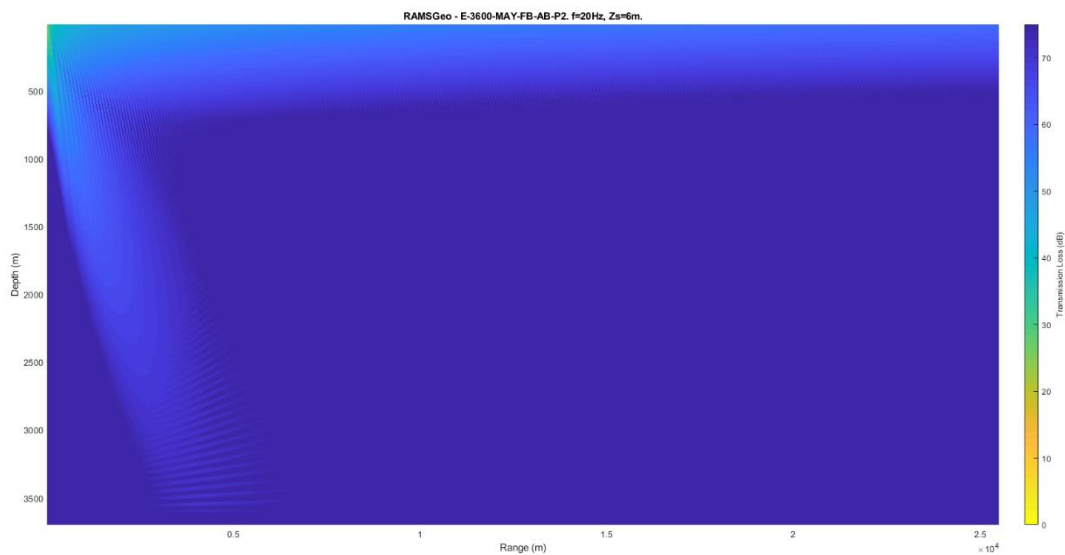
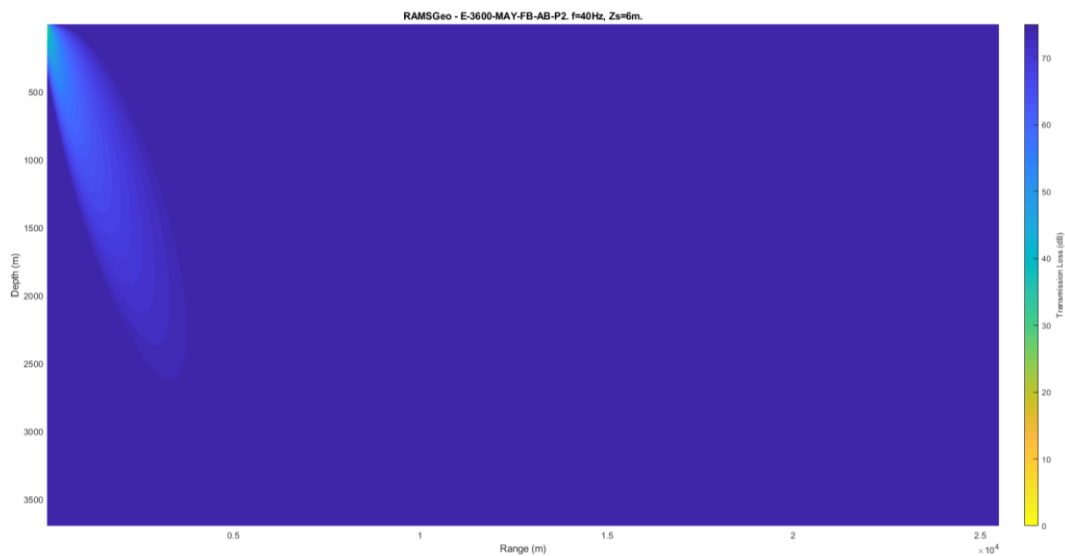



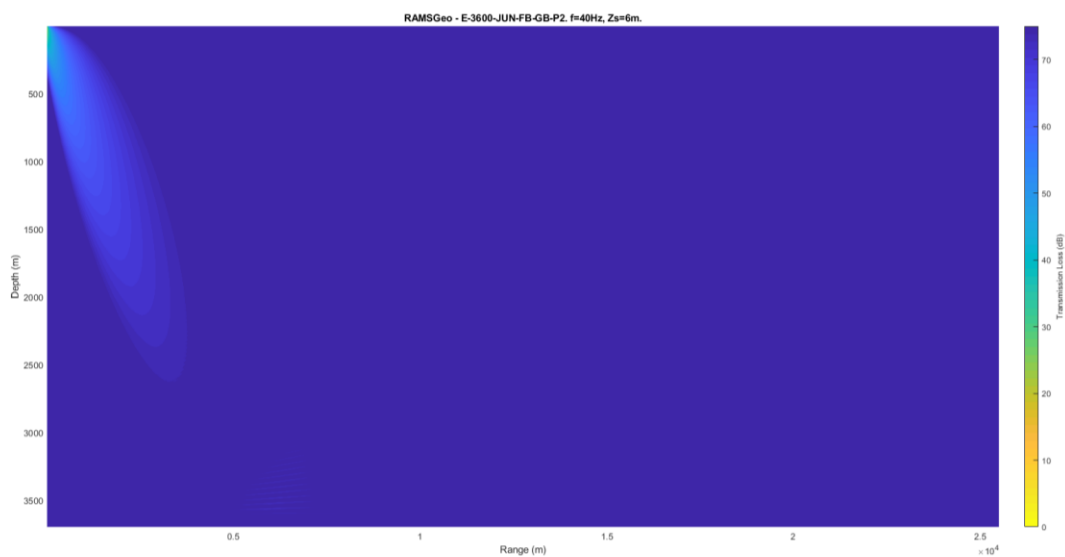
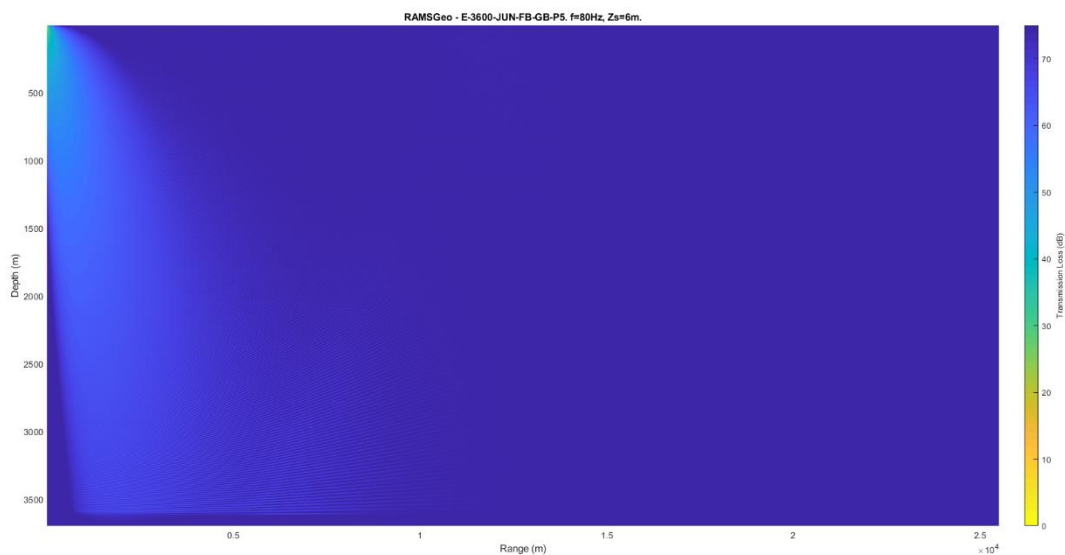
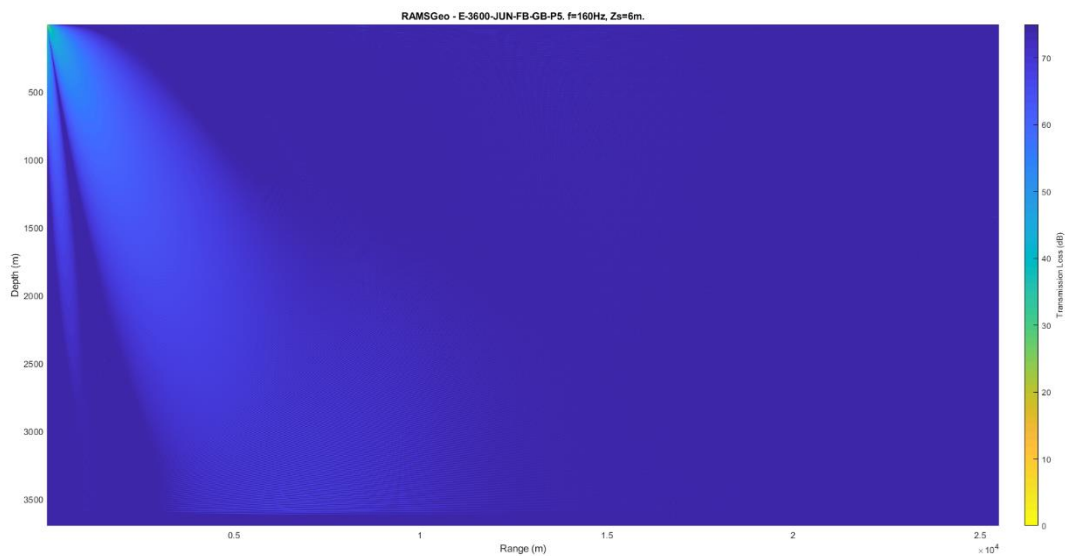



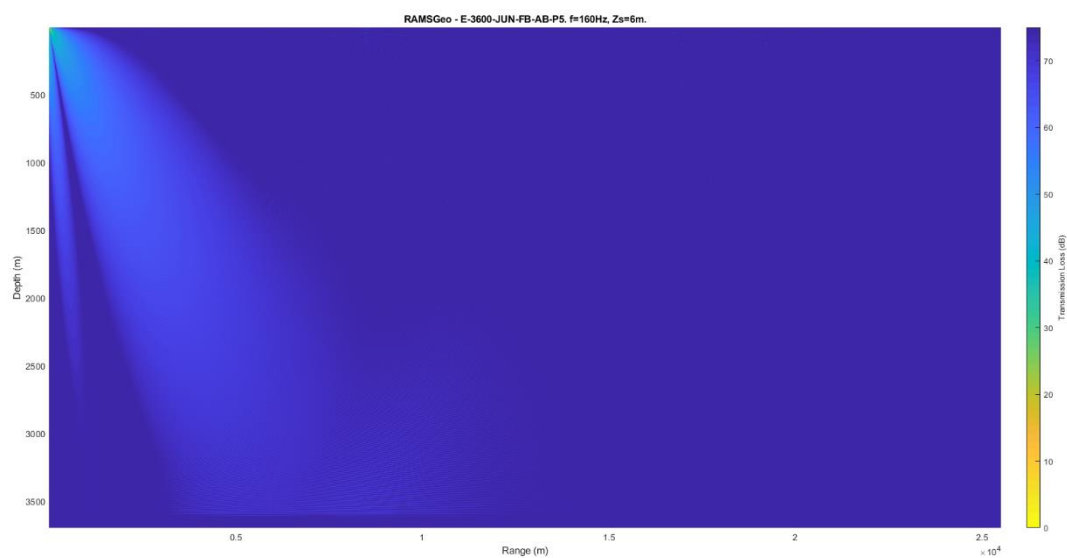
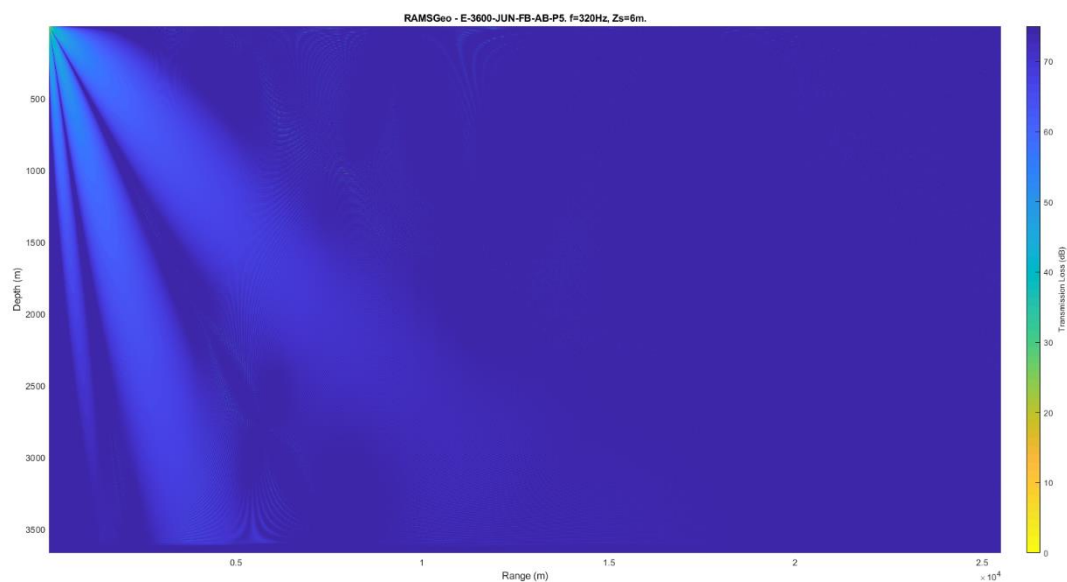
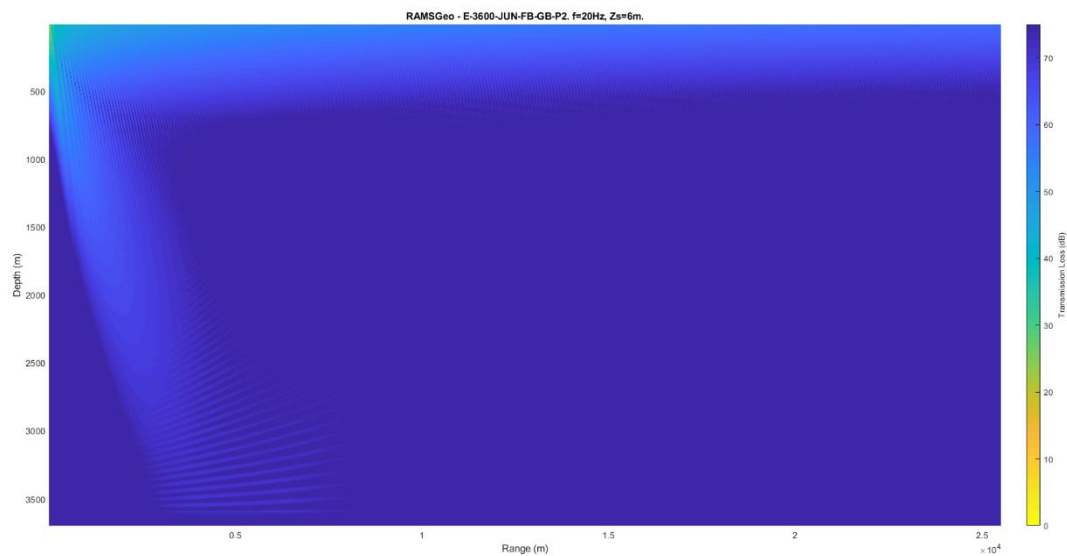



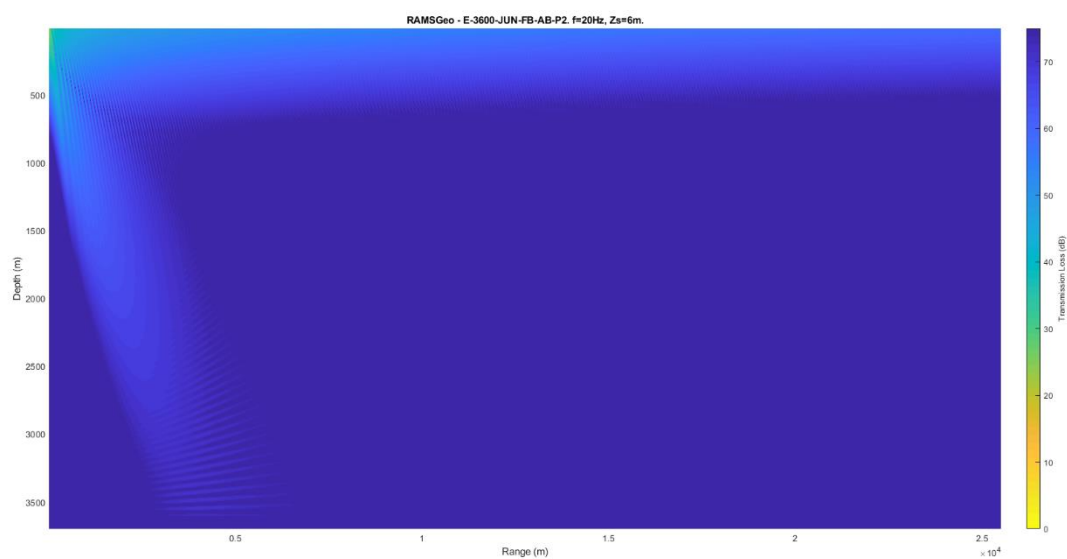
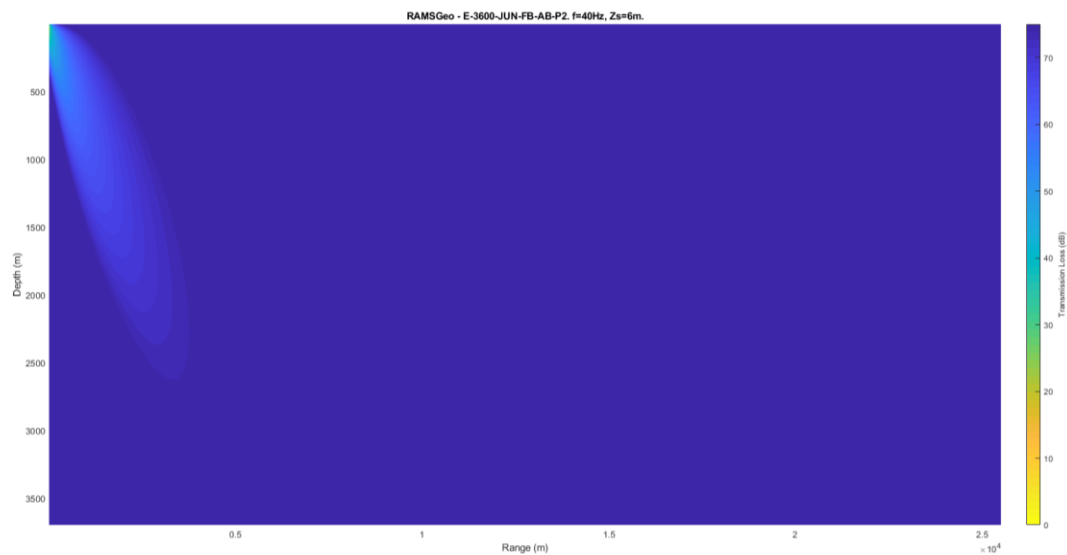
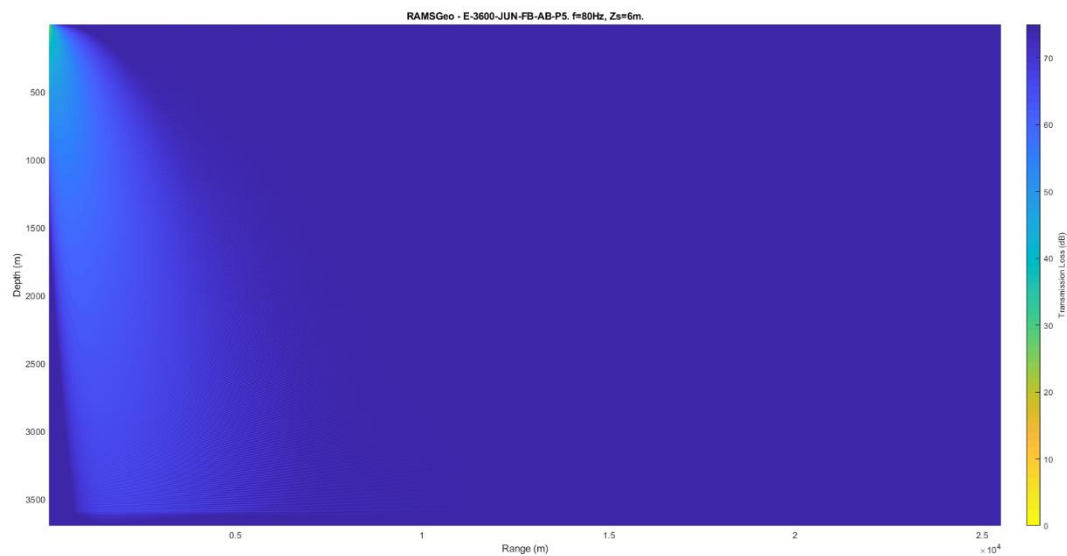


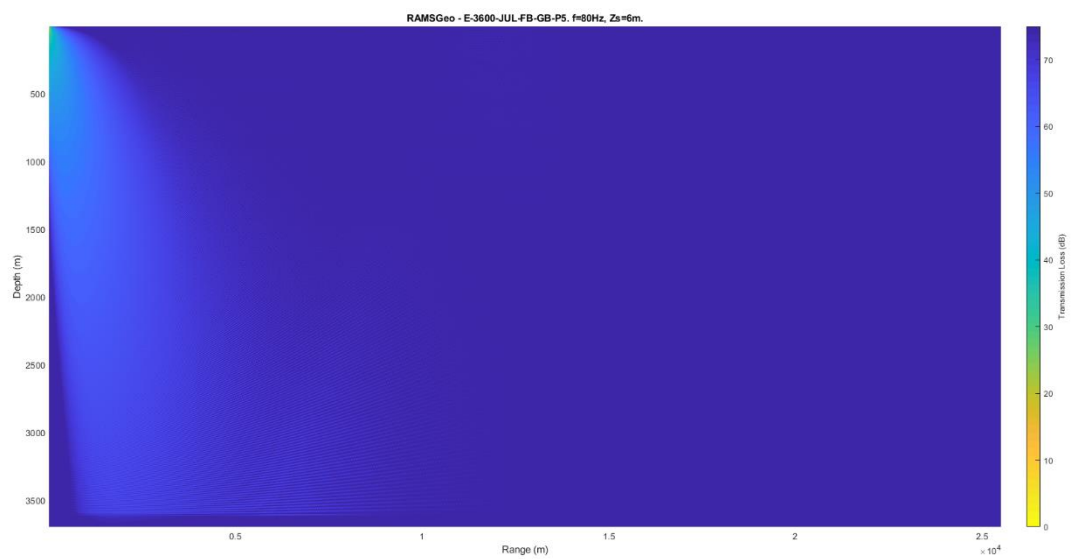
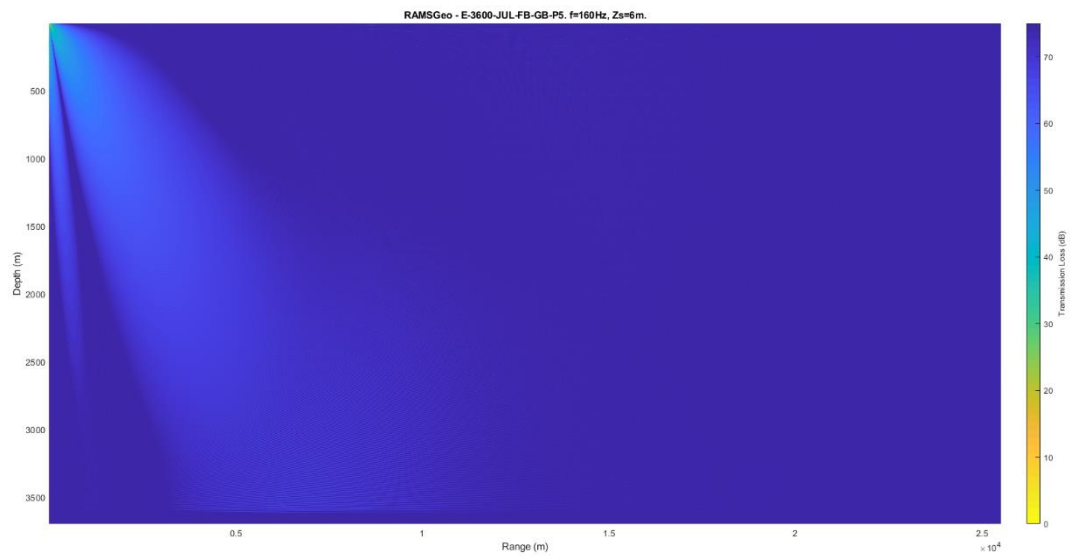
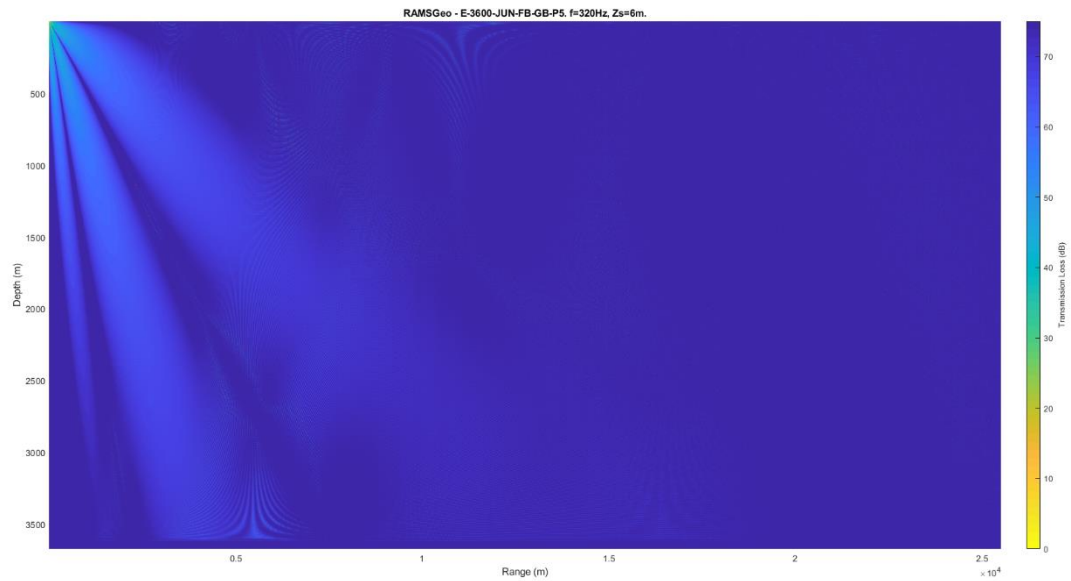



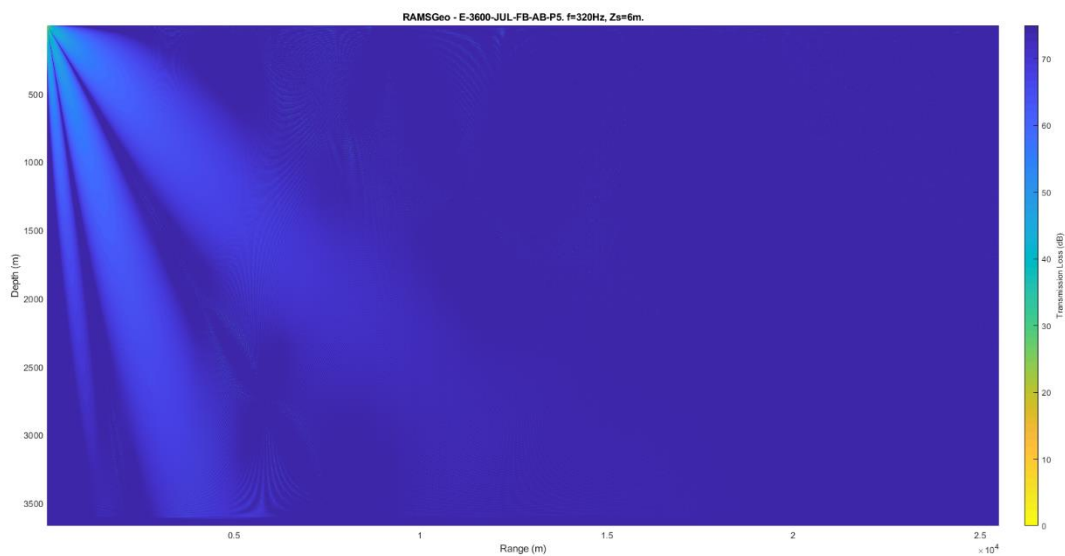
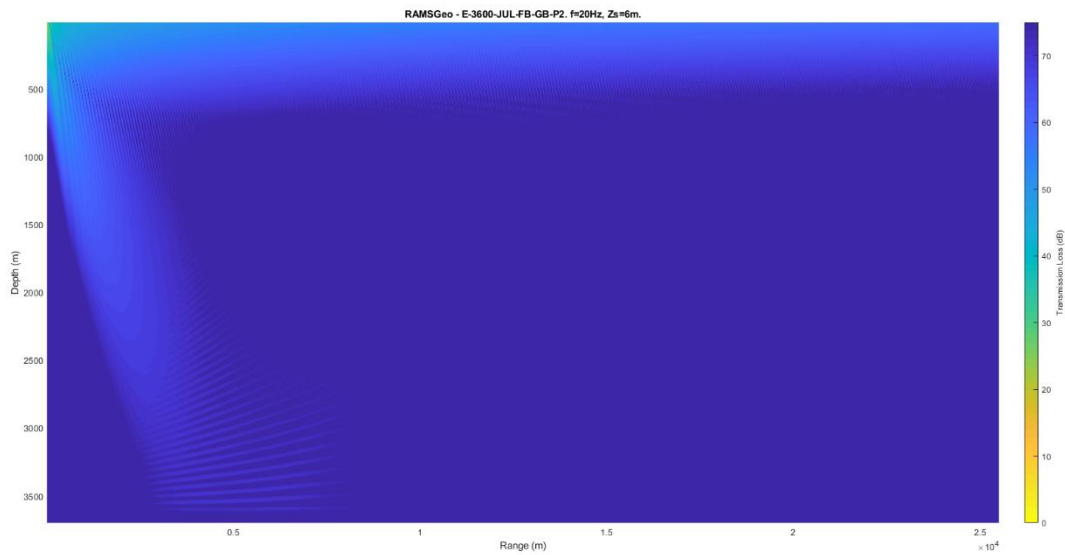
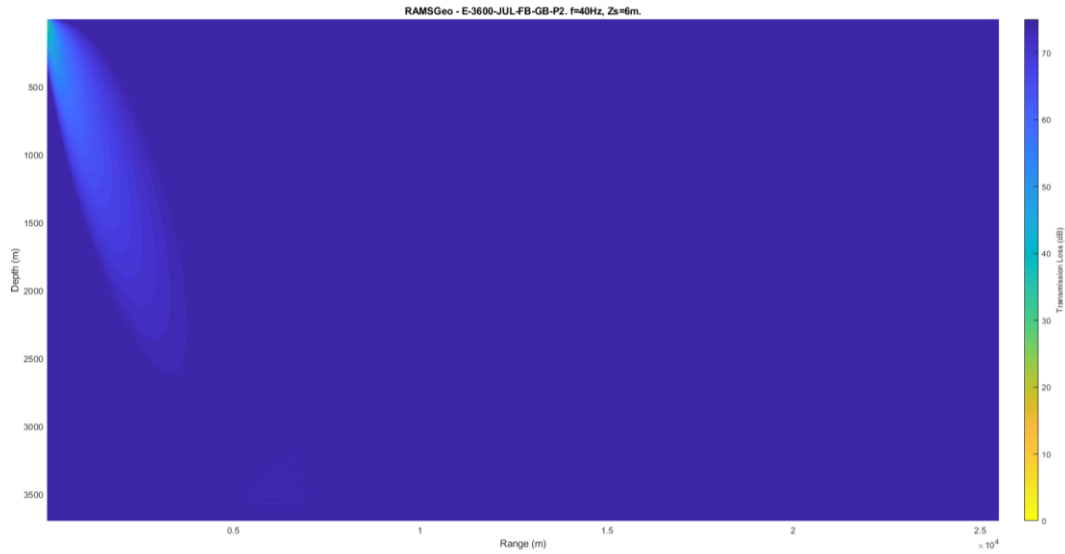



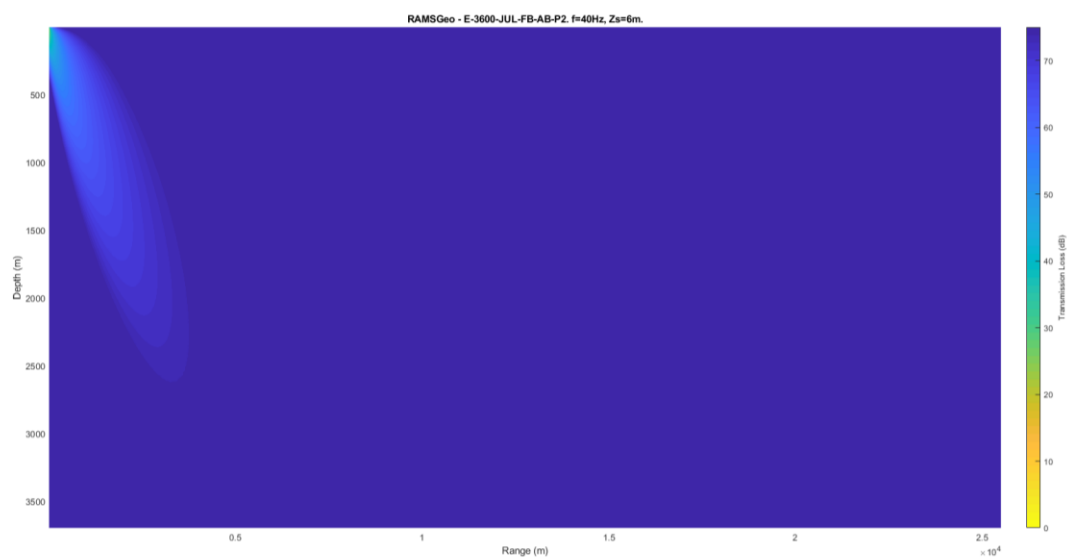
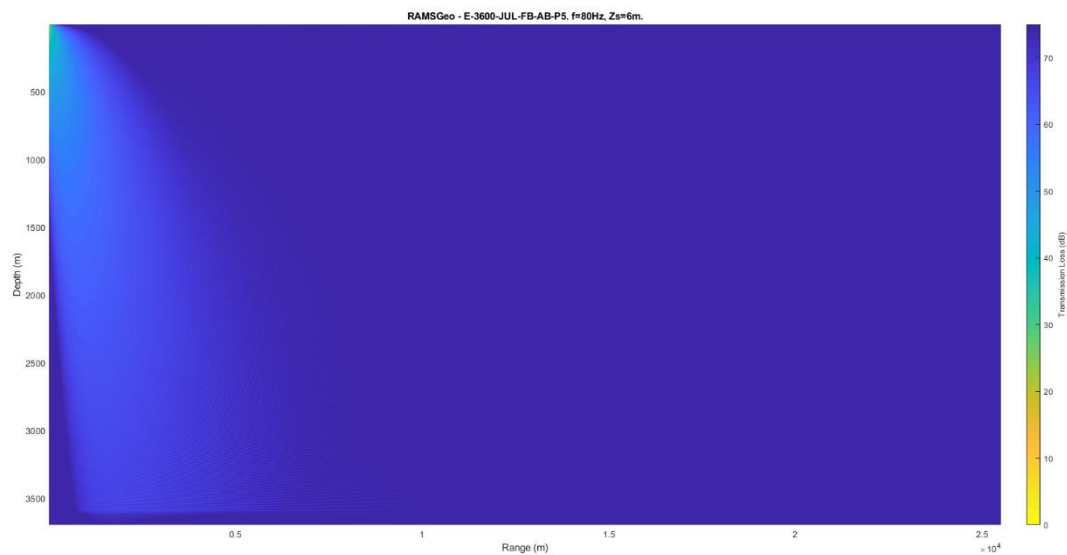
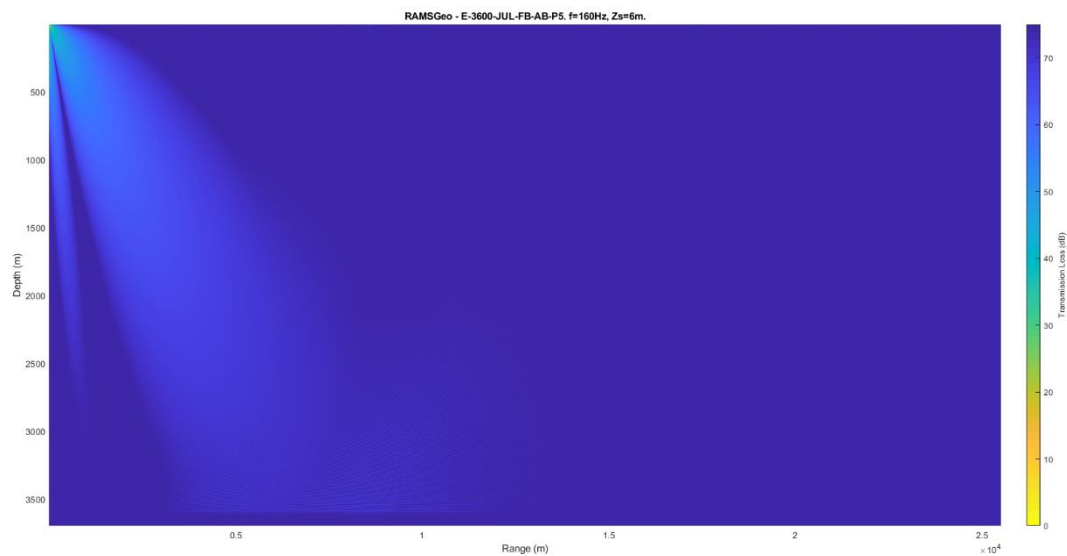



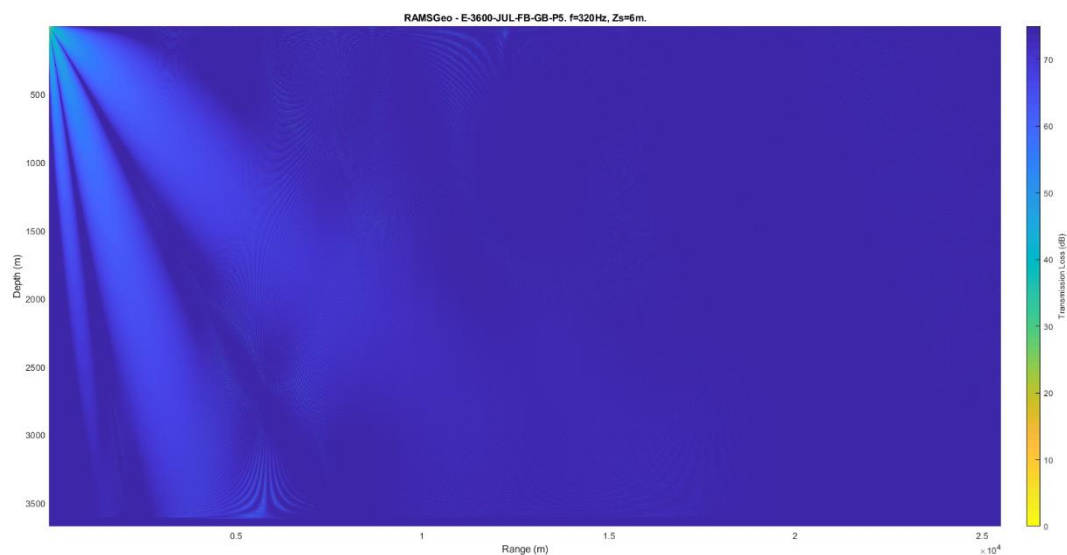
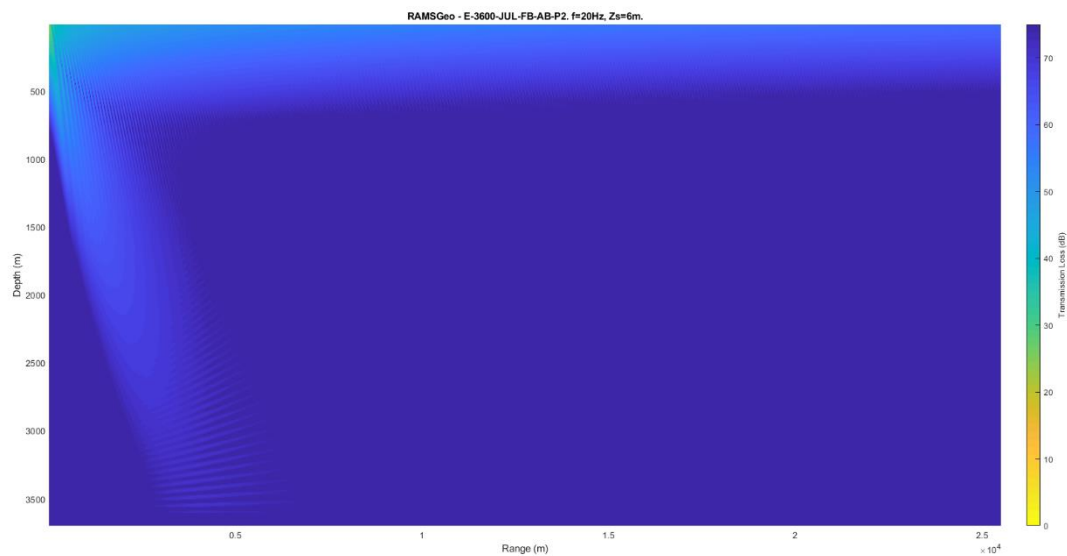



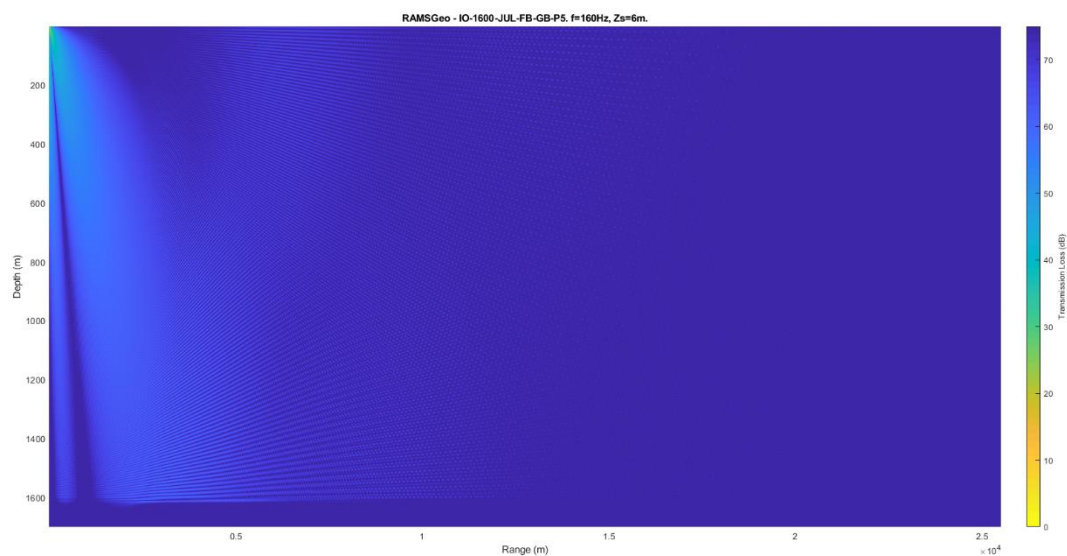



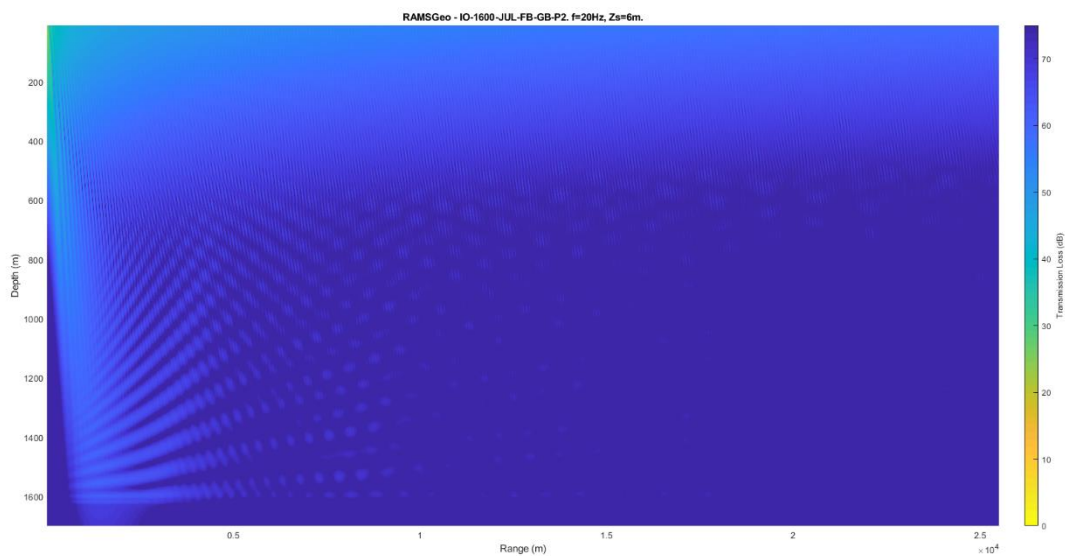
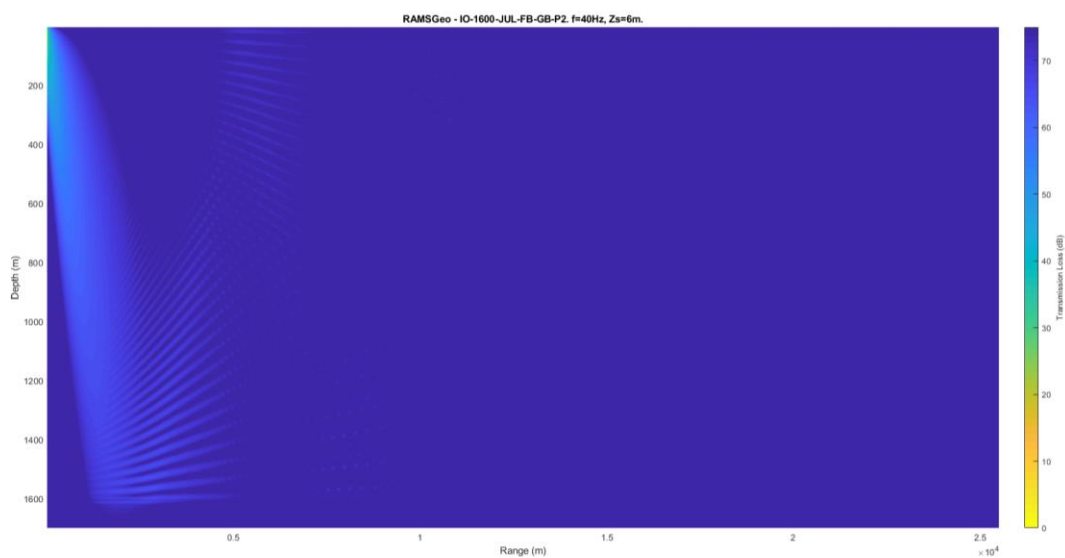
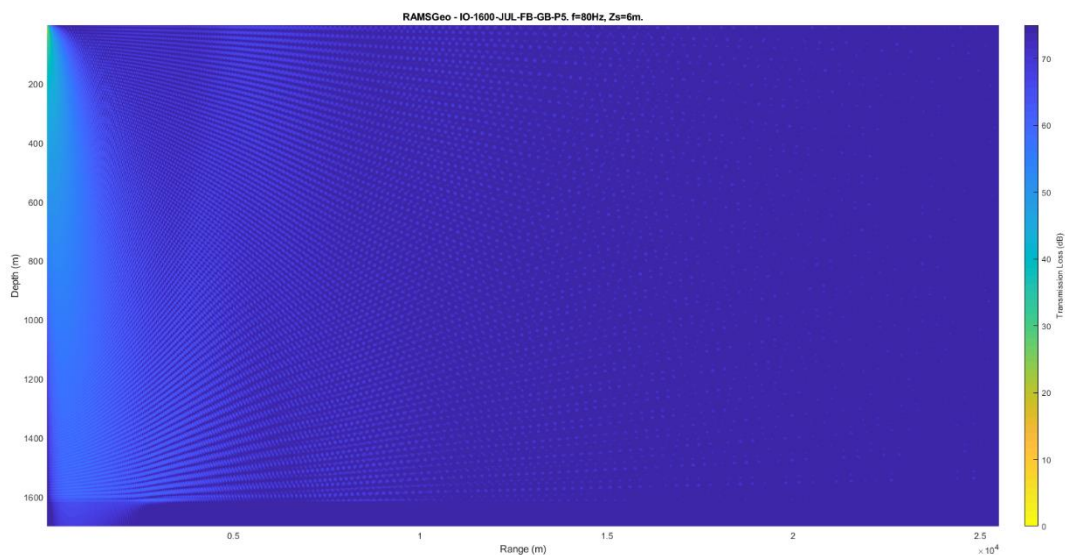



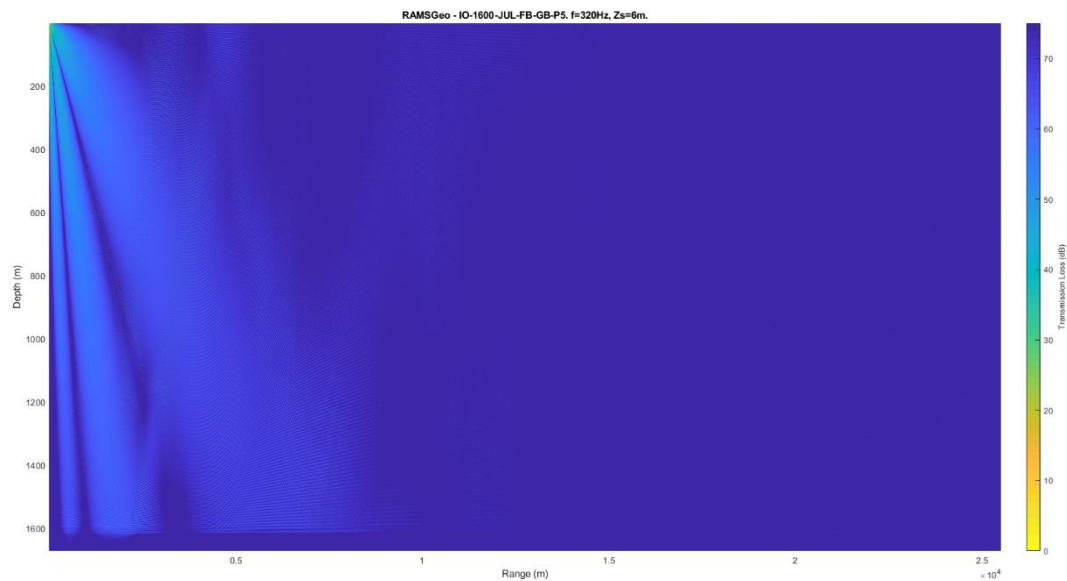



Punto IO. Profundidad 1600 m.

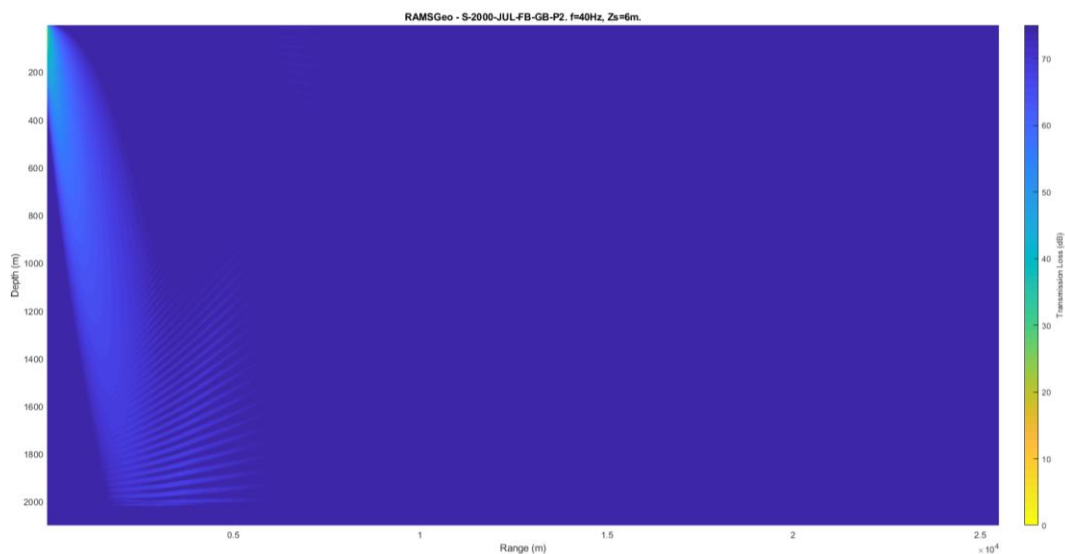
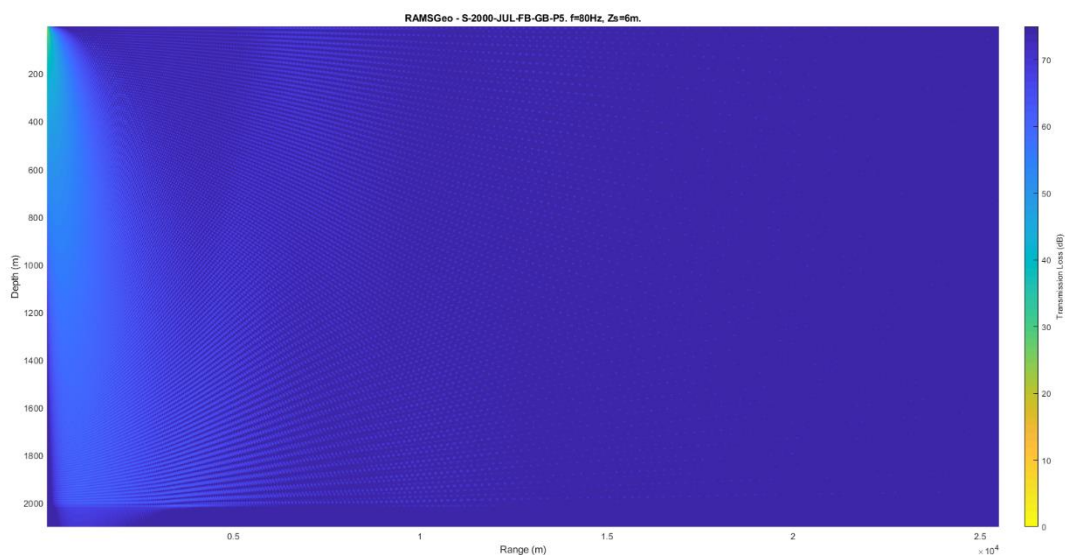
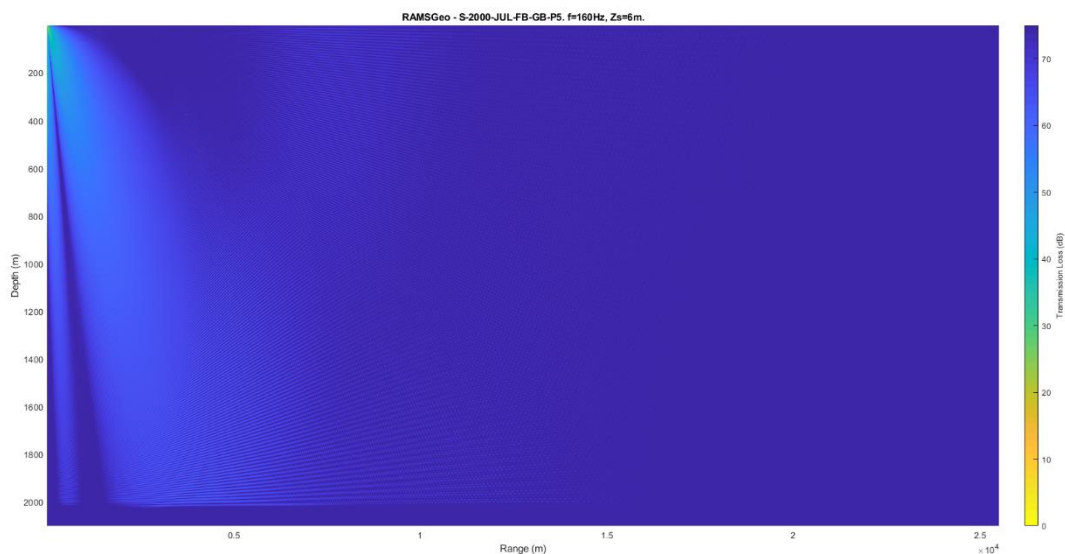


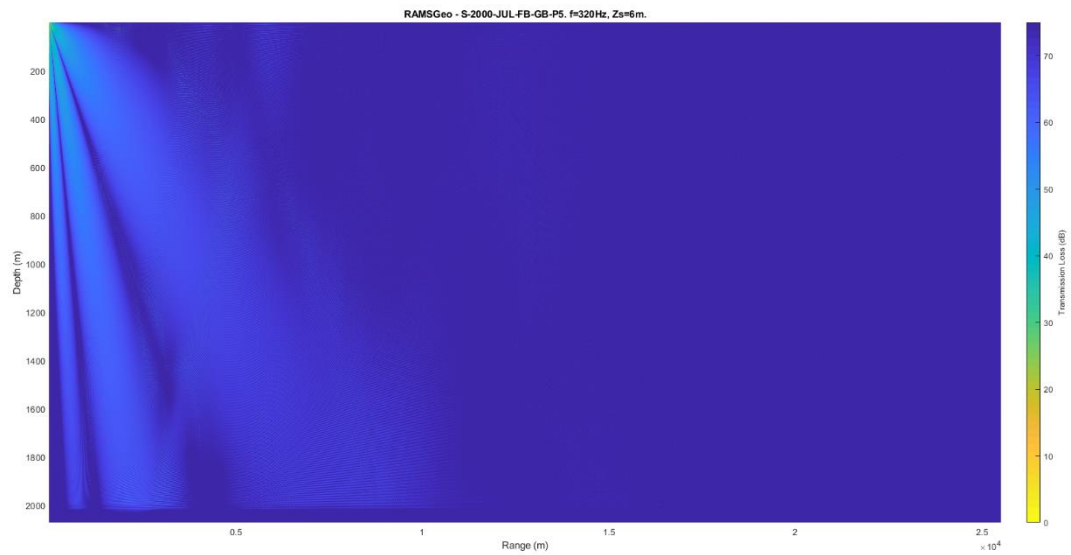
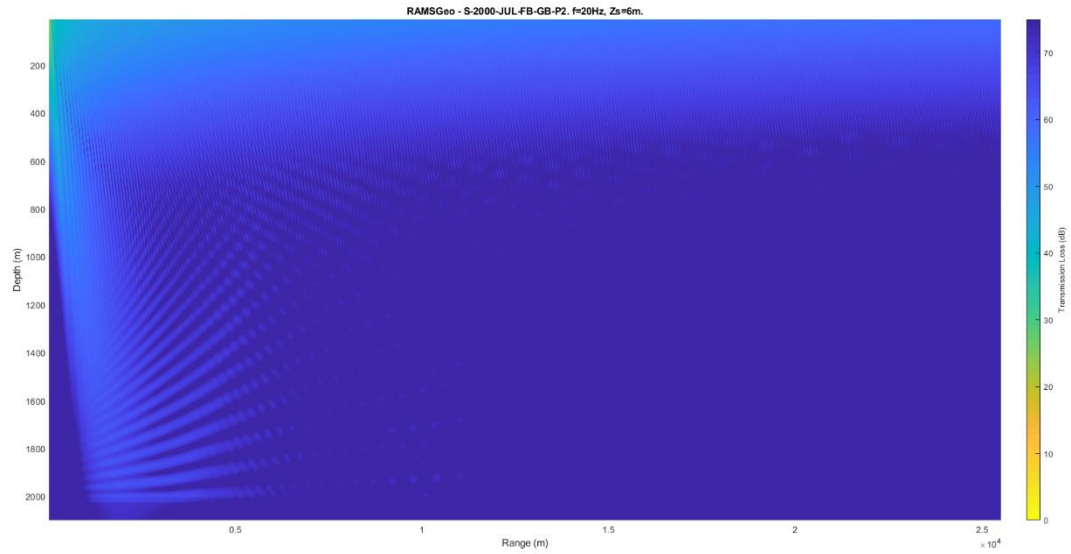



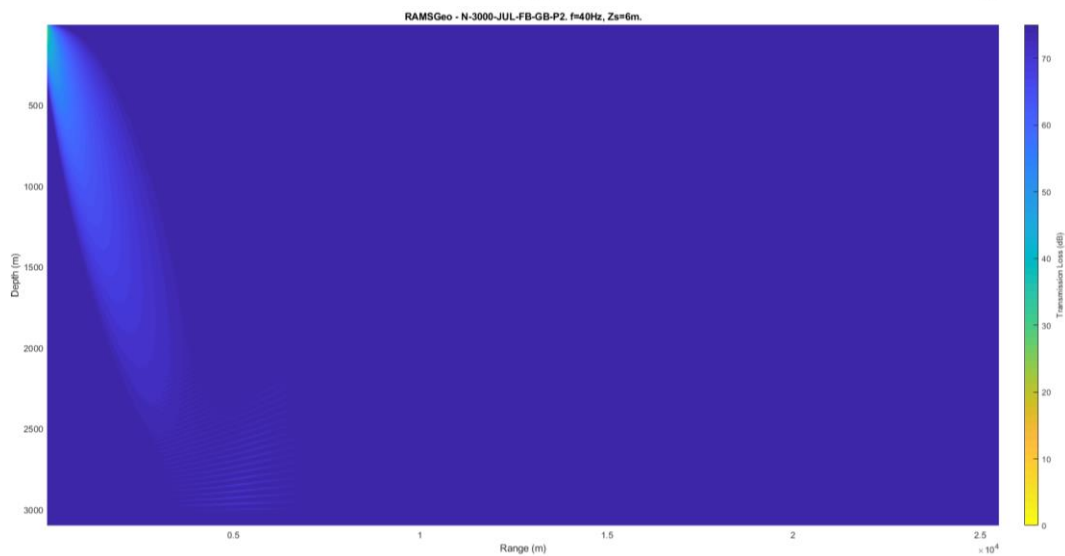
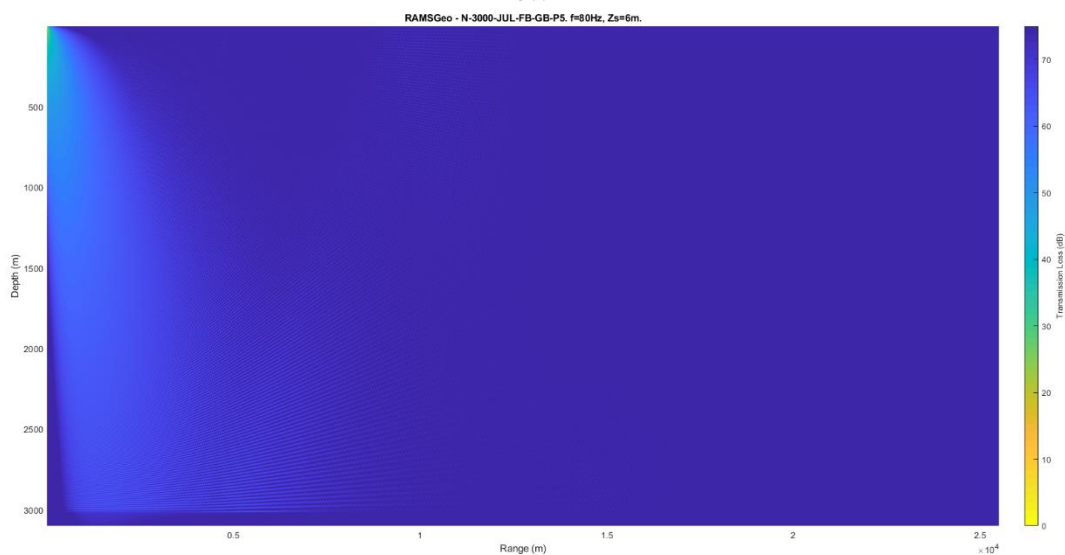
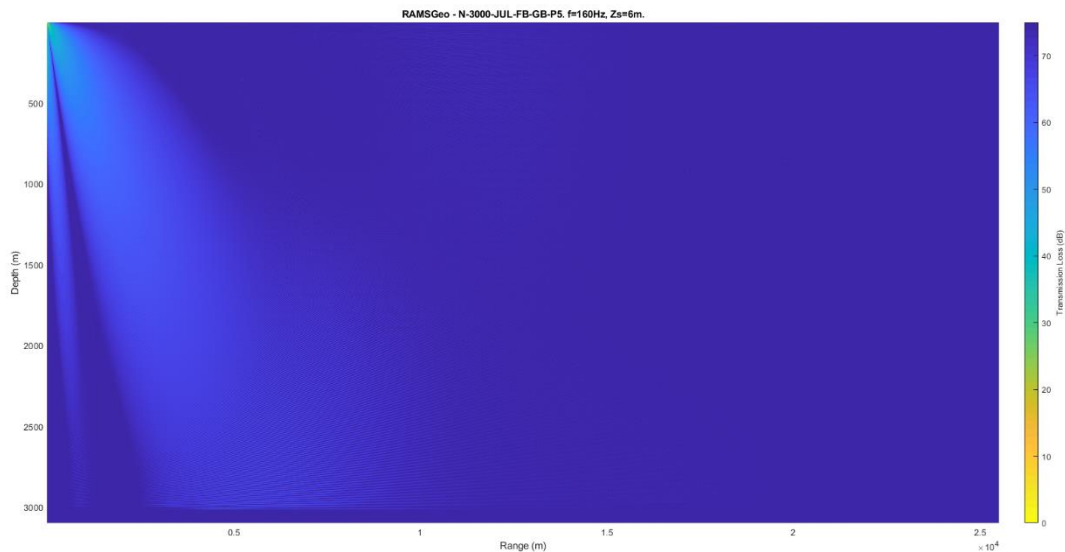
[Handwritten signature]

Punto S. Profundidad 2000 m.

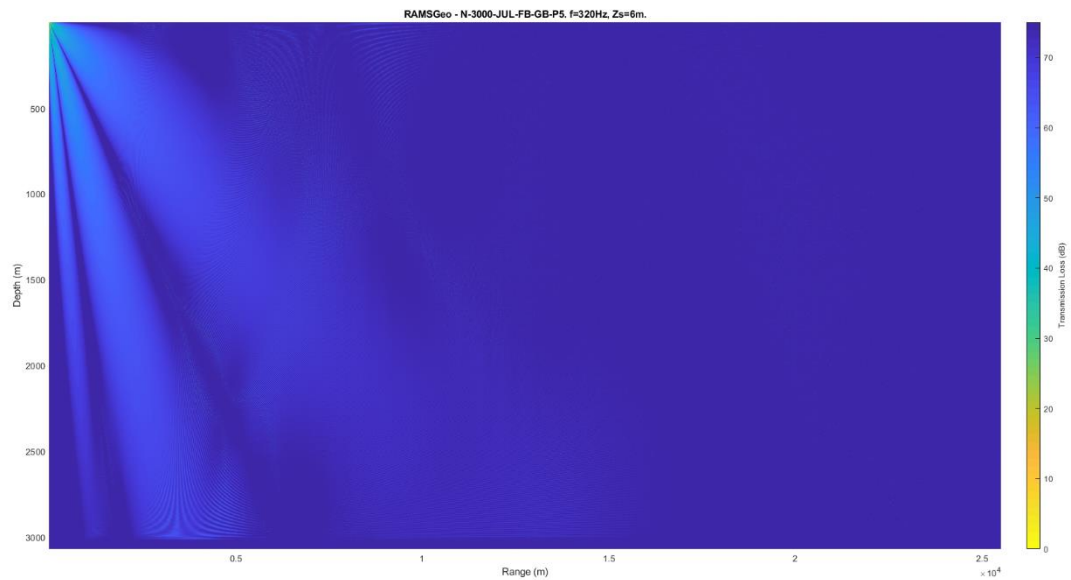
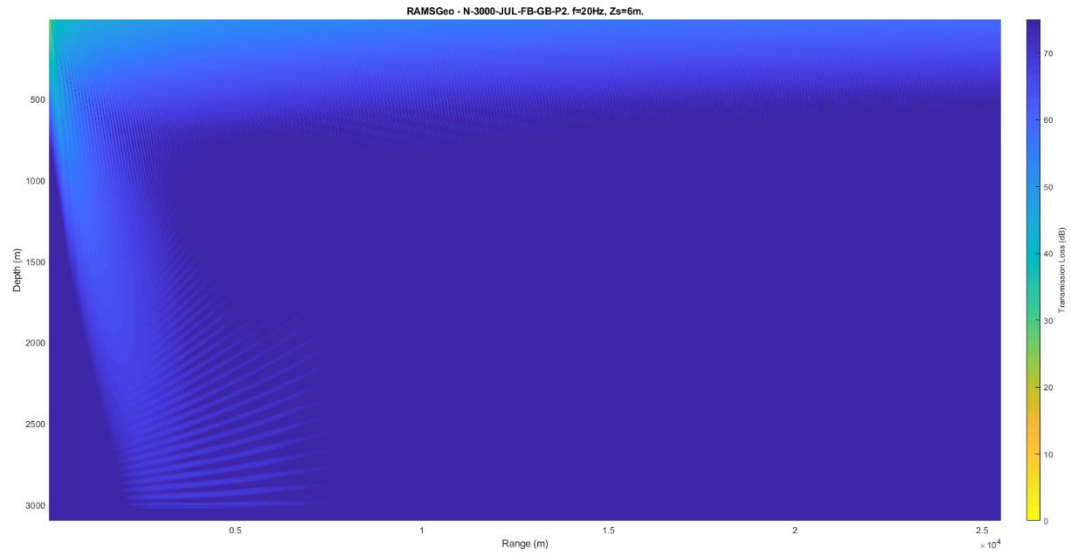




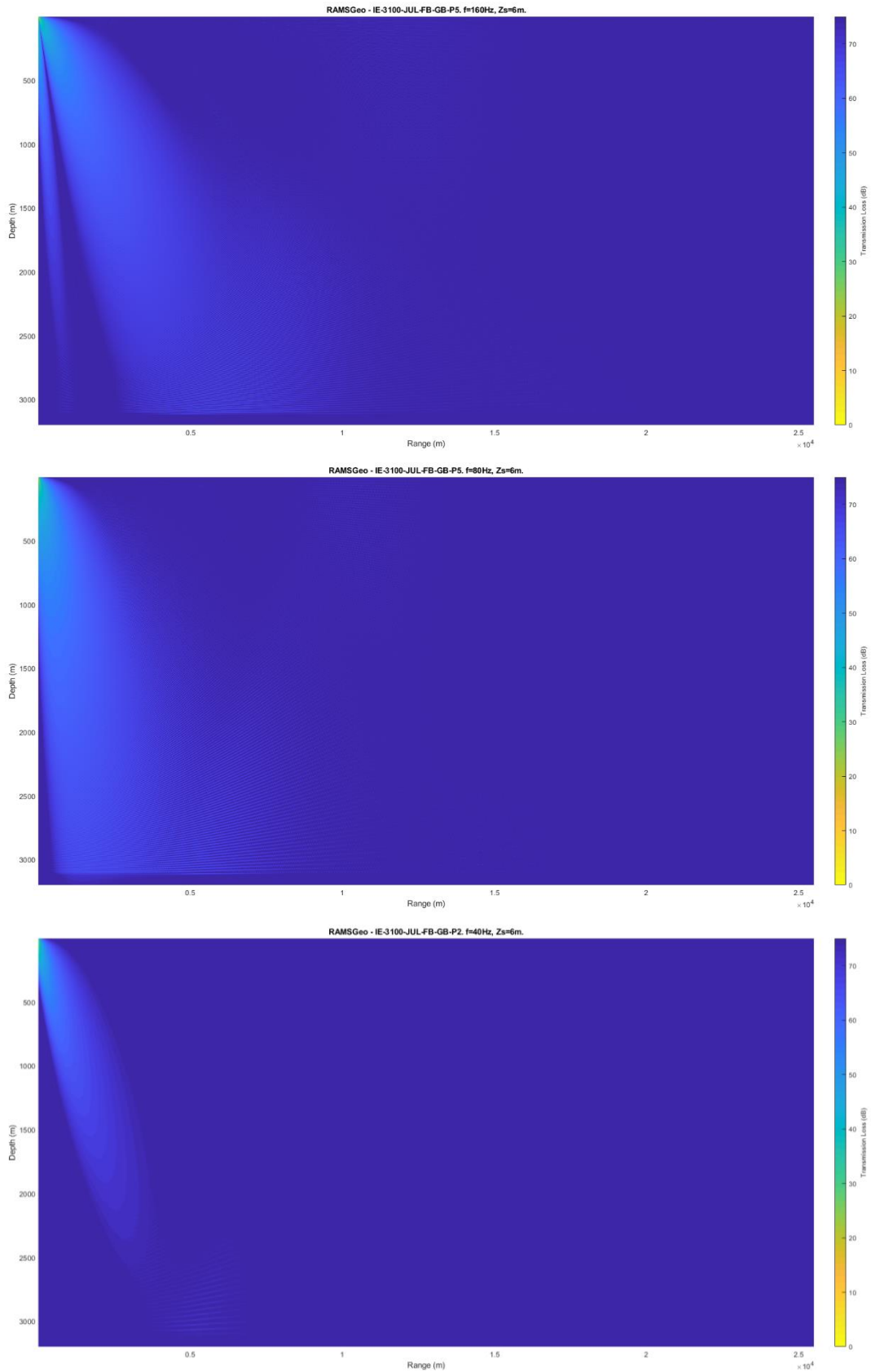

Punto N. Profundidad 3000 m.

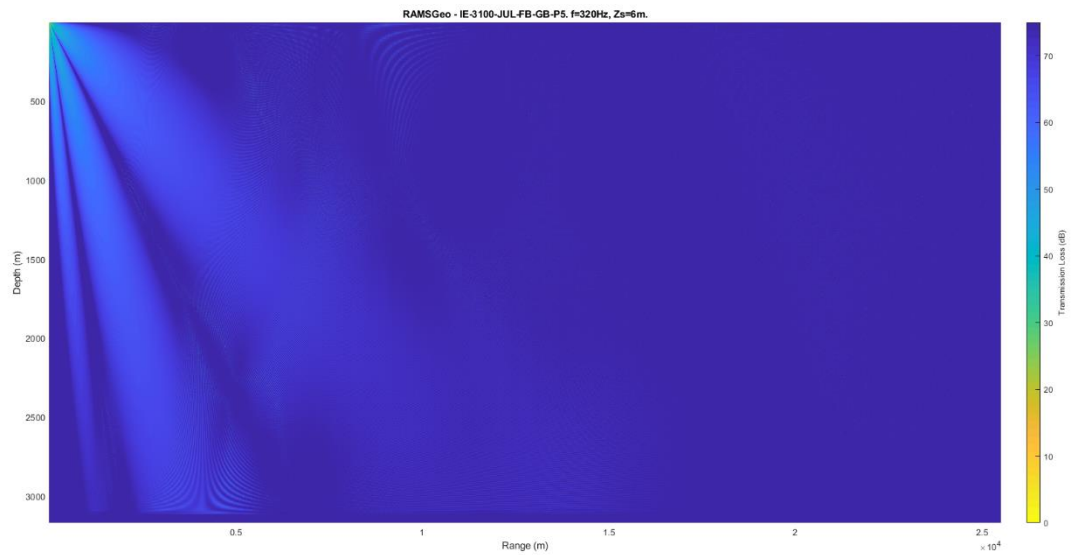
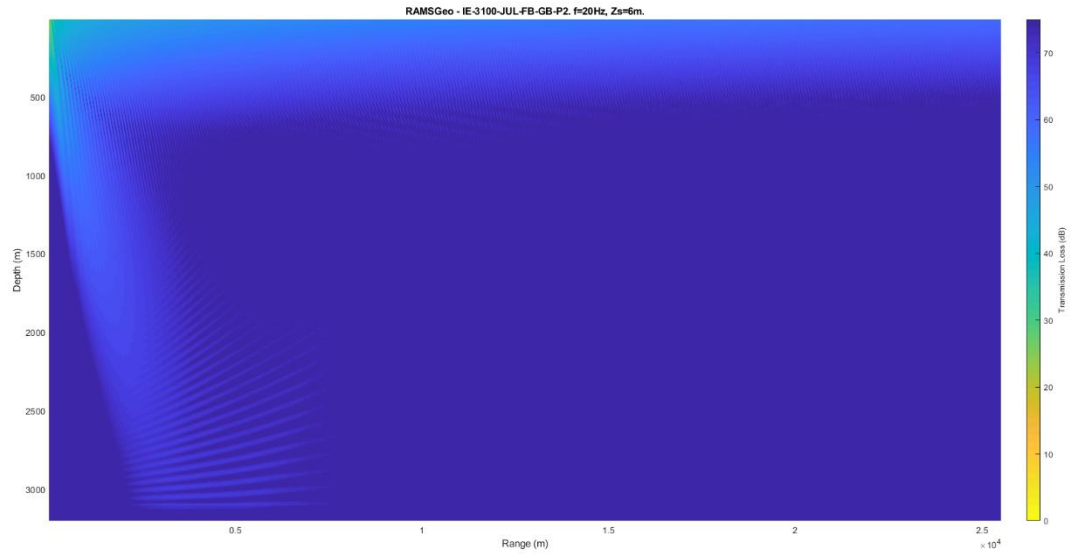


[Handwritten signature]



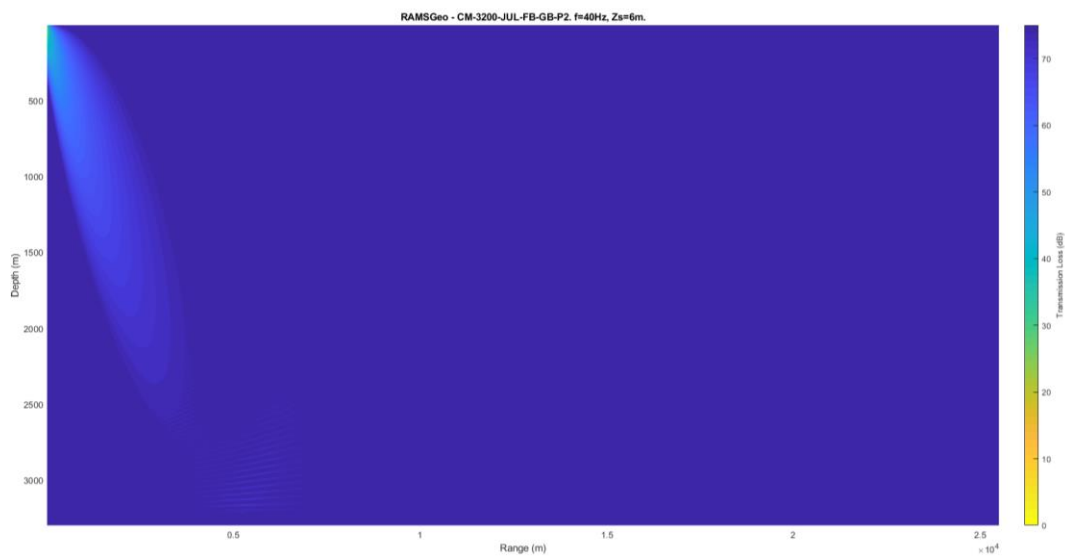
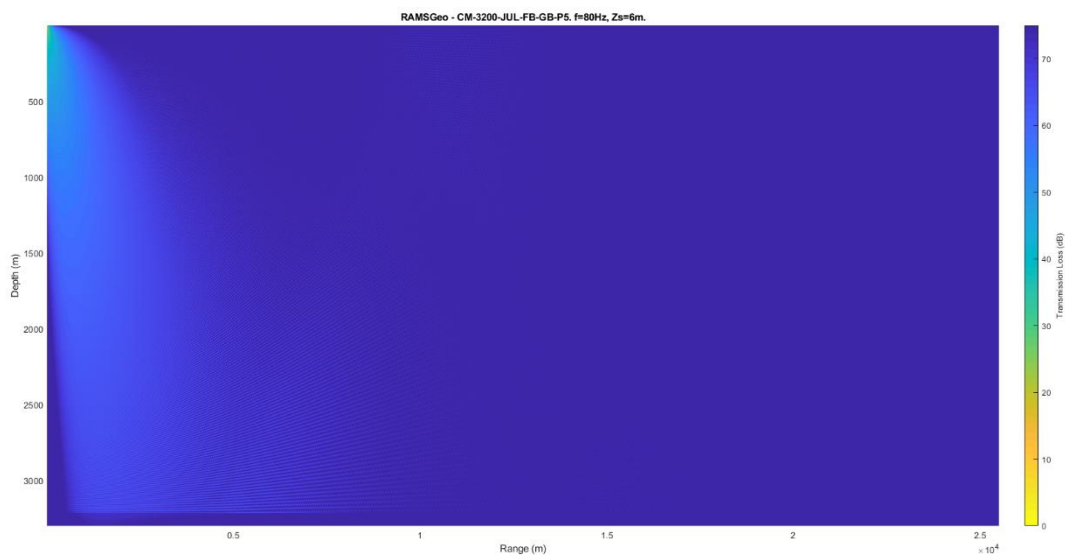
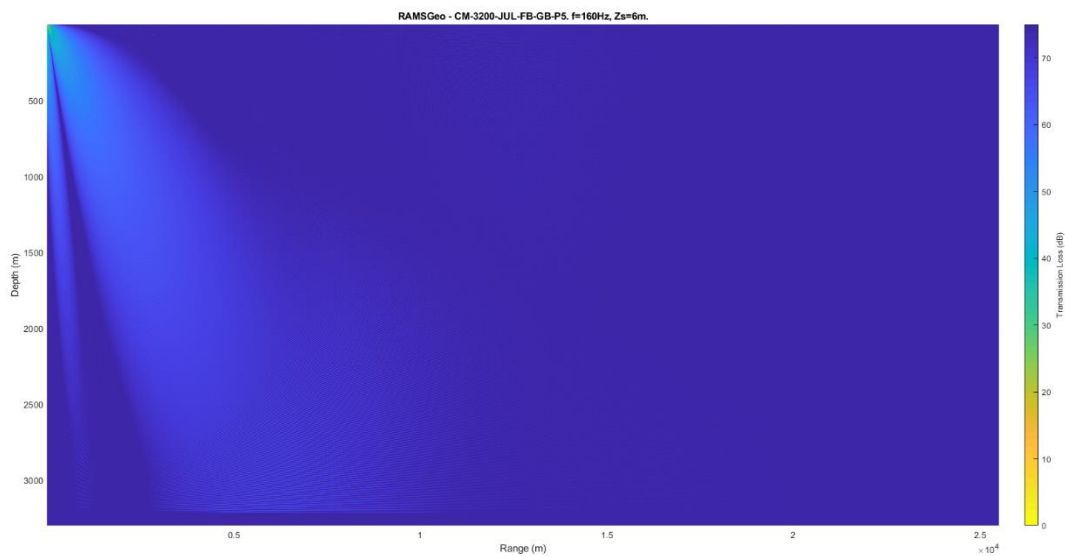

Punto IE. Profundidad 3100 m.

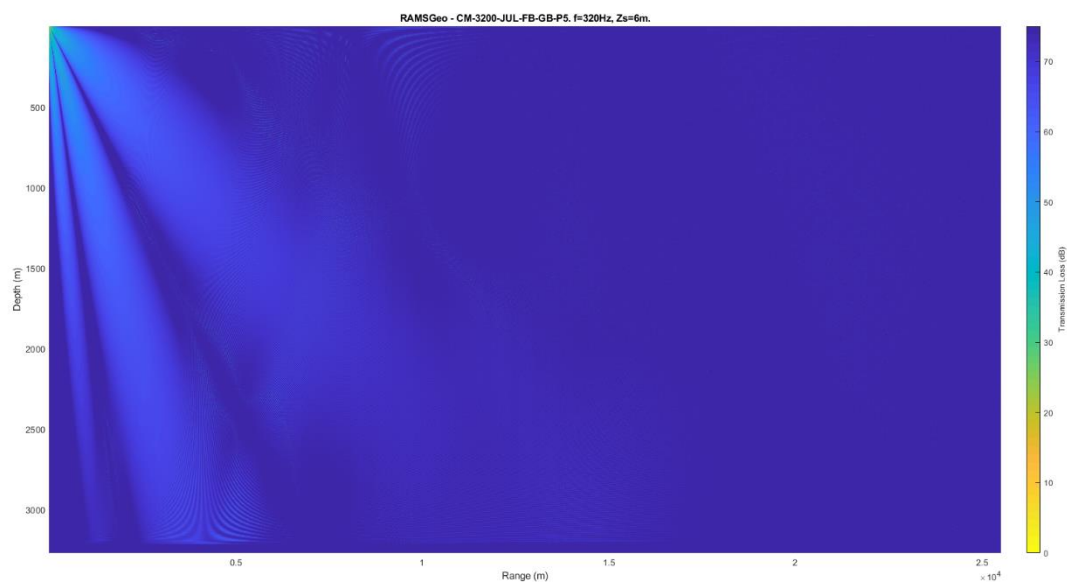
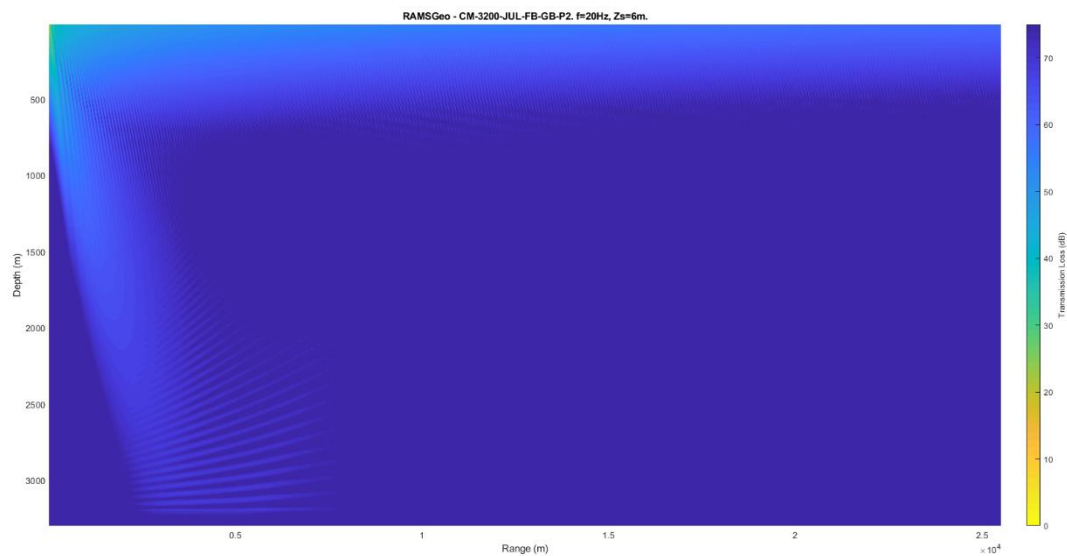


[Handwritten signature]

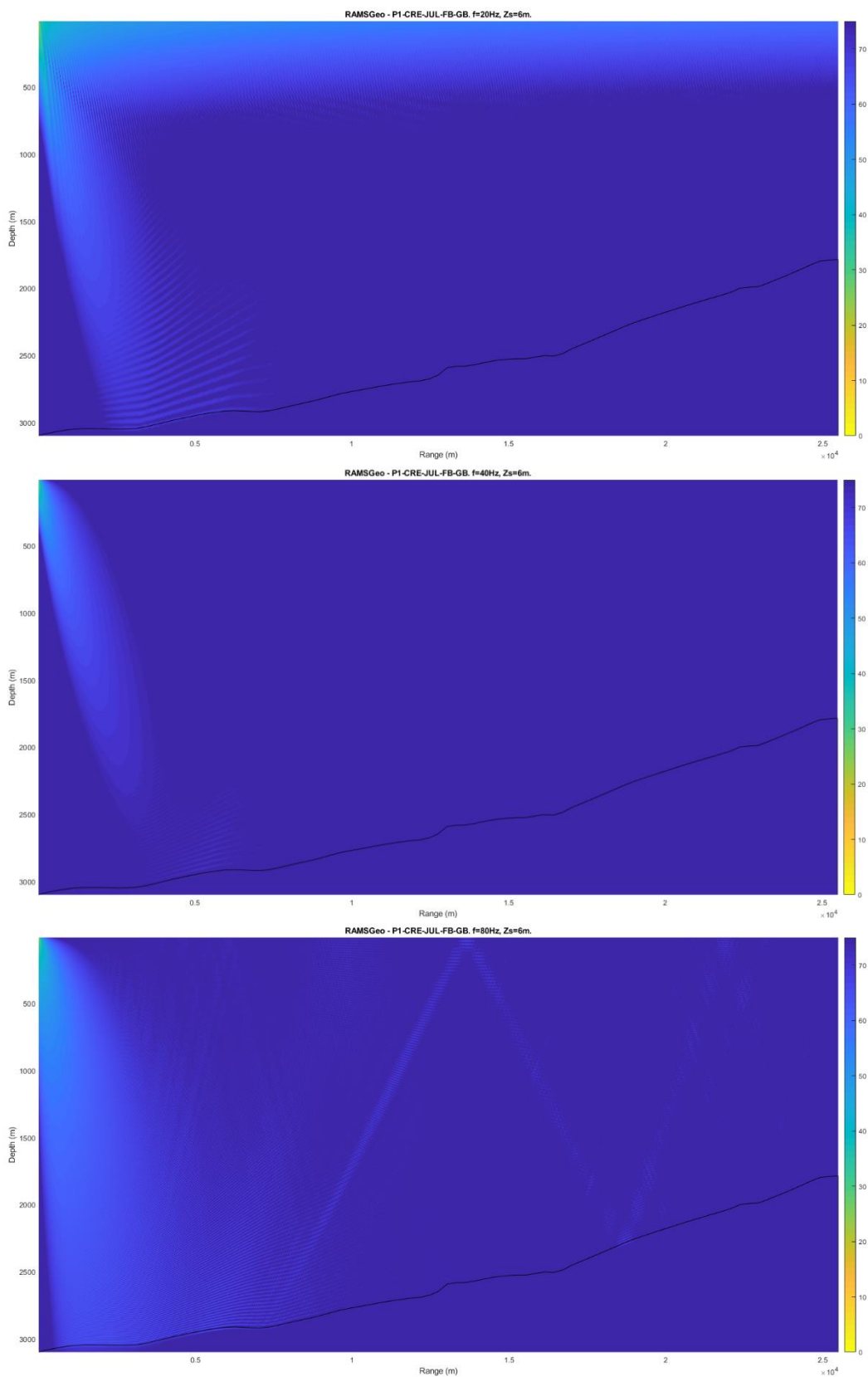
Punto CM. Cañón Mar del Plata. Profundidad 3200 m



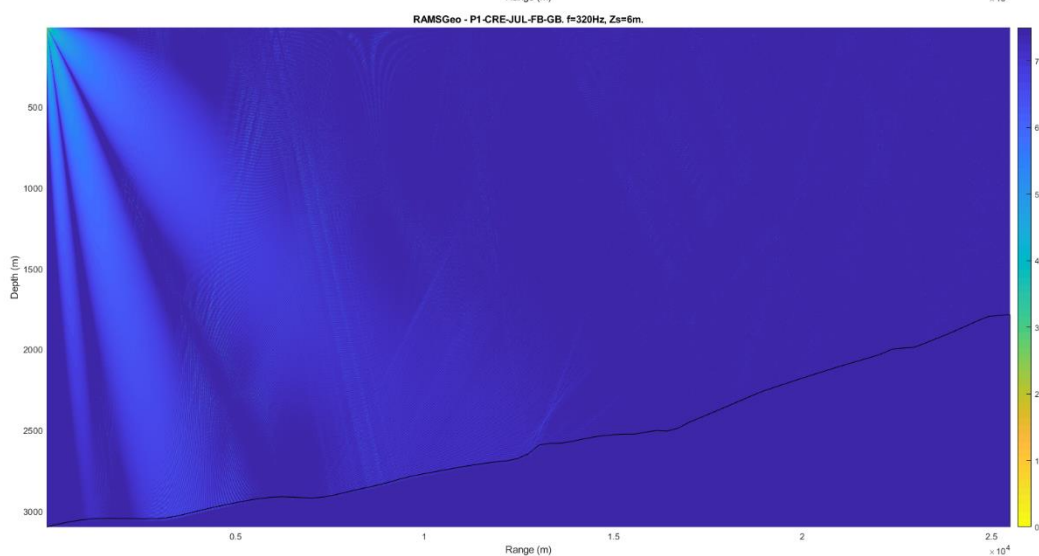
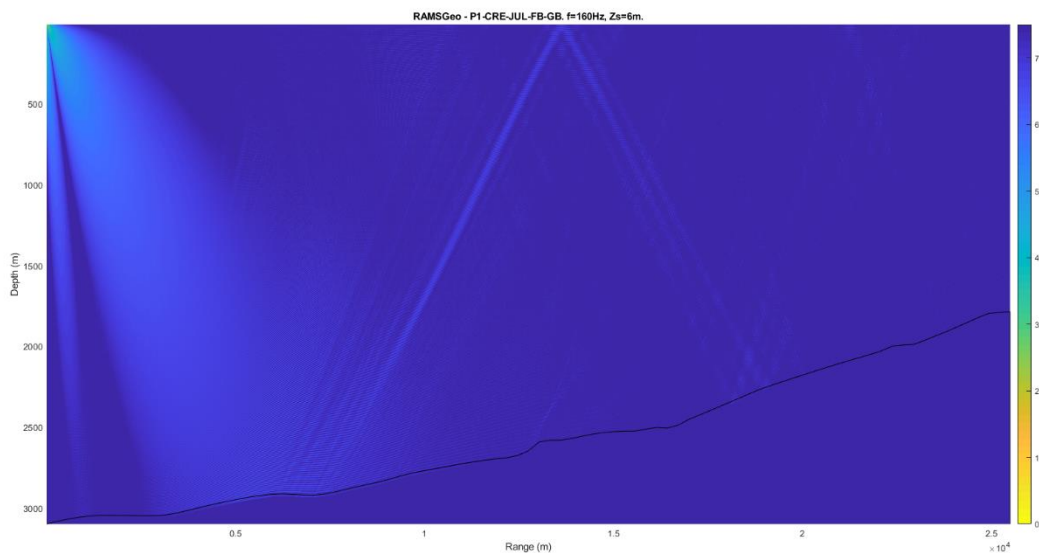



[Handwritten signature]

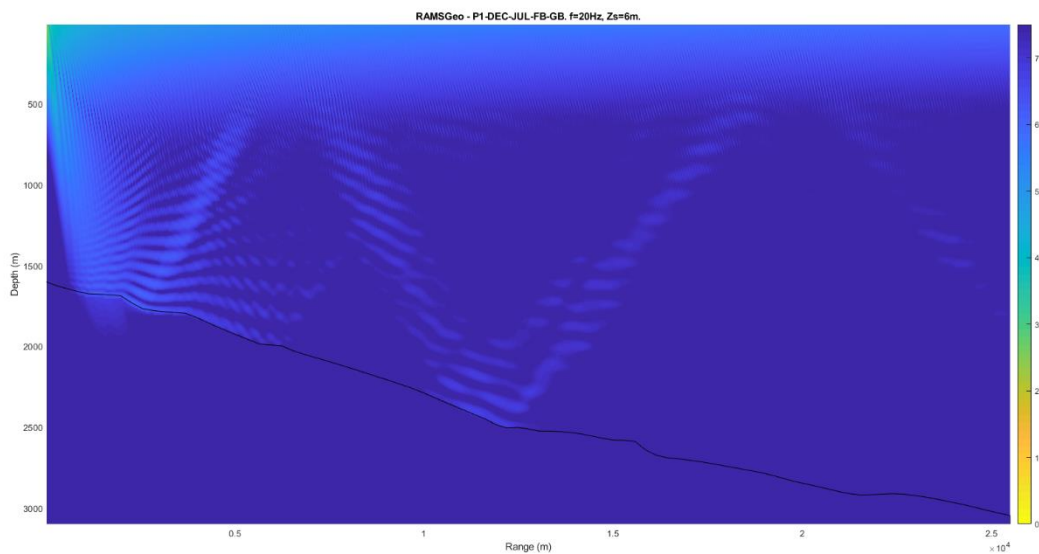
Modelaciones de Sensibilidad a la Batimetría variable
Perfil P1 Creciente



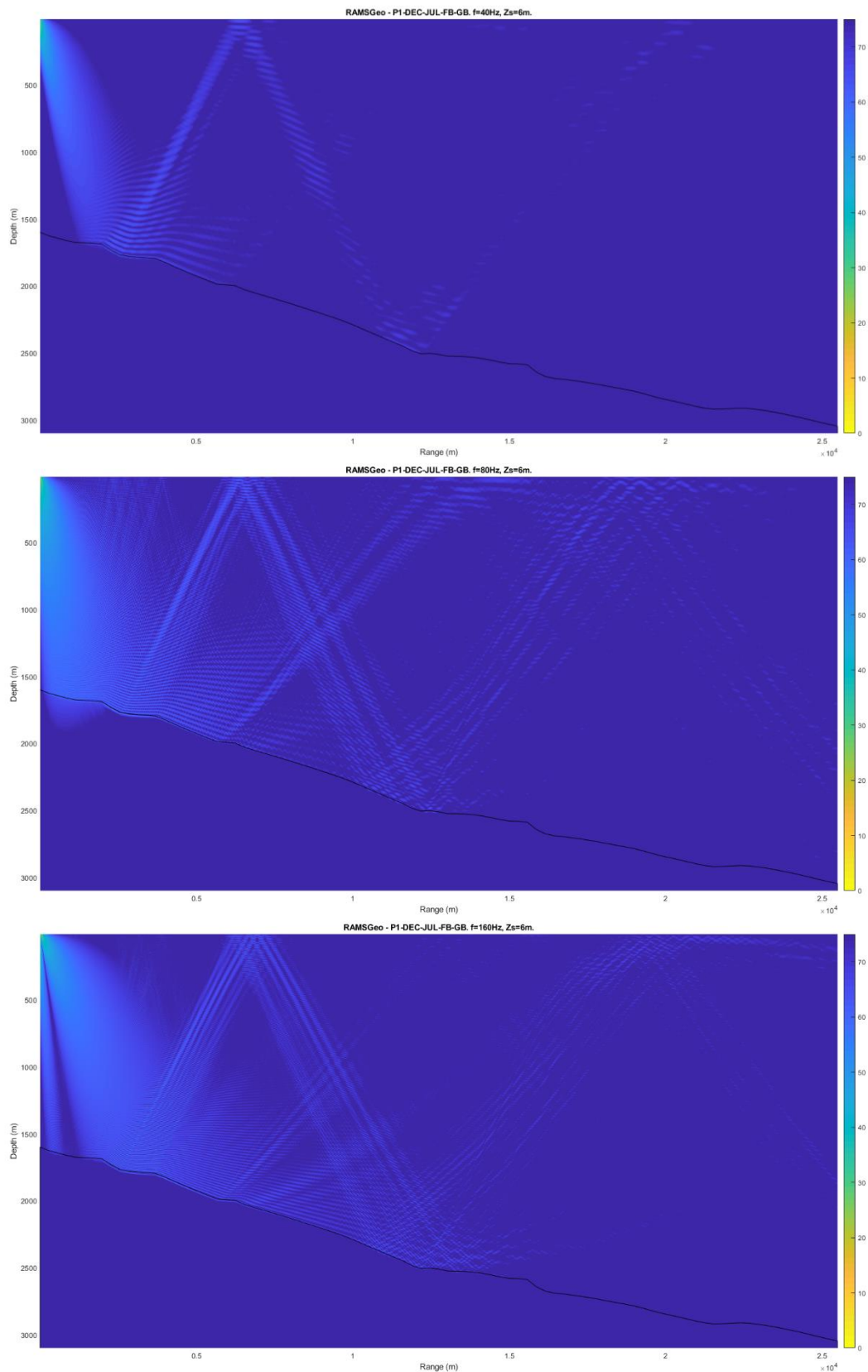
[Handwritten signature]

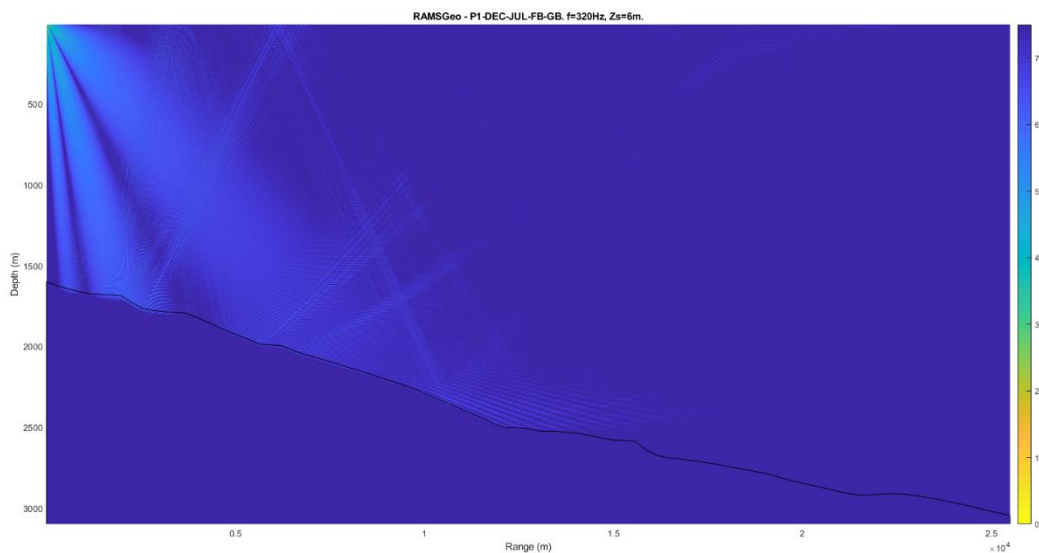


Perfil P1 Decreciente

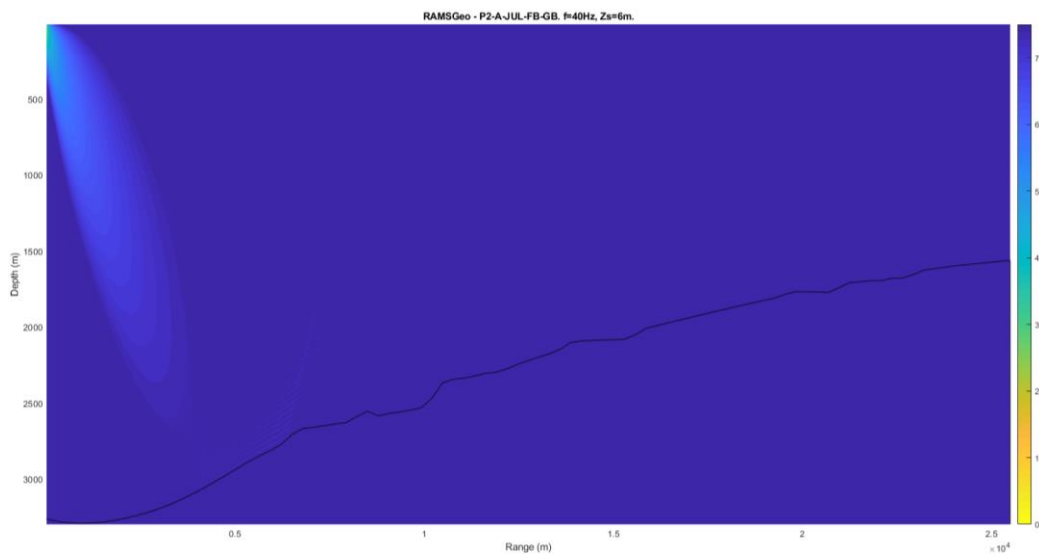
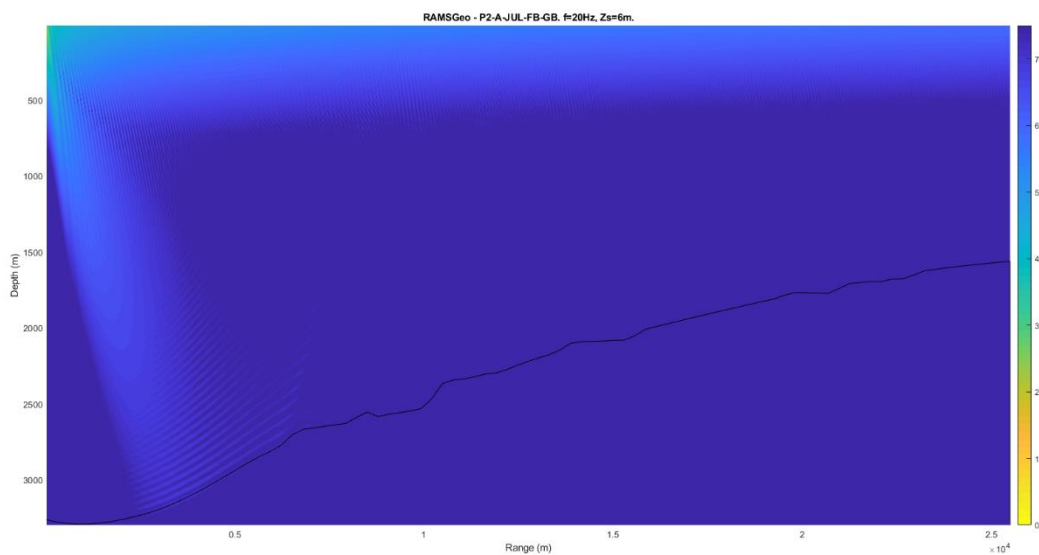


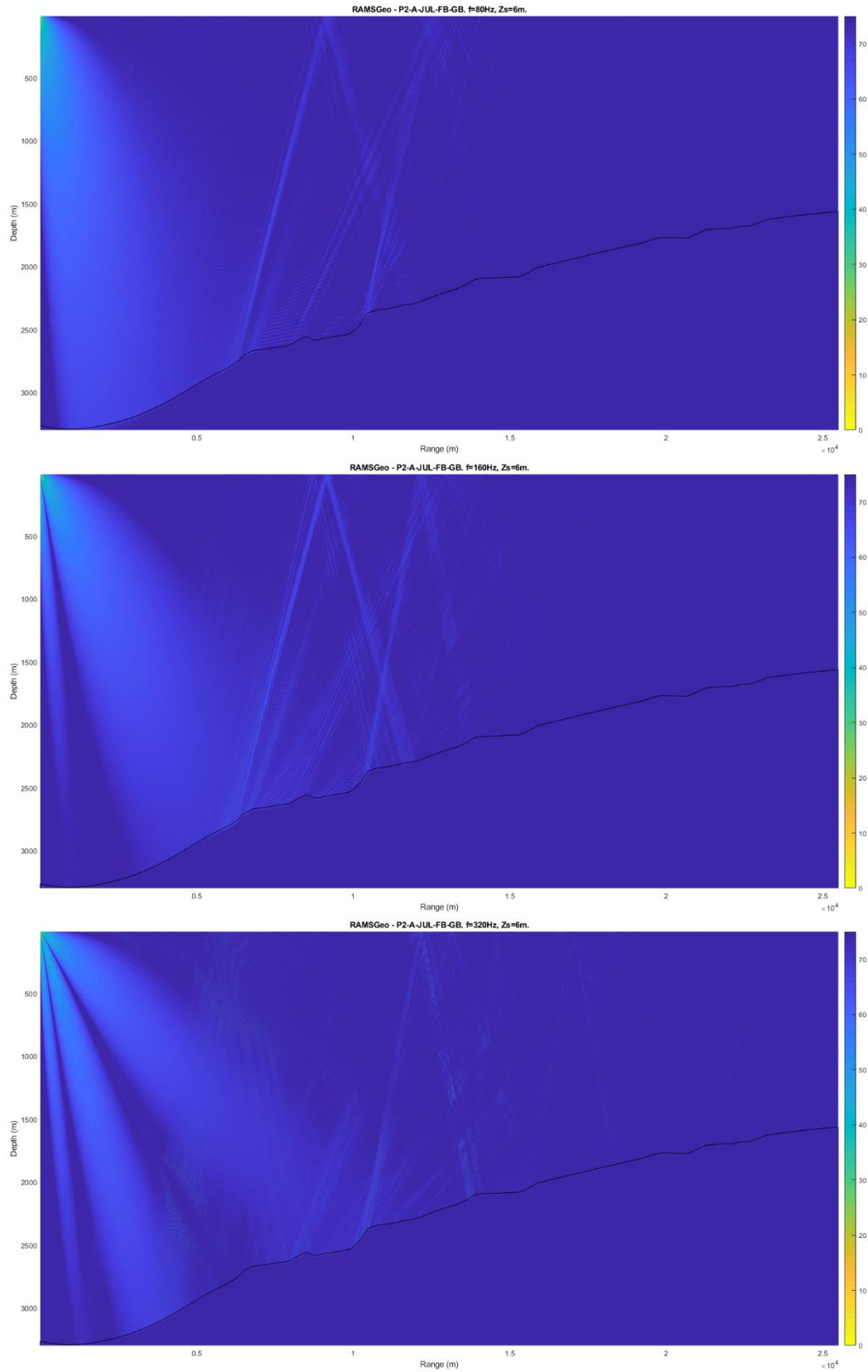
[Handwritten signature]



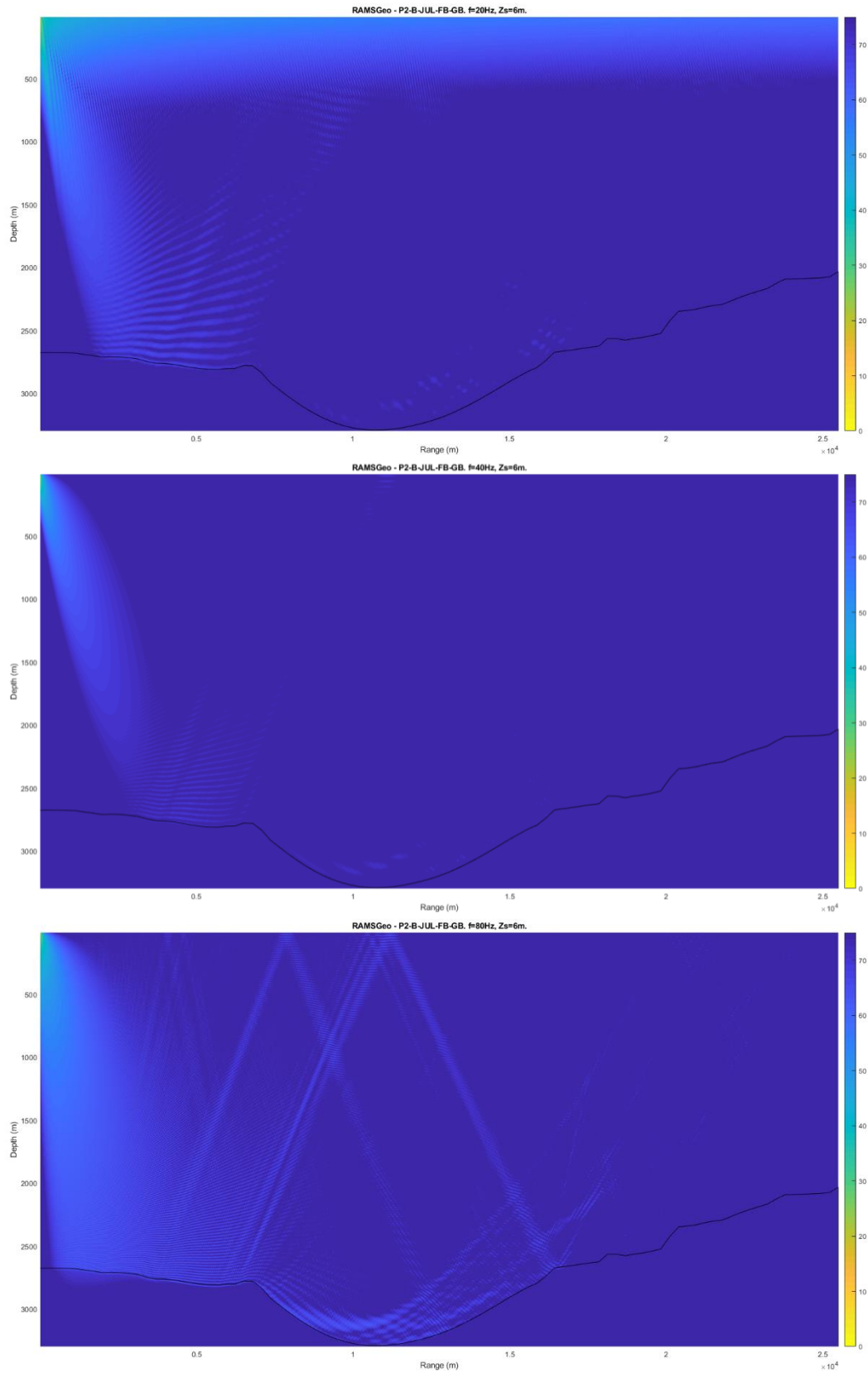



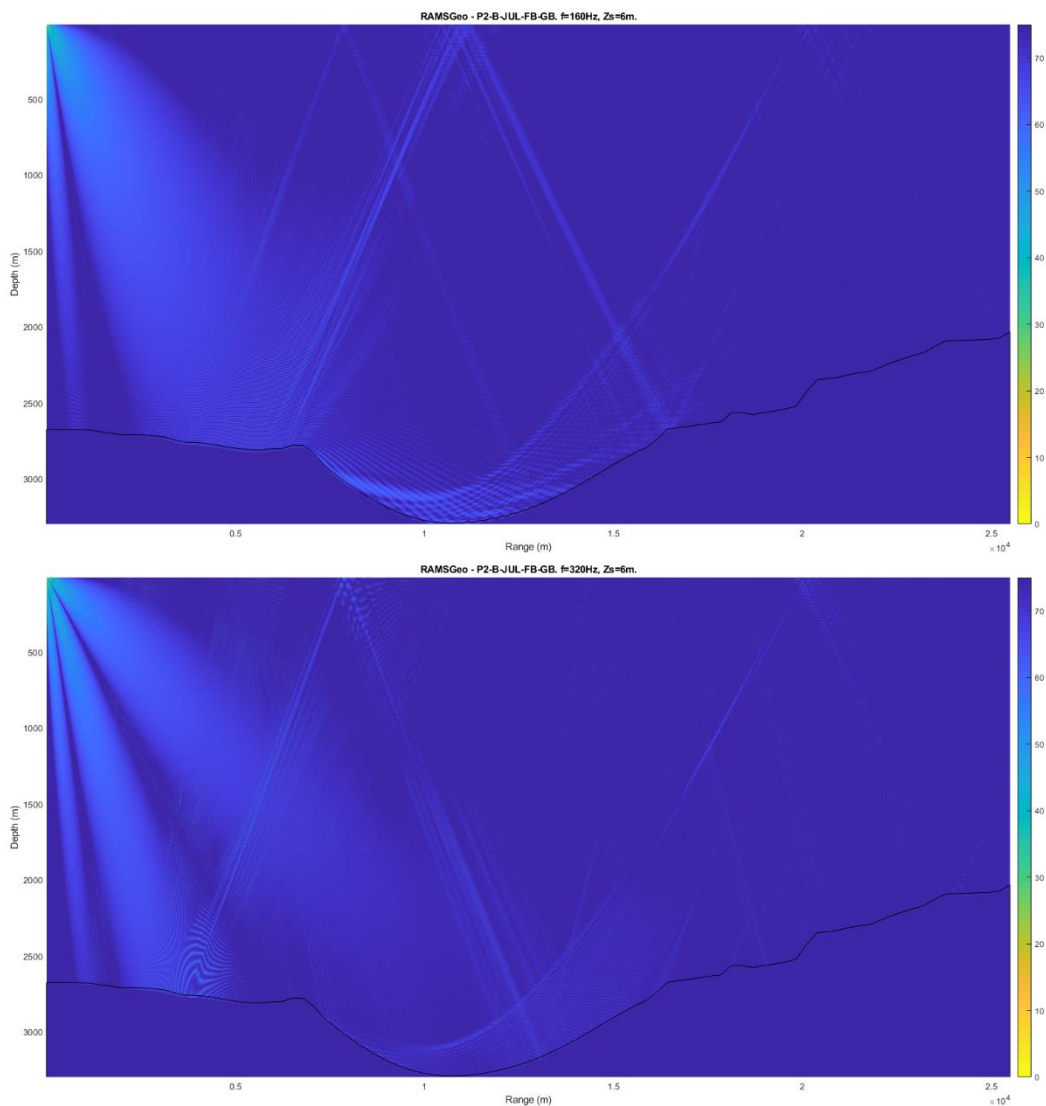
Perfil P2 A



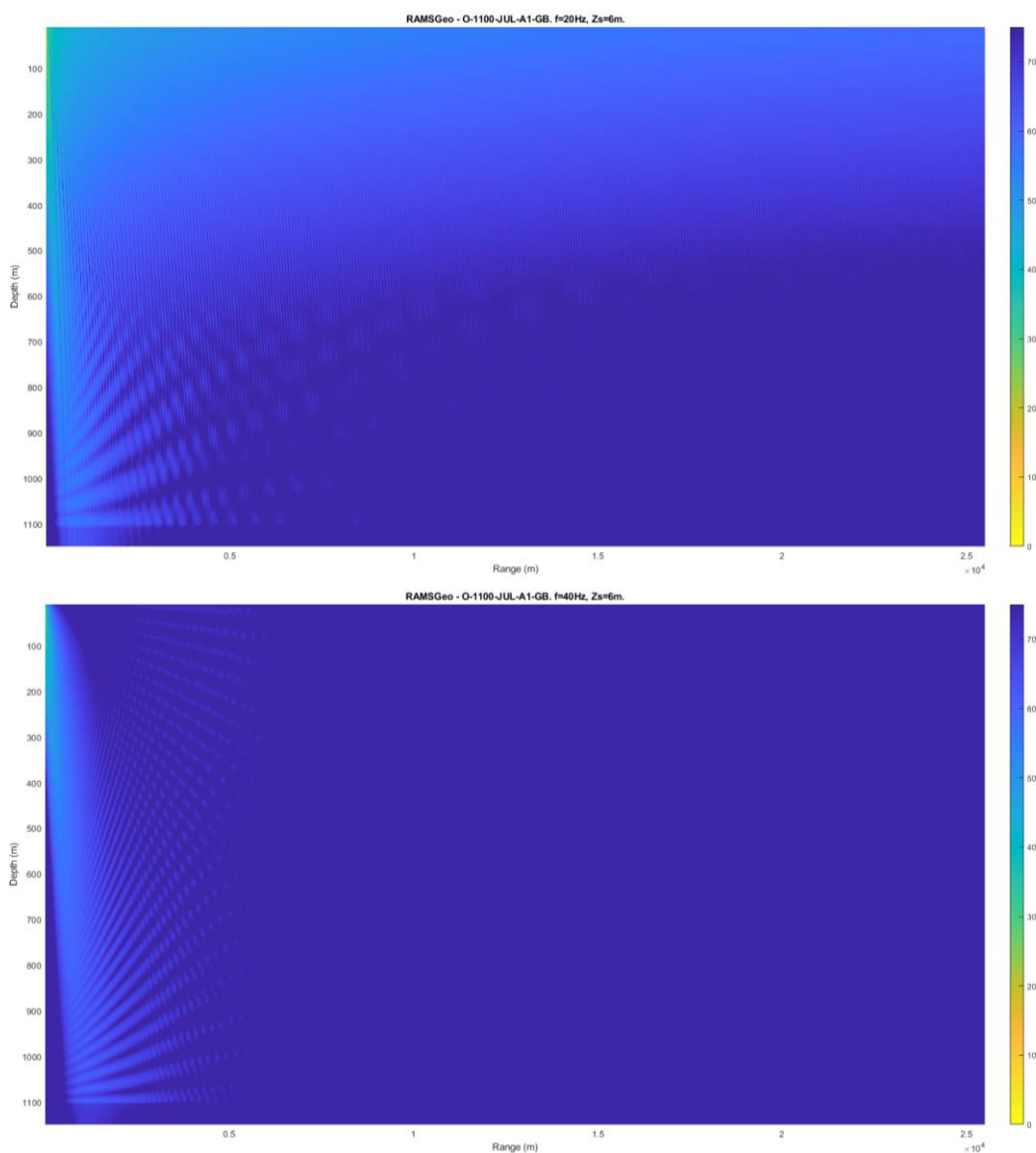




Perfil P2 B

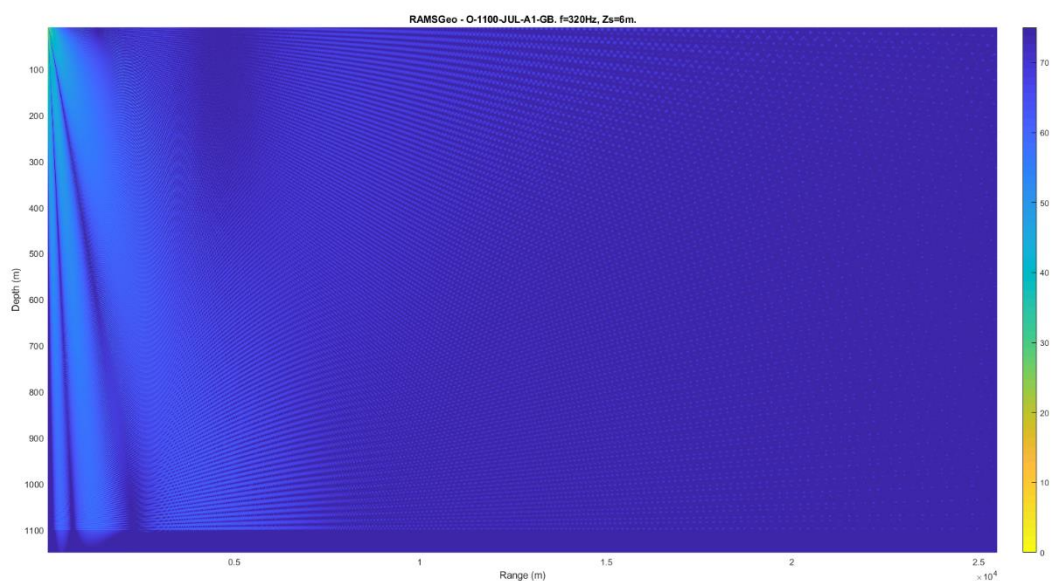
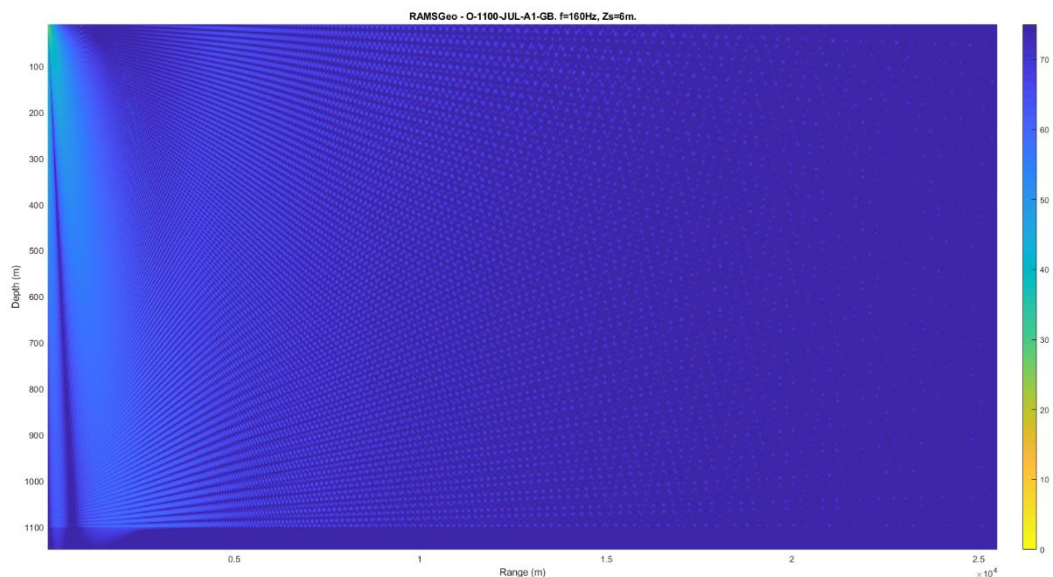
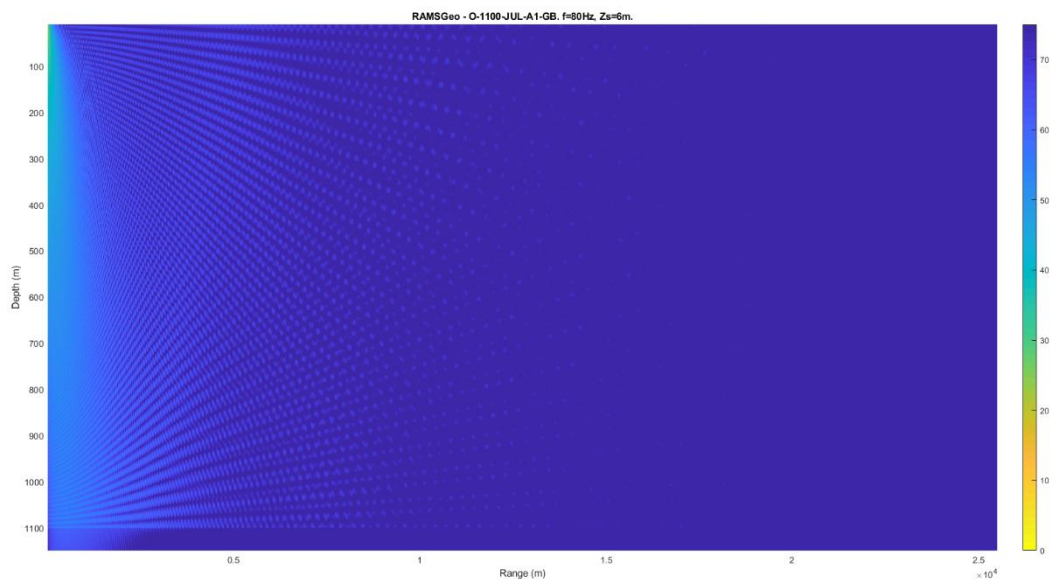


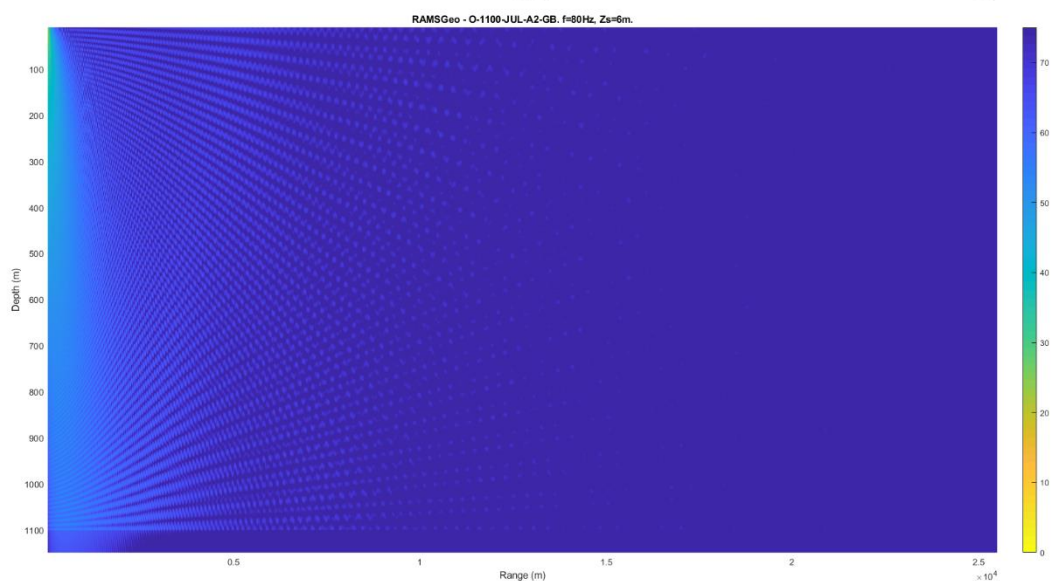
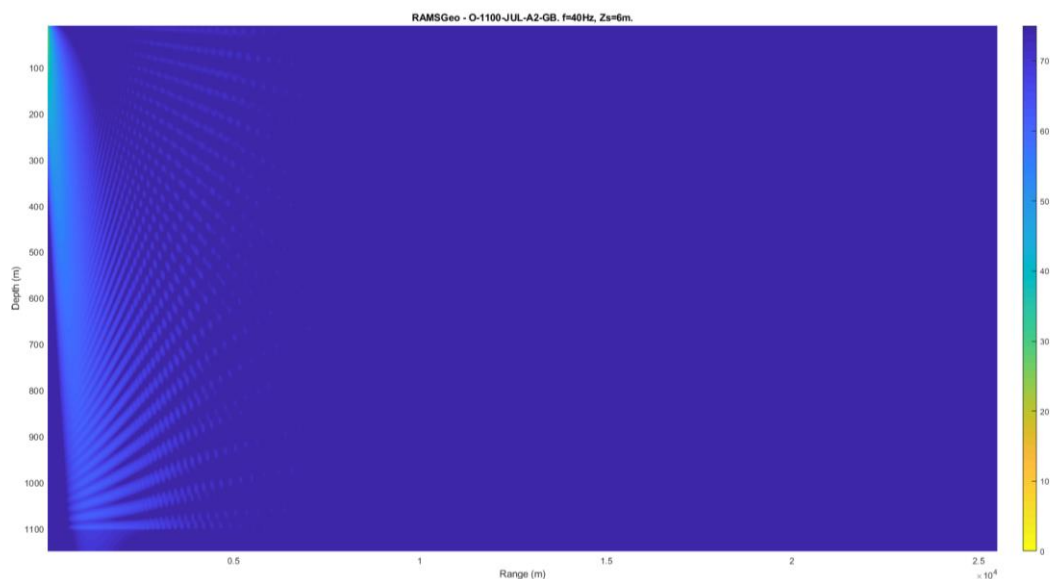
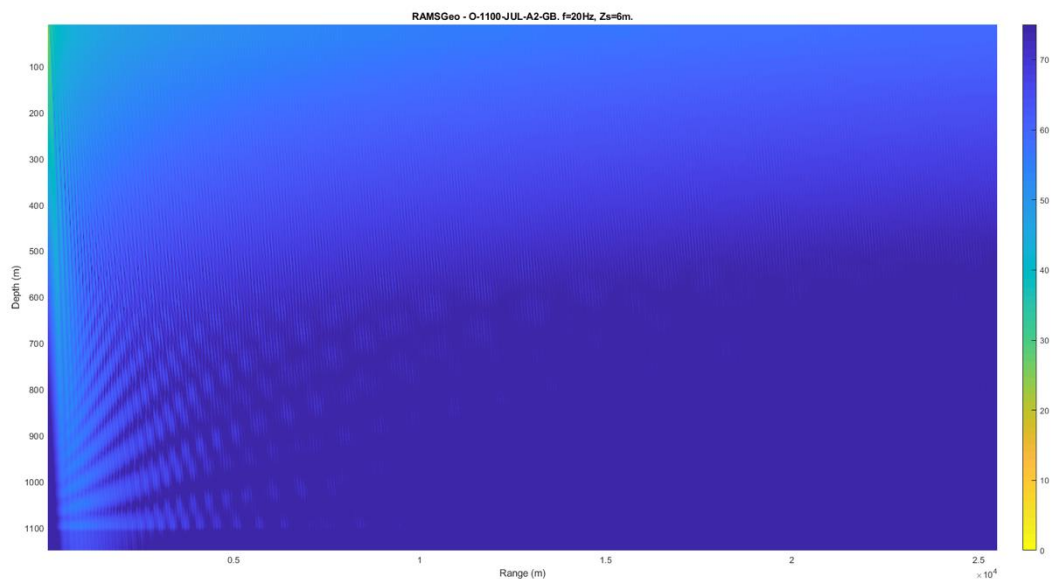



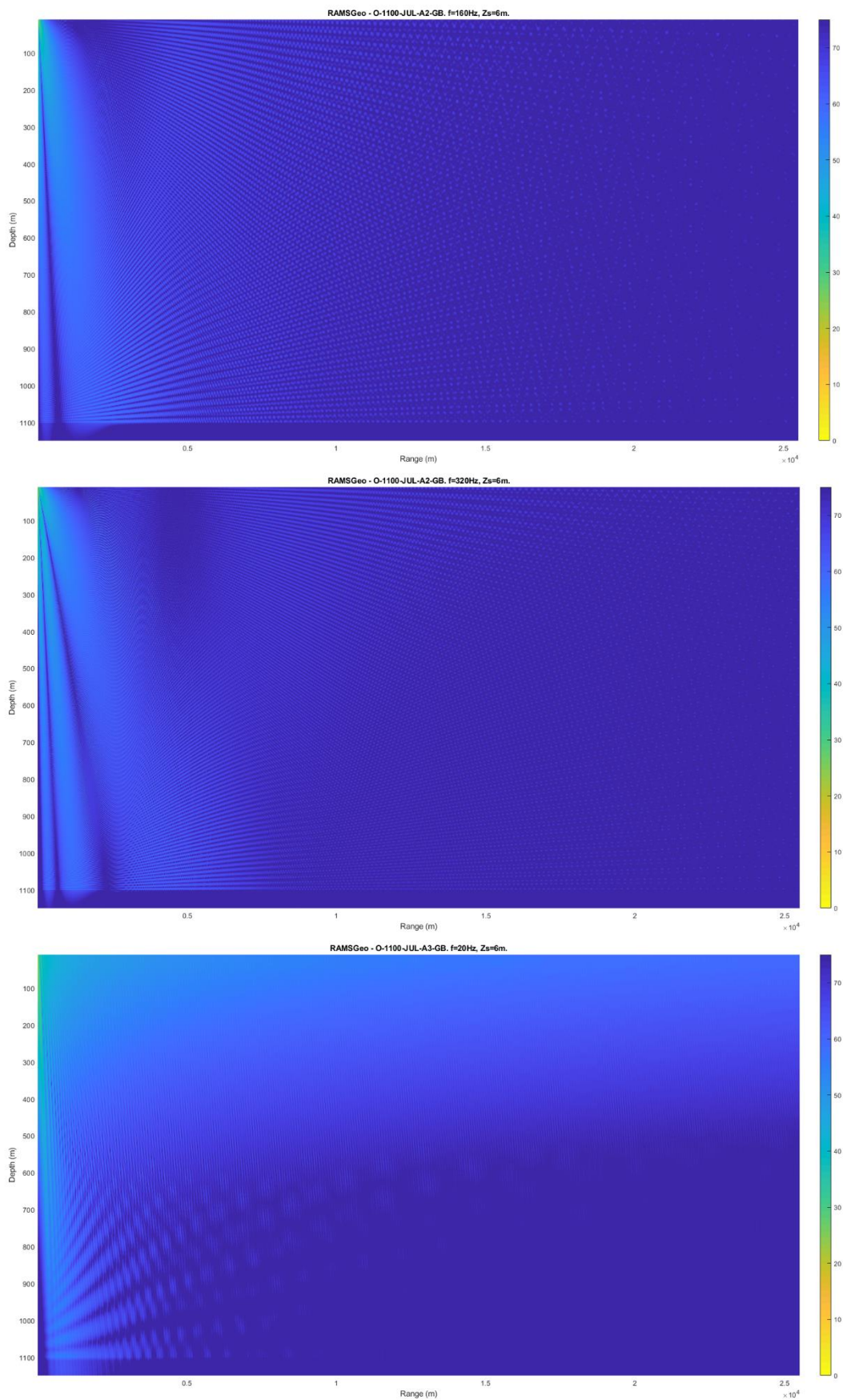

Modelaciones de Sensibilidad al tipo de suelos
Punto O-1100

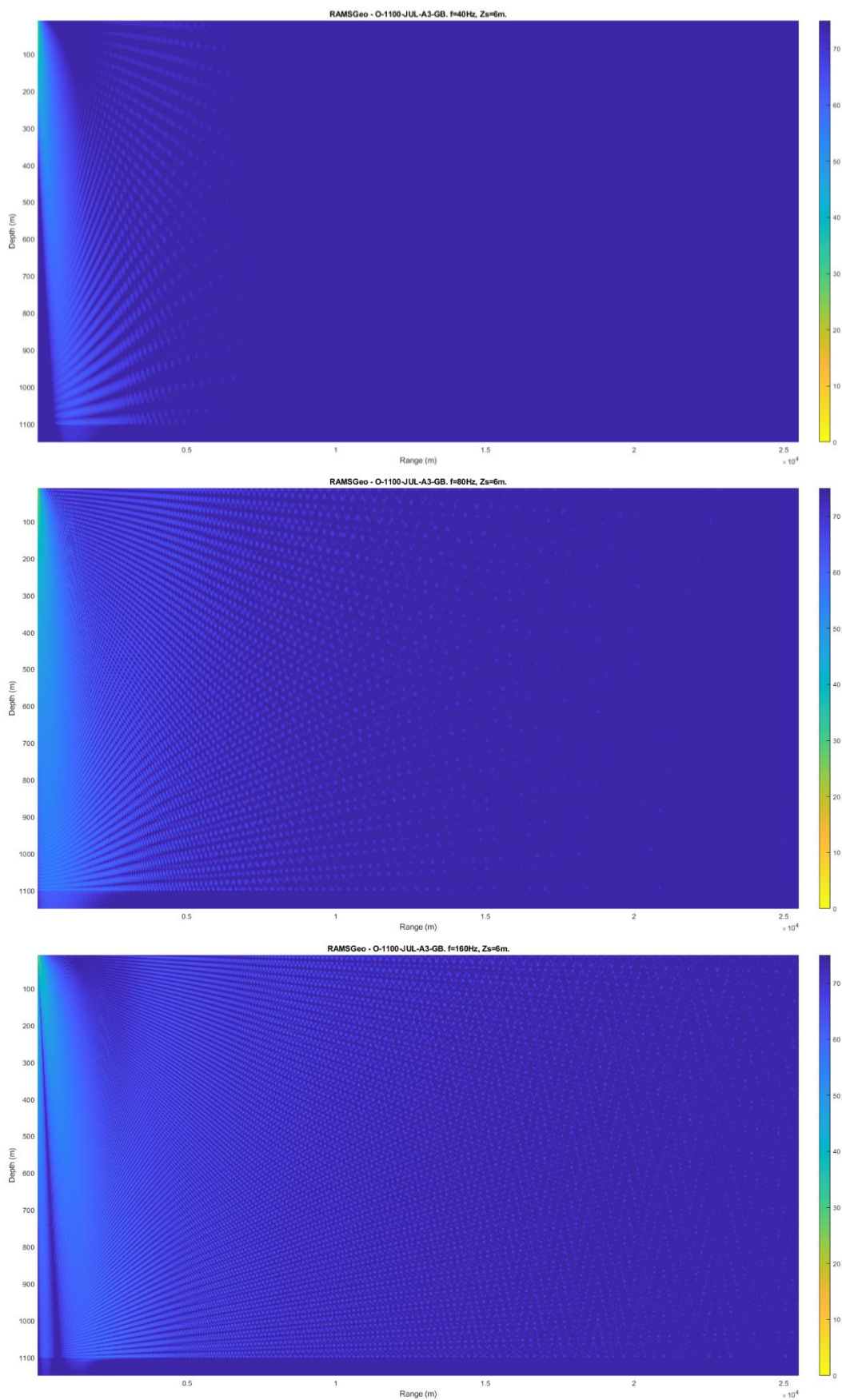


[Handwritten signature]

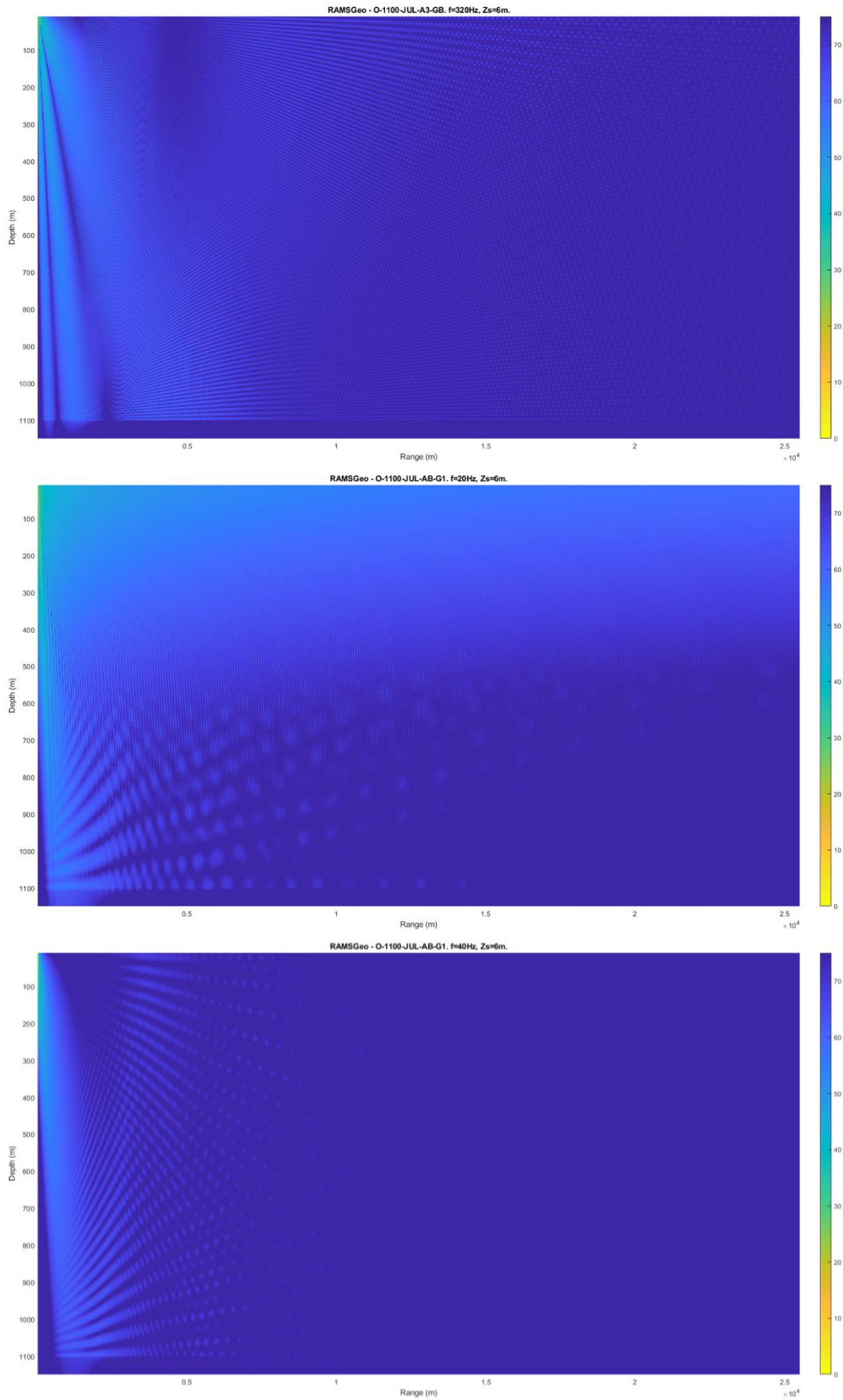


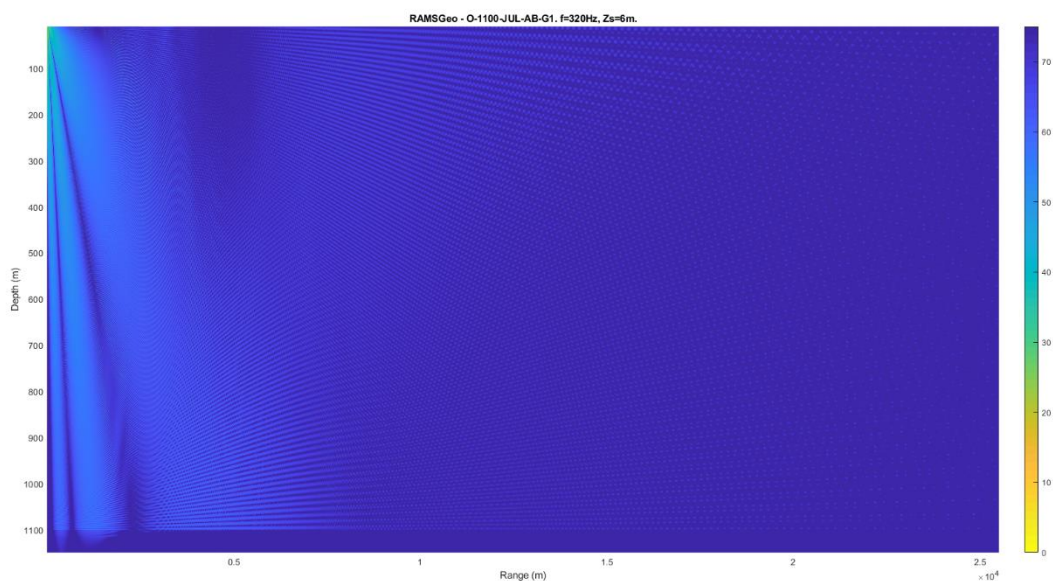
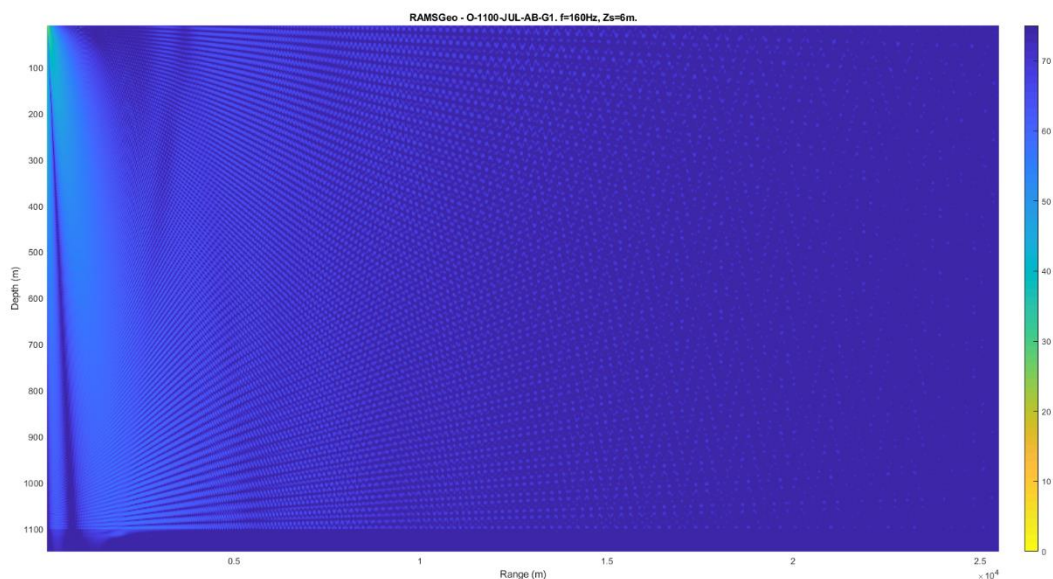
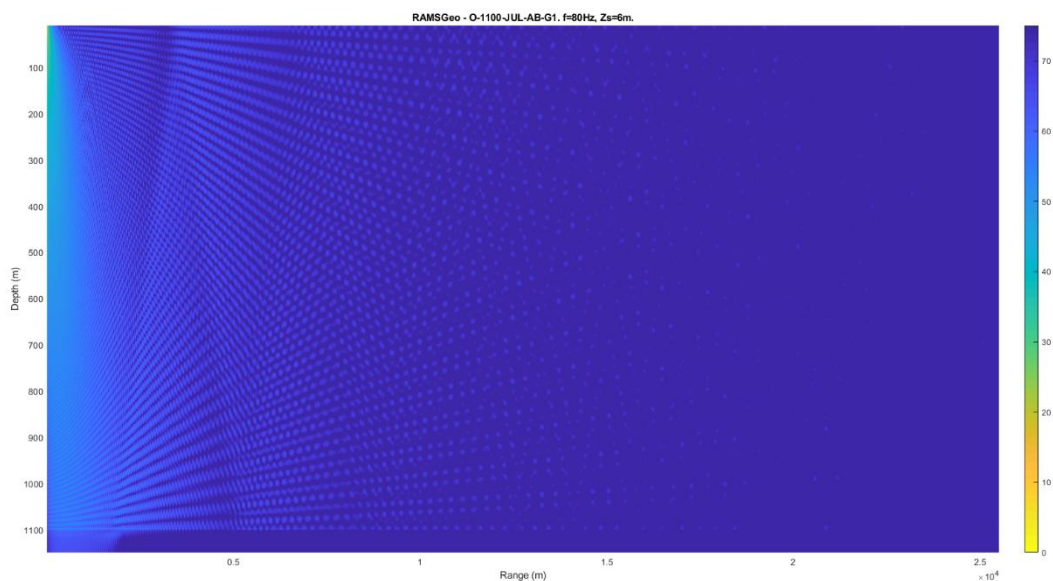



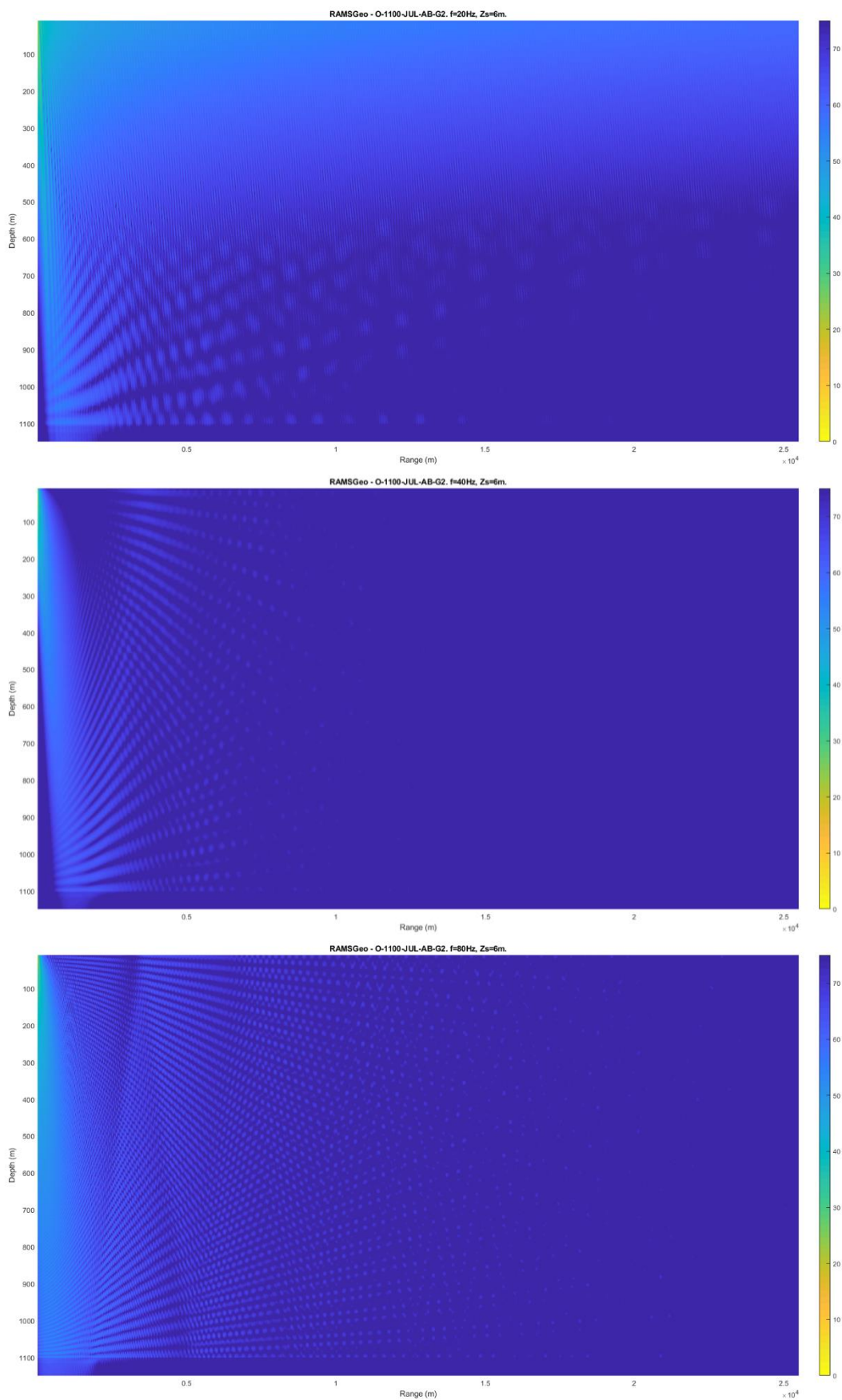



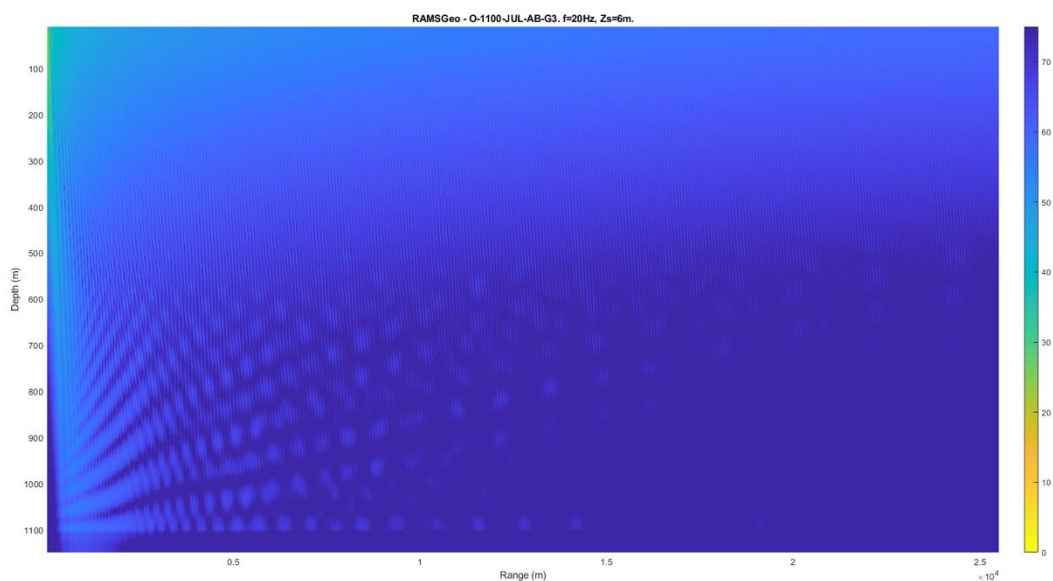
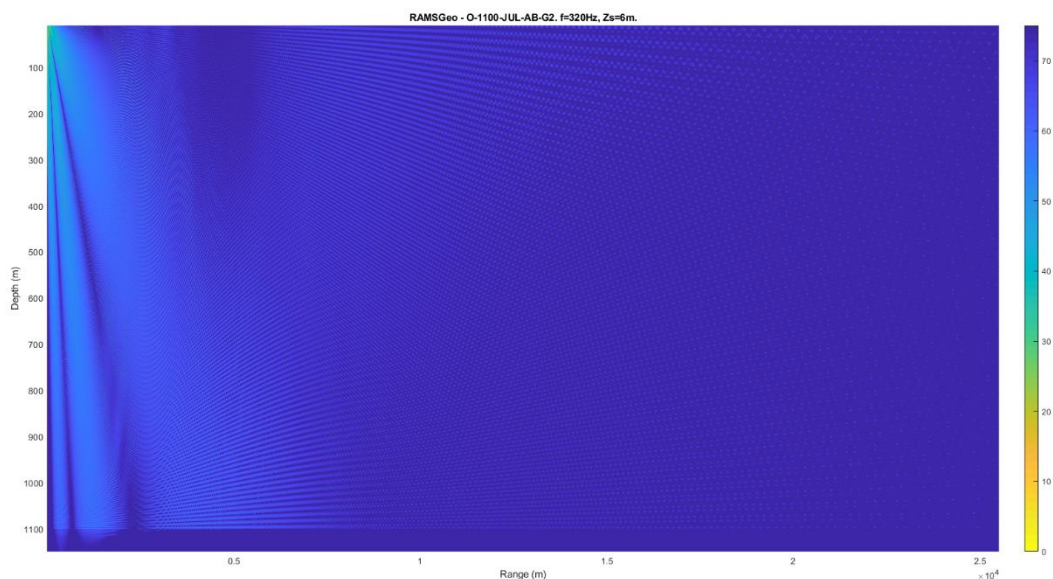
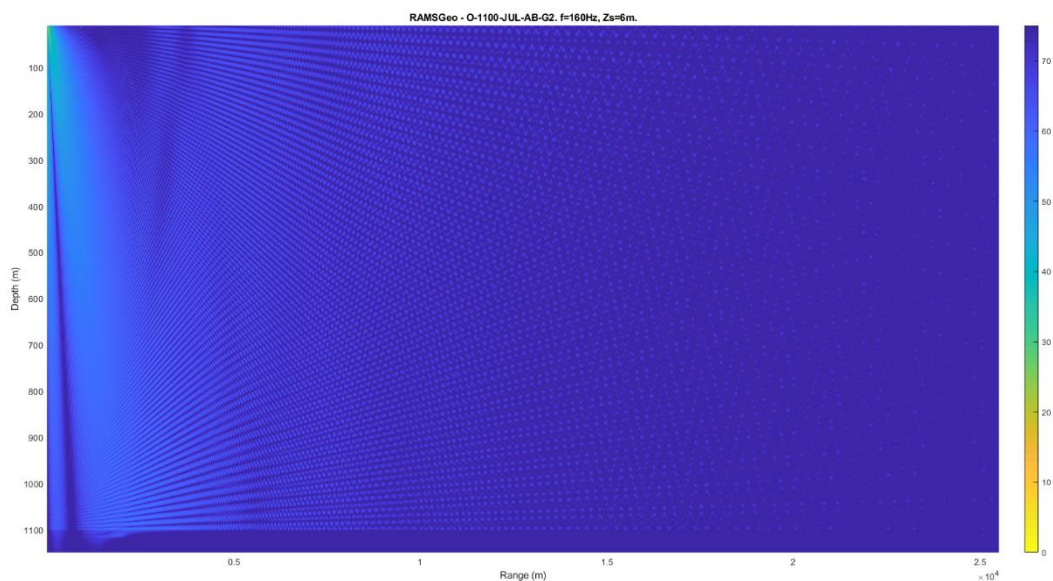
[Handwritten Signature]

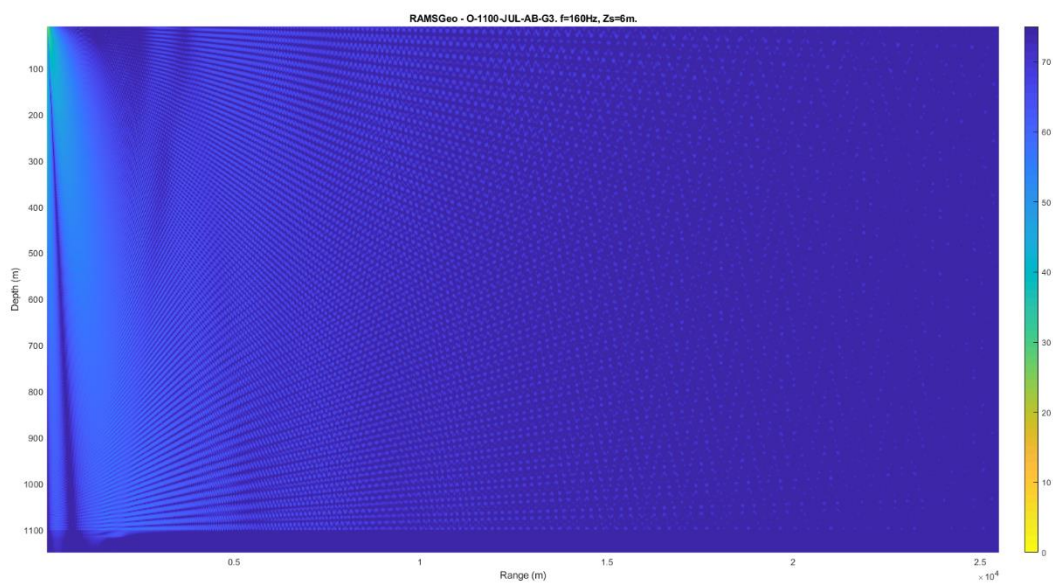
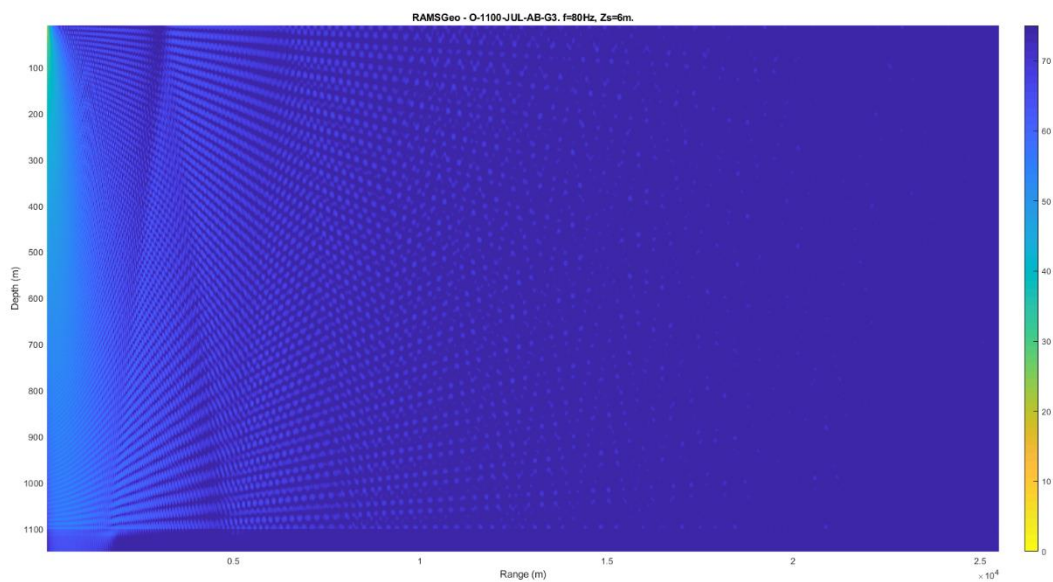
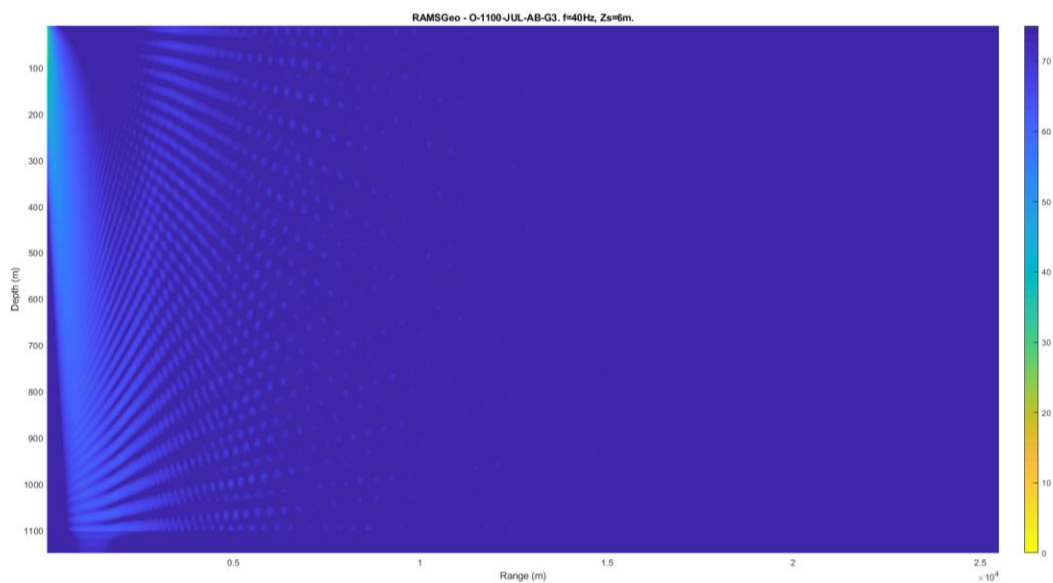


[Handwritten signature]

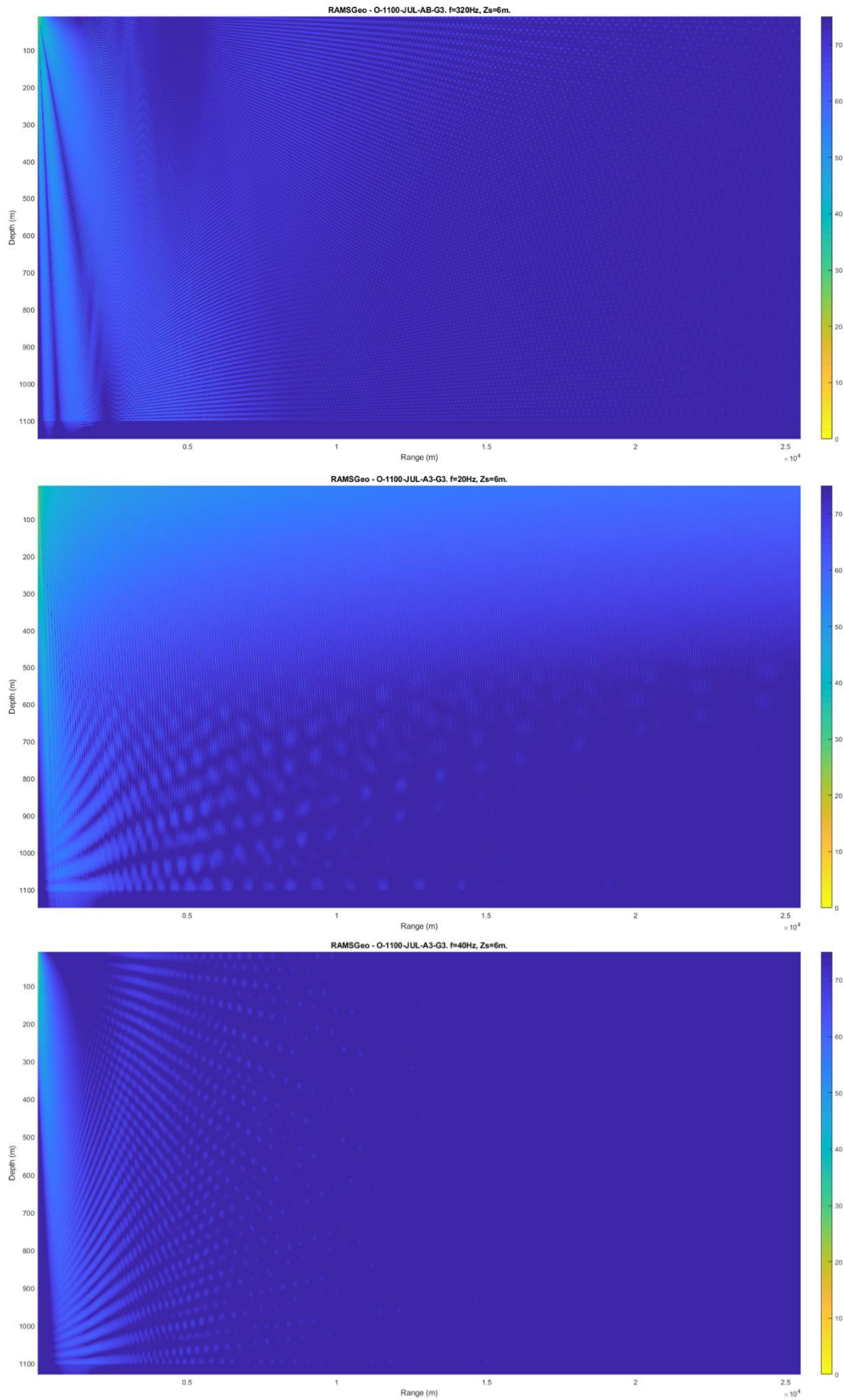


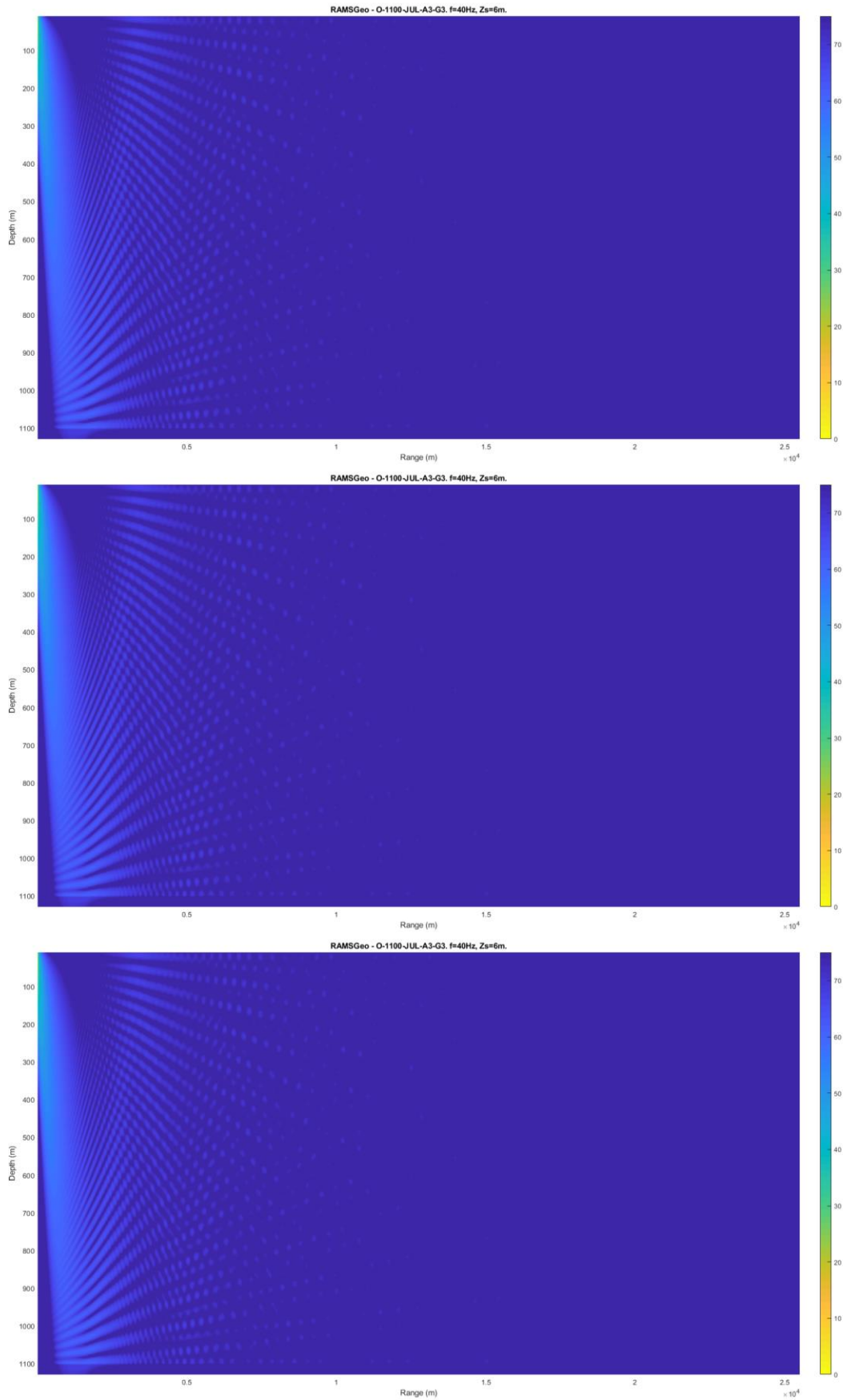



[Handwritten signature]



[Signature]




Perfil P1 Decreciente

