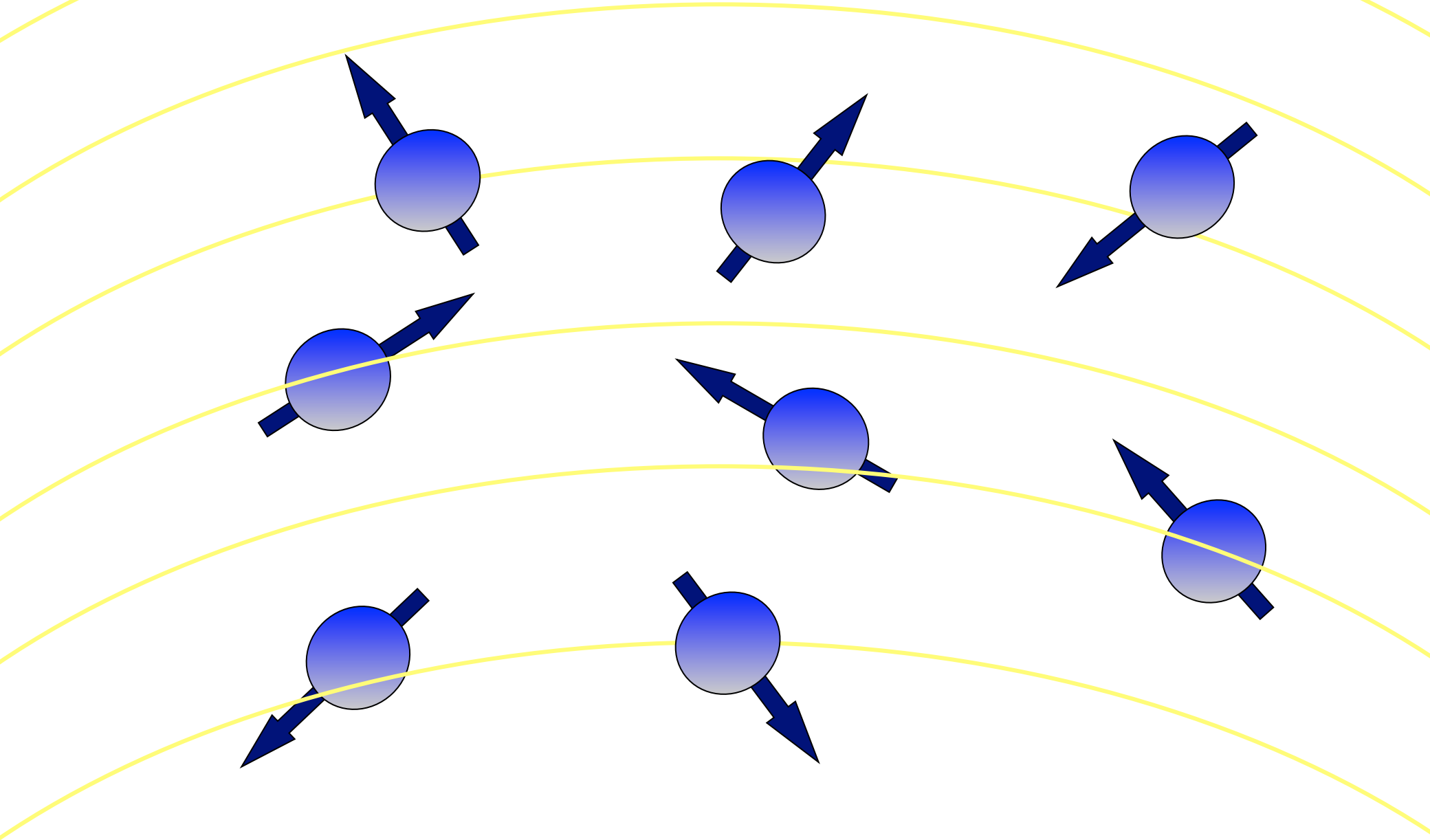
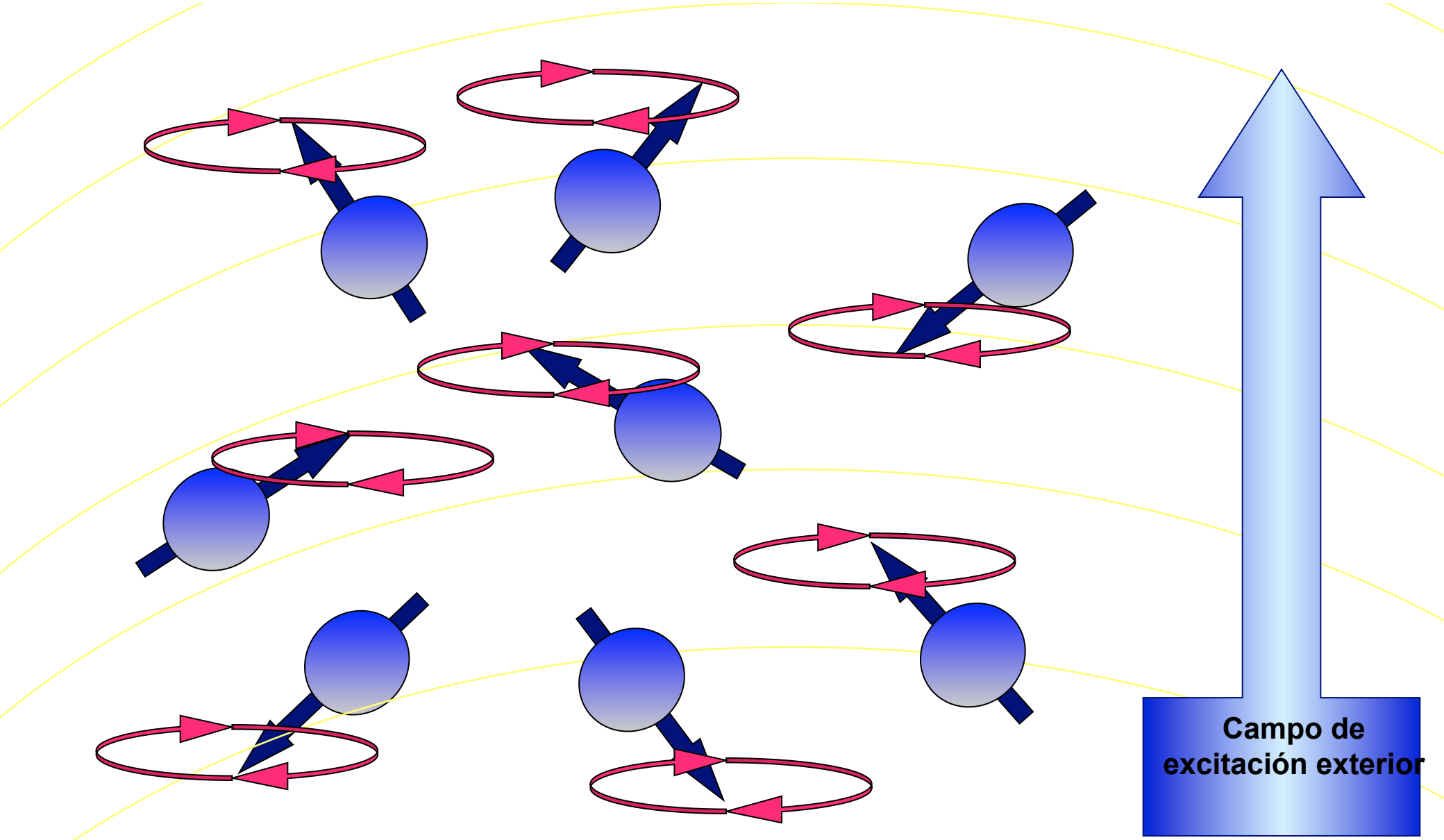
THGSA

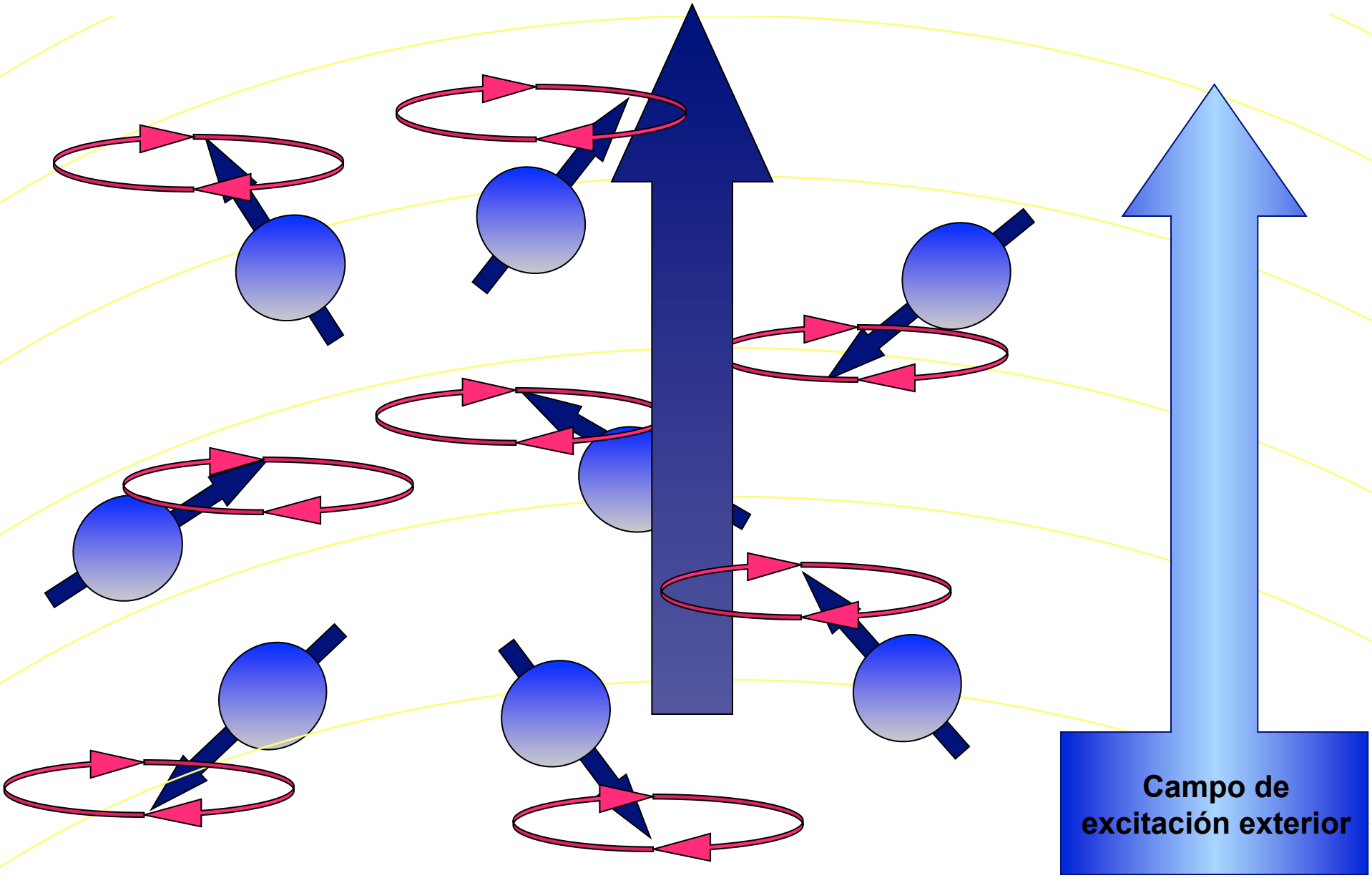
Orientación aleatoria en la naturaleza



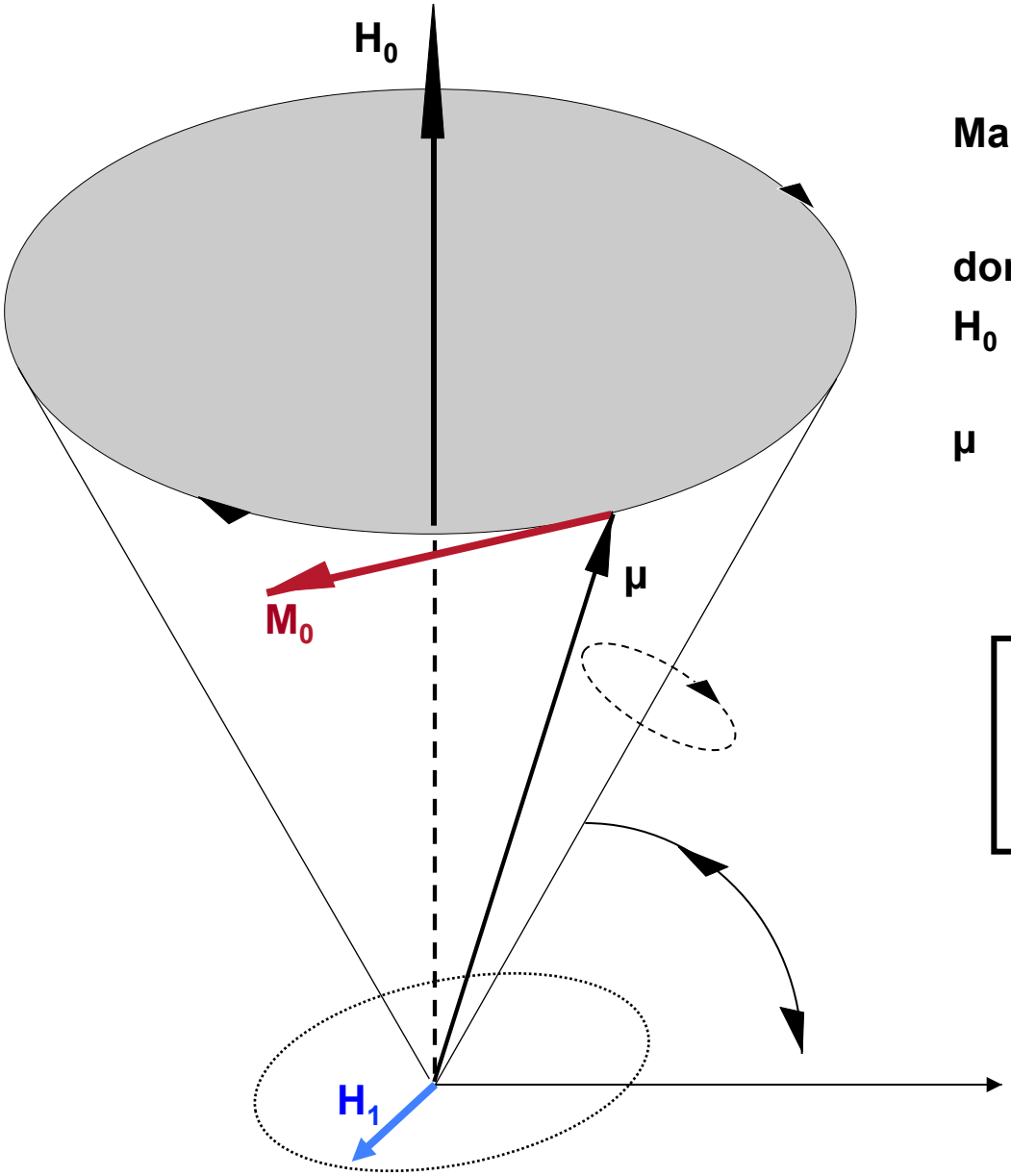
Precesión del vector momento magnético



Formación del vector magnetización



Propiedades de un nucleido con momento magnético no-cero



Magnetización nuclear

$$M_0 = H_0 \wedge \mu$$

donde:

H_0 campo magnético estacionario
(Campo magnético de la Tierra)

μ momento magnético de la partícula

La frecuencia de precesión para los protones del hidrógeno en el agua es:

$$f_0\ (Hz) = 0{,}04258\ H_0(nT)$$

Esquema del desarrollo físico

El nucleido ${}_1H^1$ posee un momento dipolar no- cero
Emisión de un pulso de corriente alterna con desarrollo cuadrado. La frecuencia de la corriente portadora es igual a la frecuencia Larmor $\omega_0=\lambda H_0$, en el campo estacionario geomagnético Para los protones $f_0=0{,}04258\ H_0$
La componente $h(r,\rho(r)$ del campo magnético transmitido causa la magnetización nuclear de los protones
Desplazamiento en el campo geomagnético, del eje de giro (vector momento magnético nuclear $M_0(r)$ desde la posición de equilibrio a un ángulo $\gamma=(1/2)\lambda h(r,\rho(r))q$ (1)
El vector M_0 rota en el campo geomagnético con frecuencia Larmor creando oscilación del campo magnético

Dado que λ es el radio giromagnético para los protones, la aparición de otra señal RMN es imposible

La señal RMN es función de la profundidad y la concentración de agua:

$$E_0(q)= \int k(q,\rho(z),\alpha,z)n(z)dz \quad (2)$$

$$K(q,\rho(z),\alpha,z)=\omega_0 M_0 \int h(r,\rho(z),\alpha)sen(\gamma)dxdy$$

E_0 es la amplitud inicial

A es la inclinación del campo geomagnético

$0 \sim n(z) \leq l$ es la concentración de agua

Asumiendo que el campo geomagnético es homogéneo y la estratificación horizontal, la señal RMN se puede representar como:

$$E(t,q)=\int A(z,q)\, sen(\omega_0 t+\varphi_0(z,\rho(z)))dz \quad (3)$$

$$A(z,q)=K(q,\rho,\alpha,z)n(z)\, exp(-t/T_2(z))$$

$\Phi_0(z,\rho(z),T_2(z)$ tiempo de relajación transversal (spin-spin)

LA AMPLITUD INICIAL DE LA SEÑAL RMN CORRESPONDE AL VOLUMEN DE AGUA.

EL DECAIMIENTO DE LA SEÑAL CORRESPONDE AL TAMAÑO DEL PORO DE LA ZONA SATURADA

Mediante las ecuaciones (2) y (3) se determina:

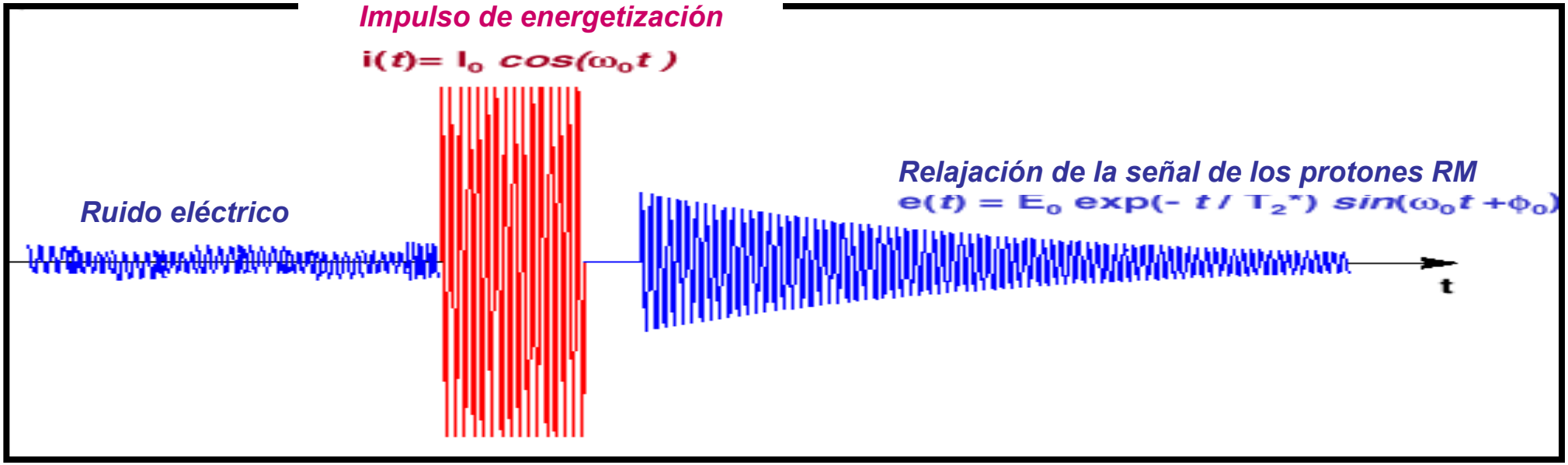
La concentración de agua (n(z)) y ρ(z) como función de profundidad;

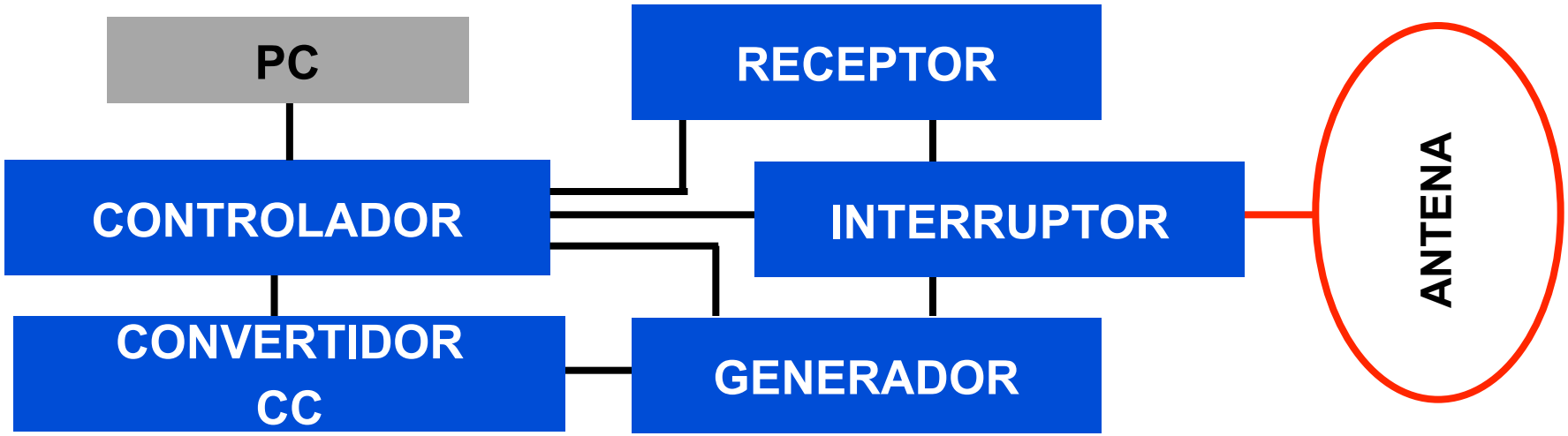
El tiempo de relajación $T_2(z)$ como descripción del tamaño del poro de las rocas

RESUMEN

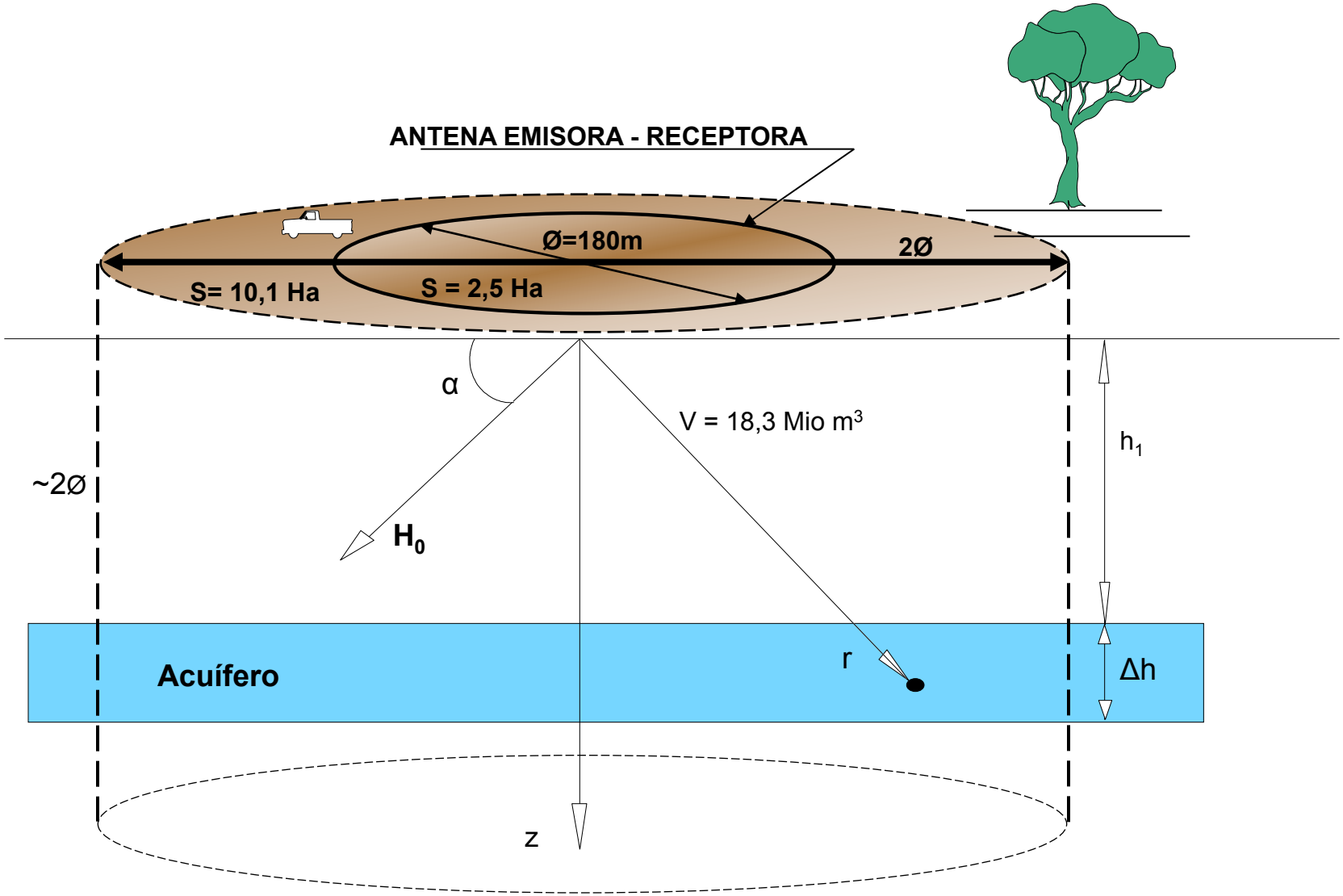
- El método investiga y caracteriza las aguas subterráneas almacenadas a favor de los poros y fracturas de la rocas mediante el estudio de la relajación nuclear en el campo magnético de la Tierra.
- La generación y recepción de una señal, desde la superficie del terreno, de Resonancia Magnética Nuclear se realiza mediante una antena (emisora – receptora) de forma circular o en doble círculo (8) que minimiza los ruidos electromagnéticos externos.
- La distribución y concentración de agua en función de la profundidad se determina mediante la inversión de una ecuación de integración y midiendo las dependencias de la señal RMN en función de la intensidad de excitación.
- El análisis de la relajación – spin permite obtener información sobre la micro estructura de los poros y fracturas, así como de las propiedades de filtración de los colectores

Señal RMN y esquema del tomógrafo





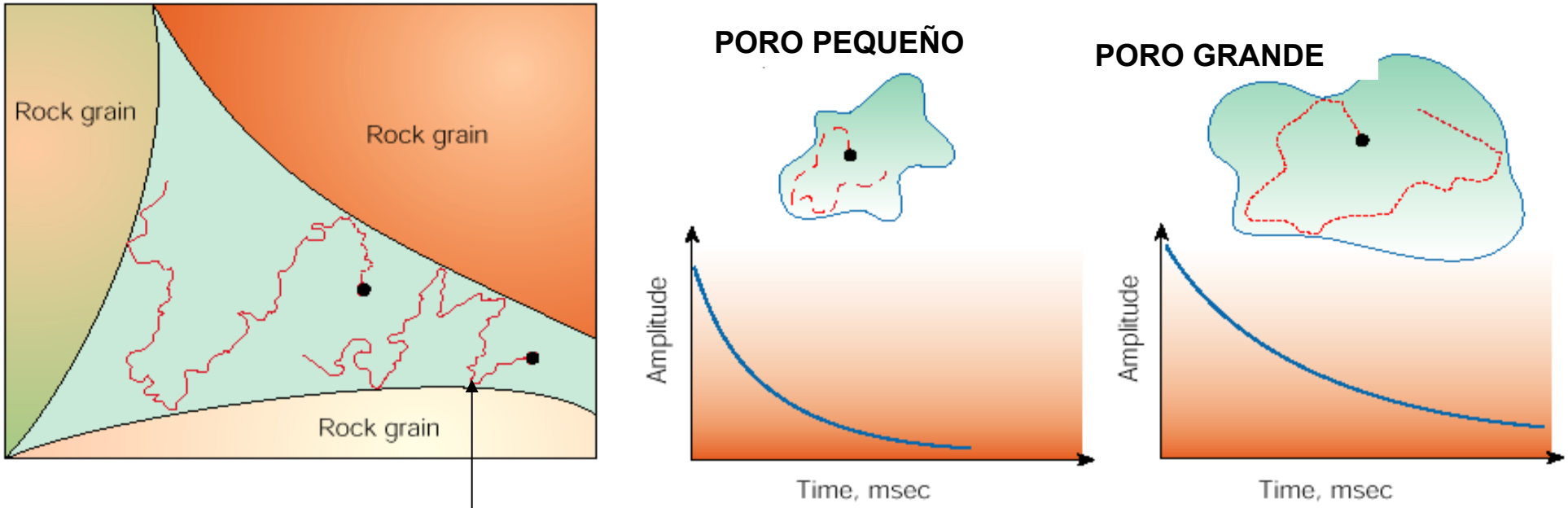
Modelo geométrico de medición de RMN



Parámetro hidrogeológicos en función de las medidas de RMP

MEDIDAS RMN		PARAMETROS HIDROGEOLÓGICOS
Amplitud de la señal	E_0	Contenido de agua (Porosidad)
Tiempo de relajación de la señal	T_2^*	Tamaño del poro (Permeabilidad)
Fase de la señal	Φ_0	Conductividad eléctrica del acuífero
Impulso (Intensidad de Pulso)	q	Investigación de la profundidad

Efecto del tamaño del poro en el tiempo de relajación



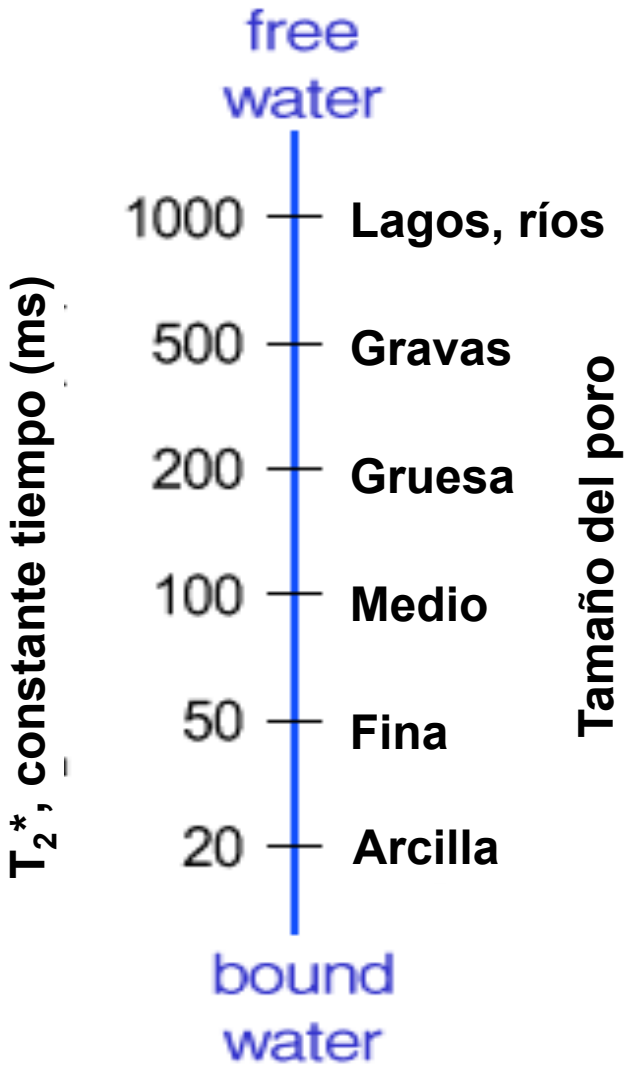
Superficie de relajación granular. Los protones en precesión se mueven en el espacio entre poros colisionando con otros protones y con la superficie granular (izquierda). Cada vez que los protones colisionan con la superficie granular posibilita la ocurrencia de interacciones de relajación.

La superficie granular de relajación es el proceso más importante que afecta a a los tiempos de relajación.

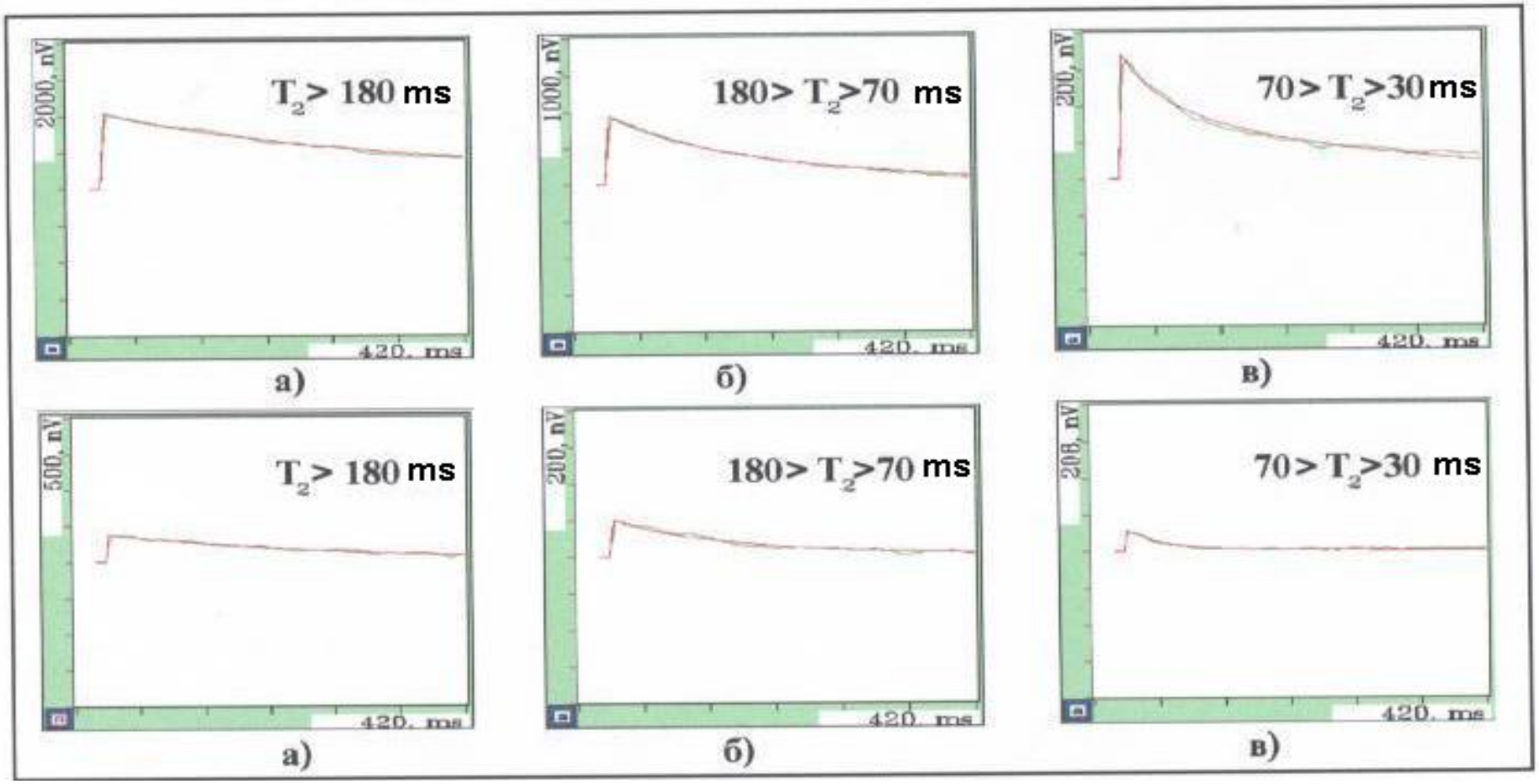
Diversos experimentos han demostrado que cuando la probabilidad de colisión en la superficie granular es alta – **poros pequeños (centro)** – la relajación es rápida.

Cuando la probabilidad de colisión con la superficie granular es baja – **poros grandes (derecha)** – la relajación es lenta

Tiempo de relajación en función del tamaño del poro

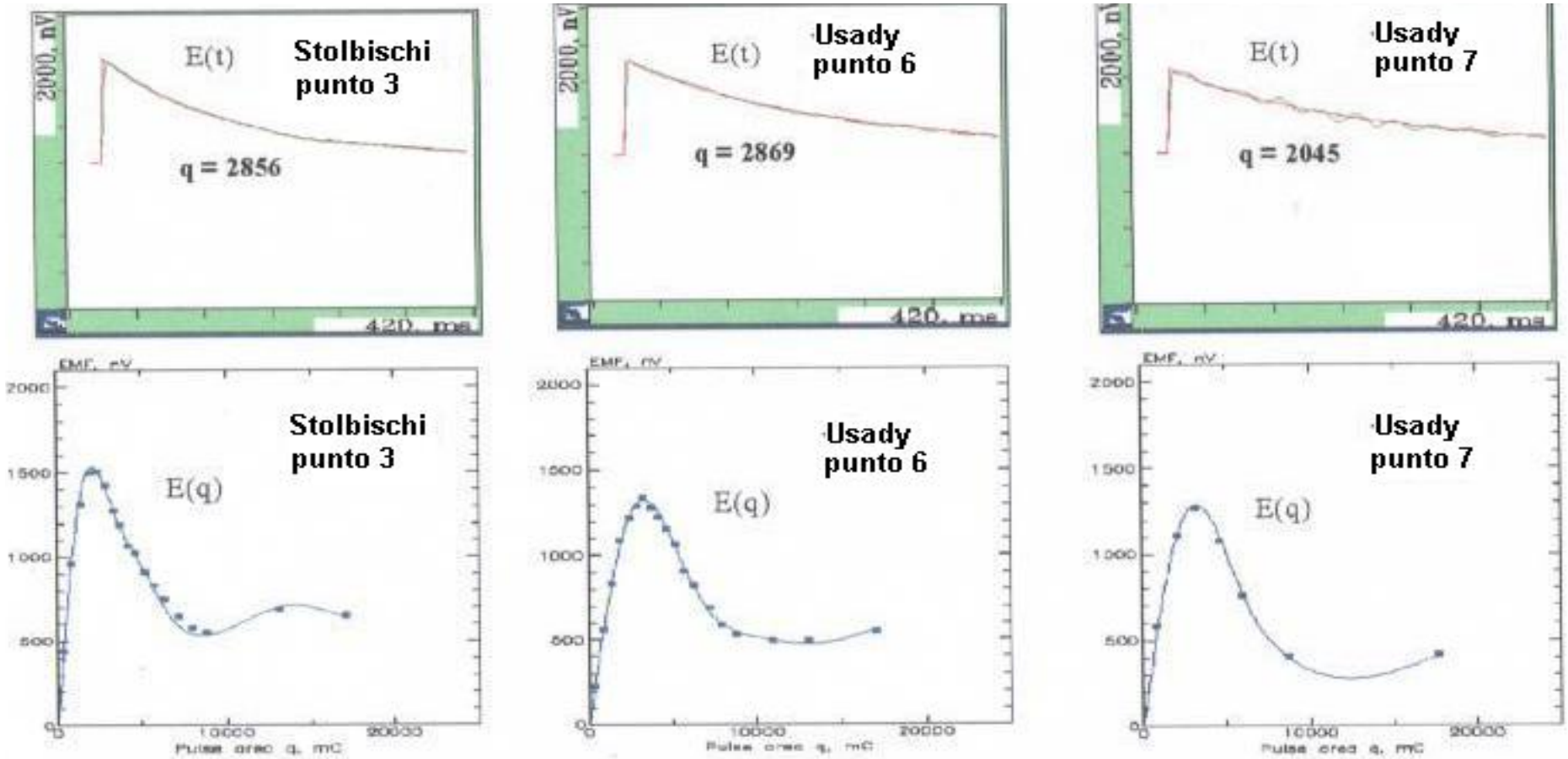


Ejemplo de señales de inducción libre de los protones del agua



Primera fila: a - en poros grandes b- en poros medianos c – en poros pequeños

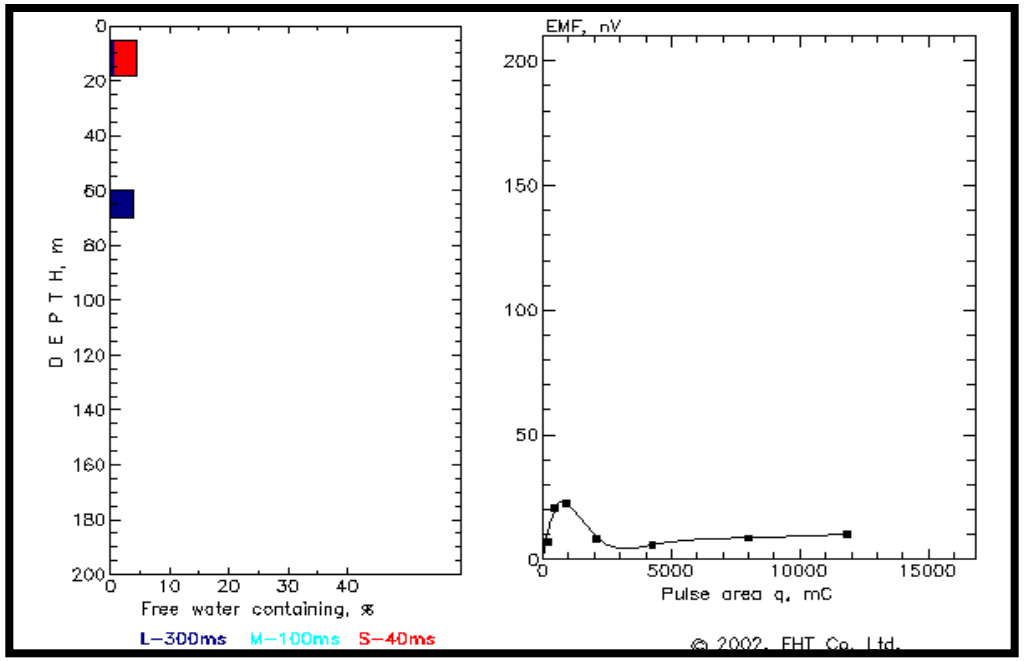
Segunda fila: a- en poros grandes b- en poros medianos c – en pequeñas fracturas y cavernas

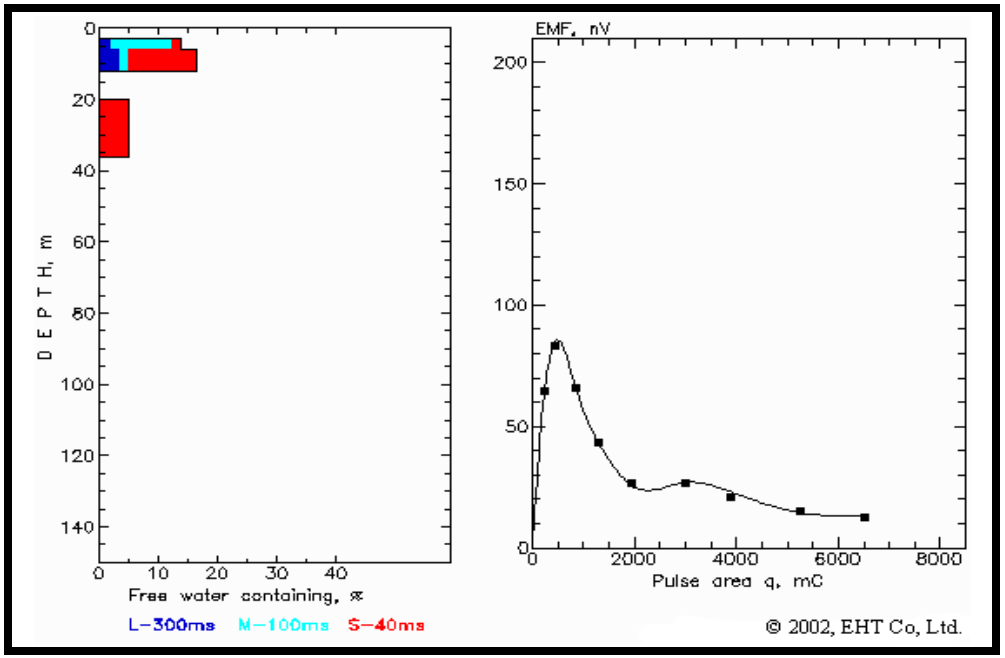


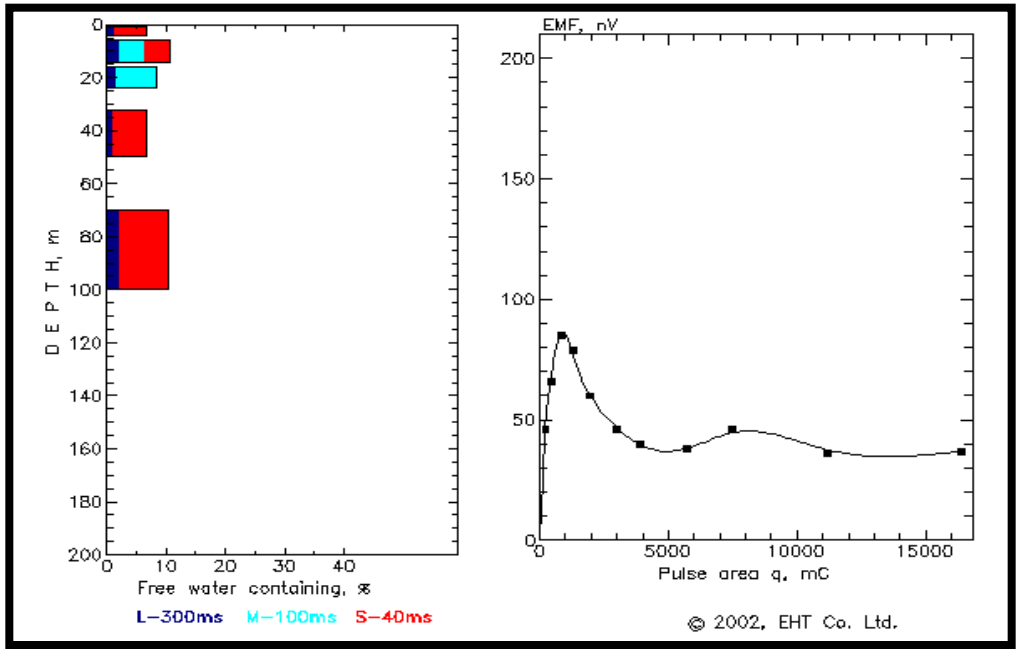
Dib.2.5. Curvas experimentales E(t) y E(q) registradas en el equipo "Aquatom".

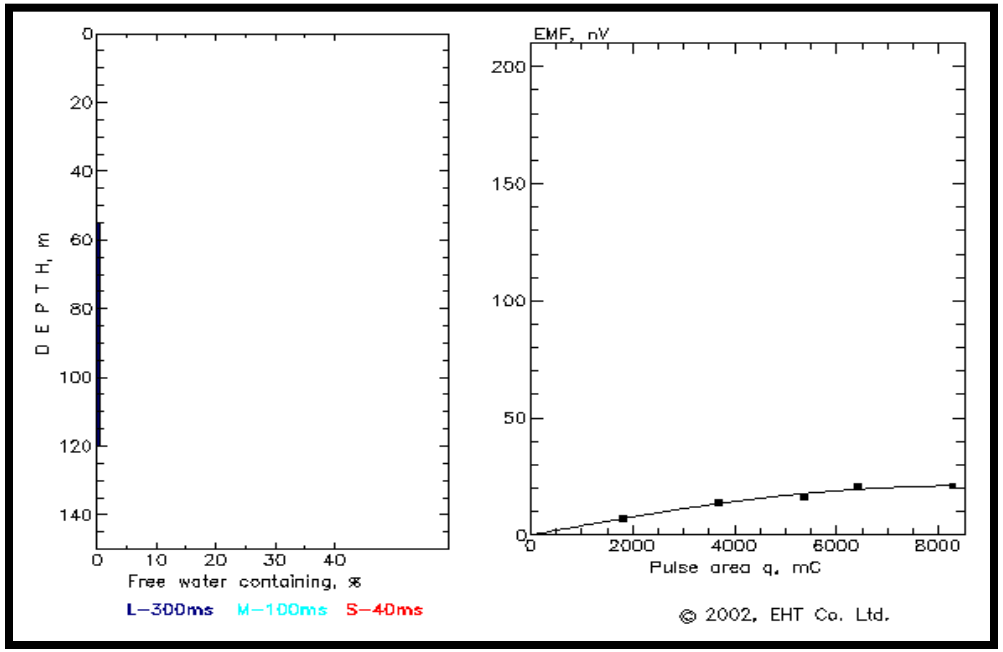
(Acuíferos intersticiales y muy deteriorados terrígeno-carbonatados en la zona de Stolbischensk.)

Histogramas RMN en Almería







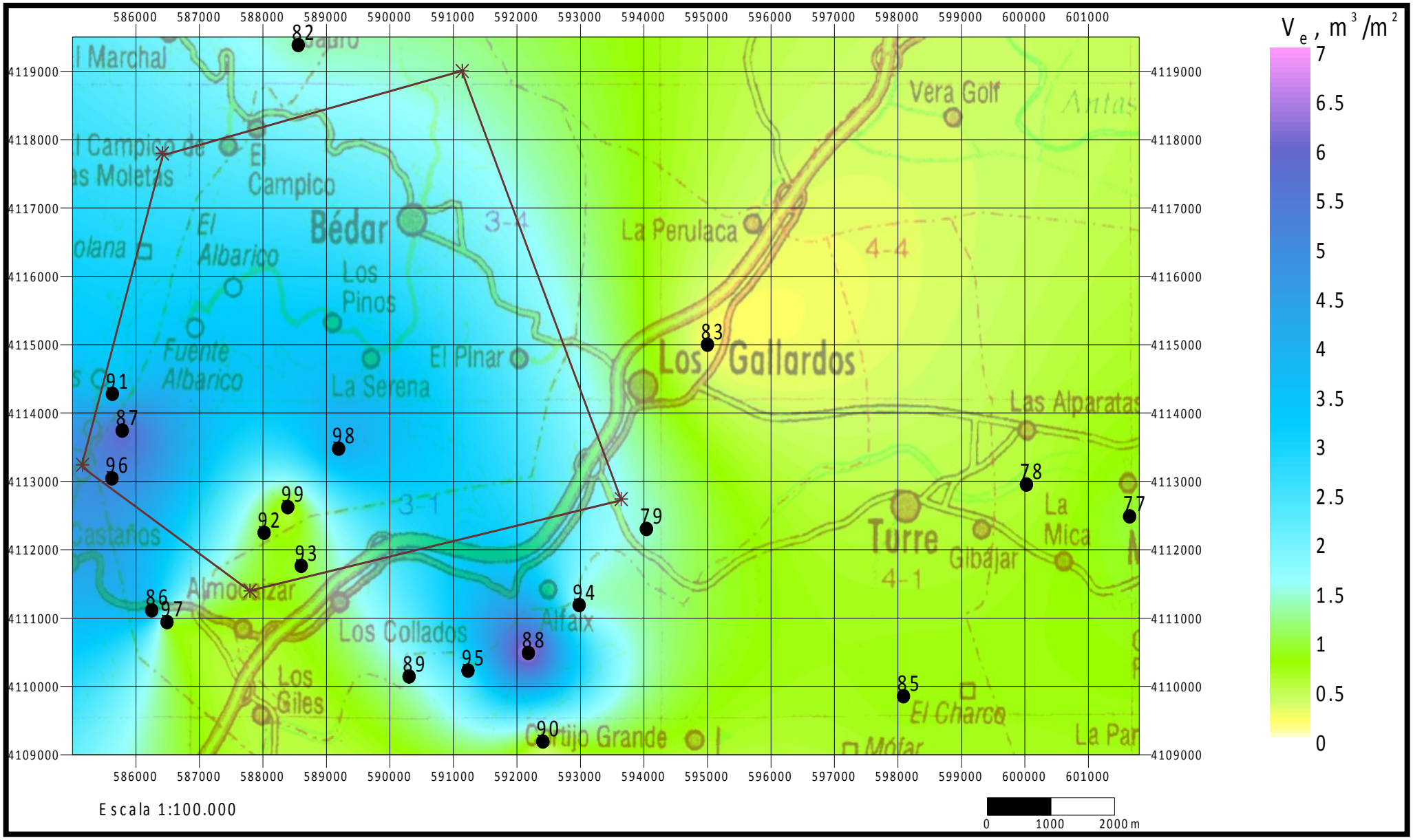


K (m^2/ día)	V (m^3/ m^2)	PROFUNDIDAD (m) de	hasta	POROSIDAD K	S	D	T	CONTENIDO DE AGUA EN % 0.....10.....20.....30.....40.....50%
2	0.01	0.0-	1.5	0.0	0.0	0.6	1.0	|X |
2	0.01	1.5-	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	| |
2	0.01	3.0-	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	| |
2	0.01	4.5-	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	| |
10	0.04	6.0-	7.5	0.0	0.0	2.0	2.0	|X |
10	0.04	7.5-	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	| |
19	0.07	9.0-	10.5	0.0	0.0	2.2	2.0	|X |
30	0.18	10.5-	12.0	0.8	1.5	5.0	7.0	|XXXX |
33	0.27	12.0-	13.5	0.0	5.7	0.0	6.0	|XXX |
37	0.30	13.5-	15.0	0.0	0.0	1.7	2.0	|X |
37	0.30	15.0-	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	| |
37	0.30	18.0-	21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	| |
37	0.30	21.0-	24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	| |
37	0.30	24.0-	27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	| |
41	1.05	27.0-	30.0	23.2	1.8	0.0	25.0	|XXXXXXXXXXXXXX |
41	1.05	30.0-	33.0	0.0	0.0	0.0	0.0	| |
41	1.05	33.0-	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	| |
41	1.05	36.0-	42.0	0.0	0.0	0.0	0.0	| |
42	1.29	42.0-	48.0	3.9	0.0	0.0	4.0	|XX |
43	1.53	48.0-	54.0	3.9	0.0	0.0	4.0	|XX |
50	1.65	54.0-	60.0	1.1	1.0	0.4	2.0	|X |
50	1.65	60.0-	69.0	0.0	0.0	0.0	0.0	| |
50	1.65	69.0-	81.0	0.0	0.0	0.0	0.0	| |
50	1.65	81.0-	93.0	0.0	0.0	0.0	0.0	| |
50	1.65	93.0-	111.0	0.0	0.0	0.0	0.0	| |
50	1.65	111.0-	207.0	0.0	0.0	0.0	0.0	|_____ |

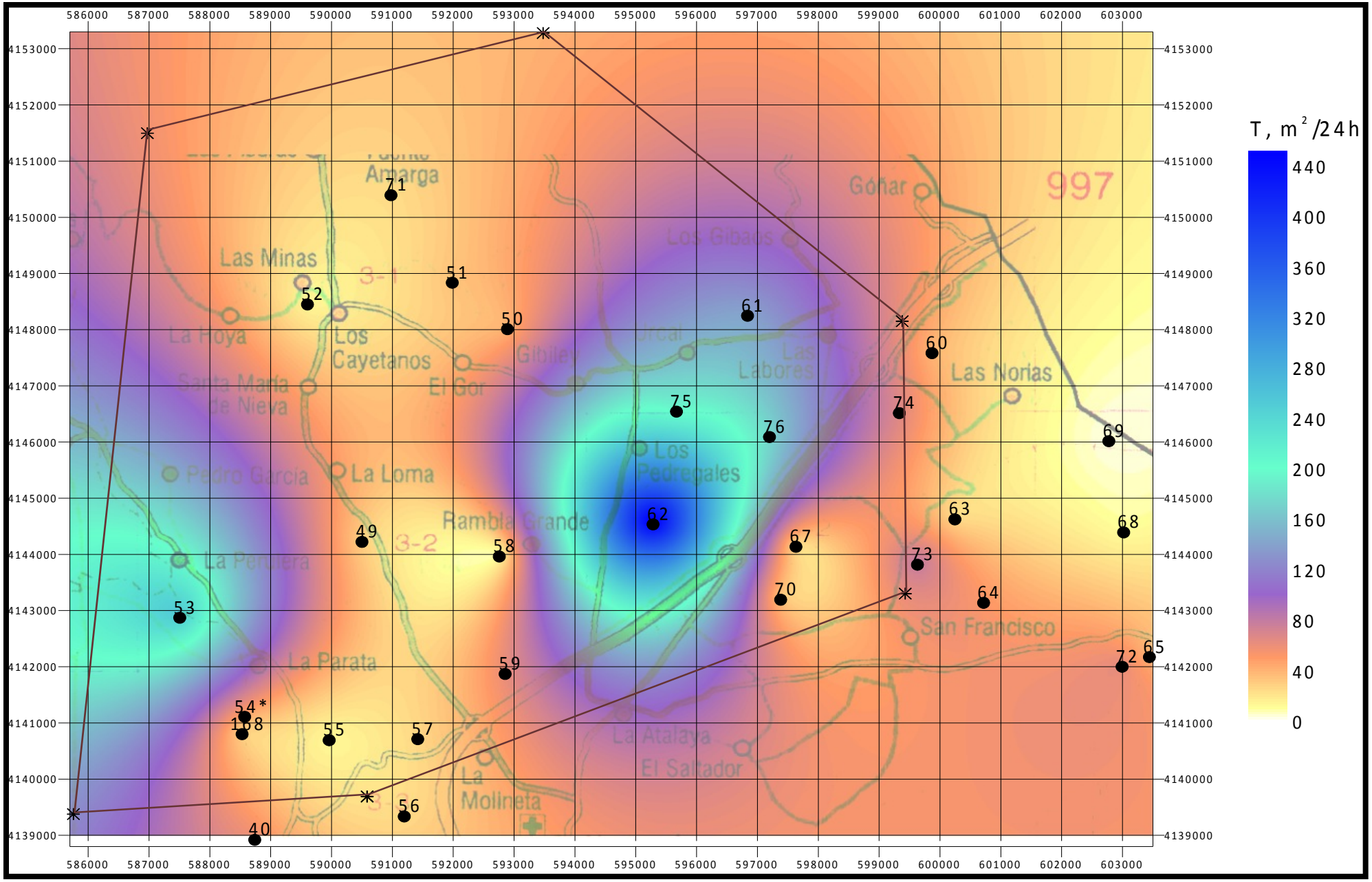
KM = Transmisividad ; V = almacenamiento

K = porosidad baja; S = porosidad media; D = porosidad alta; T = porosidad total

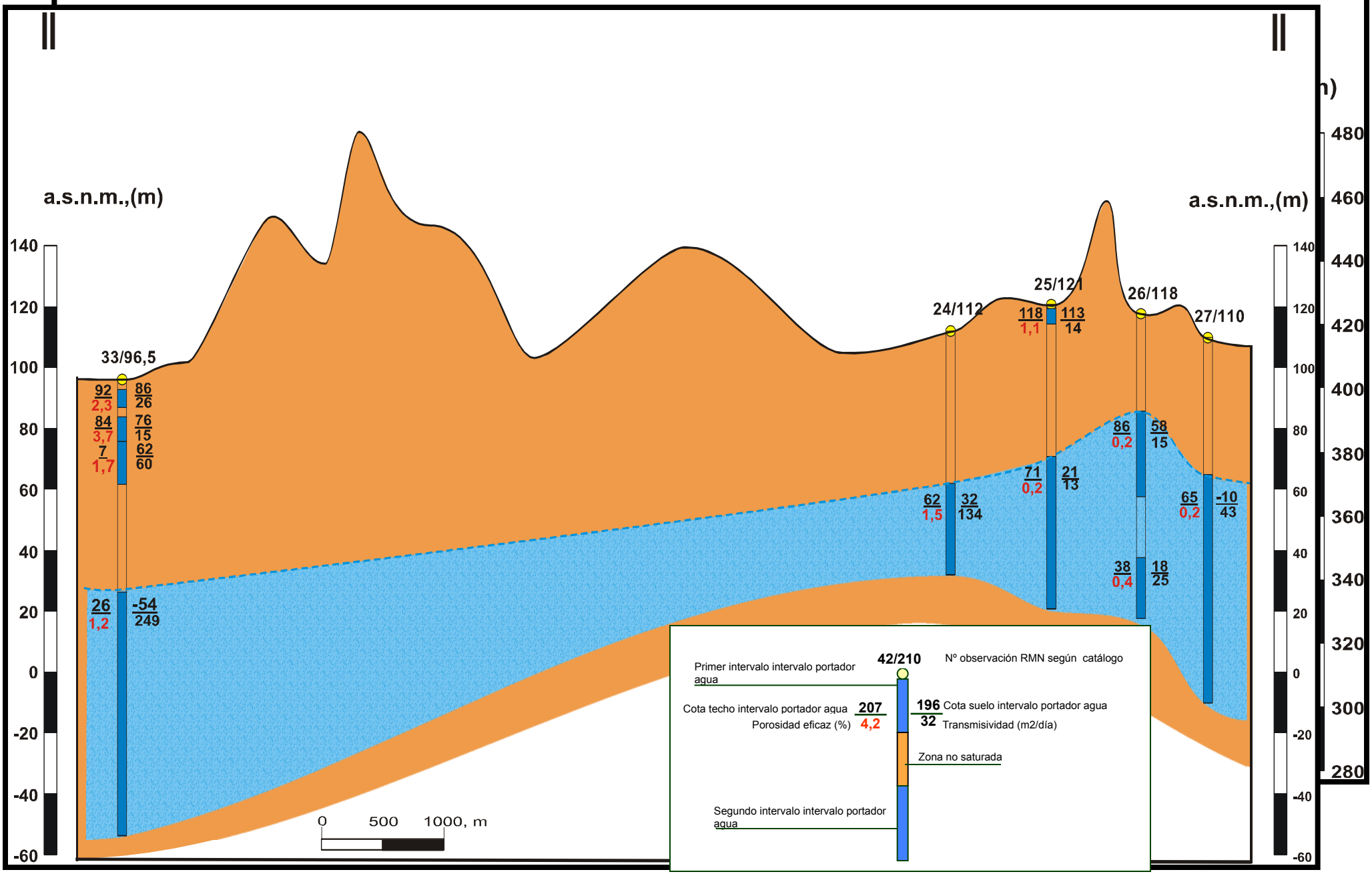
Contenido de agua en el total de la profundidad estudiada (Volumen específico (m^3/m^2)

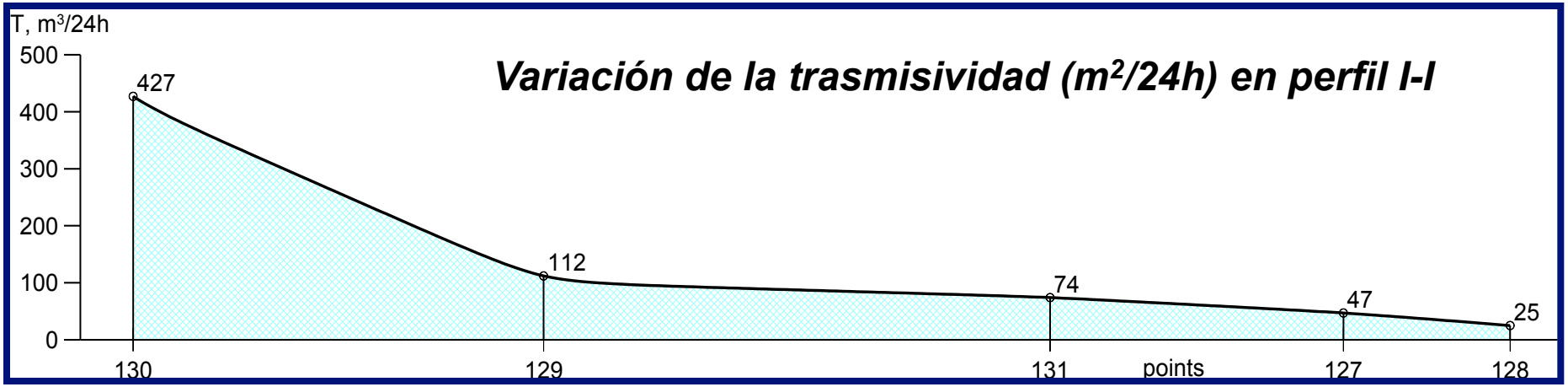


Transmisividad de la zona (m^2/día)

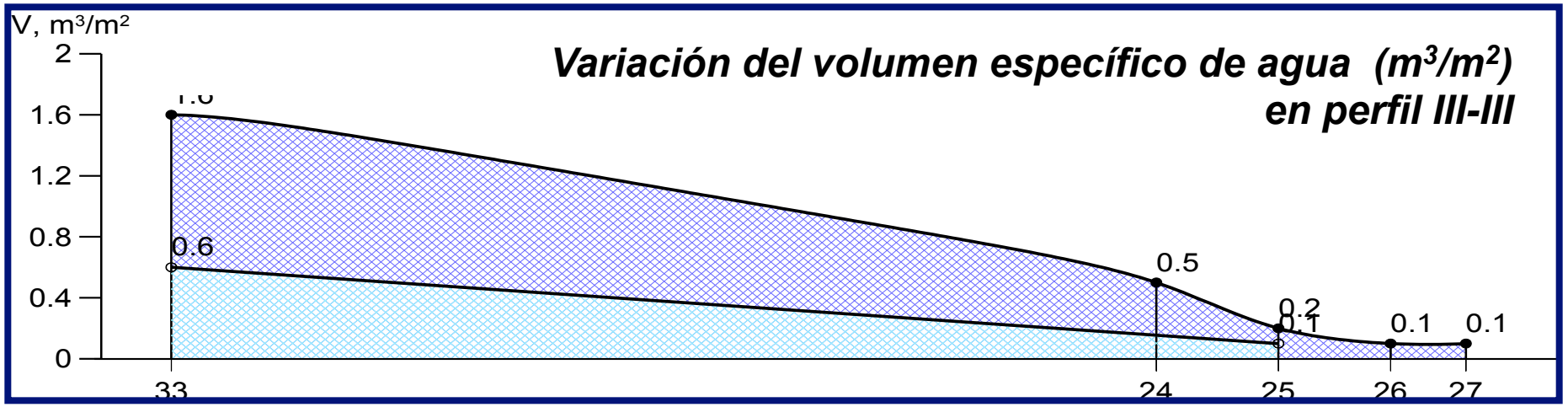


Perfil de contenido de agua





Variación de la trasmisividad (m^2/24h) en perfil I-I



Variación del volumen específico de agua (m^3/m^2) en perfil III-III

No se puede mostrar la imagen. Puede que su equipo no tenga suficiente memoria para abrir la imagen o que ésta esté dañada. Reinicie el equipo y, a continuación, abra el archivo de nuevo. Si sigue apareciendo la x roja, puede que tenga que borrar la imagen e insertarla de nuevo.

Variación de la porosidad eficaz (%) en perfil I-I

Especificaciones del equipo

Versión previa

Entrada: 1,6-2,6 kHz, 200 A, 2.000 V
Antena: 100 m diámetro.

Convertidor: 400 V, 0,1 F
Impulso: 15.000 A.s

Suministro energía:
Baterías 4x12 V
Peso: 250+200 kg

Nueva Versión

Entrada: 1,0-3,0 kHz, 500 A, 5.000 V
Antena: 20-250 m diámetro o doble circulo (8)
Convertidor: 2x400V, 2x0,1F
Impulso: >25.000 A.s

Suministro energía:
Baterías 4x12 V
Peso: 200kg+antena

THGSA