

INFORME TÉCNICO: NUEVAS ESTRATEGIAS DE EXPLORACIÓN GEOFÍSICA DE BAJO IMPACTO

1. Introducción y estado actual de la adquisición sísmica terrestre

Actualmente, varias empresas se especializan en la adquisición sísmica terrestre de bajo impacto ambiental, utilizando tecnologías miniaturizadas y sin cables (nodos autónomos) o métodos de medición pasivos. Estas innovaciones reducen significativamente la deforestación, el tráfico de vehículos pesados y las emisiones de carbono en el terreno.

Principales actores y tecnologías del sector

Fabricantes y proveedores de tecnologías nodales

- **STRYDE:** Líder del mercado en receptores sísmicos terrestres compactos. Sus sensores ("nodos") pesan tan solo 150 gramos. Permiten su despliegue completamente a pie, eliminando la necesidad de despejar terrenos.
- **Sercel (con LISS):** Sercel ha adquirido la empresa emergente Low Impact Seismic Sources (LISS). Esta comercializa la tecnología Tuned Pulse Source (TPS™), una fuente neumática de baja frecuencia que reduce el impacto acústico y ambiental en comparación con los métodos de impacto tradicionales.

Empresas de servicios y adquisiciones

- **Explor:** Una empresa de adquisición sísmica que utiliza tecnologías con un impacto ambiental prácticamente nulo. Prioriza los nodos portátiles y las fuentes de energía adecuadas para eliminar la necesidad de excavadoras.
- **TenzorGEO:** Especialista en sísmica pasiva de baja frecuencia (LFS). Su método no utiliza fuentes de energía activas (ni dinamita, ni camiones vibratorios). Simplemente escucha las vibraciones naturales de la Tierra, lo que hace que el impacto ambiental sea completamente neutro.
- **Oceania Geo:** Empresa de servicios geofísicos que ofrece estudios personalizados de bajo impacto. Combina fuentes de energía muy móviles y ligeras con receptores inalámbricos para proteger los ecosistemas.

2. Análisis comparativo: Sísmica pasiva frente a nodos activos ligeros

La elección entre la sísmica pasiva y los nodos activos ligeros depende principalmente de sus objetivos de imagen, presupuesto y restricciones del terreno.

Resumen de directrices

- La imagen sísmica pasiva destaca para el monitoreo ambiental continuo y la imagen profunda a bajo costo operacional, sin requerir una fuente artificial.
- Los nodos activos ligeros ofrecen una resolución de imagen significativamente mayor, imágenes dirigidas y alta productividad en el campo gracias a un despliegue rápido junto con una fuente vibratoria o explosiva.

Tabla comparativa sinóptica

Criterio	Sísmica Pasiva	Nodos Activos Ligeros
Fuente	Natural / Ambiental	Artificial (Vibrador/Dinamita)
Resolución	Baja a Media	Muy Alta
Logística de campo	Ligera (Entrada única)	Moderada (Nodos ligeros + Equipo de fuente)
Restricción regulatoria	Muy Baja	Alta (Permisos de disparo/vibración)
Duración de adquisición	Larga (Días a Meses)	Corta (Horas a Días)

3. Avance tecnológico: Acoplamiento de nodos sísmicos y RSS-NMR

La combinación de la adquisición sísmica por nodos (activos y pasivos) y la tecnología **RSS-NMR** (Remote Sensing Survey - Nuclear Magnetic Resonance) representa un avance clave para reducir los costos de la exploración minera, petrolera o hidrogeológica.

La sinergia geocientífica

- **[RSS-NMR]** —> Identificación directa de la naturaleza de los fluidos (Agua/Petróleo) = reducción máxima del riesgo de perforación seca.
- **[Sísmica por Nodos]** —> Cartografía 3D de estructuras geológicas y trampas, los "sweet spots".

Evitar un solo pozo innecesario ahorra millones de euros. *Nota: Ventaja operativa adicional de poder realizar esta fase inicial en modo discreto ("Spy"), sin necesidad inmediata de una licencia de exploración masiva.*

4. Estrategias de exploración y toma de decisiones

- **Opción A (Enfoque secuencial tradicional):** Fase 1: Despliegue de nodos pasivos a gran escala (12 a 24 meses con permisos). Fase 2: Aplicación de RSS-NMR solo en las anomalías. Fase 3: Nodos activos en la zona final.
- **Opción B (Enfoque optimizado 'Sweet Spots' - Recomendado):** Fase 1: Despliegue de RSS-NMR en el 100% del bloque sin necesidad inicial de permisos complejos para localizar áreas de interés. Fase 2: Uso de nodos activos restringido exclusivamente a los sweet spots para guiar la perforación precisa. Ahorro de 12 a 18 meses en el cronograma global.

5. Cronograma comparativo de las campañas

Sinergia: RSS-NMR + Nodos Activos

Operaciones	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
1. Permisos y EIA	X	X	X	X	X	X						
2. Adquisición RSS-NMR				X	X	X						
3. Análisis y Objetivos NMR					X	X						
4. Despliegue de Nodos							X	X	X	X		
5. Adquisición Sísmica								X	X	X		
6. Recuperación y QA/QC									X	X		
7. Procesamiento e Inversión										X	X	X

6. Catálogo de tecnologías de fuentes sísmicas ligeras

- **Minivibradores sobre orugas (ej: EnviroVibe):** Peso de 1,5 a 5 toneladas. Bajo impacto en el suelo, ideal hasta 1500-2000 metros.
- **Vibradores electromagnéticos portátiles:** Menos de 100 kg. Transportable a lomo de hombre, ideal para zonas ultrasensibles.
- **Peso de caída acelerada (AWT):** 200 a 500 kg acoplado a un quad. Investigación hasta 1000 metros.
- **Interferometría de ruido ambiental (ANT):** Uso exclusivo del ruido natural de la Tierra. Impacto y coste de la fuente absolutamente nulos.

7. Compromiso eco-responsable e impacto regulatorio

Técnica / Fuente	Huella de Carbono	Destrucción de Plantas	Puntuación Ecológica
Sísmica pasiva (ANT)	Ultrabajo	Ninguno	10/10
Vibrador electromagnético	Muy bajo	Ninguno	9/10
Peso de caída (Cuádruple)	Débil	Ninguno	8/10
Sísmica explosiva tradicional	Fuerte	Masivo	1/10

RSS NMR — THE SIMPLE WAY OF EXPLORATION

GEO-NMR.NET | Exploration by satellite

Michel L. Friedman-Matarese

Mobile / WhatsApp: +591-71696657 | Email: michel@geo-nmr.net

In Charge: Africa & Américas | Base: Bolivia, Santa Cruz