



# Monitorización y gestión segura de los almacenamientos geológicos de CO<sub>2</sub>

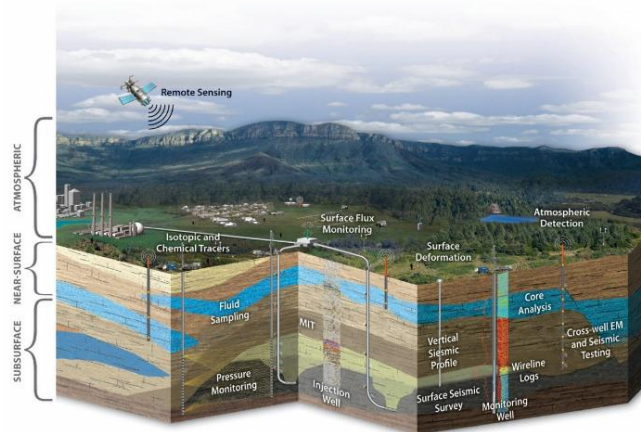
**David Ramos**

Geological Low Carbon Solutions Director

Repsol

## Gestión Segura del Almacenamiento

### MMV Definición, Objetivos y Principios



¿Qué es un Plan MMV (Monitoring, Measurement, Verification)?

Las 3C's / Principios MMV

MMV y la Gestión de Riesgos

MMV y las Fases del Proyecto

### MMV Ejecución



Ámbito de Aplicación del Plan MMV

Tecnologías MMV

Regulación MMV

Conclusiones



# Gestión Segura del Almacenamiento

¿Es el almacenamiento seguro? ¿Se darán filtraciones/fugas? ¿Qué sucede si se dan filtraciones/fugas?

**El Almacenamiento es Seguro por Diseño; es una Tecnología Probada basada en 4 principios**

1. Caracterización del Emplazamiento

2. Análisis de Riesgos

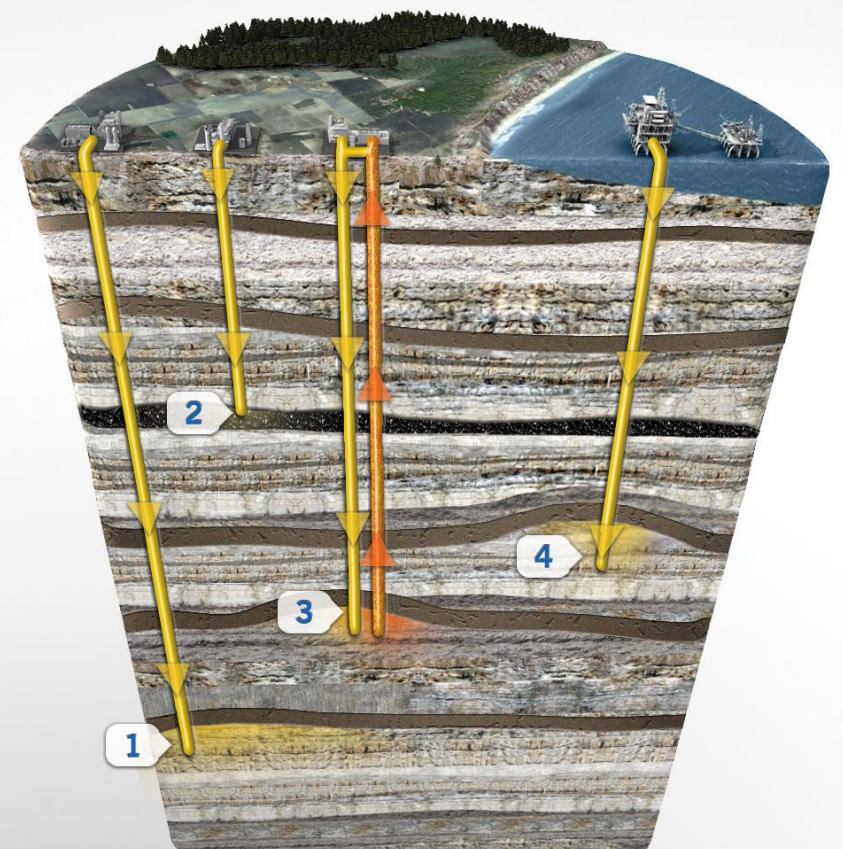
3. Diseño del Proyecto

4. Plan de Monitoreo

## STORAGE OVERVIEW

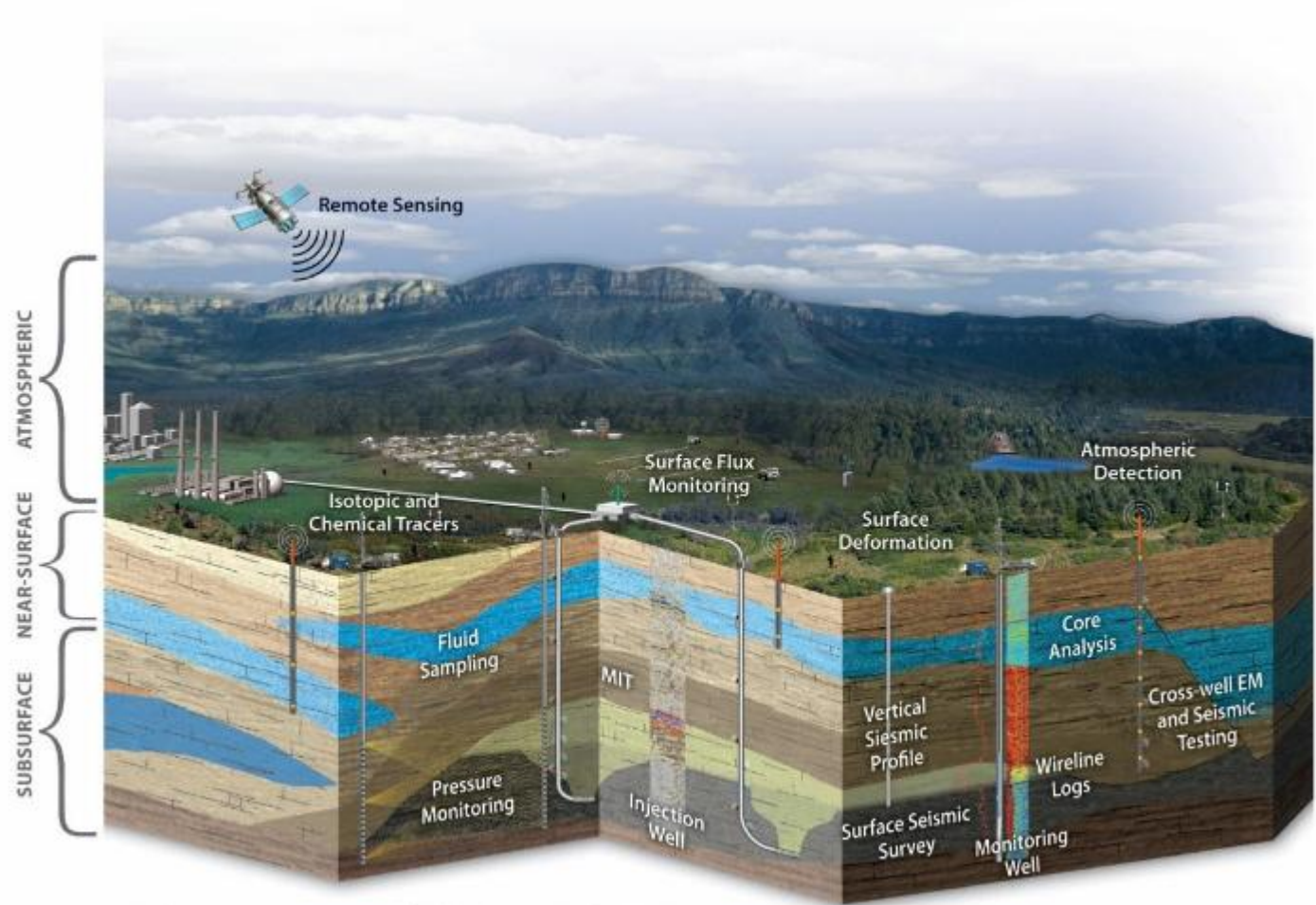
### SITE OPTIONS

- 1 Saline formations
- 2 Injection into deep unmineable coal seams or ECBM
- 3 Use of CO<sub>2</sub> in enhanced oil recovery
- 4 Depleted oil and gas reservoirs



# MMV

## Definición, Objetivos y Principios



Background Image Courtesy of Schlumberger Carbon Services



# ¿Qué es un Plan MMV?

## MMV: **M**onitoring (**M**onitoreo), **M**easurement (**M**edición) y **V**erification (**V**erificación)

### Definición

- El **Monitoreo** y la **Medición** son **actividades de vigilancia** necesarias para garantizar la operación segura y confiable
- La **Verificación** se refiere a la **comparación del rendimiento medido y el previsto, Conformidad**

### Propósito

- ✓ **Abordar los posibles riesgos** para la salud, la seguridad y el medio ambiente
- ✓ **Evaluar el desempeño** del secuestro
- ✓ **Ofrecer evidencias y garantías (Confianza)** de que el sitio es adecuado para el almacenamiento del CO<sub>2</sub> y su posterior **preservación durante y después** de la explotación del activo (**Contención**)

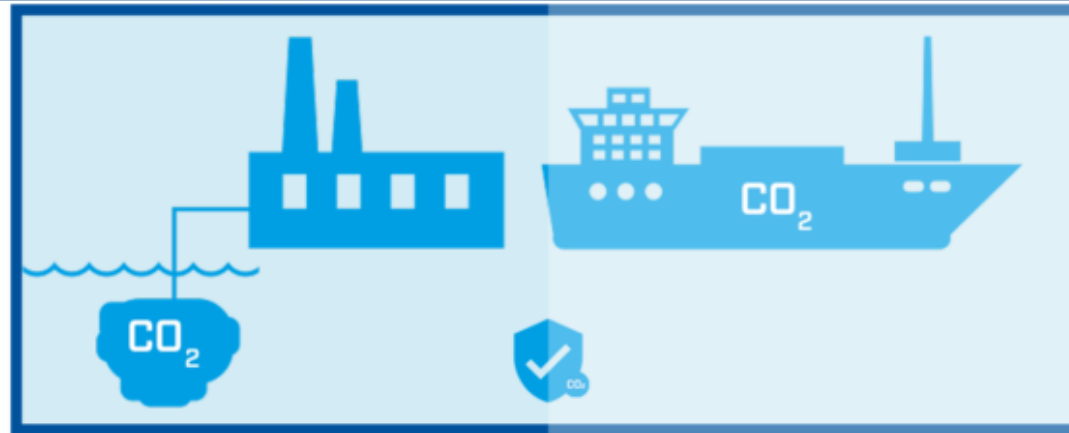
# Las 3C's

Garantizar la Contención

Garantizar la Conformidad

Generar Confianza

*Transición de consideraciones ambientales a económicas*



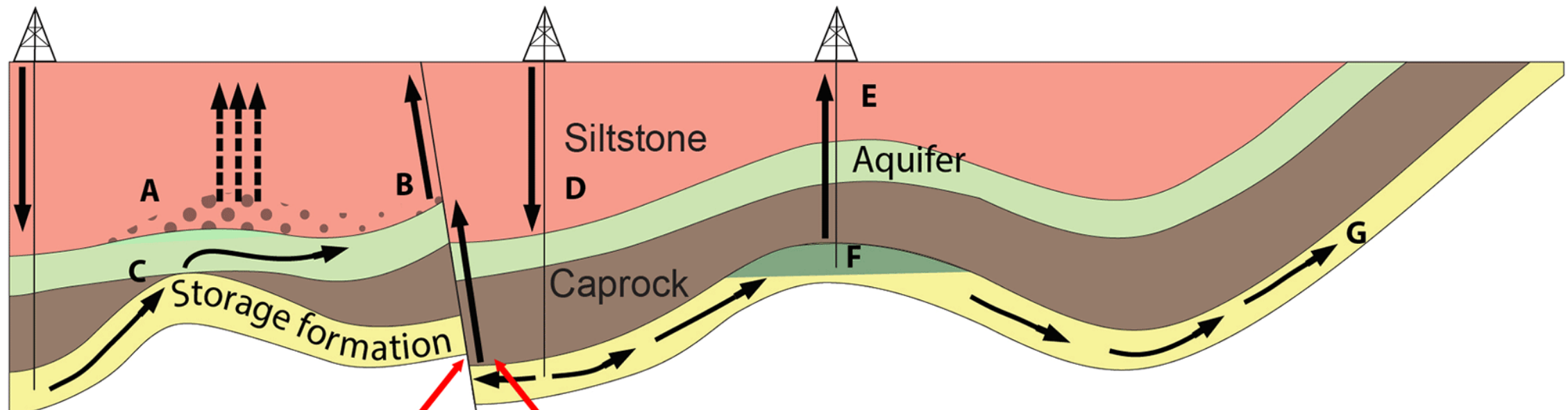
# Principios de los Planes MMV

## Principios

- ✓ **Cumplimiento normativo, transparencia**
- ✓ **Específicos** para cada emplazamiento y proyecto
- ✓ Basado en el **análisis de riesgos**
- ✓ **Adaptativo**, a través de sucesivas etapas del proyecto
- ✓ Monitoreo de la **geosfera, hidrosfera, biosfera, y atmósfera**
- ✓ Proporcionar una **advertencia oportuna** de anomalías de contención y conformidad
- ✓ Aplicación de las **mejores tecnologías** disponibles **económicamente viables**
- ✓ **Recopilación de suficientes datos** para la consecución de las **3 C's**

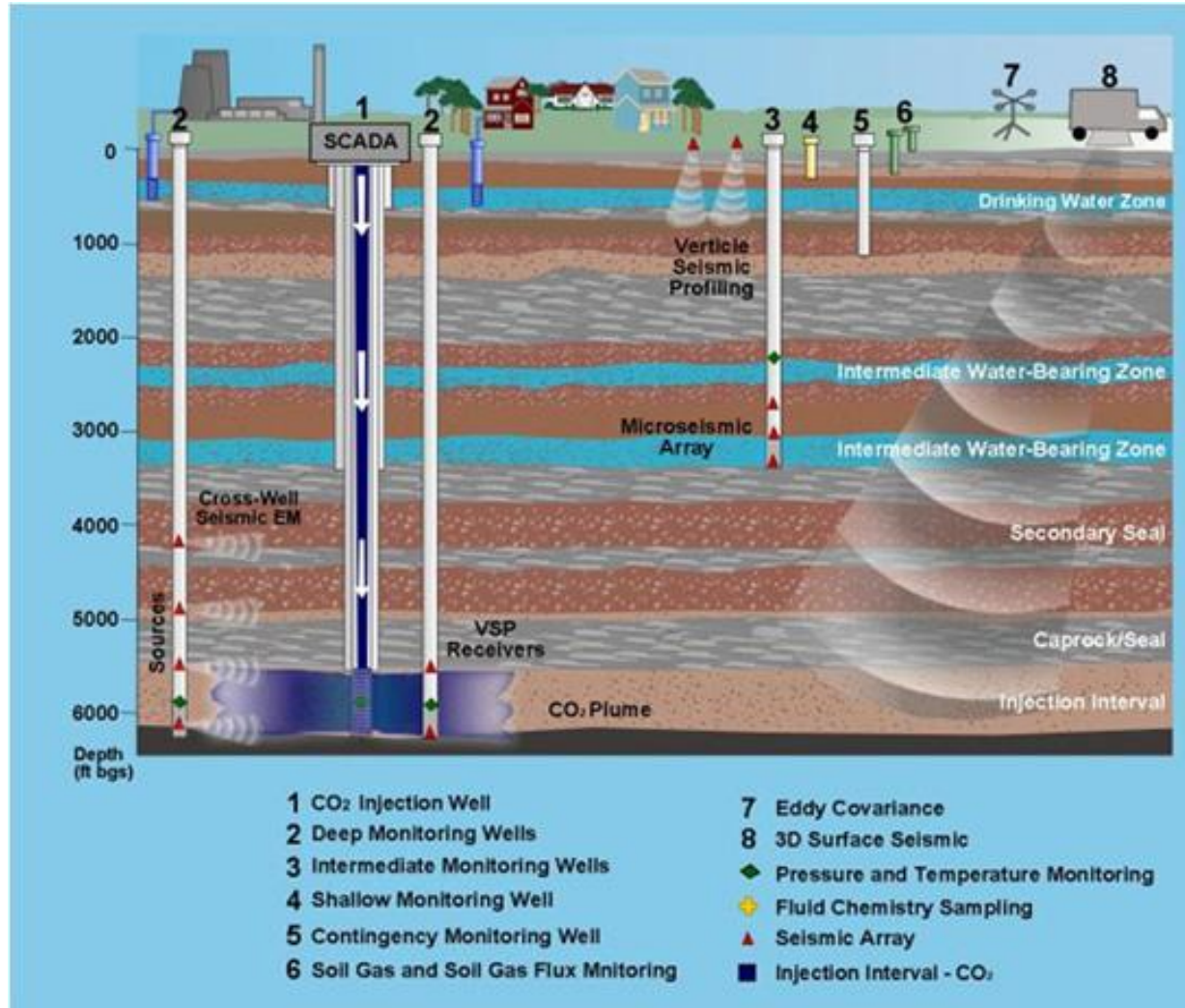
- ✓ **Integridad** elemento de contención y análisis de zonas potenciales de fuga

Asuntos de Interés  
**Contención**





# MMV Asuntos de Especial Interés

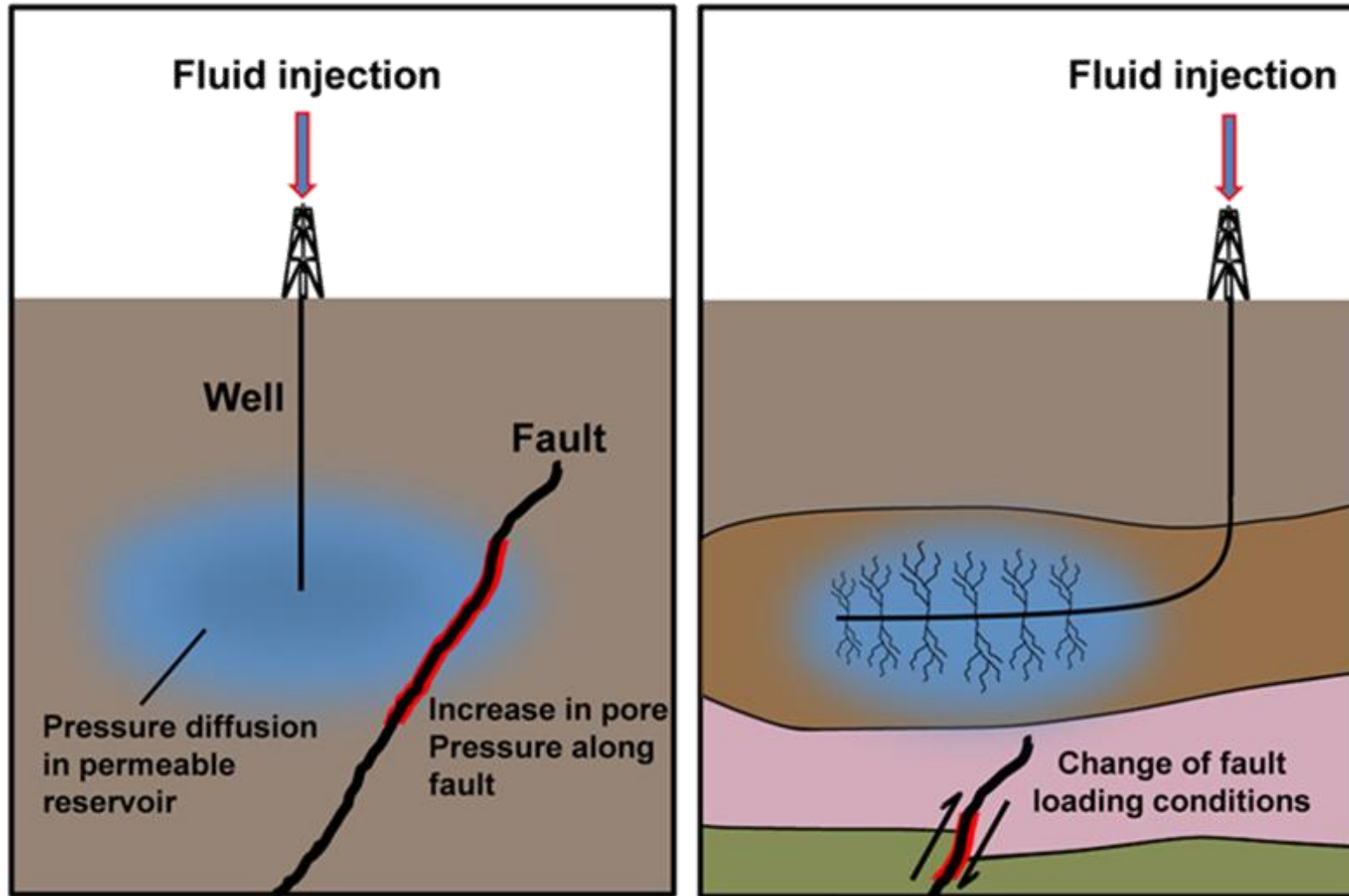


Modificado de FutureGen Alliance

## Asuntos de Interés *Acuíferos*

- ✓ **Preservación** y no contaminación de acuíferos
- ✓ Regímenes regionales de flujo/presión/química de las **aguas subterráneas**

# MMV Asuntos de Especial Interés

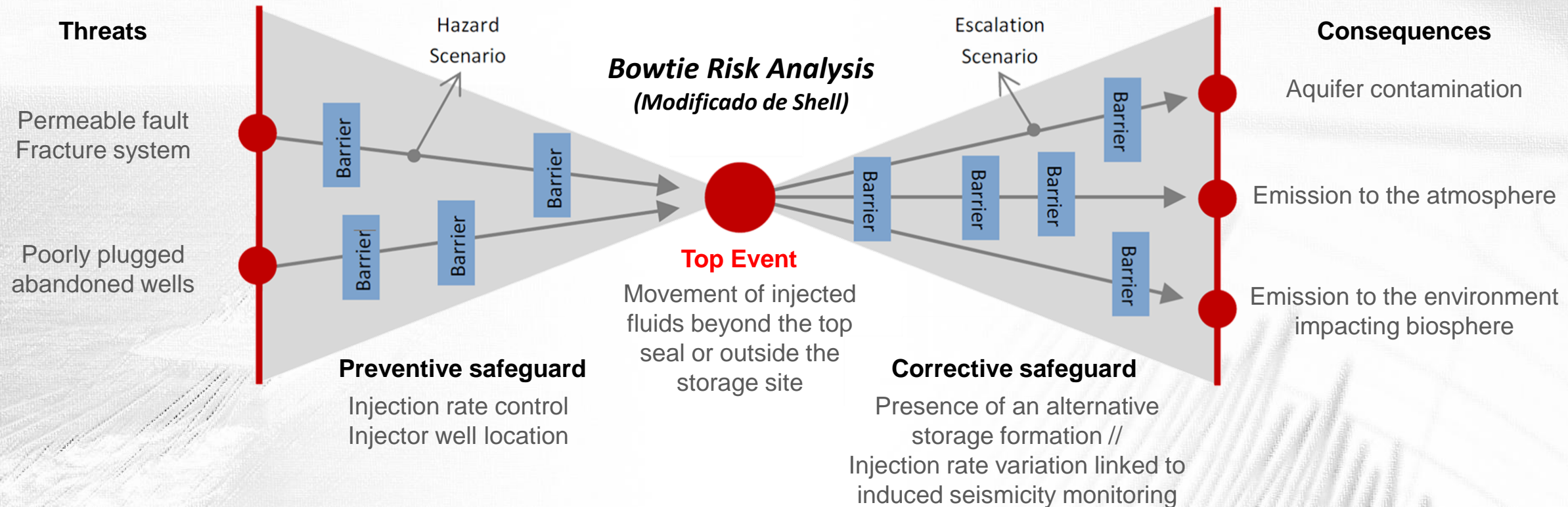


Asuntos de Interés  
*Sismicidad*

- ✓ **Sismicidad**, tanto natural como inducida/disparada

# MMV y la Gestión de Riesgos

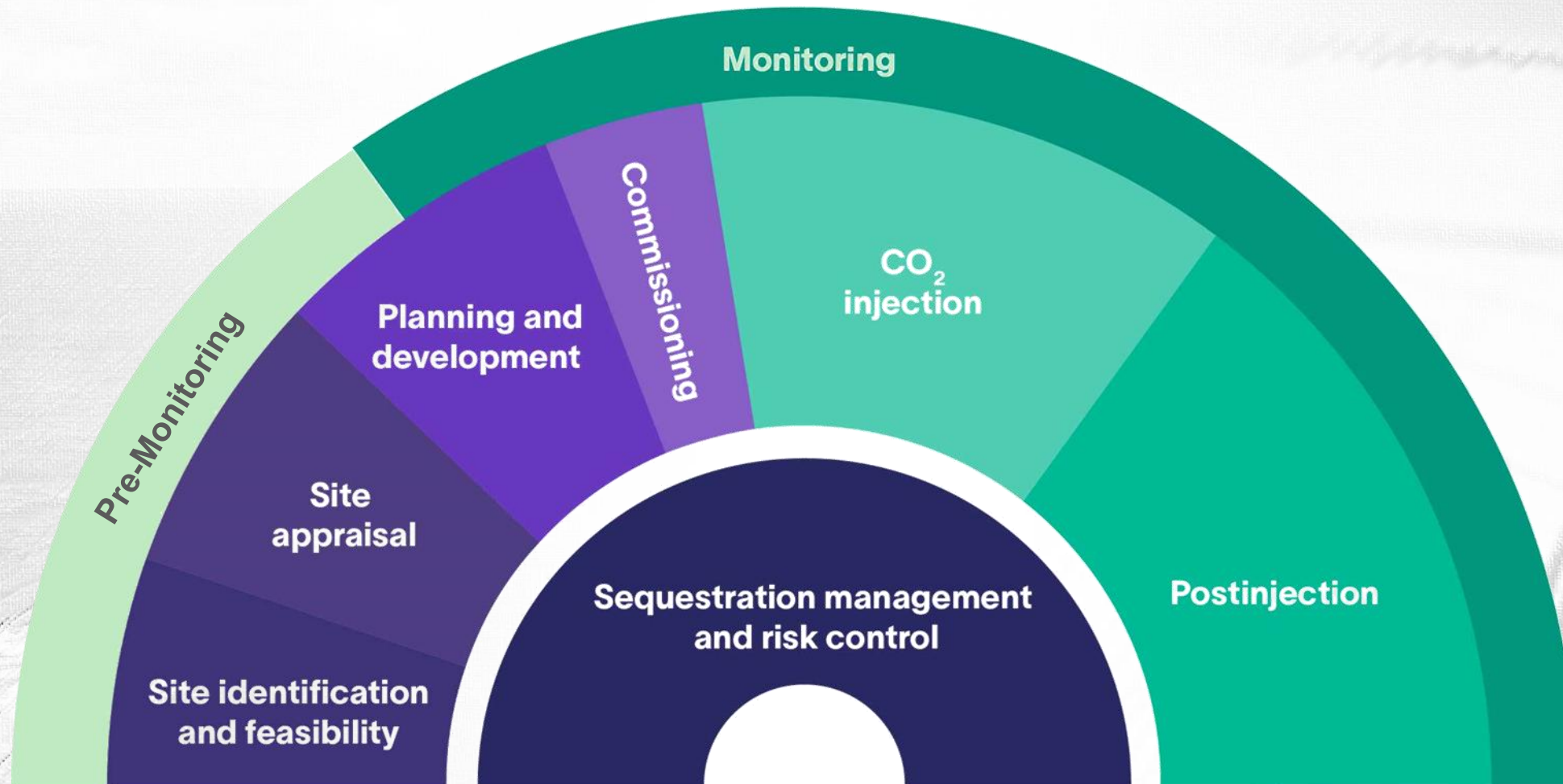
El Análisis de Riesgos determina lo que se debe **monitor**ear



El **Plan de Gestión de Riesgos** contiene las **actividades de identificación, evaluación y gestión de riesgos**, y permite que se cumplan los **requisitos regulatorios**

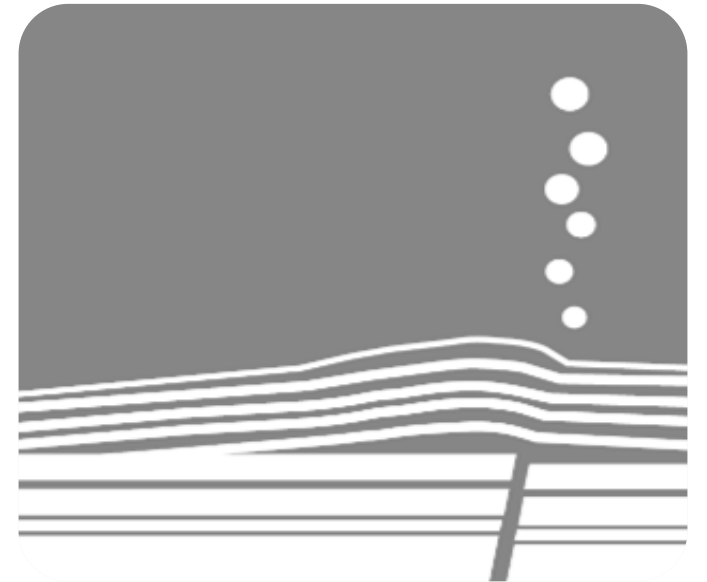
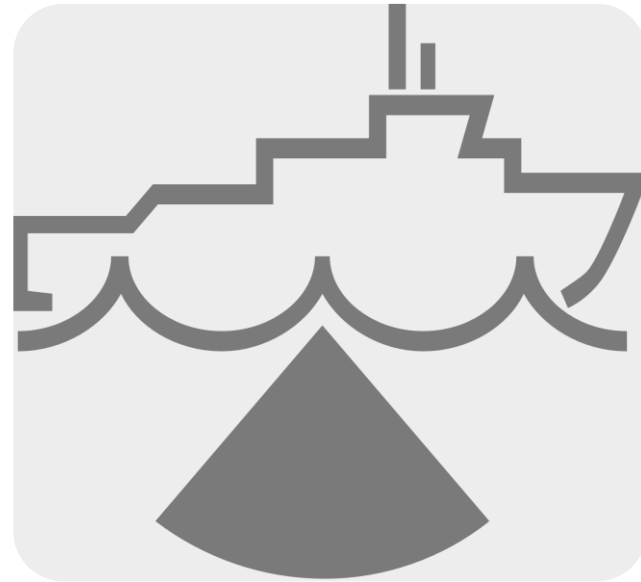


# MMV y las Fases del Proyecto



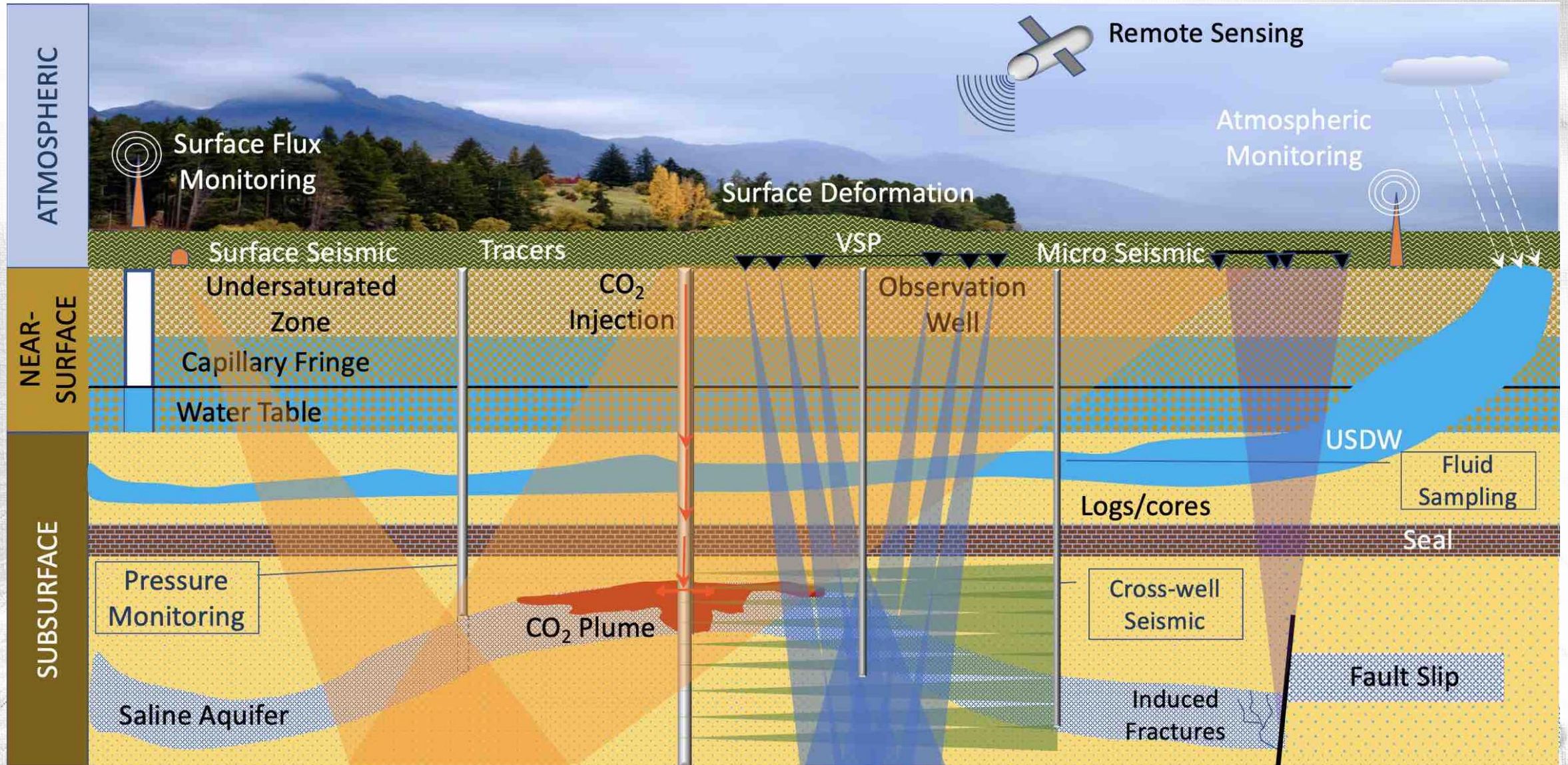
*Modificado de SLB*

# MMV Ejecución





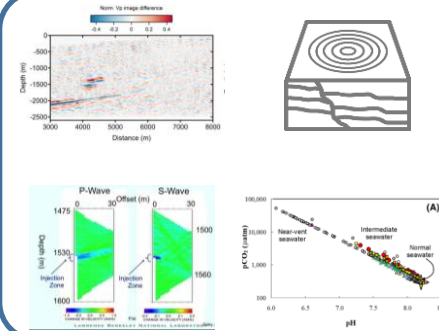
# Ámbitos de Aplicación MMV





# Tecnologías MMV – Ejemplo Offshore

**Monitoreo Avance Pluma CO<sub>2</sub>  
Caracterización del Reservorio**



Time-lapse Seismic

Time-lapse Gravity / Subsidence Studies

Vertical Seismic Profiling

Cross-Well Seismic

Time-lapse EM

Electrical Resistance Tomography (ERT)  
Cross-Well Resistivity

Other Geochemical

**Detección Fugas CO<sub>2</sub>  
Caracterización Fondo Oceánico  
Shallow Hazards**



Multi Beam Echo Sounder

Side Scan Sonar

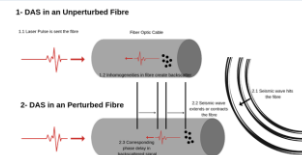
Sub Bottom Profiler / HR2D

Acoustic Doppler Current Profiler

Site Surveys (Injection Wells)

Piston Cores / Other Geochemical

**Monitoreo Sismicidad**



Sismómetros (línea base regional)

DAS (Fibra Óptica)

OBS

# Tecnologías MMV – Avance pluma CO<sub>2</sub>

Time-Lapse seismic

Time-Lapse Gravity / Subsidence Studies

Time-Lapse EM

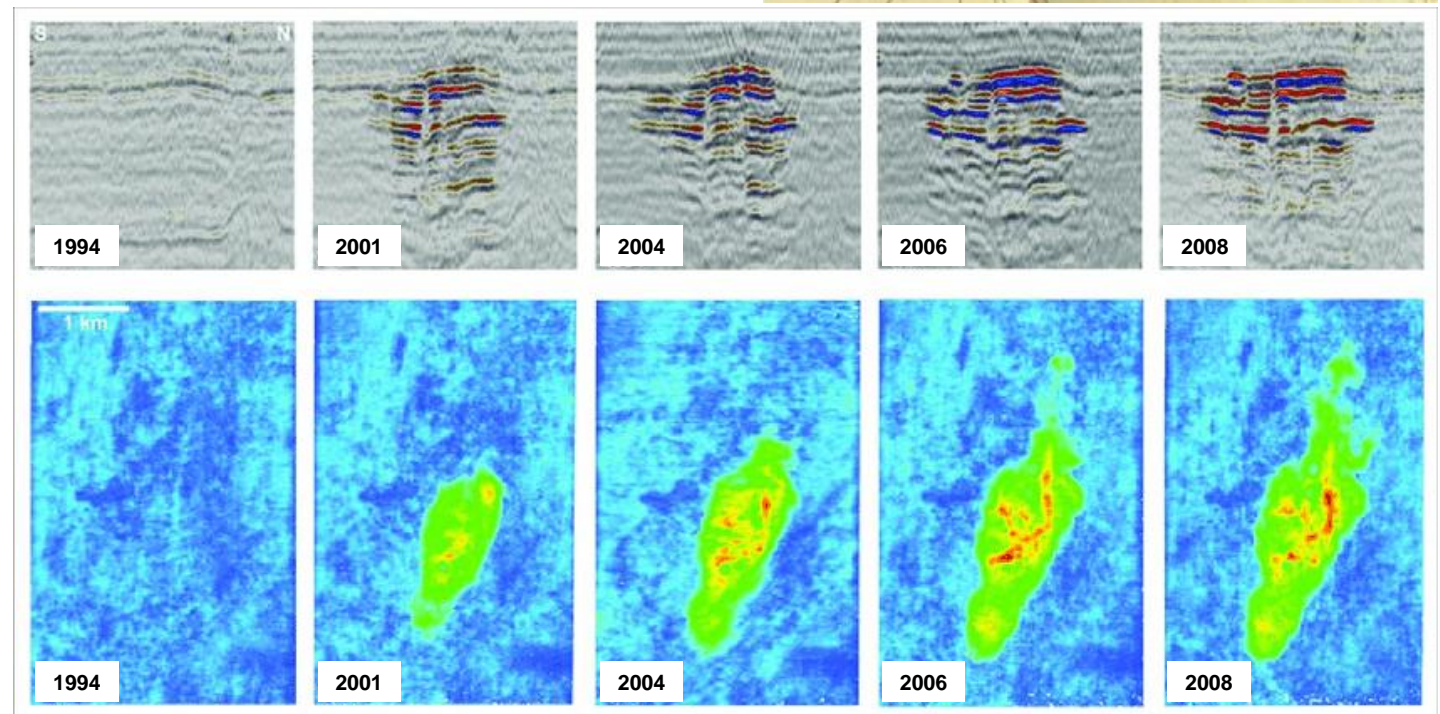
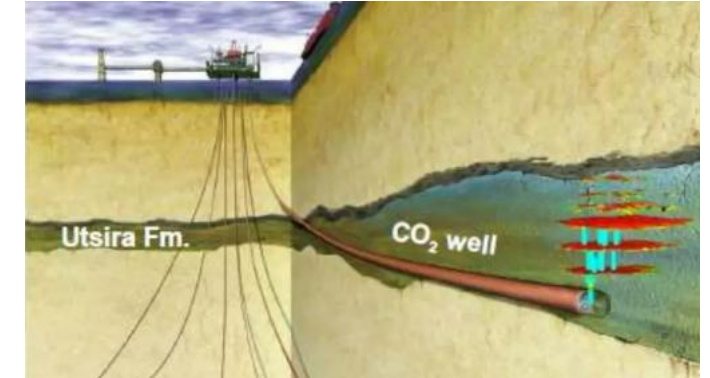
Time-Lapse Vertical Seismic Profiling

Cross-Well Seismic

Electrical resistance tomography (ERT)  
Cross-well resistivity

Other Geochemical

Monitoreo sísmico para rastrear la migración de la pluma, demostrar la contención dentro del reservorio de almacenamiento y proporcionar información cuantitativa





# Tecnologías MMV – Avance pluma CO<sub>2</sub>

Time-Lapse seismic

Time-Lapse Gravity / Subsidence Studies

Time-Lapse EM

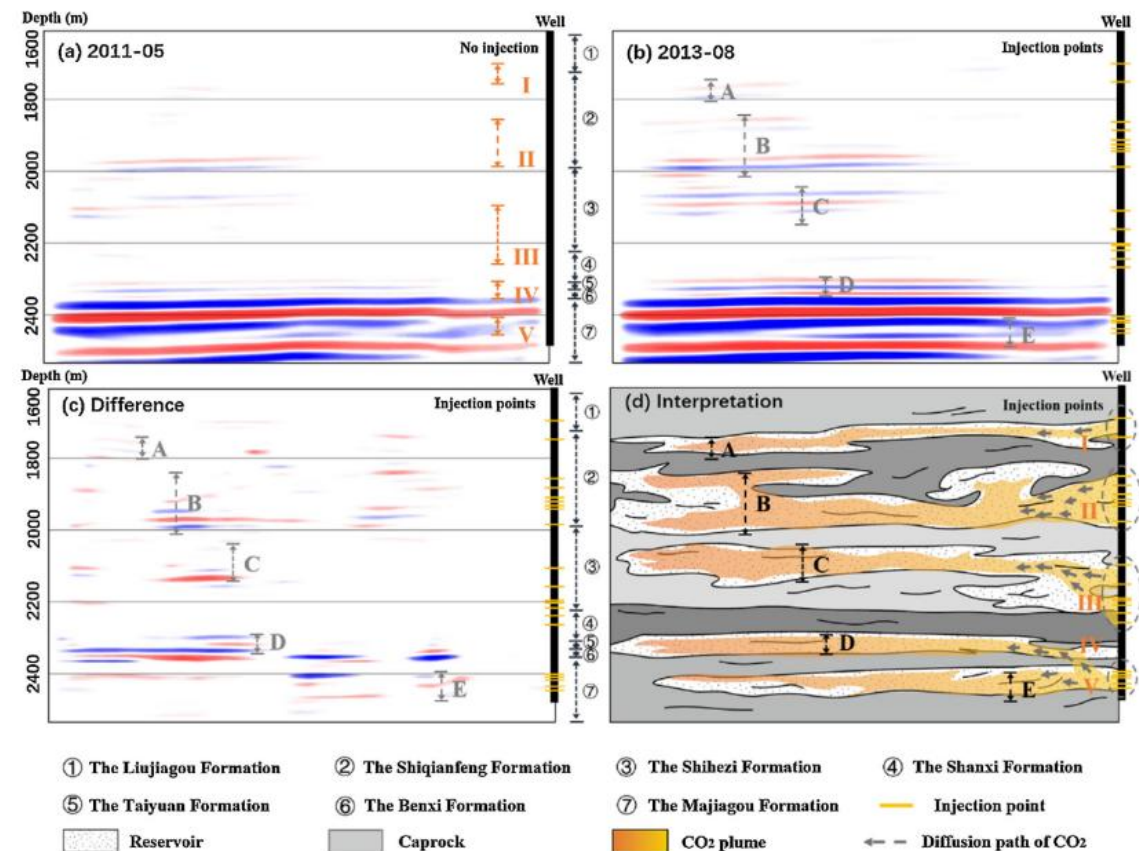
Time-Lapse Vertical Seismic Profiling

Cross-Well Seismic

Electrical resistance tomography (ERT)  
Cross-well resistivity

Other Geochemical

Monitoreo sísmico que proporciona imágenes de alta resolución cercanas al pozo del avance del CO<sub>2</sub>





# Tecnologías MMV – Fondo oceánico, fugas CO<sub>2</sub>

Multi Beam Echo Sounder

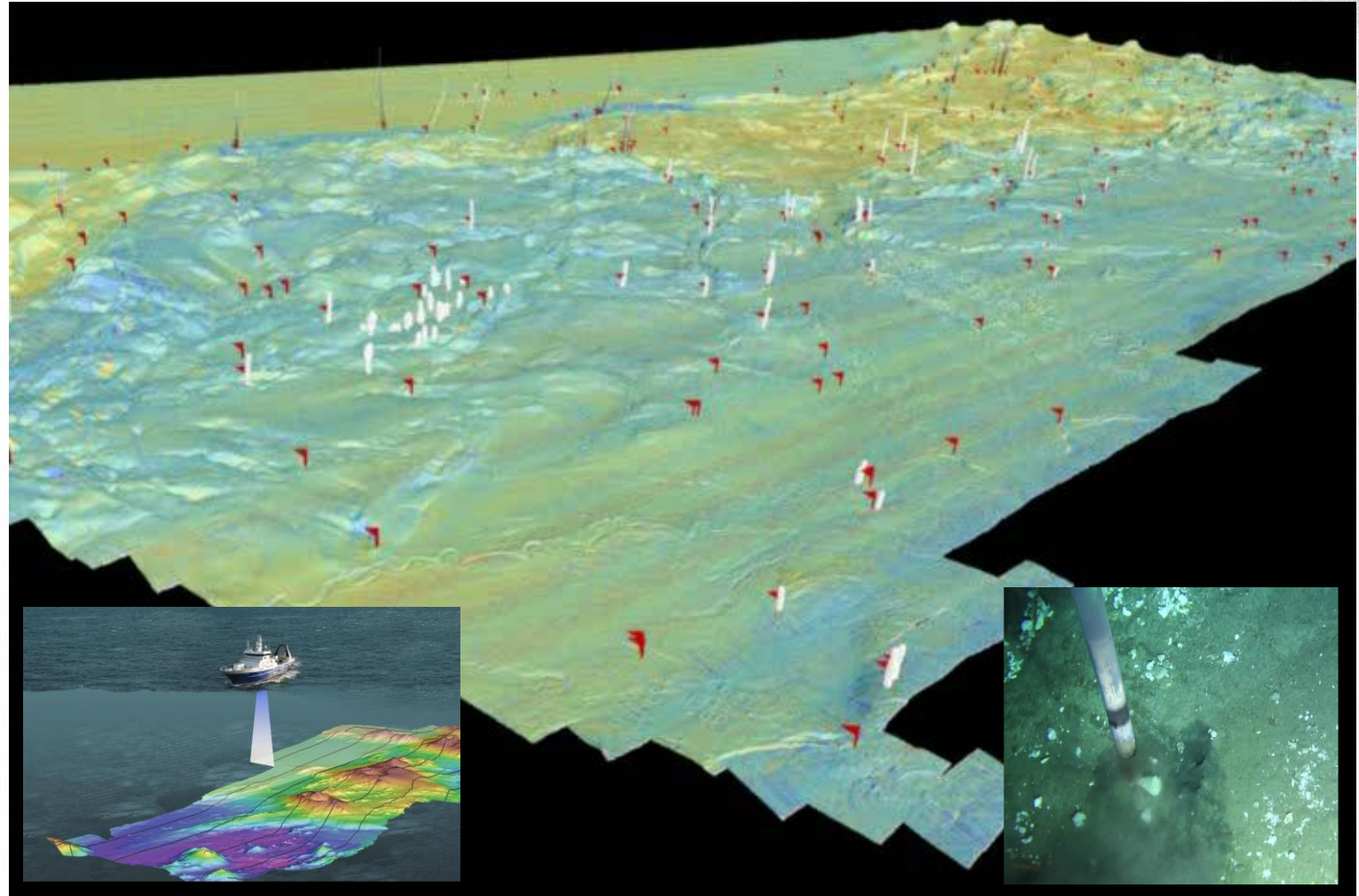
Side Scan Sonar

Acoustic Doppler Current Profiler

Sub Bottom Profiler / HR2D

Site Surveys (Injection Wells)

Piston Cores / Other Geochemical



# Monitoreo Sismicidad Inducida

**Step 1:** Preliminary Seismic Risk Screening Evaluation

**Step 2:** Outreach and Communication

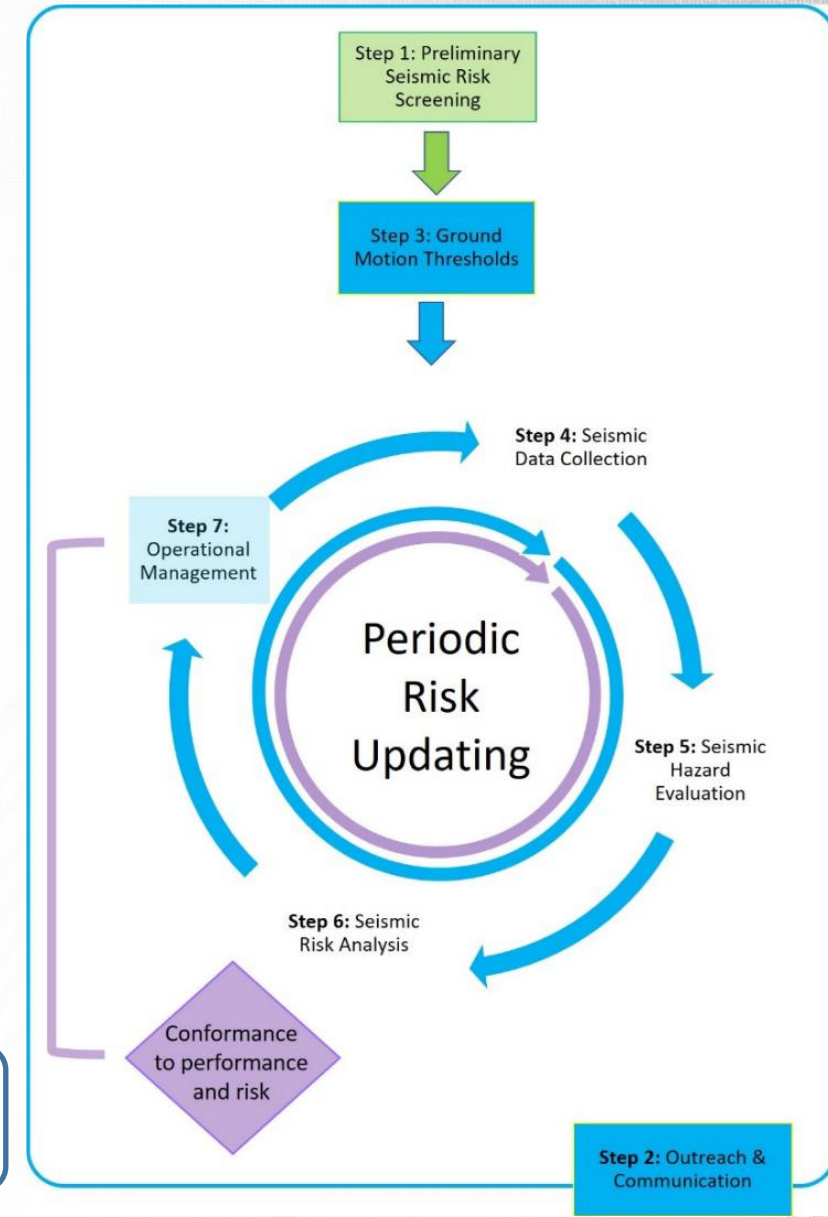
**Step 3:** Ground Motion Thresholds

**Step 4:** Collection of Seismicity Data

**Step 5:** Hazard Evaluation of Natural and Induced Seismic Events

**Step 6:** Risk-Informed Decision Analysis

**Step 7:** Operational Management of Induced Seismicity Risks







# Regulación MMV



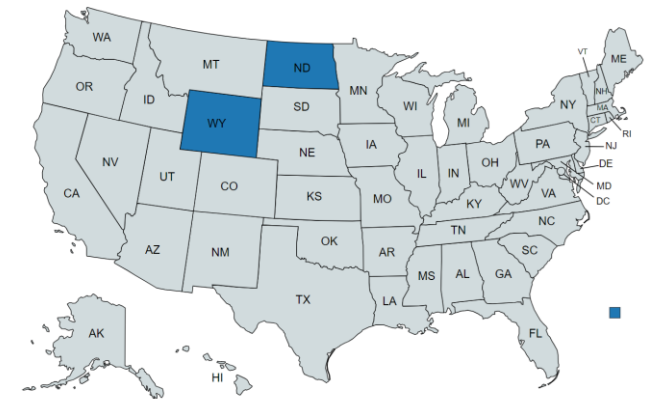
- ✓ **EU Climate Action**, Iniciativa CCS: Documentos guía (**GD2**) incluyen referencias a MMV
- ✓ Cada país desarrollará su **propia regulación** siguiendo las pautas europeas



- ✓ Desarrollo continuo de recomendaciones prácticas MMV (**Informe 652**)



- ✓ **EPA**: Permisos **Clase VI** de pozos inyectores de CO<sub>2</sub> incluyen planes MMV
- ✓ **Wyoming y N. Dakota** cuentan con “primacy”, autoridad delegada





# Conclusiones

- ✓ El Almacenamiento es **seguro por diseño**; es una **tecnología probada**
- ✓ Los planes MMV deben garantizar la **Contención**, garantizar la **Conformidad**, y generar **Confianza (3C's)**
- ✓ Los planes MMV parten del **análisis de riesgos**
- ✓ Los planes MMV se basan en una **combinación de aplicaciones tecnológicas**
- ✓ Los planes MMV incorporan las **mejores prácticas** en la industria (por ejemplo, en el monitoreo de la sismicidad inducida)
- ✓ Los planes MMV **evolucionan** con las diferentes fases del proyecto
- ✓ Los planes MMV responden a los **requerimientos regulatorios**

