

**EXPLOTACIONES MINERAS DE Saelices el Chico
ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN MINERA Y
DESMANTELAMIENTO DE FÁBRICAS DE
CONCENTRADOS**

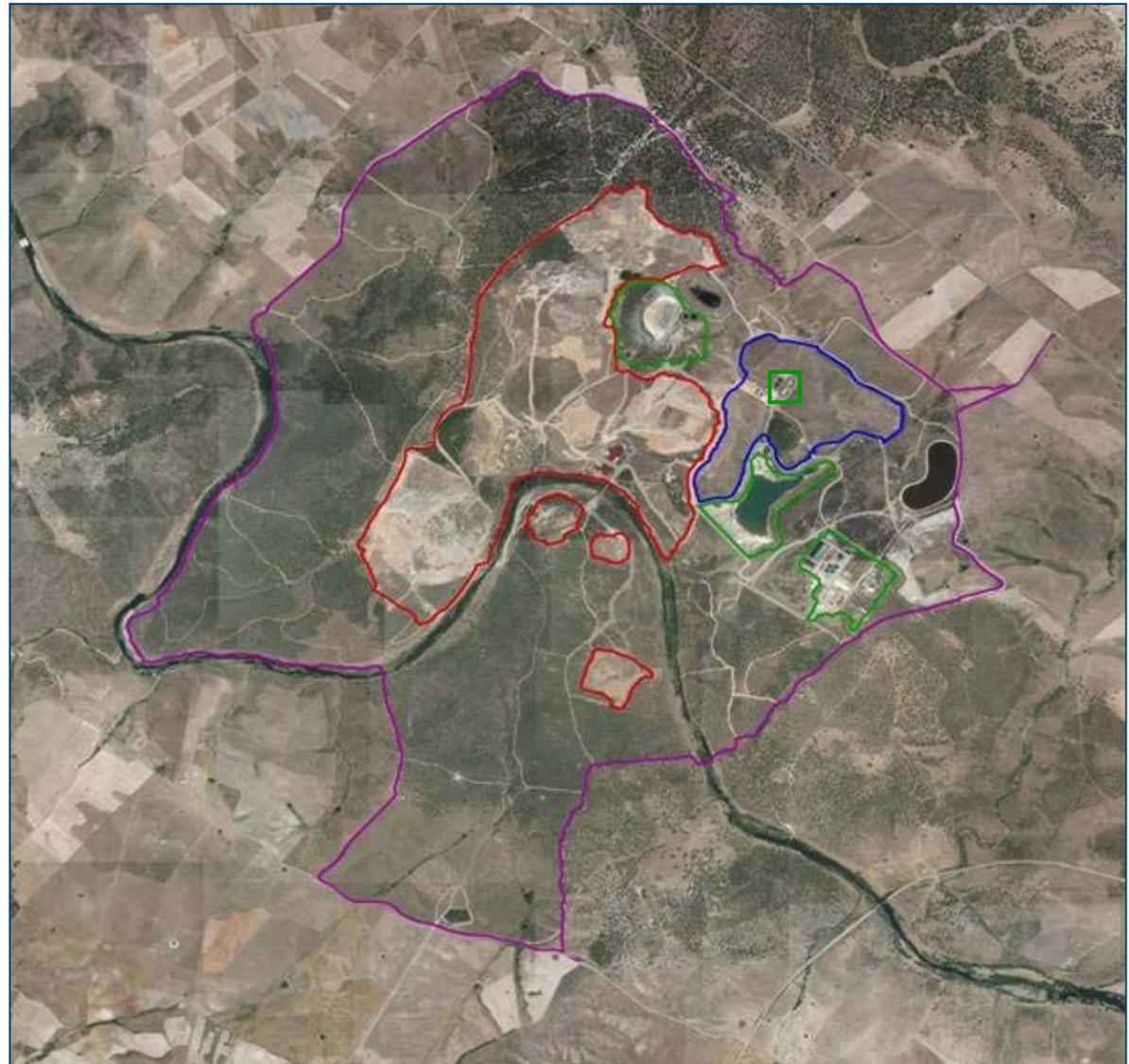


Saelices el Chico (Salamanca)
08/10/2019

ACTIVIDADES DE ENUSA: PRIMERA PARTE DEL CICLO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR



SITUACIÓN GENERAL (RECINTO E INSTALACIONES)



- Instalaciones Planta Elefante
- Explotaciones Mineras
- Instalaciones Planta Quercus
- Recinto Propiedad ENUSA

ACTIVIDAD PRODUCTIVA (≈1975 - 2000)

EXPLORACIÓN MINERA



MINERALIZACIÓN:
Filones de pechblenda y
óxidos negros en
relleno de diaclasas



MATERIAL MOVIDO
(zafras): 81 Mt



VOLADURAS



MINERAL: 12 Mt
(Ley media = 600 p.p.m. U_3O_8)
(Ratio E/M = 5-8)

TRATAMIENTO MINERALÚRGICO



PLANTA ELEFANTE
(lixiviación estática)



PLANTA QUERCUS
(lixiviación dinámica)



CONCENTRADO DE URANIO:
5.730 t U_3O_8
(Diuranato amónico)

→ La actividad productiva finalizó en el año 2000 como consecuencia de los bajos precios del uranio en los mercados internacionales (< 10 US\$/lb U_3O_8)

ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN Y DESMANTELAMIENTO

SITUACIÓN DE PARTIDA (Diciembre 2000)



HUECOS MINEROS: 15 Mm³
(2,75 Mm³ de aguas ácidas acumuladas)



ESCOMBRERAS: 35 Mm³



ERAS DE LIXIVIACIÓN AGOTADAS: > 4 Mm³



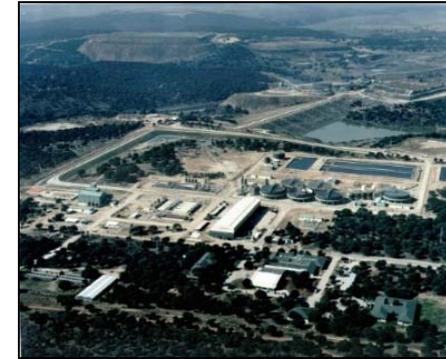
INSTALACIONES INDUSTRIALES DE PROCESO: PLANTAS ELEFANTE Y QUERCUS



DIQUES DE LODOS: > 1 Mm³

AFECCIONES MÁS IMPORTANTES DERIVADAS DE LA MINERÍA DEL URANIO

- **EXTENSAS SUPERFICIES DE TERRENO AFECTADAS:**
 - Huecos de mina, escombreras, diques, instalaciones...
- **GRANDES VOLÚMENES DE MATERIALES MANIPULADOS:**
 - **Minerales procesados**
 - **Materiales residuales generados:**
 - estériles de mina
 - estériles de proceso (minerales agotados y lodos [*TAILINGS* y lodos de *acondicionamiento de efluentes*])
 - instalaciones industriales (equipos; infraestructuras eléctricas, hidráulicas...; edificios; etc.)
- **CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS (química, radiológica...)**
- **IMPACTO RADIOLÓGICO POR EL CONTENIDO RADIATIVO DE LOS MATERIALES :**
 - **Minerales de uranio natural (U-238, U-235 y U-234)**
 - **Descendientes de las series radiactivas del U-238 y U-235**
 - **Materiales de baja o muy baja actividad específica**



RESIDUOS RADIATIVOS Y MATERIALES CON CONTENIDO RADIATIVO

INSTALACIONES DE MINERÍA Y TRATAMIENTO DE MINERALES DE URANIO EN LA ACTUALIDAD

RECUPERACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

◆ OBJETIVO:

GARANTIZAR QUE, UNA VEZ FINALIZADOS LOS TRABAJOS, LAS CONDICIONES DEL EMPLAZAMIENTO SEAN SIMILARES A LAS ORIGINALES ➡ USO FUTURO DE LOS TERRENOS (total o restringido)

◆ CRITERIOS:

- REDUCIR LOS RIESGOS RADIOLÓGICOS (APLICACIÓN DE CRITERIOS ALARA)
- GARANTIZAR EL CONFINAMIENTO Y LA ESTABILIDAD A LARGO PLAZO DE LAS ESTRUCTURAS CONTAMINANTES. CONCENTRACIÓN (ÚNICO EMPLAZAMIENTO)
- CREAR ESTRUCTURAS INTEGRADAS, PERO AISLADAS, EN EL ENTORNO Y AUTOMANTENIBLES (MANTENIMIENTO PASIVO),
- PROTEGER LOS RECURSOS HÍDRICOS (SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEOS)

◆ ACTUACIONES:

- RESTAURACIÓN DE LAS EXPLOTACIONES MINERAS
- DESMANTELAMIENTO DE LAS FÁBRICAS DE CONCENTRADOS DE URANIO



INSTALACIONES DE MINERÍA Y TRATAMIENTO DE MINERALES DE URANIO EN LA ACTUALIDAD

PARÁMETROS DE REFERENCIA Y VALORES LÍMITE

- Límites de dosis por la radiactividad residual por encima del fondo aplicables al proceso de clausura de II.NN (10CFR20).
- Valores máximos por encima del fondo, de constituyentes radiactivos para cumplir los límites de dosis en desmantelamiento y clausura de fábricas de concentrados de uranio (40 CFR Part 192)

| PARÁMETRO | | FONDO | LÍMITE |
|--|-----------------------|-------|--------|
| RADIOACTIVIDAD EN AGUAS SUBTERRÁNEAS (mBq/l) | U_{natural} | 6.096 | 7.206 |
| | $ALFA_{\text{total}}$ | 7.711 | 8.271 |
| | Ra-226 | 1.261 | 1.441 |
| TASA DE EXHALACIÓN DE RADÓN (Bq/m ² ·seg) | | 1,15 | 1,89 |
| RADIOACTIVIDAD EN SUELOS (Bq/kg) | Ra-226: 0-15 cm | 150 | 330 |
| | Ra-226: 15-30 cm | 136 | 696 |
| TASA DE DOSIS GAMMA (μSv/h) | | 0,183 | 0,183 |

INSTALACIONES DE MINERÍA Y TRATAMIENTO DE MINERALES DE URANIO EN LA ACTUALIDAD

ALTERNATIVAS DE DESMANTELAMIENTO O RESTAURACIÓN



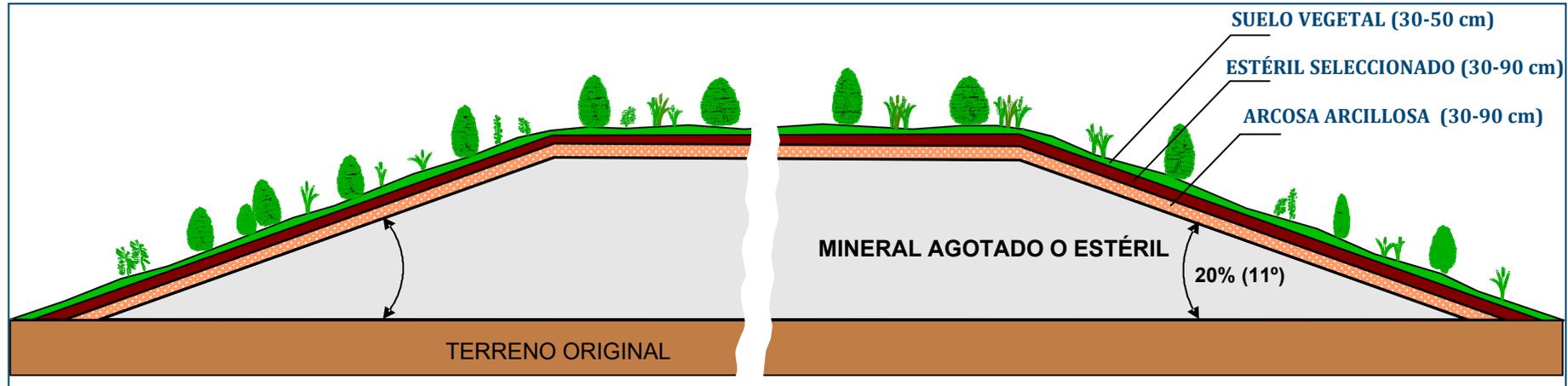
GESTIÓN DE LOS MATERIALES RESIDUALES

Teniendo en cuenta:

- factores técnico-económicos
 - los volúmenes generados y
 - la baja actividad específica de los materiales residuales (radionucleidos naturales)
-
- ESTABILIZACIÓN DE LOS MATERIALES RESIDUALES EN LOS PROPIOS EMPLAZAMIENTOS, mediante el acondicionamiento y remodelación de las estructuras en configuraciones estables,
 - CONCENTRACIÓN DE LOS MATERIALES RESIDUALES
 - AISLAMIENTO CON CAPAS DE PROTECCIÓN MEDIOAMBIENTAL (y radiológica), indefinido en el tiempo y sin necesidad de mantenimiento (mantenimiento pasivo).



SECCIÓN TIPO MULTICAPA DE CUBIERTA: PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y MEDIOAMBIENTAL



← **Cubierta suelo vegetal**
para integración paisajística

← **Escollera de protección**
contra la erosión

← **Arcosa arcillosa**
contra la infiltración,
exhalación de radón,
radiación gamma...

Espesores variables
en función de la
actividad radiológica
residual del material
subyacente

DESMANTELAMIENTO PLANTA ELEFANTE (2001-2004)

- **Estabilización in situ de eras de mineral agotado de lixiviación estática** (reperfilado de taludes y bancos): 7,2 Mt (60 ha).
 - **Desmantelamiento de planta industrial:** residuos almacenados en recinto de contención, bajo las eras de mineral agotado reacondicionadas y capas de impermeabilización.
 - **Disposición final de multicapa de protección** (desde el cimiento):
 - Arcosas arcillosas: para minimizar la infiltración de agua y atenuar la emisión de gas radón y radiación [e=0,9 m].
 - Escollera de protección (estéril de mina seleccionado): para prevenir la erosión de la capa inferior de arcosas [e=0,9 m].
 - Suelo vegetal: para la implantación de vegetación reforzando la actuación de las capas inferiores [e=0,5 m]
 - **Controles técnicos y radiológicos.**
- Actualmente: **Programa de Vigilancia y Control** (desde 2006) para verificar el cumplimiento de los objetivos del desmantelamiento para el cierre definitivo. Sin novedades significativas.



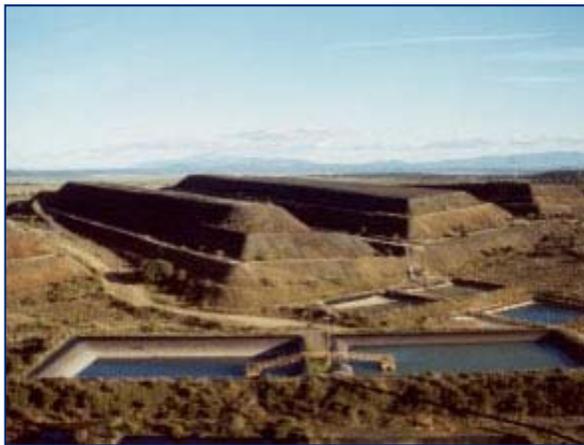
AVANCE DEL DESMANTELAMIENTO DE LA PLANTA ELEFANTE



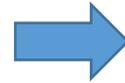
Diciembre 1995



Julio 2016



Diciembre 2000



Junio 2014

RESTAURACIÓN MINERA (2004-2008)

- **Restauración geomorfológica:** relleno de huecos mineros con estériles procedentes de escombreras y/o estabilización in situ de las escombreras remanentes.
- **Disposición de multicapa de protección:**
 - Arcosas arcillosas: para minimizar la infiltración de agua y atenuar la emisión de gas radón y radiación [e=0,3 m].
 - Escollera de protección (estériles de mina seleccionados): para impedir la erosión de la capa inferior [e=0,3 m].
 - Suelo vegetal: para favorecer la implantación de vegetación y reforzar la acción de las capas inferiores [e=0,3 m].
- **Controles técnicos y radiológicos.**
- **Obras hidráulicas**
- **Gestión de aguas:** captación, tratamiento, drenaje, vertido, controles analíticos y radiológicos...



Movimiento de tierras:
22 Mm³



Diques y Balsas de aguas:
1Mm³



Construcción de drenajes y
canalizaciones: 10 km

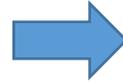


Superficie revegetada:
250 ha

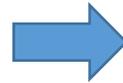
AVANCES EN EL PROCESO DE RESTAURACIÓN MINERA



Mayo 2004



Abril 2018



➔ Actualmente: **Programa de Vigilancia y Control** (desde 2014) para verificar el cumplimiento de los límites de restauración. Sin novedades significativas.

PLANTA QUERCUS

ETAPA OPERATIVA:

- Proceso mixto de lixiviación estática y **dinámica** . Capacidad de producción de 950 t/año.
- En operación período 1993-2000 (producción residual, 2002). Producción total: 2.240 t U_3O_8



Instalaciones industriales
(parcela de proceso)



Era de lixiviación estática



Dique de estériles

SITUACIÓN ACTUAL:

- En Cese Definitivo de Explotación. Pendiente de Autorización de Desmantelamiento y Cierre (Fase I).
- Plan de Vigilancia y Mantenimiento (instalaciones paradas): sin incidencias reseñables.
- Tratamiento de aguas ácidas contaminadas del emplazamiento (neutralización química).

ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN Y DESMANTELAMIENTO

AVANCES EN ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN



➤ CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL DESMANTELAMIENTO Y LA RESTAURACIÓN:

- **Condiciones estructurales:** cumplimiento de los objetivos de estabilidad e integridad.
- **Condiciones medioambientales:** integración paisajística, recuperación de hábitats naturales..., pero pendiente cumplir la calidad requerida para las aguas.
- **Condiciones radiológicas:** cumplimiento de los objetivos radiológicos (exhalación de Radón, radiación ambiental, Radio-226 en suelos...), con excepción de las aguas.

Motivo: existencia de *drenajes ácidos*

AGUAS ÁCIDAS DE MINA (1/5)

- La pirita (sulfuro mineral) contenida en los estériles y rocas encajantes es oxidada en condiciones ambientales, provocando la acidez de las aguas y, derivado de ello, la lixiviación del uranio y otros metales.

Pirita → oxidación → acidez de las aguas → lixiviación metales (U, Fe, Mn...)

- Características principales de las aguas contaminadas: hiperacidez (\ll pH), conductividad eléctrica muy elevada (alta concentración de sulfatos), condiciones oxidantes muy altas (\gg Eh), elevada solubilidad de metales (Al, Fe, Mn, U...), etc.
- Necesidad de eliminación ~ 500.000 m³/año mediante procesos de neutralización química con el objetivo de garantizar la calidad apropiada (requisitos impuestos en los distintos parámetros), previo a su vertido controlado al río Águeda.



Balsa de aguas ácidas



Plantas de tratamiento de aguas



Vertido controlado

- Problema de índole mayor: condiciona decisivamente la clausura final del emplazamiento.

AGUAS ÁCIDAS DE MINA (2/5)

ACTUACIONES PREVIAS Y ACTUALES DE REMEDIACIÓN



Enmiendas orgánicas con espumas de azucarera (Carbocal)



Canalizaciones de drenaje



Mejora de la revegetación



Impermeabilización de Diques



Evaporación forzada



Actuaciones de estabilización in situ (protección de cauces y vaguadas, reparaciones de la multicapa de protección, etc.)

APLICACIÓN DE SUELOS ARTIFICIALES: TECNOSOLES

Restauración de determinados suelos en áreas contaminadas.

Los TECNOSOLES son suelos artificiales preparados "a medida", diseñados y fabricados en cada caso con la composición y propiedades que requiere cada zona impactada (con capacidad de neutralización, tampón, con componentes reductores, con adsorbentes, etc.), realizando funciones ambientales y productivas similares a los suelos naturales. Se definen por el tipo de suelo natural al que imitan (alcalino, reductor, fúngico, eutrófico...).

Fabricación a partir de materiales residuales inertes (no tóxicos ni peligrosos). Elaboración mediante procesos de mezcla, maduración y formación de estructura edáfica, a partir de dos tipos de residuos:

- Fermentables.
- Inorgánicos o "acondicionadores."
- Aplicación directa en el terreno, como depósito superficial sobre suelos degradados, o en zonas con aguas embalsadas, para crear un humedal reactivo.
- Resultados satisfactorios: escombreras de la mina de As Pontes; escombreras, cortas y aguas de la mina Touro; suelos del valle del río Guadiamar (Aznalcóllar); escombreras de algunas minas de la faja pirítica de Huelva y de Portugal; etc.
- En el emplazamiento de Saelices: ensayos previos en zonas piloto con resultados esperanzadores. En curso, ensayo a mayor escala con un proyecto de I+D+i



AGUAS ÁCIDAS DE MINA (4/5)

APLICACIÓN DE SUELOS ARTIFICIALES: TECNOSOLES

Ensayos piloto iniciales en humedales y en suelos degradados de antiguas escombreras, incluyendo estudios edáficos, análisis químicos, etc. → Resultados esperanzadores.



Ensayos en dique de recogida de aguas contaminadas (humedal)



Ensayos en suelos degradados (antigua escombrera de estériles de mina)

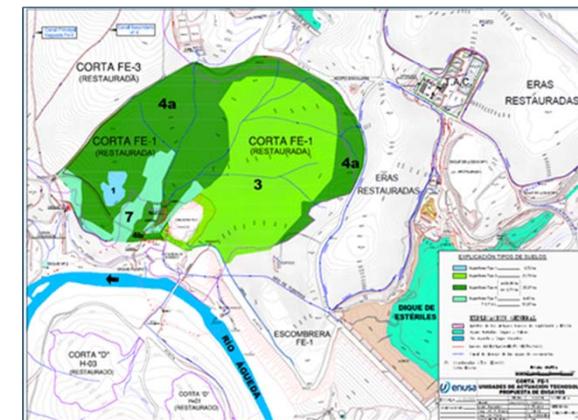
AGUAS ÁCIDAS DE MINA (5/5)

APLICACIÓN DE SUELOS ARTIFICIALES: TECNOSOLES - PROYECTO "TEKURA"

Proyecto "TEKURA", aprobado por el CDTI (2016-2019). Construida Planta para fabricación del producto in situ. Se extenderán unas 60.000 t (10 cm de espesor medio) en una zona restaurada de 52 ha .



Planta-Piloto para la fabricación de tecnosoles



INSTALACIONES MINERAS EN EXPLOTACIÓN



INSTALACIONES MINERAS EN RESTAURACIÓN Y DESMANTELAMIENTO

LABORATORIO DE RADIACIÓN NATURAL



www.enusa.es

