



GT-MIN. Rehabilitación de espacios mineros.

REHABILITACIÓN DE ESCOMBRERAS DE EXPLOTACIONES DE MÁRMOL EN LA REGIÓN DE MURCIA

Julio César Arranz González
Técnico de I+D+i de Organismos Públicos de Investigación
Instituto Geológico y Minero de España (IGME)

REHABILITACIÓN DE ESCOMBRERAS DE EXPLOTACIONES DE MÁRMOL EN LA REGIÓN DE MURCIA

Grupo de trabajo GT-MIN (Rehabilitación de espacios mineros)

Julio César Arranz González

Dirección de Investigación en Recursos Geológicos. Área de Investigación en
Evaluación de Impacto Ambiental y Uso Sostenible de los Recursos



Convenio entre la Consejería de Industria y Medio Ambiente de la Región de Murcia, el Instituto de Fomento de la Región de Murcia, el Instituto Geológico y Minero de España, y la Universidad Politécnica de Cartagena, en materia de "INVESTIGACIÓN Y ORDENACIÓN MINEROAMBIENTAL DE LOS RECURSOS DE ROCA ORNAMENTAL EN LA REGIÓN DE MURCIA"

Estructura básica de los Estudios de Ordenación Minero-Ambiental realizados por el IGME

REALIZACIÓN DE MAPAS DE ORDENACIÓN MINERO-AMBIENTAL

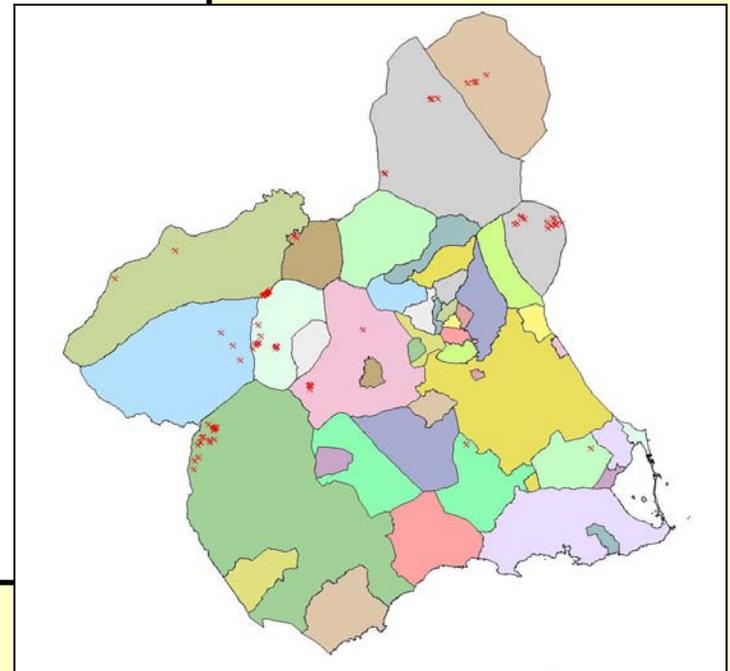
PROPUESTAS DE ZONIFICACIÓN DEL TERRITORIO DEPENDIENDO DE SU SENSIBILIDAD PARA LA EXPLOTACIÓN, TENIENDO EN CUENTA CRITERIOS TÉCNICOS Y AMBIENTALES

ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE EXPLOTACIONES SEGURAS Y DE MÍNIMO IMPACTO AMBIENTAL

COMBINANDO CRITERIOS DE MÁXIMA PRODUCTIVIDAD Y MÍNIMO IMPACTO AMBIENTAL

CRITERIOS Y MODELOS DE RESTAURACIÓN

SITUACIÓN GEOGRÁFICA



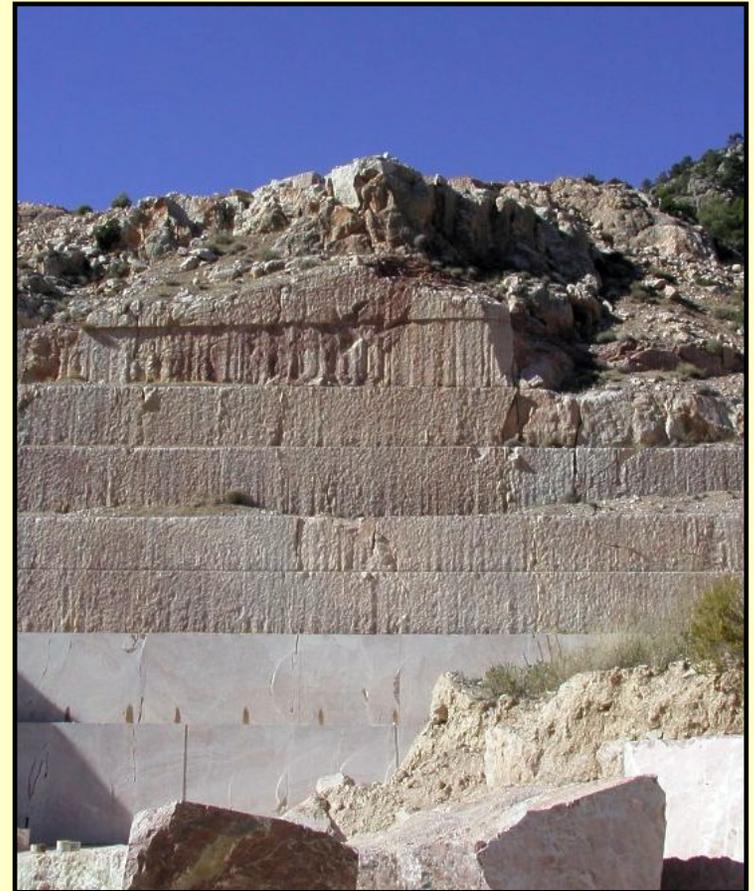
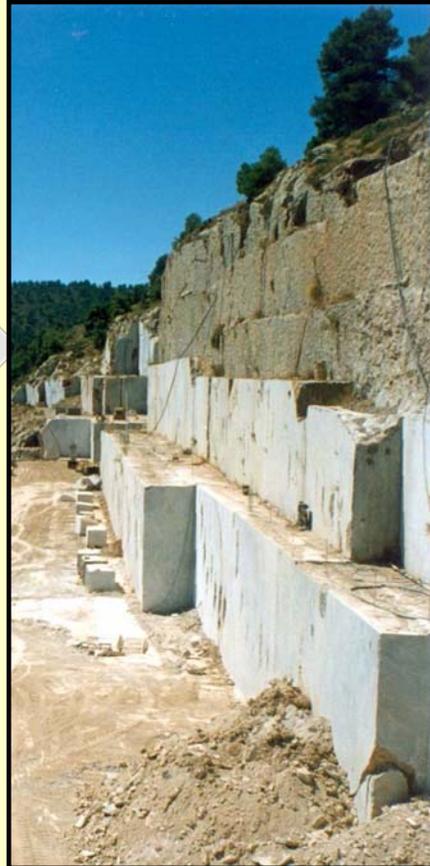
PROBLEMÁTICA EN LAS ÁREAS ALTERADAS

**FRENTES
LISOS,
ALGUNOS DE
GRAN ALTURA
Y SIN
BERMAS.
EXCESIVAS
ALTURAS DE
BANCO**

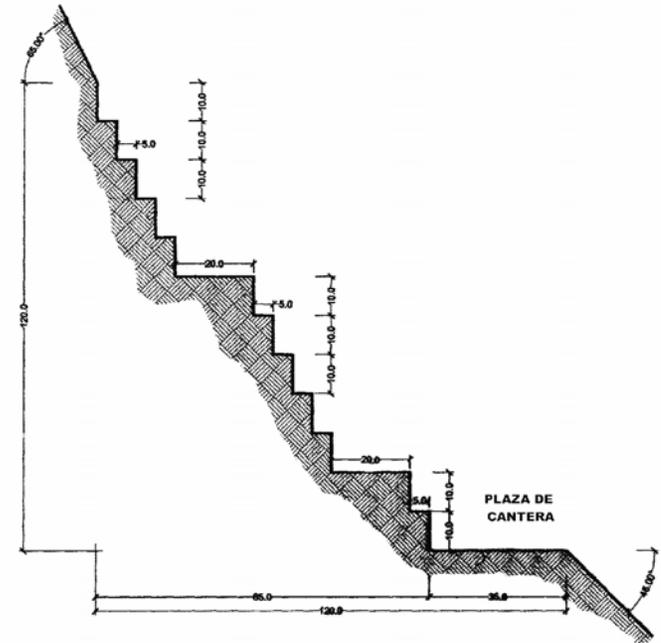


PROBLEMÁTICA EN LAS ÁREAS ALTERADAS

**FRENTES
LISOS,
ALGUNOS DE
GRAN ALTURA
Y SIN
BERMAS.
EXCESIVAS
ALTURAS DE
BANCO**



PROBLEMÁTICA EN LAS ÁREAS ALTERADAS



GEOMETRÍA MÁS DESFAVORABLE DENTRO DE LAS ADMISIBLES

PROBLEMÁTICA EN LAS ÁREAS ALTERADAS

ESCOMBRERAS SIN
MATERIALES
FINOS.

VERTIDO LIBRE EN
FUERTES
PENDIENTES.



PROBLEMÁTICA EN LAS ÁREAS ALTERADAS

**ESCOMBRERAS SIN
MATERIALES
FINOS.**

**VERTIDO LIBRE EN
FUERTES
PENDIENTES.**



PROBLEMÁTICA EN LAS ÁREAS ALTERADAS

**ESCOMBRERAS SIN
MATERIALES
FINOS.**

**VERTIDO LIBRE EN
FUERTES
PENDIENTES.**

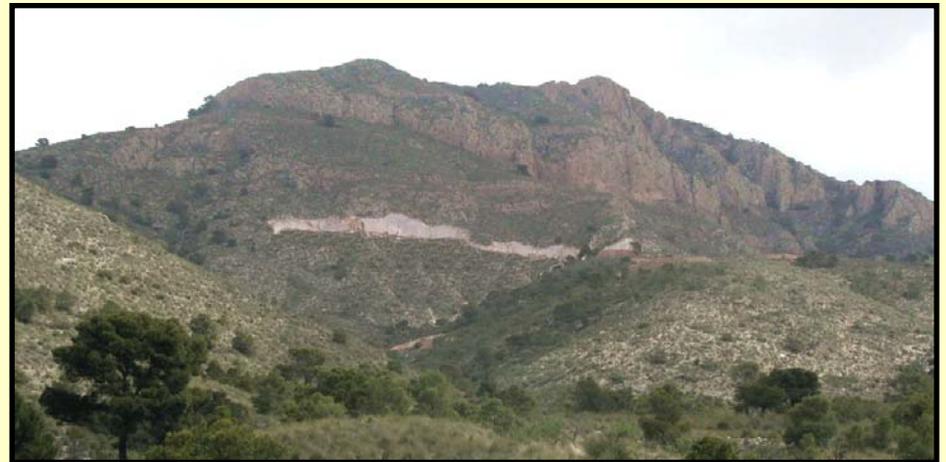


PROBLEMÁTICA EN LAS ÁREAS ALTERADAS



**ESCOMBRERAS SIN
MATERIALES
FINOS.**

**VERTIDO LIBRE EN
FUERTES
PENDIENTES.**



PROBLEMÁTICA EN LAS ÁREAS ALTERADAS



POSIBILIDADES DE ACTUACIÓN

**ESCOMBRERAS SIN
MATERIALES
FINOS.**

**VERTIDO LIBRE EN
FUERTES
PENDIENTES.**



PROBLEMÁTICA EN LAS ÁREAS ALTERADAS

**ESCOMBRERAS SIN
MATERIALES
FINOS.**

**VERTIDO SIN
PLANIFICACIÓN.**



PROBLEMÁTICA EN LAS ÁREAS ALTERADAS

**ESCOMBRERAS SIN
MATERIALES
FINOS.**

**VERTIDO
IRRESPONSABLE.**



POSIBILIDADES DE ACTUACIÓN

LA EXCEPCIÓN



PROBLEMÁTICA EN LAS ÁREAS ALTERADAS

-ORIGEN DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS ACTUALES

No realización de labores de restauración en la práctica totalidad de las canteras.

Falta de planteamientos tendentes a minimizar impactos (medidas preventivas).

Ubicación de las explotaciones (valor de zonas afectadas e incidencia visual).

Creación de geometrías finales, especialmente taludes, “irrestaurables”.

Creación de zonas de vertido a pie de hueco

No consideración de red hidrográfica (afección a cauces)

CRITERIOS BÁSICOS PARA LA REHABILITACIÓN

No son factibles la transferencia de estériles, el relleno total de huecos ni las grandes remodelaciones de terreno

Para la rehabilitación paisajística de los grandes frentes de cantera, no cabe otra opción que partir de un banqueado final y la combinación de actuaciones parciales decididas a pie de obra.

CRITERIOS BÁSICOS PARA LA REHABILITACIÓN

El recubrimiento de escombreras de bloques con suelos seleccionados es complicado por la mala accesibilidad y traficabilidad. Conseguir un “buen acabado” es prácticamente imposible en la mayoría de los casos existentes en la actualidad.

Es necesario adoptar modelos de construcción de escombreras mejor planificados y más sistemáticos, con bancos intercomunicados. Puede ser necesario llegar a acuerdos para la construcción conjunta de escombreras por varios explotadores o canteras.

CRITERIOS BÁSICOS PARA LA REHABILITACIÓN

El recubrimiento de escombreras de bloques con suelos seleccionados es complicado por la mala accesibilidad y traficabilidad.

Conseguir un “buen acabado” es prácticamente imposible en la mayoría de los casos existentes en la actualidad.



ORIENTACIONES PARA EL USO FUTURO DE LOS TERRENOS

Se analizaron
diferentes
opciones de
asignación de
usos del suelo
posibles para
los terrenos
explotados



- **Uso agrícola**
- **Pastizales**
- **Uso forestal**
- **Conservación de la naturaleza.
Recuperación de vegetación
natural**
- **Zonas de recreo**
- **Vertederos de residuos**

ORIENTACIONES PARA EL USO FUTURO DE LOS TERRENOS

Se concluye que, por las condiciones topográficas y la imposibilidad material de modificar las condiciones edáficas en todas las superficies finales de explotación, es recomendable actuar para reintroducir vegetación natural o de carácter forestal buscando:

- **Elementos para facilitar la rehabilitación paisajística**
- **Beneficios desde la perspectiva de la conservación.**

LIMITACIONES DERIVADAS DEL CLIMA

El estudio climático de las diferentes zonas de trabajo muestra la elevada sequedad del medio, la elevada continentalidad y el prolongado periodo frío en todas las zonas

ZONA	FALTA DE AGUA (mm)	DURACIÓN PERIODO FRÍO (meses)	OMBROCLIMA
CEHEGÍN	400-500	4-6	SEMIÁRIDO-SECO
VALDEINFIERNO	300-450	6->6	SEMIÁRIDO-SECO
BARINAS	550-560	5	SEMIÁRIDO
NORTE	475-550	5-6	SEMIÁRIDO
OESTE	490-525	6-7	SECO-SUBHUMEDO

LIMITACIONES DERIVADAS DEL CLIMA

Las condiciones climáticas adversas aconsejan:

- Empleo de vegetación autóctona o naturalizada de carácter rústico para la restauración ecológica y paisajística.
- Reconstrucción de suelos buscando optimización de la capacidad de almacenamiento de agua, uso de métodos de implantación que favorezcan la captura de agua y la toma en consideración del riego como apoyo en siembras y plantaciones.

POSIBILIDADES DE ACTUACIÓN

- SE CONSIDERA NECESARIO ADOPTAR MODELOS DE FRENTES Y DE CONSTRUCCIÓN DE ESCOMBRERAS BANQUEADOS.
- SE ABOGA POR LA EXPLOTACIÓN DESCENDENTE Y LA CONSTRUCCIÓN DE ESCOMBRERAS POR FASES SOBRE TERRENO APROPIADO.
- SE REQUIERE COMBINAR DIFERENTES TIPOS DE MEDIDAS DE CARA A LA REHABILITACIÓN FINAL. INELUDIBLEMENTE, MUCHAS DE LAS MEDIDAS HABRÁN DE SER DEFINIDAS A PIE DE OBRA.

POSIBILIDADES DE ACTUACIÓN

LAS PRINCIPALES RECOMENDACIONES SURGEN DE LA INTENCIÓN DE POTENCIAR Y GENERALIZAR EFECTOS YA OBSERVADOS



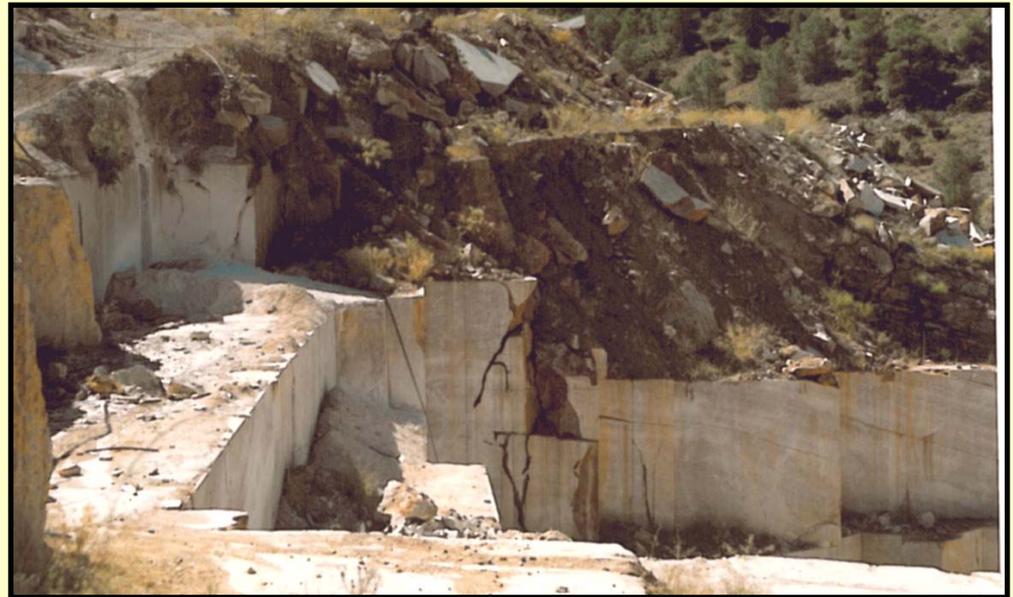
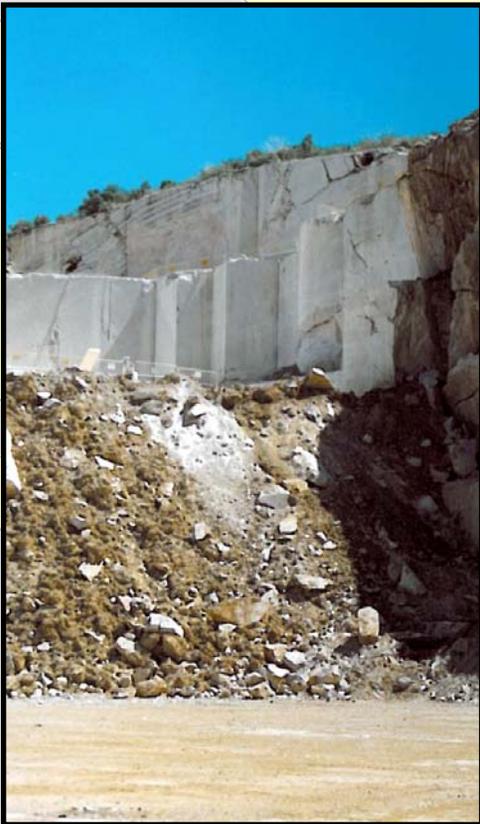
POSIBILIDADES DE ACTUACIÓN

LAS PRINCIPALES RECOMENDACIONES SURGEN DE LA INTENCIÓN DE POTENCIAR Y GENERALIZAR EFECTOS YA OBSERVADOS



POSIBILIDADES DE ACTUACIÓN

LAS PRINCIPALES RECOMENDACIONES SURGEN DE LA INTENCIÓN DE POTENCIAR Y GENERALIZAR EFECTOS YA OBSERVADOS



POSIBILIDADES DE ACTUACIÓN

OPERACIONES PREVIAS A LA INTRODUCCIÓN DE VEGETACIÓN (EMPLEO DE EXPLOSIVOS):

- RECORTE FINAL EN CARAS DE BANCO CON BARRENOS.
- USO DE EXPLOSIVOS EN DETERMINADOS PUNTOS PARA DESCABEZADO DE BANCOS.
- VOLADURAS EN CRÁTER EN PLATAFORMAS Y PLAZAS DE CANTERA

POSIBILIDADES DE ACTUACIÓN

OPERACIONES PREVIAS A LA INTRODUCCIÓN DE VEGETACIÓN (GESTIÓN DE LOS SUELOS):

- ARRANQUE, ALMACENAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA TIERRA VEGETAL PRESENTE EN TODAS LAS SUPERFICIES A AFECTAR (Implica la realización de estudios previos).
- MANTENIMIENTO EN ACOPIOS DE HASTA 2 m DE ALTURA CON CUBIERTA HERBÁCEA

POSIBILIDADES DE ACTUACIÓN

OPERACIONES PREVIAS A LA INTRODUCCIÓN DE VEGETACIÓN (REALIZACIÓN DE ENMIENDAS Y MEJORAS EDÁFICAS):

- ENMIENDA PARA MATERIALES SUBSTITUTOS DE SUELO (Previo análisis de elementos fertilizantes).
- RECOMENDACIONES SOBRE APORTES DE MATERIA ORGÁNICA (Estiércol de ovino, lodos de depuradora, etc.).

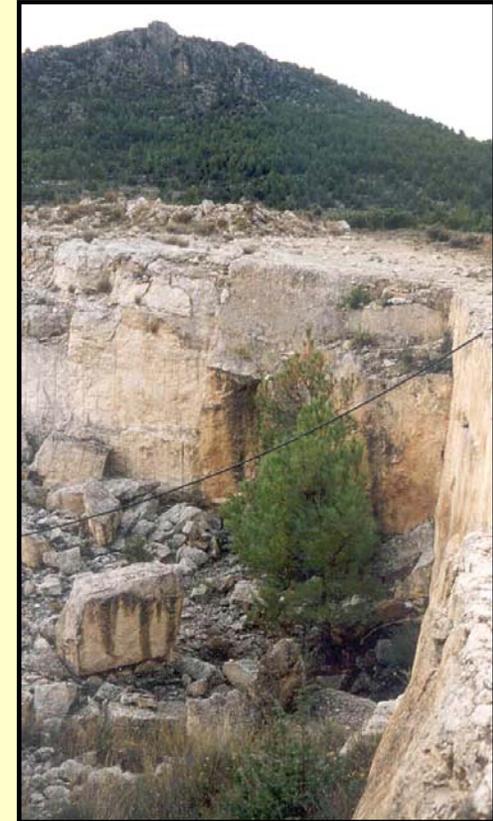
POSIBILIDADES DE ACTUACIÓN

OPERACIONES PREVIAS A LA INTRODUCCIÓN DE VEGETACIÓN
(USO DE MULCHES O ACOLCHADOS):

- EMPLEO DE MATERIALES ORGÁNICOS FIBROSOS O ENTRELAZADOS ARTIFICIALMENTE PARA LA PROTECCIÓN DEL SUELO: PAJA, REDES DE COCO, REDES DE ESPARTO, MANTAS ORGÁNICAS.

REVEGETACIÓN

SE OPTA POR PROPONER UN MODELO GENERAL DE CUBIERTA VEGETAL COMPUESTA POR MATORRAL DIVERSO, QUE SE ESTABLECERÁ SOBRE UN TERRENO YA ESTABILIZADO POR VEGETACIÓN HERBÁCEA O PROTEGIDO CON UN ACOLCHADO, DONDE TOMA ESPECIAL IMPORTANCIA EL PINO CARRASCO (*Pinus halepensis*).



REVEGETACIÓN

- SE APORTA UNA SELECCIÓN DE ESPECIES DE INTERÉS PARA LA REALIZACIÓN DE TAREAS DE REVEGETACIÓN, DISTINGUIENDO LAS DIFERENTES ZONAS DE TRABAJO, INCLUYENDO PLANTAS HERBÁCEAS ANUALES, HERBÁCEAS PLURIANUALES, ARBUSTIVAS Y SUBARBUSTIVAS Y ARBÓREAS.
- SE RECOMIENDA SIEMPRE LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS Y EXPERIENCIAS.

REVEGETACIÓN

- SE RECOMIENDA UNA MEZCLA DE ESPECIES Y DOSIS PARA SIEMBRAS E HIDROSIEMBRAS TIPO.
- SE CONCIBEN MÉTODOS “INNOVADORES” PARA EL TRASPLANTE DE EJEMPLARES LEÑOSOS AL TERRENO PREPARADO PARA PLANTACIONES.
- SE APUNTA EL POSIBLE INTERÉS DE REALIZAR RIEGOS DE APOYO, INCLUSO MEDIANTE GOTEO.

REVEGETACIÓN



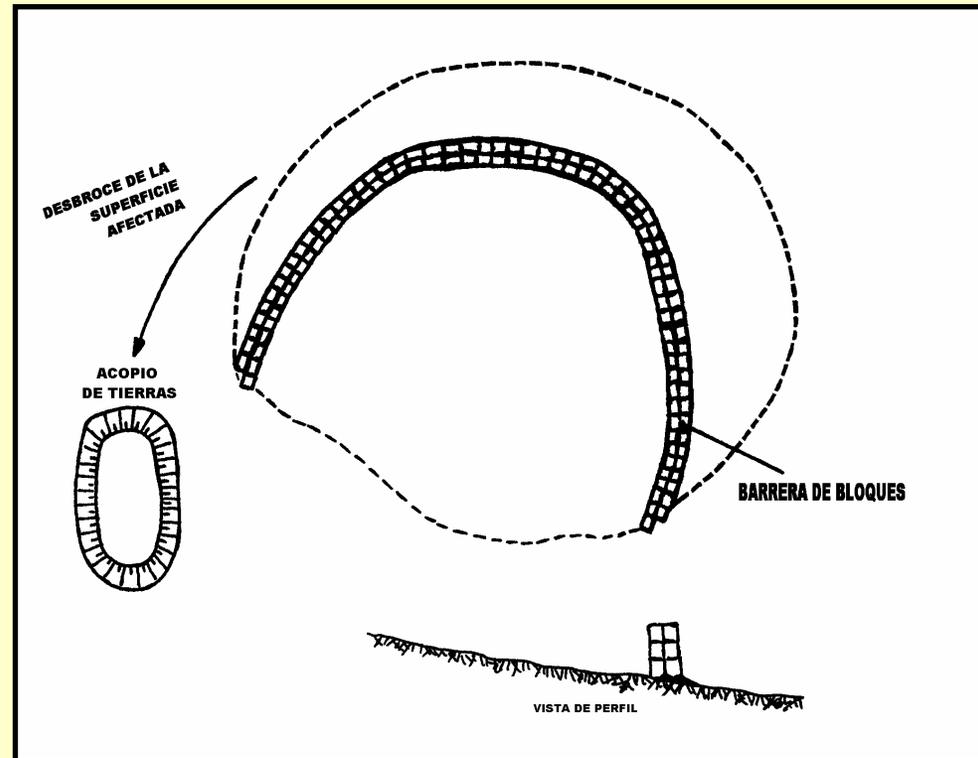
MODELOS PROPUESTOS

- SE PROPONEN UNA SERIE DE MODELOS DE ACTUACIÓN BÁSICOS PARA SER ENSAYADOS EN SITUACIONES REALES. SE TRATA DE SECUENCIAS DE OPERACIONES DISEÑADAS PENSANDO EN QUE PUEDAN SER DIRECTAMENTE APLICADAS O CON POCAS MODIFICACIONES.

MODELOS PROPUESTOS

- CONJUNTO DE TALUD DE BANCO Y BERMA INFERIOR EN ZONA CULMINANTE DE FRENTE.
- BERMA DE GRAN ANCHURA SITUADA A MEDIA ALTURA DE UN FRENTE Y TALUD DE BANCO INMEDIATAMENTE SUPERIOR.
- GRAN SUPERFICIE SENSIBLEMENTE LLANA EN PLATAFORMA O PLAZA DE CANTERA.
- PANTALLA VEGETAL EN MÁRGENES EXTERNOS DE PISTAS COMUNES.
- GRAN ESCOMBRERA QUE DA SERVICIO A VARIAS EXPLOTACIONES.

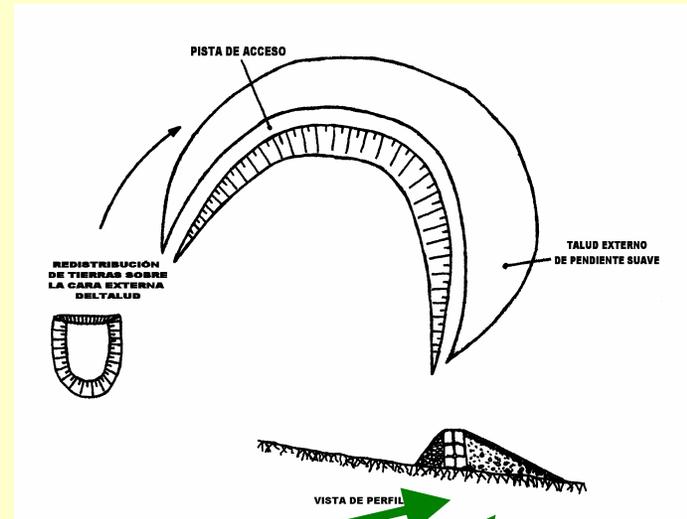
**GRAN ESCOMBRERA QUE
DA SERVICIO A VARIAS
EXPLOTACIONES.**



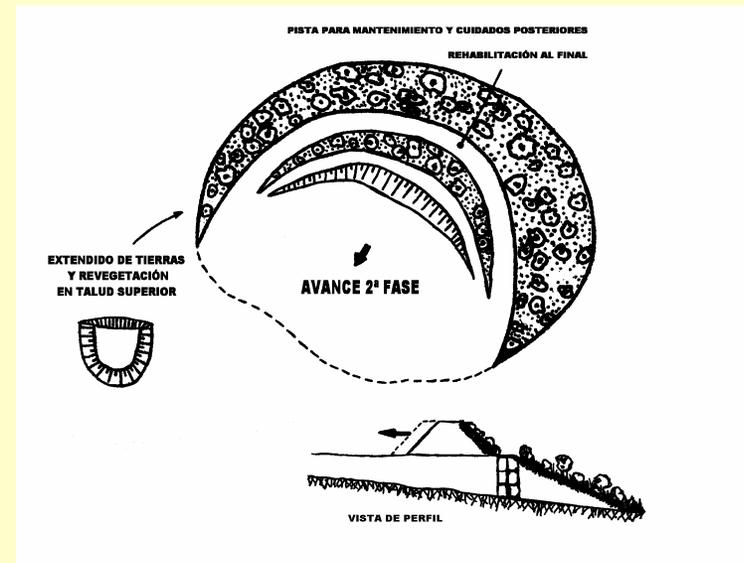
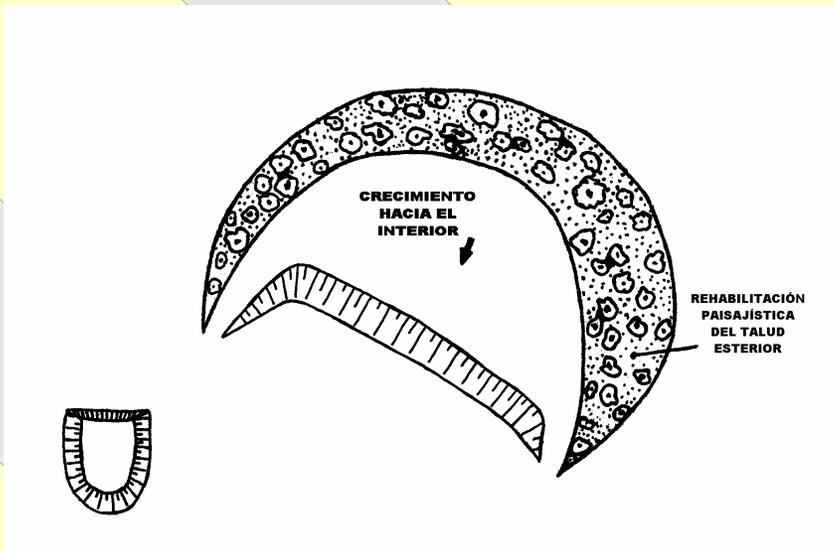
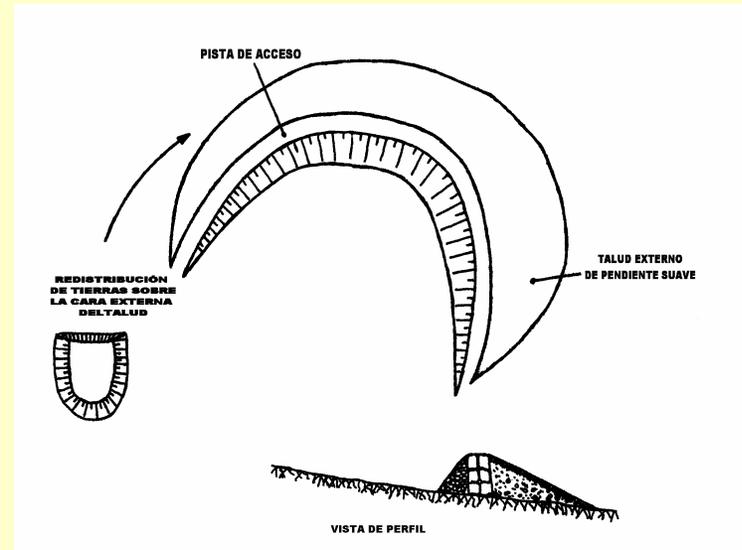
**GRAN ESCOMBRERA QUE
DA SERVICIO A VARIAS
EXPLOTACIONES.**



**FABRICACIÓN DE UN SUELO
ARTIFICIAL EN EL PARAMENTO
EXTERNO CONTROLANDO
PROPIEDADES Y CARENCIAS
DEL MATERIAL**



PRIMERAS LABORES DE REVEGETACIÓN E INICIO DE SIGUIENTES FASES DE CCRECIMIENTO



MODELOS PROPUESTOS

SE PROPONE UN MODELO DE CONSTRUCCIÓN DE ESCOMBRERAS, CON REHABILITACIÓN DESDE FASES TEMPRANAS.

- NO DEBE ADOPTARSE CON ABSOLUTA RIGIDEZ.
- PUEDE SERVIR COMO SUGERENCIA PARA LOS PROYECTOS DE RESTAURACIÓN, TOMANDO LO QUE PUEDA SER VÁLIDO EN CADA CASO Y AÑADIENDO INICIATIVAS PROPIAS.

MODELOS PROPUESTOS

- LO QUE SE BUSCA CON LA PROPUESTA PARA LA CONSTRUCCIÓN-REHABILITACIÓN DE ESCOMBRERAS ES PROMOVER LA REALIZACIÓN DE MAYORES ESFUERZOS DE PLANIFICACIÓN
- LAS ESCOMBRERAS DEBEN CONSIDERARSE DESDE EL PRINCIPIO ELEMENTOS OBJETO DE CÁLCULO Y DE DISEÑO, Y NO COMO EL SIMPLE RESULTADO DE UN RECHAZO DE LOS ESTÉRILES HACIA LOS MÁRGENES DE LAS PLAZAS DE CANTERA, PISTAS Y ÁREAS DE TRABAJO DE LOS FRENTES.

MODELOS PROPUESTOS

LA PENDIENTE DEL PARAMENTO EXTERNO DE TIERRAS Y LA PENDIENTE DEL TERRENO NATURAL CONDICIONAN ASPECTOS IMPORTANTES:

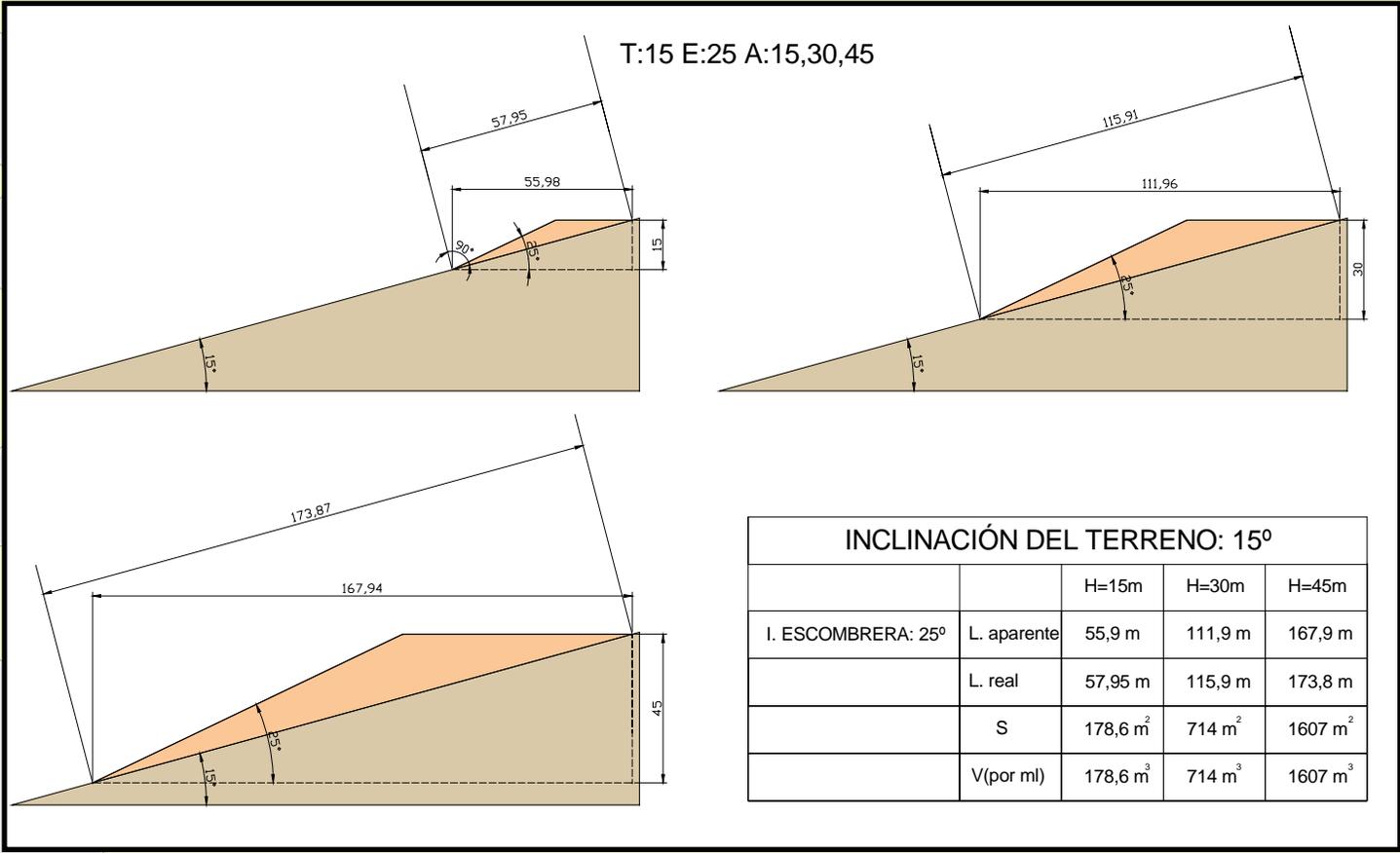
- LA SUPERFICIE TOTAL AFECTADA
- EL VOLUMEN O CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO
- LA PENDIENTE GENERAL DE LA ESCOMBRERA, ADEMÁS DE LAS POSIBILIDADES DE REHABILITACIÓN Y LA VULNERABILIDAD ANTE PROCESOS EROSIVOS.

LA SUSCEPTIBILIDAD ANTE LA EROSIÓN HÍDRICA DEPENDERÁ EN GRAN MEDIDA DE LAS LONGITUDES Y GRADOS DE PENDIENTE EN ESAS SUPERFICIES EXTERNAS DE LA ESCOMBRERA.

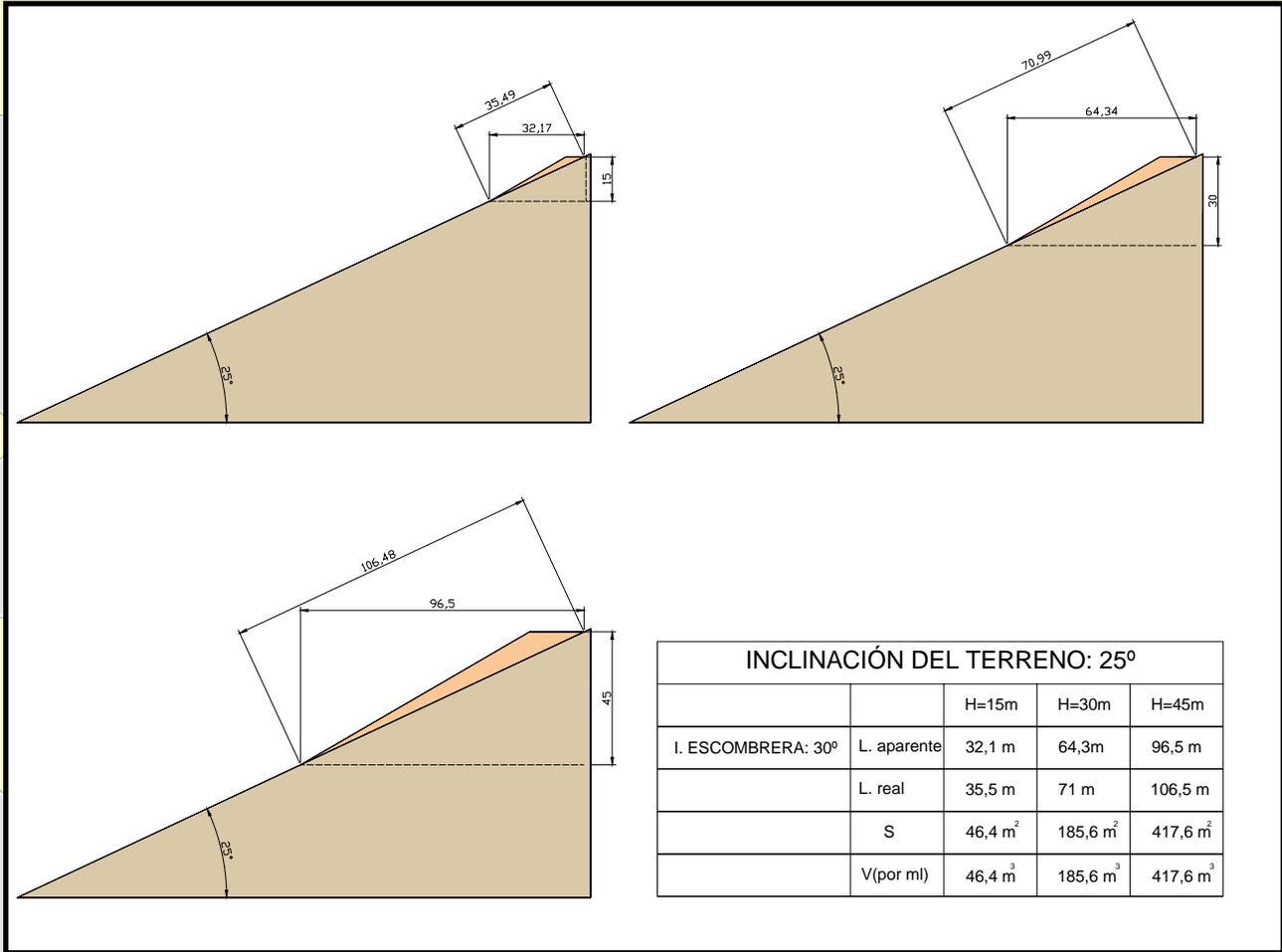
MODELOS PROPUESTOS

- SE HAN CONSIDERADO TRES PENDIENTES DE ESCOMBRERAS ADMISIBLES PARA LOS CÁLCULOS DE OCUPACIÓN, VARIABLES ENTRE LOS 20° Y LOS 30°. ESTA LIMITACIÓN, POR MOTIVOS DE SEGURIDAD, CONDICIONA LA PENDIENTE ADMISIBLE DEL TERRENO PORTANTE, HABIÉNDOSE CONSIDERADO PENDIENTES VARIABLES ENTRE 15° Y 25°.
- LAS ALTURAS DE LAS ESCOMBRERAS ESTUDIADAS SON 15, 30 Y 45 METROS, SIENDO ÉSTAS LAS ALTURAS CONSIDERADAS EN EL ESTUDIO DE ESTABILIDAD.

MODELOS PROPUESTOS



MODELOS PROPUESTOS



MODELOS PROPUESTOS

- LA PROBLEMÁTICA DE LA EROSIÓN OBLIGA A LA CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS DE RUPTURA DE LA PENDIENTE DEL TALUD DE LA ESCOMBRERA, FAVORECIENDO EL TRÁNSITO DEL AGUA CAPTADA EN LA PORCIÓN TALUZADA SUPERIOR AL ELEMENTO.
- SE CONSIDERAN ELEMENTOS DE RUPTURA DE PENDIENTES AQUELLOS QUE FAVOREZCAN EL TRÁNSITO TRANSVERSAL DE LAS AGUAS CAPTADAS HASTA SU ENCAUZAMIENTO CONTROLADO, CON POSIBLE Y POSTERIOR DECANTACIÓN EN TRAMPAS DE SEDIMENTOS, ANTES DE SU VERTIDO A CAUCES NATURALES.

MODELOS PROPUESTOS

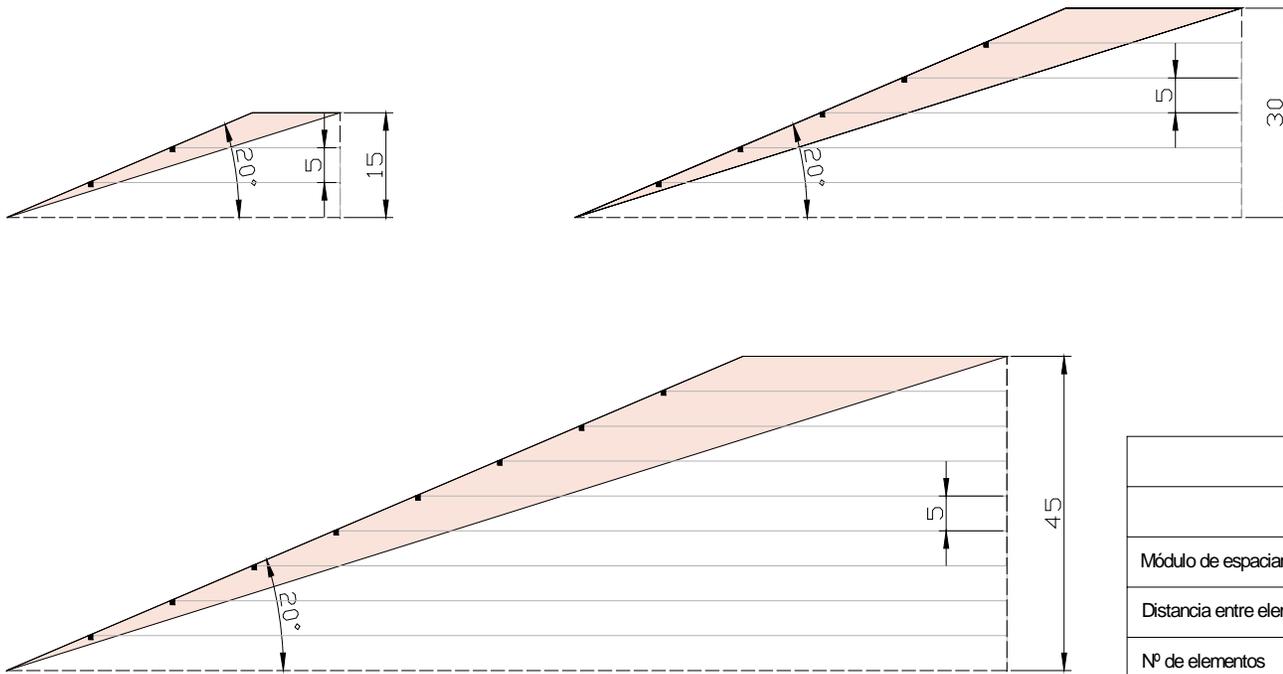
ES NECESARIO CALCULAR UN MÓDULO VERTICAL QUE DEFINA LA ALTURA MÁXIMA A LA CUAL SERÍA NECESARIO SITUAR UN ELEMENTO DE RUPTURA DE PENDIENTE. ESTE MÓDULO VERTICAL UNIFICADO DEFINIRÁ LA DISTANCIA EN LA PENDIENTE A LA CUAL HABRÁ QUE COLOCAR LOS ELEMENTOS DE RUPTURA, Y SERÁ FUNCIÓN DE LA INCLINACIÓN DE LA ESCOMBRERA.

LA TIPOLOGÍA DE LOS ELEMENTOS DE RUPTURA DE PENDIENTES ES VARIABLE, DESTACANDO COMO MÁS COMUNES LOS CANALES ABIERTOS, CABALLONES, TERRAZAS ARGELINAS DE FONDO TRAPEZOIDAL, CORDONES PREDEGOSOS, Y BERMAS DE DRENAJE.

MODELOS PROPUESTOS

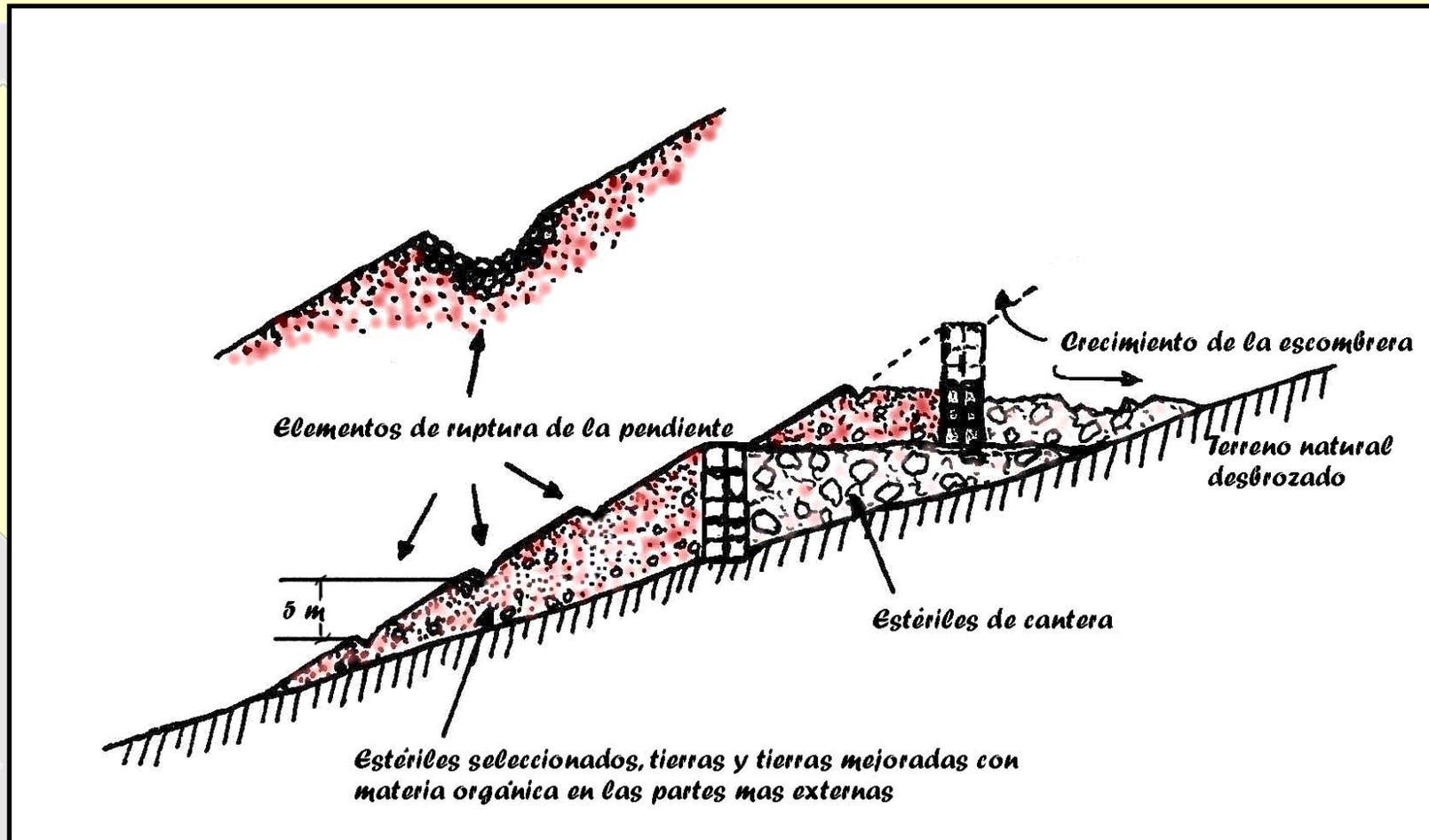
- EN VIRTUD A CRITERIOS DERIVADOS DE LA EXPERIENCIA OBTENIDA EN CONSERVACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS EN PENDIENTE O EN OBRA PÚBLICA, ACEPTADOS TAMBIÉN PARA LA PRÁCTICA MINERA, SE DEFINE EL MÓDULO VERTICAL DE RUPTURA DE PENDIENTE EN **5 METROS**.
- ESTE MÓDULO VERTICAL UNIFICADO DEFINIRÁ LA DISTANCIA EN LA PENDIENTE A LA CUAL HABRÁ QUE COLOCAR LOS ELEMENTOS DE RUPTURA, Y SERÁ FUNCIÓN DE LA INCLINACIÓN DE LA ESCOMBRERA.

MODELOS PROPUESTOS



I. ESCOMBRERA: 20°			
	H=15m	H=30m	H=45m
Módulo de espaciamento	5 m	5 m	5 m
Distancia entre elementos	14,6 m	14,6 m	14,6 m
Nº de elementos	2	5	8

MODELOS PROPUESTOS



MODELOS PROPUESTOS

- INDEPENDIENTEMENTE DE LOS VALORES FIJADOS PARA LAS PENDIENTES DE LOS PARÁMETROS EXTERNOS DE ESCOMBRERAS, EL EMPLEO DE ACOLCHADOS, REDES O MANTAS ORGÁNICAS SE CONSIDERA CASI IMPRESCINDIBLE, ASÍ COMO EL DESCOMPACTADO DE LA SUPERFICIE FINAL.



REHABILITACIÓN DE ESCOMBRERAS DE EXPLOTACIONES DE MÁRMOL EN LA REGIÓN DEMURCIA

Grupo de trabajo GT-MIN (Rehabilitación de espacios mineros)

Julio César Arranz González

Dirección de Investigación en Recursos Geológicos. Área de Investigación en Evaluación de Impacto Ambiental y Uso Sostenible de los Recursos