



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

**PROYECTO DE INVESTIGACION DE DERRABES**  
**DE CARBON EN CAPAS DE PENDIENTE**  
**SUPERIOR A 35º**

**MEMORIA**

**Financian:**

**Dirección General de Minas y de la Construcción**  
**Consejería de Economía y Hacienda de Castilla y León**  
**Consejería de Industria y Comercio del Principado de Asturias**  
**Ocicarbón**

**Titular administrativo:**

**Instituto Tecnológico GeoMinero de España**

**Abril, 1991**



**PROYECTO DE INVESTIGACION DE DERRABES**  
**DE CARBON EN CAPAS DE PENDIENTE**  
**SUPERIOR A 35º**

**MEMORIA**

**Abril, 1991**

# **INDICE**

## **1. INTRODUCCION**

## **2. AMBITO DE ACTUACION, ALCANCE Y ESTRUCTURA DEL PROYECTO**

## **3. PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PROYECTO**

## **4. EL DERRABE**

### **4.1. ¿QUE SE ENTIENDE POR DERRABE?**

### **4.2. TIPOLOGIA DE FENOMENOS QUE PUEDEN PRESENTARSE**

#### **4.2.1. FENOMENOS "TIPO 1". SIN DISIPACION DE ENERGIA DE DEFORMACION EN EL INCIDENTE.**

#### **4.2.2. FENOMENOS "TIPO 2". CAIDA DE CARBON Y PROYECCION DEL GAS DISIPANDO ENERGIA DE DEFORMACION EN EL INCIDENTE.**

#### **4.2.3. FENOMENOS DINAMICOS**

### **4.3. EL PROBLEMA EN ESPAÑA**

#### **4.3.1. TIPOS DE DERRABES MAS FRECUENTES**

#### **4.3.2. PRINCIPALES CAUSAS DE LOS DERRABES. ALGUNOS DATOS ESTADISTICOS**

#### **4.3.3. LAS RESERVAS DE CARBON Y LOS METODOS DE EXPLOTACION. ESCENARIO GEOGRAFICO.**

#### **4.3.4. ESCENARIOS EMPRESARIALES**

#### **4.3.5. ESCENARIO SOCIO-ECONOMICO**

#### **4.3.6. RESUMEN DE LA PROBLEMÁTICA EN ESPAÑA**

### **4.4. EL PROBLEMA EN OTROS PAISES**

## **5. ALGUNOS FACTORES PRESENTES EN EL DERRABE**

### **5.1. FACTORES NATURALES**

#### **5.1.1. LA ESTRUCTURA GEOLOGICA Y LA TECTONICA**

#### **5.1.2. LAS CARACTERISTICAS DEL CARBON**

#### **5.1.3. LAS CARACTERISTICAS DE LAS ROCAS ENCAJANTES**

**5.1.4. LOS GASES PRESENTES**

**5.1.5. EL AGUA**

**5.2. FACTORES MINEROS Y TECNOLOGICOS**

**5.2.1. EL METODO DE EXPLOTACION**

**5.2.2. LAS PRESIONES GENERADAS EN LOS TRABAJOS MINEROS**

**5.2.3. EL SISTEMA DE ARRANQUE**

**5.2.4. LA VELOCIDAD DE AVANCE DEL FRENTE**

**5.2.5. EL SOSTENIMIENTO**

**5.2.6. EL TRATAMIENTO DEL POSTALLER**

**5.2.6.1. Aspectos generales**

**5.2.6.2. El relleno**

**5.2.7. LA VENTILACION**

**5.2.8. LA INYECCION DE AGUA**

**5.2.9. LA UTILIZACION DE EXPLOSIVOS Y SU EFECTO EN LOS MACIZOS DE CARBON.**

**5.3. OTROS FACTORES TECNOLOGICOS Y MINEROS**

**5.3.1. LA MECANIZACION**

**5.3.2. EL DISEÑO DE EQUIPOS**

**5.3.3. LA MECANICA DE ROCAS**

**5.3.4. LA PLANIFICACION DE LABORES MINERAS**

**5.3.5. EL CONTROL AMBIENTAL**

**5.3.6. TECNOLOGIAS AVANZADAS**

**5.4. EL FACTOR HUMANO.**

**5.4.1. ¿ QUE SE ENTIENDE POR FACTOR HUMANO?**

**5.4.2. EL ENTORNO MINERO. ALGUNAS REFLEXIONES GENERALES.**

**5.4.3. FORMACION, PERFECCIONAMIENTO Y RECICLAJE**

**5.4.4. INFORMACION**

**5.4.5. ADAPTACION AL PUESTO DE TRABAJO. ERGONOMIA.**

## **6. SUSCEPTIBILIDAD AL DERRABE**

**6.1. ¿ES POSIBLE DEFINIR LA SUSCEPTIBILIDAD AL DERRABE Y CUANTIFICARLA?**

**6.2. ¿HASTA DONDE SE PUEDE LLEGAR EN LA ACTUALIDAD?**

**6.3. ALGUNAS EXPERIENCIAS EN OTROS PAISES**

**6.3.1. LA CARACTERIZACION DEL RIESGO DE D.I.**

**6.3.1.1. El carbón.**

**6.3.1.2. El gas.**

**6.3.1.3. Los sondeos de reconocimiento**

**6.3.1.4. Tectónica**

**6.3.2. SUSCEPTIBILIDAD AL DERRUMBE REPENTINO DE UN FRENTE**

**6.3.3. INDICE DE SUSCEPTIBILIDAD EN UN TALLER DE TESTEROS**

## **7. REFERENCIA RESUMEN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.**

**7.1. RECOPIACION DE DATOS HISTORICOS**

**7.2. BASE DE DATOS**

**7.3. ANALISIS DISCRIMINANTE PARA LAS EXPLOTACIONES DE TESTEROS**

**7.4. EVALUACION DE RESERVAS AFECTADAS POR EL PROYECTO**

**7.5. METODOS DE EXPLOTACION UTILIZADOS EN LA ACTUALIDAD EN CAPAS DE CARBON DE PENDIENTE SUPERIOR A LOS 35°**

**7.6. RECOMENDACIONES DE OPERACION EN LOS SISTEMAS DE EXPLOTACION TRADICIONALES Y NO MECANIZADOS**

**7.7. ANALISIS TRIDIMENSIONAL DE UN TALLER DE TESTEROS. INVERSION DEL FRENTE DEL TALLER**

**7.8. ANALISIS DE LA IMPORTANCIA DEL ESTUDIO GEOLOGICO-ESTRUCTURAL DEL YACIMIENTO**

**7.9. ANALISIS DE LA IMPORTANCIA DEL CONOCIMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CARBON**

**7.10. LA VENTILACION Y SU RELACION CON LA DERRABABILIDAD DEL CARBON**

**7.11. EL USO DE EXPLOSIVOS CON RELACION A LOS DERRABES. UTILIZACION COMO MEDIDA DE LUCHA CONTRA LOS FENOMENOS GASODINAMICOS.**

**7.12. LA INYECCION DE AGUA EN CAPA Y SU INCIDENCIA EN LOS DERRABES**

**7.13. ESTUDIO SOBRE LA INFLUENCIA DE LA GRISUOSIDAD DE LAS CAPAS DE CARBON EN LOS DERRABES**

**7.14. LOS CONOCIMIENTOS SOBRE LOS FENOMENOS GASODINAMICOS Y LOS DERRABES EN LA ACTUALIDAD**

**7.15. LA EMISION ACUSTICA, MICROSISMICA Y GEO-RADAR**

**7.16. MEDIDAS IN SITU SOBRE LA INCIDENCIA DEL GAS**

**8. ALGUNAS ACTIVIDADES O INVESTIGACIONES RECOMENDABLES.**

**9. CONCLUSIONES**

**10. BIBLIOGRAFIA.**

**11. INDICE DE ANEJOS**

## **AGRADECIMIENTOS:**

El gestor del Proyecto de Investigación de Derrabes de Carbón quiere expresar su más sincero agradecimiento:

- \* En primer lugar, a **TODOS LOS MIEMBROS DE LA COMISION DE SEGUIMIENTO DEL PROYECTO**, constituida por representantes de cada una de las entidades financiadoras. Su apoyo constante y su positiva disposición se ha traducido en dejar trabajar y proporcionar todos los medios a su alcance para que el Proyecto se desarrollase de la mejor forma posible. Cualquier deficiencia del mismo debe quedar al margen de la comisión y de sus componentes.
  
- \* También quiere agradecerse la colaboración del **ITGE**, titular administrativo del Proyecto, que ha sobrepasado con creces las obligaciones que le correspondían y ha puesto al servicio del Proyecto a personal propio, cuando le ha sido requerido. En este sentido, se hace una muy especial mención de agradecimiento al **AREA DE SEGURIDAD MINERA**.
  
- \* En cuanto a las empresas, debe destacarse la colaboración de la **EMPRESA NACIONAL DE HULLERAS DEL NORTE, S.A.**, que ha ha puesto a disposición del Proyecto, documentación, medios humanos y sus explotaciones para realizar todas las investigaciones y toma de datos que les fueron requeridas. No puede olvidarse en este apartado la encomiable predisposición de la Dirección Técnica, de la Dirección de Seguridad, de los especialistas del Departamento de Ingeniería y de los Jefes de Pozo. Lo extenso de la lista impide nombrarlos a todos.

Con la misma intensidad se agradecen las facilidades dadas por la empresa HULLERAS DE SABERO Y ANEXAS, S.A. que ha permitido y alentado la realización en su yacimiento, de todas las investigaciones que se consideraron oportunas, a la vez que sus técnicos ponían a disposición del proyecto sus importantes conocimientos y experiencia en la materia.

De igual modo han colaborado empresas como la MINERO SIDERURGICA DE PONFERRADA, S.A., que ha prestado un gran interés por el proyecto y por todo lo relacionado con la seguridad, apoyando la continuidad de las investigaciones, ANTRACITAS DE SAN LUIS y ANTRACITAS DE VELILLA en Palencia, MINAS DE LIERES, S.A. HULLERA VASCO LEONESA, etc. En general la mayoría de las empresas a las que se solicitó colaboración, de una u otra forma, han correspondido y reconocido el interés del proyecto.

- \* También el agradecimiento a las empresas de consulta colaboradoras, principalmente por haber comprendido correctamente en cada momento cuál era la ayuda que se les solicitaba, y haber puesto al servicio del proyecto lo mejor de sus conocimientos.
- \* Y por último, el sincero agradecimiento a las personas. Comenzando por el primer gestor que puso en marcha el proyecto y los técnicos que han trabajado directamente desde el principio en el mismo. Se hace también extensivo a mineros anónimos, expertos, catedráticos y profesores escuelas técnicas, representantes de la Administración y de los trabajadores, de Organismos de Investigación y técnicos, que han contribuido en buena medida a formar un juicio objetivo y con amplitud de miras, sobre la problemática real de los derrabes en España, la cual se trata de presentar con claridad en esta Memoria.

Sin la ayuda de todas estas personas, empresas y entidades habría sido muy difícil realizar el Proyecto.

## **1. INTRODUCCION**

En este documento se recogen los aspectos más significativos del PROYECTO DE INVESTIGACION DE DERRABES DE CARBON EN CAPAS DE PENDIENTE SUPERIOR A 35º, que ha sido realizado para tratar de dar respuesta al problema de los derrabes en España. Históricamente los derrabes de carbón, y por extensión, los fenómenos de caída y proyección de carbón y gas, han tenido una muy importante cuota de participación en la accidentabilidad de las minas de carbón que explotan los yacimientos inclinados e irregulares españoles, en muchos casos por métodos tradicionales.

El Proyecto ha sido financiado a partes iguales por:

- **DIRECCION GENERAL DE MINAS Y DE LA CONSTRUCCION**
- **CONSEJERIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS**
- **CONSEJERIA DE ECONOMIA Y HACIENDA DE LA JUNTA DE CASTILLA Y LEON**
- **OCICARBON**

A efectos administrativos, el titular del Proyecto ha sido el **INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA**, y los trabajos han sido realizados por un equipo técnico independiente, formado exclusivamente a tal fin. Para la realización de algunos trabajos específicos se ha contado con la colaboración de empresas especializadas de consulta y con personal del ITGE. Un gestor se ha encargado de la coordinación y de tratar que las distintas actividades se realicen de la manera más adecuada.

A continuación se presentan los aspectos más relevantes, se resumen los trabajos realizados y se destacan las conclusiones más importantes obtenidas.

## 2. AMBITO DE ACTUACION, ALCANCE Y ESTRUCTURA DEL PROYECTO

Aunque el ámbito de actuación podría ser inicialmente todo el territorio nacional, los trabajos se concentraron en la Comunidas Autónomas de Castilla y León y del Principado de Asturias.

Estas CC.AA., además de participar directamente en la financiación del proyecto y mostrar su interés en la realización del mismo, concentran casi la totalidad de los yacimientos del territorio nacional, cuya explotación genera la mayor parte de los problemas de derrabes, los cuales han sido el objeto de este estudio. De todas formas, los resultados generales se pueden extender a todo el territorio nacional.

El alcance del Proyecto se presenta con más detalle en el capítulo siguiente, aunque se pretendió que contemplase, entre otras cuestiones las siguientes:

- \* **Una revisión realista de la problemática** en toda su extensión, que permita exponerla claramente y establecer conclusiones y prioridades de actuación.
- \* **Establecer claramente los diferentes problemas y mecanismos** según los cuales se desarrollan los distintos fenómenos para **aislar, si es posible, los parámetros que permiten controlarlos.**
- \* Aún a sabiendas de que, si no se complementan las investigaciones con actuaciones de otro tipo y se les da continuidad, no se eliminarán los accidentes en su totalidad, con la realización de este Proyecto se ha tratado de presentar, para cada tipo de explotación o escenario de trabajo, **la metodología de actuación más adecuada ante los derrabes.**
- \* También se ha tratado de **definir las líneas de actuación y de investigación futuras** más convenientes, a la luz de los trabajos realizados y las conclusiones obtenidas.

**En otro orden de cosas, hay que decir que el Proyecto se compone de esta Memoria y quince Anejos que la completan. La Memoria presenta el problema en toda su extensión, de modo que sirva de guía al lector interesado en profundizar en algunos temas, que son analizados con detalle en los Anejos.**

### 3. PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PROYECTO

El Proyecto de Investigación de derrabes de carbón se plantea para abordar coordinada e integralmente el problema de los derrabes que, tradicionalmente, ha constituido un punto negro en la seguridad en la explotación de las capas inclinadas de los yacimientos españoles.

**La variedad de circunstancias presentes** en el escenario minero en el que iba a desarrollarse el Proyecto, hizo aconsejable afrontarlo comenzando por el análisis de la problemática real en toda su extensión.

Existe una gran diferencia, tanto en los conocimientos científicos y tecnológicos, como en la utilización de recursos técnicos y humanos, en las distintas explotaciones de la minería del carbón española. Esto ha complicado el Proyecto y, aunque se realizó un planteamiento general, ha sido preciso tratar el problema desde distintas perspectivas, acomodadas a las necesidades de los **diversos escenarios existentes**.

Una vez localizados y acotados los problemas, que en su mayor parte eran conocidos, se iniciaron las investigaciones que se consideraron más adecuadas, buscando el mayor aprovechamiento posible, en función de las circunstancias del momento y de los medios puestos a disposición del Proyecto.

El enfoque del Proyecto es técnico, aunque no se ha eludido contemplar algún factor de otro tipo que, después de un análisis objetivo y riguroso, pudiera tener relación con el fenómeno.

Se pensó que la utilización de técnicos cualificados, liberados de la presión cotidiana derivada de la producción y las relaciones laborales, permitiría hacer un análisis sereno y objetivo del problema, de utilidad para todas las partes implicadas, cuyos objetivos finales son similares y se refieren al aumento de la seguridad en las minas.

Asumido ese planteamiento, se pueden distinguir las siguientes fases de trabajo:

- A) **Detección de la problemática** con la mayor y más fiable documentación e información.
- B) **Análisis de los datos recopilados** y adquiridos, para plantear las actividades de estudio más adecuadas al problema.
- C) **Planteamiento de actividades** consideradas de máxima utilidad, teniendo en cuenta los recursos disponibles.
- D) **Desarrollo de las actividades seleccionadas.** Paralelamente, se trató de poner al día, para su posterior difusión, lo más destacado del estado de conocimientos en la materia, principalmente en lo referente a cuestiones de aplicación directa a la minería de carbón española.
- E) **Elaboración de conclusiones** y planteamiento de investigaciones que puedan ser de interés técnico en el futuro.

En la presente Memoria y en la Documentación Aneja, que constituyen el Proyecto formando un todo-uno indivisible, se proporciona la información adquirida y los resultados alcanzados en las distintas fases del trabajo.

El Proyecto, planteado de esta manera ha sido muy ambicioso y ha generado una gran cantidad de actividades e investigaciones, lo cual no debe sorprender, dada la complejidad del estudio que requiere analizar una gran cantidad de factores.

Se es plenamente consciente de que ni este Proyecto, ni cualquier otro referido a los derrabes, va a permitir "acabar con los derrabes o dar recetas definitivas de como acabar con ellos". Esto no significa, en modo alguno, que se trate de un Proyecto inútil, o que no esté sobradamente justificado. La utilidad del Proyecto se ha tratado de alcanzar:

- \* **Exponiendo y acotando**, en la medida de lo posible, **la problemática real** en las explotaciones españolas, que aunque es bastante conocida, no había sido expuesta con claridad de modo generalizado en los distintos escenarios existentes.
- \* **Presentando la forma más adecuada de solucionar alguno de los problemas**, detectando y dando las herramientas de conocimiento necesarias para su utilización en cada caso. Se ha prestado una especial atención al escenario que incluye las explotaciones por métodos tradicionales, en los que la presencia del hombre es más directa y que, desgraciadamente y hasta la fecha, ha generado en España un mayor número de accidentes con víctimas.
- \* **Proporcionando información de interés sobre los avances tecnológicos existentes** y analizando sus posibilidades de aplicación a los yacimientos españoles. Se presentan los resultados prácticos obtenidos en las investigaciones realizadas y se tratan de difundir, resumidos, algunos de los conocimientos actuales en distintas materias relacionadas con los derrabes.
- \* **Tratando de resolver el máximo de problemas y dudas existentes desde un punto de vista de investigación científica**, difundiendo la realizada en el extranjero que sea de aplicación a los yacimientos nacionales, y planteando y definiendo claramente aquellas **investigaciones que pudieran ser de utilidad en el futuro**.

Por último, dos reflexiones que pueden resumir el espíritu del Proyecto, según lo han entendido los responsables del mismo:

En primer lugar, se entiende que el problema del derrabe, como todos los relacionados con la seguridad, se plantea en distintos escenarios, pero el principal es el conformado por el hombre en su entorno de trabajo, donde se generan riesgos cada día. Por ello, **lo importante es reducir esos riesgos e integrar la seguridad, activa y pasiva, en el trabajo cotidiano**. Esto requiere proporcionar a todas las partes implicadas los conocimientos y herramientas suficientes para aplicarlos en la disminución de los riesgos. Estas herramientas han de ser válidas no sólo para los trabajadores, sino también para los técnicos, planificadores, fabricantes de equipos, autoridad minera competente, etc.

**En segundo lugar, hay que decir que se trata de un Proyecto técnico y de seguridad. Se reconoce y respeta la conveniencia de encuadrar los proyectos en un contexto económico, analizando aspectos relativos a costes y productividades, aunque en la medida de lo posible, se evita.**

#### **4. EL DERRABE**

Para encuadrar adecuadamente el "Proyecto de Investigación de derrabes de carbón" y definir su alcance, es imprescindible realizar una serie de consideraciones sobre lo que se entiende en España por "derrabe". Esto es importante pues, en una primera aproximación, no parece lo mismo estudiar la caída por gravedad de pequeñas cantidades de carbón desconsolidado e insuficientemente sostenido, que la súbita proyección de un importante volumen de carbón y gas. Parece claro que en el segundo caso entran en juego mecanismos más complejos, aunque en ambos exista una proyección de carbón hacia el hueco de la labor.

En el primer caso, el problema podría reducirse actuando sobre factores más o menos conocidos. Sin embargo, en el segundo, es preciso un conocimiento profundo de los mecanismos según los cuales se desarrolla el fenómeno, las características del macizo rocoso y el comportamiento del sistema gas-carbón en su interacción con las presiones de los terrenos y el desconfinamiento producido por los trabajos mineros.

En España, la palabra "derrabe" se utiliza con un significado bastante amplio, y siempre supone la intervención del carbón en el incidente. Los incidentes en los que se libera una gran cantidad de energía de una manera súbita e imprevista se denominan "fenómenos dinámicos". La frontera entre ambas situaciones no es clara, aunque tratará de ser establecida más adelante.

Por otra parte, el "derrabe" ha sido, tradicionalmente y por desgracia, uno de los accidentes más específicos de la minería del carbón en los yacimientos inclinados. La legislación sobre Seguridad Minera hace referencia explícitamente al derrabe una vez, para incluirlo en los denominados incidentes graves en minería. Esta calificación parece requerir un mayor desarrollo, junto con los fenómenos gasodinámicos, que el existente en la actualidad.

En los apartados siguientes, se profundiza en todas las posibles acepciones de la palabra "derrabe" en España, con objeto de encuadrar adecuadamente el Proyecto. Se pretende también transmitir la idea de que, aunque los distintos fenómenos que puedan presentarse tengan factores en común, mecanismos ele-

mentales de generación similares y efectos parecidos, puede que las condiciones locales en las que se desarrollan introduzcan diferencias de naturaleza e intensidad que **condicionarán la forma de prevenirlos y luchar contra ellos.**

Cuando se hace referencia a la tipología de los fenómenos que pueden tener lugar, en modo alguno se trata de establecer una clasificación. En todo caso, será una referencia cualitativa que puede ser más o menos discutible.

#### **4.1. ¿QUE SE ENTIENDE POR DERRABE?**

El denominador común de la utilización de la palabra "derrabe" en España, es el hecho de que el carbón se vea afectado por la inestabilidad. Teniendo presente que el carbón participa en el incidente, a veces se aplica la palabra derrabe a los casos en los que se ven implicados también las rocas encajantes más próximas y el gas existente.

Así pues, se puede decir que **"derrabe es la caída y/o proyección de carbón que se ha desconsolidado del macizo por acción de las presiones, el gas, la gravedad o el efecto inducido por el arranque, pudiéndose ver envueltos el gas y las rocas encajantes"**.

En esta definición pueden entrar la mayor parte de los fenómenos recogidos históricamente en España. Los fenómenos que, tanto por la intensidad, como por lo imprevisto de sus manifestaciones, se consideran como "anormales" y/o "dinámicos" podrían quedar excluidos de esta consideración. No obstante, en este Proyecto se estudian estos fenómenos, aunque no en profundidad, en tanto en cuanto es muy difícil establecer la frontera entre éstos y los derrabes aquí definidos.

Si se excluyen los casos más simples, ligados principalmente a la geometría de las explotaciones, la gravedad y al factor humano, parece que lo más adecuado es tratar el problema integralmente, como se plantea en el Anejo X.

Por otra parte, las cada vez más difíciles condiciones de explotación, el aumento de la profundidad y las crecientes exigencias de productividad hacen necesario tomar en consideración los denominados fenómenos dinámicos.

- \* El gas, si está presente, no participa en el transporte de las partículas de carbón alejando los finos.
- \* La temperatura en el carbón derrabado suele ser similar a la del macizo de carbón y rocas encajantes, sin el enfriamiento característico de los fenómenos gasodinámicos, producido por la expansión de los gases.
- \* El gas desprendido, si está presente, no es superior al que podría calcularse en base al contenido en virgen de la capa.

**En general, estos derrabes, que normalmente afectan a volúmenes de carbón inferiores a 10 m<sup>3</sup> esponjados, con una correcta práctica minera podrían ser, siempre a expensas del factor humano, controlados.**

En estos casos, el problema se centra en gestionar correctamente, y cada día, las explotaciones, e integrar la seguridad continuamente en el puesto de trabajo.

En la actualidad, se conocen bastante bien los problemas de los métodos de explotación más tradicionales, que es en donde con mayor frecuencia se presenta este tipo de incidentes, por lo que está disminuyendo la accidentabilidad en los mismos. También influye el hecho de que se está desviando cada vez más la producción hacia métodos tecnológicamente más dotados.

La dificultad, tantas veces aludida, que presentan los yacimientos españoles, para la implantación de métodos de explotación mecanizados en condiciones rentables y seguras, la escasa profundidad de las explotaciones en comparación con las de otros países y, los todavía bajos contenidos en gas en las capas, hacen que este tipo de fenómenos tenga en España una importancia difícilmente trasladable a otros países europeos.

#### **4.2.2. FENOMENOS "TIPO 2". CAIDA DE CARBON Y PROYECCION DEL GAS DISIPANDO ENERGIA DE DEFORMACION EN EL INCIDENTE.**

Este tipo de fenómenos se manifiesta como consecuencia de la desgasificación, las presiones, la gravedad y/o los movimientos de los terrenos y del carbón, producidos de manera brusca y difícilmente previsible.

El estudio analítico del mecanismo es complejo y también lo es su previsión estadística, aunque se conocen de manera aproximada las **condiciones más favorables para que el fenómeno tenga lugar.**

Cuando la intensidad de la manifestación es elevada y proviene de la descarga violenta de la energía acumulada por el gas y el macizo de carbón, los fenómenos se denominan "dinámicos". Una conclusión importante de este proyecto es que **los fenómenos del "tipo 2" y los "dinámicos" deben ser estudiados indistintamente ; ya que es solamente la violencia e imprevisibilidad de la manifestación la que los diferencia.**

Los derrabes del "tipo 1" y "tipo 2" son los que con más frecuencia se han presentado en las minas españolas hasta la fecha. Los del "tipo 2" son, en términos relativos, los que mayor mortalidad han presentado, con víctimas por traumatismos y asfixia por compresión y por anoxia.

Estos fenómenos se presentan en zonas sometidas a fuertes presiones y con contenidos en gas importantes en las capas de carbón. Son accidentes que pueden afectar a más de una serie, son los típicos de las sobreguías, de los pozos, coladeros, rampones, y guías en carbón. También se pueden producir al cortar capas en labores ascendentes en zonas sometidas a fuerte presión.

A este tipo de fenómenos se dedica una gran parte de los trabajos de investigación del presente Proyecto. La previsible dificultad de las condiciones de explotación en el futuro así lo recomienda.

Para abordar estos problemas es muy importante el conocimiento de disciplinas relacionadas con la presión de los terrenos, las propiedades físicas del carbón y la dinámica del gas en medios porosos.

El volumen de carbón y de gas desprendido es variable, desde unos pocos  $m^3$  a varias decenas o centenas de  $m^3$ . En los derrabes denominados del "tipo 1", la adecuada colocación del sostenimiento y la correcta gestión de la explotación pueden reducir los riesgos. Sin embargo, esto puede no ser suficiente en los del "tipo 2", siendo necesarias otras medidas de prevención.

### **4.2.3. FENOMENOS DINAMICOS**

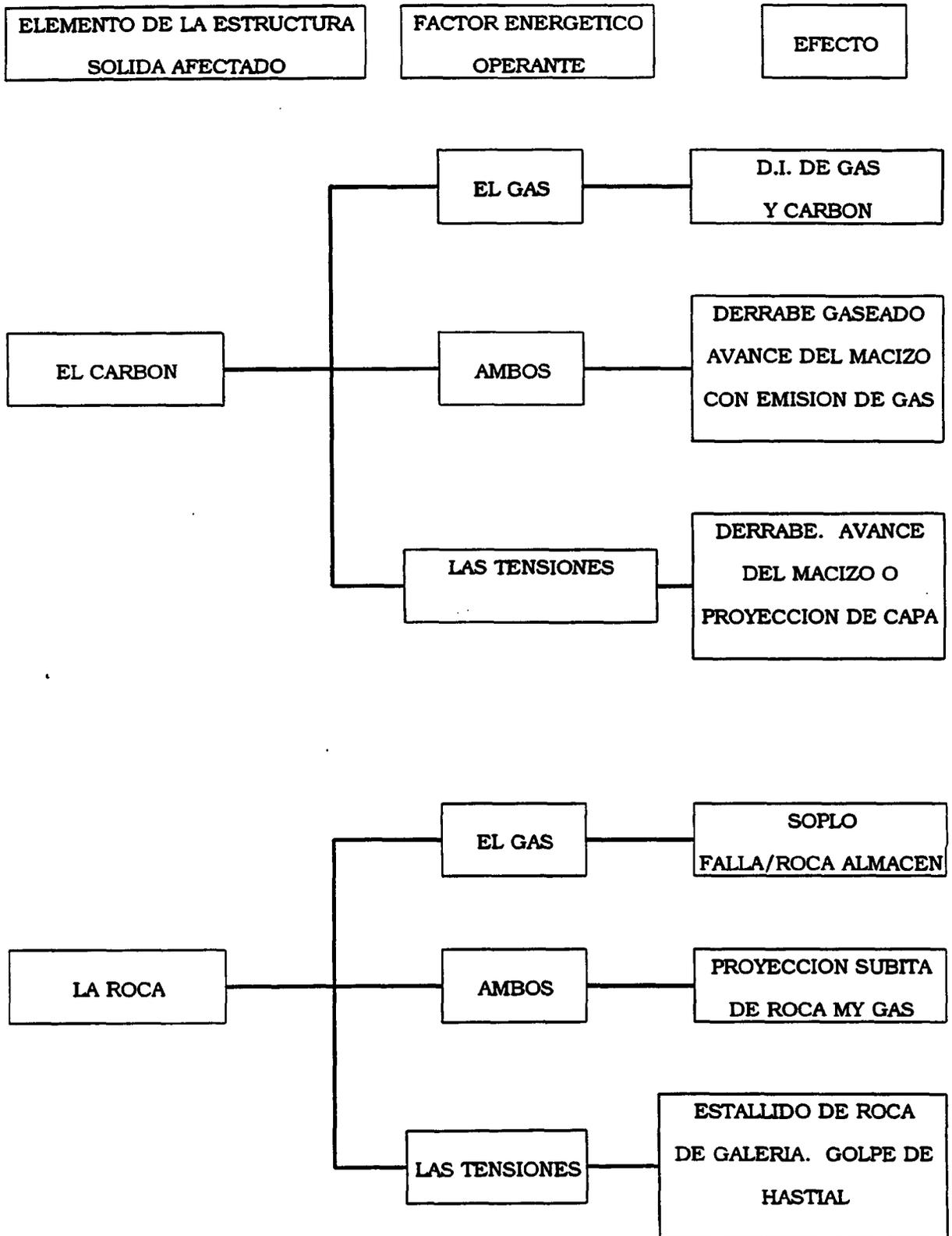
La frontera entre los fenómenos descritos en el apartado anterior y los denominados "dinámicos" es difícil de establecer, existiendo una gradación tan amplia como se quiera. La intensidad e imprevisibilidad del suceso pueden servir para establecer la diferencia, de modo que cuando éstas sean excepcionales se hablará de "fenómenos dinámicos".

Estos fenómenos, de manifestación variada, pueden agruparse en distintos tipos según cuál sea el elemento de la estructura sólida afectada (carbón/roca) y los factores energéticos operantes (gas/presiones). Entre todos ellos tampoco hay fronteras claramente definidas, siendo muy importante conocer cuál es la componente más destacada a la hora de tratar de prevenirse ante ellos.

En el esquema de la página siguiente se ilustra, de modo sencillo, cuáles son los principales fenómenos que pueden presentarse.

- Si la estructura sólida afectada es, principalmente, la roca encajante de la capa de carbón, se tratará de "golpes de roca", "proyecciones súbitas de roca y gas" o "soplos de gas", si existe gas cautivo en los poros de las rocas permeables.
- Si el elemento afectado es, principalmente, el carbón, se tratará de fenómenos del tipo "desprendimiento instantáneo de gas y carbón", "derrabes gaseados" o "proyecciones súbitas o avances de carbón", según la incidencia relativa del gas o las presiones como factor energético operante.

Este tipo de fenómenos se presentan en España, por el momento, en zonas relativamente localizadas. Es de destacar la importante reducción del número de incidentes de este tipo, en la que tienen mucho que ver las mejoras introducidas en explotaciones de la Cuenca Central Asturiana (inversión del frente, control del relleno colgado, tajos mecanizados descendentes, medidas sistemáticas de detección y prevención, etc.), así como el interés y alto nivel técnico puestos de manifiesto en algunas empresas, en este sentido.



Los fenómenos "dinámicos" no entraban, en principio, dentro del marco del Proyecto. Sin embargo, **la propia evolución de éste** ha requerido el estudio de factores presentes en dichos fenómenos y ha justificado **la conveniencia del estudio integral de estos problemas, siguiendo la línea de otros países de reconocido prestigio y tradición minera.**

### **4.3. EL PROBLEMA EN ESPAÑA**

La documentación analizada y los trabajos realizados al amparo del Proyecto, han permitido delimitar la problemática existente en España al respecto, lo cual ha sido uno de los principales objetivos del mismo.

En primer lugar, hay que confirmar el hecho, ya conocido, de que el número de incidentes por derrabe que generan riesgo real, es muy superior al que se recoge en las estadísticas oficiales, que sólo se refieren a los accidentes con heridos graves y mortales. Por ello, resulta imposible establecer estadísticas completas.

En algunas empresas se realizan informes internos sobre los incidentes y se analizan éstos, obteniendo conclusiones de gran utilidad. Sin embargo, parece difícil conseguir, a corto plazo, alimentar una base de datos a escala nacional con los incidentes reales, pese a la utilidad de ello desde un punto de vista de un análisis técnico.

Pese a lo tentador ( y lo sencillo ) que resulta en los tiempos actuales ilustrar datos estadísticos mediante gráficos y diagramas, el Proyecto de derrabes renuncia en lo posible a ello, entendiendo que en este caso los datos históricos manejables no reflejarían con rigor la realidad de los incidentes, ni de la problemática. Todos los datos estadísticos que se den, a los que se les reconoce una cierta utilidad, se refieren ( salvo indicación ) a los incidentes con víctimas graves y mortales recogidos

Los informes de los Servicios de Minas analizados se refieren a incidentes con víctimas, y no siempre recogen todos los parámetros técnicos que sería deseable para un análisis técnico profundo " a posteriori ", como es éste. Esto condiciona, en esa medida, los resultados del análisis. En cualquier caso, a nivel práctico, para el Proyecto de derrabes estos datos han servido como referencia, pero no se ha pretendido descargar sobre ellos todo el peso de la programación y diseño del Proyecto, una vez superada la fase inicial de toma de datos históricos realizada durante el primer año de trabajo.

**Se puede decir que los accidentes inventariados como "por derrabe" han producido en los últimos años:**

- **En Castilla y León: 40 fallecidos y 25 heridos graves. Esto supone del orden del 13% de los fallecidos en la minería de la Comunidad desde 1.973**
- **En Asturias: 74 fallecidos y 25 heridos graves. Esto supone del orden del 9% de los fallecidos en la minería del Principado de Asturias desde 1.973.**

**Estos datos son orientativos.**

### **4.3.1. TIPOS DE DERRABES MAS FRECUENTES**

Los datos disponibles, que tienen las limitaciones de representatividad que se han indicado, permiten establecer, en cuanto a la tipología de las manifestaciones de derrabe en España, las siguientes conclusiones:

#### **A) Derrabes "tipo 1":**

Este tipo de fenómeno ha sido convenientemente descrito y podría considerarse como la categoría inferior de los derrabes. Son frecuentes en España y generan bastantes incidentes, aunque sea casi imposible conocer su número exacto. Del orden del 50 % de los derrabes, con víctimas, analizados son de este tipo, y han producido más del 70% de los heridos graves. La incidencia en en número de muertos, sin embargo, es menor.

« Desgraciadamente, este tipo de derrabes constituyen todavía un problema en bastantes explotaciones.

La rutina en el trabajo, el exceso de confianza, los trastornos geológicos locales y el posteo inadecuado en un entorno de trabajo de alto riesgo, hostil y agresivo, son factores presentes en gran parte de estos incidentes. El aparente control sobre los mecanismos que los desencadenan no es, por lo que se ve, suficiente cuando aparece alguna circunstancia nueva por sorpresa o cuando en alguna situación la capacidad de respuesta de las personas no es la habitual.

Estos fenómenos tienen lugar sobre todo en explotaciones con métodos de explotación tradicionales y en el avance o recuperación de galerías en carbón. Aunque las presiones y el gas tienen una cuota de participación, no parecen tener el papel principal a la hora de reducir su número.

## **B) Fenómenos "tipo 2":**

Son también frecuentes en España, constituyendo del orden del 40% de los derrabes con víctimas de las últimas dos décadas. Han producido casi el 60% de las víctimas mortales, lo cual significa que de los casos analizados, son los que más víctimas mortales han generado.

Las presiones y el gas tienen especial importancia y las víctimas son, tanto por traumatismos como por asfixia por compresión y por anoxia.

Son accidentes que además de presentarse en talleres, son frecuentes en la realización de labores auxiliares ascendentes en capas de carbón con gas y en zonas sobrepresionadas. En las guías en carbón, pueden tener dimensiones importantes (decenas de m<sup>3</sup>), aunque no suele llegar a haber un transporte de los finos considerable por el gas, como ocurre en el caso de los fenómenos dinámicos. Curiosamente el volumen de carbón desprendido es mayor en las guías que en los talleres y labores de altura.

En esta categoría también se incluyen los derrabes de gran magnitud, en los que se ven implicados los hastiales, hundiéndose una parte importante del taller.

## **C) Fenómenos dinámicos:**

Son fenómenos que, hasta la fecha, se producen en zonas bastante bien localizadas en España, tanto por cuencas como por capas. Son, en proporción, bastante menos frecuentes que en otros países (U.R.S.S., Polonia, Francia, Checoslovaquia, etc.); pero previsiblemente las explotaciones, cada vez a mayor profundidad y en condiciones más difíciles, podrían hacer que estos fenómenos se presenten con más frecuencia.

La cuota de participación sobre los incidentes con víctimas analizados es más baja que en los anteriores, quizá por ser limitado el número de capas en que se producen. Esto no significa que se deba pensar que no puedan presentarse en el futuro, en otras zonas. Donde se han localizado, hay una tendencia a disminuir, en número, debido al importante esfuerzo realizado por algunas empresas.

Son notorios los esfuerzos realizados en zonas como la Cuenca del Aller, donde se han introducido mejoras en la seguridad a nivel de explotación (inversión del frente, control del relleno colgado, mecanización del arranque, equipos ANSHA, etc.), y a nivel de medidas preventivas y de detección de riesgos.

Sobre estos fenómenos existe, en alguna empresa, un importante inventario de incidentes que ha resultado de gran utilidad para este Proyecto. Pese a ello, como hacen referencia a muchos casos en los que no se han producido víctimas graves o mortales (la mayoría), no se han podido incluir en las estadísticas que resultan del análisis de los informes recogidos en los Servicios de Minas, ya que se perdería homogeneidad.

#### 4.3.2. PRINCIPALES CAUSAS DE LOS DERRABES. ALGUNOS DATOS ESTADISTICOS

Las causas de los derrabes son variadas y debe tenerse en cuenta que, aunque sea uno el factor que desencadene el fenómeno, siempre intervienen otros factores y, en ocasiones, actuando de forma compleja y contradictoria.

Con objeto de determinar cuales podrían ser las principales líneas de actuación del Proyecto, se hizo una revisión de los accidentes inventariados con víctimas mortales o heridos graves, tratando de **determinar qué grandes grupos de causas o factores se repetían más veces**. Los resultados, con las limitaciones derivadas de la imposibilidad de reconstruir exactamente los accidentes, son las siguientes: (nota: Los porcentajes no suman 100, por haber casos en los que hay más de un factor muy directamente relacionado).

- \* **Los fallos operacionales bien localizados en las explotaciones y el factor humano** parecen estar presentes de forma directa o indirecta de modo significativo, en el **63%** de los casos. ( se destaca la concepción amplia del "factor humano", que no debe asociarse exclusivamente "a culpa de los trabajadores, del vigilante,...").
- \* **En el 45%** de los casos, los accidentes se han producido en zonas de **trastornos geológicos locales** (variaciones de potencia, repuelgos, esterilizaciones, etc.)
- \* La realización de trabajos mineros en **zonas sobretensionadas** por el efecto de la propia explotación u otras próximas, macizos, explotaciones abandonadas, fallas, etc., parece haber sido causa de accidente, en el **39%** de los casos.
- \* **El deficiente diseño y gestión de la explotación** (incorrecta ubicación, falta de mantenimiento, relleno inadecuado, mal colocado o atrasado, etc.), parecen haber intervenido negativamente, en el **28%** de los casos. Si a este grupo de causas( que se refieren a fallos operacionales, pero de implicación más difuminada) se le añaden las señaladas en el primer párrafo ( más concretas ), se obtiene que **en el 91% de los accidentes están presentes muy directamente causas**

**del tipo operacional y factor humano.** Hay que tener en cuenta que la muestra se refiere a accidentes por derrabe recogidos en los informes de los Servicios de Minas, que eran prácticamente en su totalidad del "tipo 1" y "tipo 2", sin considerar fenómenos dinámicos.

- \* **Las desorciones elevadas de gas,** de forma imprevista, y la **incorrecta ventilación,** han podido ser la causa principal, en un **18%** de los casos (el gas, si existe, siempre está presente en los incidentes).
- \* **La falta de orden** en el trabajo y la presencia de obstáculos que puedan dificultar la huida en caso de necesidad, han convertido incidentes más o menos leves o controlables, en accidentes graves o mortales, en el **12%** de los casos.
- \* **El agua natural** o proveniente de minados que ha degradado el carbón, hastiales y el contacto hastial-carbón, ha humedecido la madera o ha arrastrado parte del relleno, ha estado presente muy directamente, en el **9%** de los casos.
- \* **El efecto de los explosivos** sobre macizos de carbón próximos, desconsolidándolos y las vibraciones o efectos de los equipos o máquinas de arranque, parecen haber sido la causa de un **6%** de los accidentes.

Estos datos son suficientemente ilustrativos y han servido para orientar posteriores investigaciones.

Con respecto al **método de explotación utilizado,** se puede decir que de los casos analizados, el **91%** de los accidentes acaecidos en explotaciones (incluidas sobreguías y rampones de sutiraje), sin incluir labores de preparación, se produjeron en talleres de arranque con martillo picador, utilizando el método de testers, macizos o bancos, o alguno mixto. Hay que tener en cuenta que aproximadamente el **79%** de los accidentes se han producido en explotaciones y el **21%** en labores de preparación (guías, pozos,.)

Respecto al **sostenimiento**, se ha podido constatar que el **80%** de los derrabes con víctimas analizados, ha tenido lugar en zonas en las que se requería un posteo especial, al menos, con bastidor a techo y a muro. Esto confirma, sin entrar a valorar la calidad de la ejecución del posteo, que en casi todos los casos se había reconocido de alguna manera el riesgo y la necesidad de un tratamiento especial.

**En el Anejo XIV, que contiene la base de datos, se recoge toda la información respecto a los accidentes analizados. De ella se pueden extraer una gran cantidad de datos estadísticos cuya interpretación debe realizarse teniendo en cuenta que sólo se incluyen accidentes con víctimas, muchos menos de los producidos en realidad. Se insta a que se alimente en el futuro con todos los incidentes.**

### **4.3.3. LAS RESERVAS DE CARBON Y LOS METODOS DE EXPLOTACION. ESCENARIO GEOGRAFICO.**

En los Anejos I, II-A y II-B, se puede ver un completo estudio sobre los recursos de carbón en capas de inclinación superior a 35° y los métodos de explotación que previsiblemente se utilizarán en un horizonte real de unos 15-18 años. **Este estudio es imprescindible para situar el problema y el ámbito de actuación del Proyecto.**

La ubicación del escenario geográfico se indica siguiendo la denominación de la "Actualización del Inventario Nacional de Recursos Naturales de Carbón", de 1985, realizada por el ITGE. Sin embargo, las cifras que se dan han sido obtenidas tras un minucioso trabajo de recogida de información, análisis y contraste de datos, que incluye la opinión de las empresas.

Como se ve en el Cuadro Nº 1, las reservas situadas en capas de pendiente superior a los 35° constituyen el 59% del total nacional. Las situadas en Asturias y Castilla-León, que es donde se ha centrado el Proyecto, suponen el 55,5% del total y representan el 94% de las inclinadas explotables en toda España, en el referido horizonte de 15-18 años. ( El 6% restante se localiza en la zona sur-occidental de España y en la Cuenca Pirenaica).

En Asturias-Central se ubica aproximadamente el 61% de las reservas situadas en capas con más de 60° de pendiente. Si se le añade la zona Norte de León y Sabero-Guardo-Barruelo, se alcanza el 91% del total de las reservas de más de 60° de pendiente. Hay que tener en cuenta que éstas constituyen aproximadamente el 31% del total nacional.

En el Cuadro Nº 2, se muestran estas reservas agrupadas por potencias y en el Cuadro Nº 3, por métodos de explotación.

En el Cuadro Nº 4, se muestra un resumen de reservas por métodos de explotación en función de buzamientos y potencias. Las potencias, entre otros factores, condicionan los métodos de explotación. Las reservas incluidas en rangos de potencias asignables a distintos métodos, se distribuyen teniendo en cuenta

**CUADRO Nº1****RESERVAS RETENIDAS SEGUN PENDIENTES**

	PENDIENTES			TOTAL
	<35°	35°-60°	>60°	
1º ASTURIAS CENTRAL	6461	36172	60809	103442
2º ASTURIAS OCCIDENTAL	10406	5709	0	16115
3º VILLABLINO-TORMALEO-CERREDO	12375	30876	342	43593
4º BIERZO	38231	12453	2342	53026
5º NORTE DE LEON	17108	1439	16290	34837
6º SABERO-GUARDO-BARRUELO	732	1078	13297	15107
7º SUR OCCIDENTAL DE ESPAÑA	35	960	4684	5679
8º TERUEL -MEQUINENZA	39729	236	0	39965
9º PIRENAICA	8311	2439	1768	12518
10º BALEARES	0	1750	0	1750
CONJUNTO	133388	93112	99532	326032

**CUADRO Nº2****RESERVAS SEGUN PENDIENTES Y POTENCIAS EN CAPAS DE MAS DE 35°**

	35°-60°			60°-90°			TOTAL
	<0,9	0,9-2,0	>2,0	<0,9	0,9-2,0	>2,0	
1º ASTURIAS CENTRAL	6085	27830	2257	9064	39459	12286	96981
2º ASTURIAS OCCIDENTAL	866	2981	1862	0	0	0	5709
3º VILLABLINO-TORMALEO-CERREDO	9667	20990	219	290	52	0	31218
4º BIERZO	12453	0	0	2342	0	0	14795
5º NORTE DE LEON	296	1143	10391	150	2072	3677	17729
6º SABERO-GUARDO-BARRUELO	387	657	34	2934	4671	5692	14375
7º SUR OCCIDENTAL DE ESPAÑA	0	0	960	0	0	4684	5644
8º TERUEL-MEQUINENZA	0	236	0	0	0	0	236
9º PIRENAICA	0	1271	1168	0	349	1419	4207
10º BALEARES	0	0	1750	0	0	0	1750
CONJUNTO	29754	55108	18641	14780	46603	27758	192644

**CUADRO N.º 3**

**RESERVAS SEGUN METODOS DE EXPLOTACION**

	METODOS DE EXPLOTACION							
	TESTEROS	BANCOS	MACIZOS	ROZADORA	CEPILLO	INTEGRA	SUTIR.	TOTAL
1.ª ASTURIAS CENTRAL	48928	1573	0	27640	1049	7108	10683	96981
2.ª ASTURIAS OCCIDENTAL	0	0	3847	0	0	0	1862	5709
3.ª VILLABLINO-TORMALEO-CERREDO	6506	0	6358	17291	0	844	219	31218
4.ª BIERZO	14795	0	0	0	0	0	0	14795
5.ª NORTE DE LEON	150	1267	0	0	0	0	16312	17729
6.ª SABERO-GUARDO-BARRUELO	5285	8828	0	262	0	0	0	14375
7.ª SUR OCCIDENTAL DE ESPAÑA	0	0	960	0	0	0	4684	5644
8.ª TERUEL-MEQUINENZA	0	0	236	0	0	0	0	236
9.ª PIRENAICA	1620	0	0	0	0	0	2587	4207
10.ª BALEARES	0	0	0	0	0	0	1750	1750
CONJUNTO	77284	11668	11401	45193	1049	7952	38097	192664

**CUADRO N°4**

**RESERVAS POR METODOS DE EXPLOTACION, EN FUNCION DE BUZAMIENTOS Y POTENCIAS**

<b>BUZAMIENTO</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>TESTEROS</b>	<b>BANCOS</b>	<b>MACIZOS</b>	<b>ROZAD.</b>	<b>CEPILLOS</b>	<b>INTEGRAL</b>	<b>SUTIR.</b>
<b>35° a 60°</b>	<b>&lt;0,9</b>	<b>18427</b>	<b>726</b>	<b>2140</b>	<b>8414</b>	<b>0</b>	<b>83</b>	<b>0</b>
	<b>0,9 A 2,0</b>	<b>16986</b>	<b>1557</b>	<b>8337</b>	<b>23641</b>	<b>1049</b>	<b>2669</b>	<b>869</b>
	<b>&gt;2</b>	<b>1611</b>	<b>0</b>	<b>960</b>	<b>144</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>15926</b>
<b>60° a 90°</b>	<b>&lt;0,9</b>	<b>8366</b>	<b>1490</b>	<b>0</b>	<b>4531</b>	<b>0</b>	<b>393</b>	<b>0</b>
	<b>0,9 A 2,0</b>	<b>28446</b>	<b>2758</b>	<b>0</b>	<b>8289</b>	<b>0</b>	<b>3801</b>	<b>3309</b>
	<b>&gt;2</b>	<b>3448</b>	<b>5137</b>	<b>0</b>	<b>174</b>	<b>0</b>	<b>1006</b>	<b>17993</b>

<b>SEMI-VERTICALES Y VERTICALES &gt;35°</b>	<b>&lt;0,9</b>	<b>26793</b>	<b>2216</b>	<b>2104</b>	<b>12945</b>	<b>0</b>	<b>476</b>	<b>0</b>
	<b>0,9 A 2,0</b>	<b>45432</b>	<b>4315</b>	<b>8337</b>	<b>31930</b>	<b>1049</b>	<b>6470</b>	<b>4178</b>
	<b>&gt;2</b>	<b>5059</b>	<b>5137</b>	<b>960</b>	<b>318</b>	<b>0</b>	<b>1006</b>	<b>33919</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>77284</b>	<b>11668</b>	<b>11401</b>	<b>45193</b>	<b>1049</b>	<b>7952</b>	<b>38097</b>

otros parámetros, o según el criterio de las empresas, las cuales consideran parámetros como la regularidad de las capas, la susceptibilidad a la combustión espontánea de los carbones, el tipo de hastiales, la susceptibilidad a la mecanización, la posibilidad de métodos alternativos, etc.

Todos estos datos son bastante fiables y **constituyen una buena referencia**, aunque hay que tener en cuenta que las cifras pueden variar, en función de parámetros de índole técnico-económica. En cualquier caso, tienen en cuenta la opinión de los técnicos de las empresas, que teóricamente son los que mejor conocen sus yacimientos y posibilidades de explotación.

Todo lo anterior permite obtener conclusiones muy interesantes que se exponen, simplídicamente, a continuación:

- \* Según las expectativas actuales de los propios explotadores, **en caso de explotarse**, del orden del **52%** de las reservas nacionales en capas de más de **35°** de pendiente requerirían la utilización de los denominados "métodos de explotación tradicionales" y la utilización de picadores para el arranque. **Estos métodos son los que presentan más riesgo de derrabe.**
- \* Si se hace referencia a métodos de explotación que empleen para el arranque la técnica del **sutiraje**, de creciente utilización, se puede decir que estos métodos están consolidados en la zona suroccidental de España y en algunas minas del norte de León. En Asturias y en Castilla-León se encuentra el **76,3%** del total de las reservas en capas inclinadas que se esperan explotar por dicha técnica, las cuales constituyen aproximadamente el **20 %** del total nacional de las ubicadas en yacimientos de pendiente superior a los **35°**. Todo esto tiene una especial importancia para el Proyecto, y lo justifica una vez más, pues la gran cantidad de avances en carbón que deberán realizarse y los elevados desprendimientos de gas en cortos espacios de tiempo en el arranque, pueden generar problemas de derrabes.

\* En Asturias y Castilla-León se encuentra también el **100%** de las reservas de capas inclinadas que en el horizonte señalado se esperan explotar mediante métodos con **arranque mecanizado**, principalmente según las perspectivas actuales, con **rozadoras** que se adapten a los yacimientos y condiciones de explotación españoles. Estas reservas suponen aproximadamente un **28%** del total.

#### 4.3.4. ESCENARIOS EMPRESARIALES

Con objeto de proporcionar la mayor utilidad posible a los distintos tipos de empresas mineras, con tamaños, organización, tipo de accionariado y estrategias diferentes, se ha tratado de analizar la relación entre estructura empresarial y riesgo de derrabe. Se excluyen, evidentemente, los denominados "chamizos", afortunadamente en vías de extinción.

En definitiva, y con las limitaciones derivadas de todo análisis cualitativo, se destacan las siguientes conclusiones:

- \* No parece existir una **relación clara entre riesgo de derrabe y tamaño de la empresa**, si se ponderan los datos con relación a las horas trabajadas o las producciones. Por ejemplo en Castilla y León que hay más empresas, se obtiene que el 67% de los accidentes graves se concentran en 10 empresas, pero éstas obtienen el 70% de la producción aproximadamente.
- \* Generalmente, las empresas de **mayor tamaño** poseen una estructura que permite mantener unos servicios técnicos y de ingeniería de un importante nivel.

La empresa capitaliza esto con un mayor nivel científico y un mayor conocimiento de la oferta tecnológica existente. Estas empresas están en mejores condiciones de aplicar, en sus explotaciones y en su planificación, los conocimientos más avanzados sobre Mecánica de Rocas, Ventilación, Automatización, etc., lo que redundará sin duda, en la seguridad.

También suelen tener más capacidad de endeudamiento y, entre otras cosas, sobre este tipo de empresas suele descansar el peso de algunas innovaciones tecnológicas a nivel nacional.

Por el contrario, en ellas quizá se complica la organización y la relación interpersonal es menor o está más difuminada que en empresas de menor tamaño. En las explotaciones o labores en las que la presencia del hombre es muy decisiva, es posible que los "destinos" no se "optimicen" como en las empresas

más pequeñas. Se ha detectado una menor continuidad en los equipos de personas que están presentes regularmente en los talleres, lo cual puede ser negativo de cara a la identificación del hombre con su puesto cotidiano de trabajo.

Estas empresas están haciendo esfuerzos por aprovechar su organización y medios para aumentar la seguridad.

- \* Existen empresas de **tamaño pequeño y mediano** en las que los posibles inconvenientes derivados de su dimensión se pueden compensar con una sencilla y correcta organización, una preparación suficiente para sus explotaciones, una buena ventilación, un buen dominio del arte minero y un buen control de las aptitudes del personal por parte de los mandos. Todo esto puede suplir los inconvenientes de una menor implantación tecnológica y conocimiento científico. **Para las empresas en estas circunstancias, este Proyecto ha de ser de gran utilidad.**
- \* Existe actualmente **otro escenario empresarial**, muy complejo, bastante independiente del tamaño de las empresas y, desgraciadamente, más significativo de lo deseable en estos momentos. Se trata del conformado por empresas con problemas económicos cuya estructura puede ser insuficiente u obsoleta.

La falta de inversiones por escasez de recursos, por incertidumbre ante el futuro o por desmotivación, puede incidir negativamente en la seguridad en general, y en los derrabes en particular. Es evidente que una mina con un solo taller en explotación para dar la producción, en principio y a igualdad de condiciones, puede ser catalogada como de más alto riesgo cuando el taller presenta problemas, que otra con menores problemas económicos y más talleres en explotación o en reserva. No cabe duda que en este tipo de empresas, sin afirmar que ello tenga lugar en todas las que se encuentren en esa situación, se presentan unas condiciones más favorables a los riesgos o a la utilización incorrecta de los destajos (sistema retributivo que no tiene por qué ser, a priori, constitutivo de riesgo). Tampoco hay que olvidar en estos casos la componente negativa del factor humano en toda su extensión (desmotivación, escasez de mano de obra cualificada, etc.).

#### **4.3.5. ESCENARIO SOCIO-ECONOMICO**

No se puede ocultar que las condiciones de vida de los trabajadores, sus costumbres, su hábitat en general y el entorno socio-económico donde están implantadas las empresas, se reflejan de alguna manera en el puesto de trabajo. Se ha detectado una incidencia negativa en determinadas zonas y empresas, aunque, en general, se hacen esfuerzos por parte de la Administración, las empresas y los propios trabajadores para que esto no sea así.

Todas estas cuestiones son reconocidas, al menos en privado, por todas las partes implicadas y requieren actuaciones conjuntas.

En diciembre de 1.990, durante las JORNADAS SOBRE SEGURIDAD EN LAS INDUSTRIAS CECA, quedó reflejado el sentir de todos los países comunitarios en cuanto a la necesidad de estudiar los aspectos sociológicos, pues inciden de forma sumamente importante en el comportamiento de los trabajadores y, por tanto, en las condiciones en que éstos desarrollan su labor.

#### **4.3.6. RESUMEN DE LA PROBLEMATICA EN ESPAÑA**

Sin olvidar la amplitud y complejidad del tema, la problemática de los derrabes en España podría resumirse como sigue:

- \* **La mayor parte de los derrabes se producen en la explotación de las capas inclinadas por métodos tradicionales y en las labores preparatorias. Las zonas de trastornos geológicos locales y la propia concepción geométrica de los métodos se deben considerar como factores de alto riesgo.**
- \* **Las presiones y la presencia de gas deben ser muy tenidas en cuenta, ya que las explotaciones empiezan a situarse en zonas en que tales factores son importantes.**
- \* **La mecanización y los métodos de explotación por sutiraje disminuyen el riesgo de accidentes en los talleres, pero pueden aumentarlo en las labores preparatorias. Analizando las estadísticas se ha encontrado que está disminuyendo el número de incidentes y de víctimas en los talleres, pero se mantiene el número de ellos en pozos, cortes de capa, montas de tajo y labores auxiliares, que son difíciles de mecanizar y posiblemente seguirán realizándose por métodos tradicionales. Esto se debe tener en cuenta para el futuro y estudiar, como ya se está haciendo en algunas empresas, las condiciones más apropiadas de explotación.**
- \* **En Asturias y Castilla-León se concentra el 91% de las reservas en capas de carbón de más de 60°, que son el 31% del total nacional. Si se hace referencia a las reservas en capas de carbón de más de 35°, en la zona citada está el 94% de ellas, constituyendo el 55% del total nacional. (Datos referidos a las reservas explotables en un horizonte de unos 15-18 años). Esto significa, entre otras cosas que España, en lo que se refiere a hulla y antracita es un país de capas inclinadas, a diferencia de otros países comunitarios, aunque existan zonas de capas tumbadas de apreciable importancia como El Bierzo y Teruel-Mequinenza.**

\* Haciendo referencia al total de las reservas en capas de más de 35° declaradas como susceptibles de ser explotadas en los próximos años, que constituyen unos 200 Millones de toneladas (196,2 Mt. según el estudio realizado), y dividiendo los métodos de explotación en tres grandes grupos: arranque con picadores, arranque mecanizado y sutiraje, las expectativas de arranque son las siguientes:

**Expectativas de arranque con picadores: 52% de las reservas.**

**Expectativas de arranque mecanizado...: 28% de las reservas.**

**Expectativas de arranque por sutiraje.: 20% de las reservas.**

Evidentemente, esto no quiere decir que las producciones obtenidas se mantengan en los mismos porcentajes, sino que, por ejemplo, en caso de no utilizar métodos tradicionales, en las hipótesis que se están manejando, se debería abandonar o no explotar en condiciones adecuadas de rentabilidad, el 52% de las reservas explotables en capas inclinadas.

Este panorama no parece adaptarse mucho a la tendencia actual en los países de la CECA, pero sí justifica el presente Proyecto y posteriores investigaciones relacionadas con estos aspectos.

\* Se está haciendo un importante esfuerzo por **avanzar en las posibilidades de mecanización**, al menos del arranque, con seguridad y en condiciones económicamente rentables. De todas formas, sigue presente la tantas veces repetida limitación de las "particulares circunstancias de los yacimientos españoles", que se debe superar, **adoptando los métodos de explotación más avanzados o, si no hay otra posibilidad, proporcionando la formación y las herramientas necesarias para que los mineros desarrollen sus trabajos en las explotaciones tradicionales en las mejores condiciones.**

- \* **El sutiraje se presenta como una razonable y creciente alternativa**, para capas de potencia superior a los 2 - 3 m, pero presenta algunos problemas que se deben resolver e investigar ( avances en carbón en condiciones difíciles, grandes desprendimientos de gas en poco espacio de tiempo en el derrumbe, posibilidades de fuegos, ventilación, control del hundimiento y del area de influencia y utilización de explosivos ).
- \* **Las rozadoras se presentan como una herramienta tecnológica aplicable con éxito en algunas capas**. La evolución ha sido muy importante, merced al esfuerzo de algunas empresas y técnicos que ya están cosechando buenos resultados. Su campo de utilización está limitado a un rango de potencias de unos 0,6 a 2 m, y a una cierta regularidad del yacimiento y calidad de hastiales, pero parece que puede consolidarse la implantación hasta el punto de poder asignarles la explotación del orden del 28% de las reservas en capas inclinadas.
- \* **Existen distintos escenarios empresariales en España**, que deben ser tenidos en cuenta a la hora de buscar soluciones. Aunque los problemas generales sean comunes, hay matices y necesidades distintas. No se puede afirmar claramente que una mina grande es más o menos segura que una pequeña, salvo en casos extremos que no deben ser tomados como representativos de la mayor parte de las empresas. En cualquier caso la dispersa estructura empresarial de la minería del carbón española, aunque quizá tenga sus ventajas, puede también dificultar a veces, las investigaciones generalizadas, la implantación de medidas de amplio alcance, la trasmisión de información, la toma sistemática y homogénea de datos y el aprovechamiento de los mismos.
- \* Se detecta, en la minería del carbón, un **deficiente sistema de trasmisión de la información**. En materia de seguridad existe, en general, una creciente preocupación y motivación a todos los niveles para su mejora, y se puede afirmar que **nadie desea fomentar el trabajo, ni trabajar en una mina insegura**. Sin embargo, estos aspectos no siempre se desarrollan con la fluidez que se podrían desarrollar se se utilizasen todos los mecanismos disponibles.

Se ha comprobado que en algunas ocasiones existe una gran diferencia entre lo que realmente ocurre en los frentes de trabajo y la información que llega a quien debe decidir. A veces la información, además de sesgada, llega incompleta o tarde. **Parece muy importante mejorar en este sentido y tratar de desarrollar unos sistemas de información más apropiados.**

La transmisión de información técnica entre empresas y organismos de investigación ha mejorado mucho, siendo de destacar los esfuerzos realizados por OCICARBON, ADMINISTRACIONES CENTRAL Y AUTONOMICAS, ITGE, ESCUELAS TECNICAS, GRANDES EMPRESAS, etc. Esto es de gran utilidad para difundir conocimientos entre técnicos, en particular en lo referente a los derrabes y fenómenos dinámicos.

- \* Se considera imprescindible la **formación**, tantas veces repetida. Pero hay que tener en cuenta que una política eficaz de formación debe tener claro a quien va dirigida, ser constante y no ser dirigida con criterios de "urgencia" ante determinadas situaciones coyunturales.
- \* **El factor humano**, en el sentido más amplio (trabajadores, técnicos, directivos, etc.), que tiene un muy papel importante en la muy difícil minería tradicional española de capas inclinadas, debe ser estudiado con serenidad y responsabilidad por todos los implicados. Afecta más a los trabajadores, pues están en contacto permanente con el riesgo.
- \* También hay que considerar el **escenario socio-económico y las perspectivas de futuro del sector**. Todo ello parece tener incidencia en la seguridad minera, si se tienen en cuenta los comentarios privados y generalizados de todas las partes implicadas. Dada la dificultad existente en rescatar el "prestigio" y motivación del minero, imprescindibles para consolidar una política adecuada de formación del personal, se debe conseguir que, a medio plazo, se renueve y alimente el colectivo minero con al menos, la misma fluidez y con el mismo tipo de personal que otros sectores industriales.

#### **4.4. EL PROBLEMA EN OTROS PAISES**

Se ha analizado la experiencia existente sobre los derrabes en el extranjero, con objeto de aprovechar esos conocimientos y evitar, en lo posible, los errores y fracasos de sus investigaciones. La información obtenida se incorpora implícita o explícitamente al Proyecto.

Se destaca lo siguiente:

- En general, salvo en algunas cuencas de la URSS, Checoslovaquia, Francia y Polonia, los yacimientos europeos presentan unas características de explotación (inclinación, potencia, regularidad, etc.), distintas a las españolas. En la mayoría de los casos, las capas son tumbadas o de poca pendiente, más potentes y se explotan con métodos mecanizados. Difícilmente se pueden encontrar explotaciones con arranque con martillo picador del tipo testers, macizos, etc. Por el contrario, tienen amplia experiencia en la explotación de capas situadas a más profundidad y con mayores contenidos en gases (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>) que en España.
- No es fácil hacer comprender en el extranjero la problemática de los derrabes en el sentido que se suele entender en España, principalmente de aquellos denominados del "tipo 1", que se refieren a la caída de carbón por gravedad, una vez desconsolidado el macizo. Consideran que se trata de fenómenos "normales", que deben abordarse las medidas habituales para estos casos: correcta ejecución de los trabajos, formación profesional, vigilancia, mejora de las condiciones de trabajo, respeto a la normativa y control del factor humano y de las aptitudes profesionales, etc.
- Desde hace muchos años, y empleando muchos recursos, han venido estudiando los fenómenos dinámicos (golpes de roca o capa, desprendimientos instantáneos de gas y carbón, etc.) y las caídas de carbón y desorciones elevadas de gas en los frentes que complican el arranque mecanizado de alta productividad. Sobre estos fenómenos y los factores relacionados con ellos, se han realizado gran cantidad de investigaciones en países de Europa, en USA, Australia, Japón.

etc., de los que se dan en este trabajo referencias bibliográficas. También se incorporan al presente Proyecto, en distintos capítulos, algunas conclusiones aprovechables y aplicables a los yacimientos españoles.

- En general, al menos en el entorno de los países de la CECA, se muestra una disposición negativa hacia la utilización de sistemas de explotación del tipo "testeros", y ante ellos resulta muy difícil defender su utilización. Esto responde, al menos en parte, a una cierta incomprensión, típica del que no tiene, no conoce o no quiere conocer un problema. En efecto, en la actualidad **es difícil encontrar** para algunas zonas de los yacimientos españoles donde se utilizan estos métodos, **otras alternativas de explotación** razonablemente operativas. O se renuncian a estas reservas o, incluso después de analizar la problemática desde un punto de vista geomecánico, se está en el caso de los yacimientos irregulares de fuerte pendiente y de poca potencia, en una situación con escaso margen de maniobra. No obstante, no se debe olvidar la necesidad y conveniencia de mejorar los sistemas de explotación y tratar de compensar los condicionantes que puedan existir desde el punto de vista geomecánico.
- En los países de más amplia tradición minera, llevan decenas de años estudiando los problemas asociados a los fenómenos "dinámicos" y, en general, han dedicado muchos medios a esta tarea.

La documentación e información adquirida en el extranjero ha sido de gran utilidad para el Proyecto, y lo será más, cuando los técnicos españoles ( que son los que mejor conocen sus yacimientos y su minería ) adapten y/o desarrollen los conocimientos **a sus necesidades reales**, a veces distintas de las de la minería del extranjero.

## **5. ALGUNOS FACTORES PRESENTES EN EL DERRABE**

En los derrabes intervienen gran cantidad de parámetros, ya que son muchos los factores energéticos operantes en un medio conformado por distintos materiales con anisotropía en todas sus propiedades.

Los factores presentes pueden ser naturales o inducidos por los trabajos mineros. De una manera muy general, a continuación se hace una breve referencia sobre los principales factores influyentes.

Efectuada la selección inicial de los mismos, se ha estudiado, con la ayuda de especialistas y empresas de consulta, la incidencia específica de gran parte de ellos.

En los Anejos de esta Memoria se presentan con más detalle los resultados alcanzados, que pueden ser de utilidad para el lector interesado en profundizar en algún tema.

## **5.1. FACTORES NATURALES**

Son aquellos que están presentes en el medio físico que va a ser afectado por los trabajos mineros. Se refieren al yacimiento y a las rocas que lo conforman. En España, aunque sea tópico decirlo, tienen una componente bastante negativa con respecto a los derrabes.

### 5.1.1. LA ESTRUCTURA GEOLOGICA Y LA TECTONICA

El estudio de la geotectónica de un yacimiento puede servir para conocer qué zonas pueden presentar más riesgos (ver Anejos V-A) y obtener conclusiones generales de gran importancia, tanto a la hora de realizar la planificación (a escala de yacimiento) como la explotación (a escala de mina o taller).

- A nivel de yacimiento, está confirmado que el análisis de los pliegues, fallas, tectónica, etc., permite determinar con fiabilidad zonas peligrosas. También es posible detectar, a priori, zonas con anomalías en el estado tensional.
- A nivel de mina, que es verdaderamente donde el derrabe se manifiesta como un peligro real, se puede decir que está comprobado que **las variaciones de potencia, repuelgos, microfallas, etc., son zonas constitutivas de alto riesgo**. Tienen especial importancia las variaciones que tienden a formar cuñas de carbón activas hacia el hueco creado, las cuales se detectan por la disminución de potencia hacia el frente y hacia arriba.

### **5.1.2. LAS CARACTERISTICAS DEL CARBON**

Las características del carbón, en particular sus propiedades físicas, resistentes y tensodeformacionales tienen una especial incidencia en los derrabes. Sin embargo, y aun reconociendo su importancia, es difícil obtener conclusiones definitivas aplicables a toda la gama de fenómenos que se pueden presentar. Así, por ejemplo, parece que una capa de carbón más resistente debe ser menos susceptible al derrabe que otra de carbón más blando. Esto puede darse, en efecto, en el caso de los derrabes más simples, definidos como del "tipo 1". Sin embargo, estudios realizados en Francia sobre los derrabes y derrumbamientos repentinos, calificados como "anormales", parecen poner de manifiesto que se requiere una cierta resistencia de los carbones para que puedan acumular energía elástica y tales fenómenos tengan lugar.

Es prácticamente imposible resumir, de manera clara y generalizable, cómo intervienen los principales factores relacionados con el carbón, sin tener en cuenta el fenómeno que se trata de analizar. Ante todo, conviene tener claras dos ideas:

- \* Las características de las capas de carbón son importantes, pero menos en el caso de los derrabes definidos como de "tipo 1", sin liberación de energía de deformación, que en el caso de los fenómenos dinámicos.

Puede darse el caso de que una capa con peores características resistentes presente menos derrabes que otra, aparentemente más resistente, pero con unas características de explotación ( pendiente, potencia, etc. ) que requieren unas condiciones de trabajo más penosas. La explicación puede venir dada por la lógica: en el primer caso, probablemente se realice el posteo y se cierre el ciclo de trabajo en mejores condiciones , lo que se traduce, aun sin pretenderlo, en una mayor eficacia y seguridad.

- \* En el caso de los fenómenos dinámicos, la situación cambia y es imprescindible conocer el comportamiento del carbón en relación con el aporte energético que éste pueda recibir. Se pueden distinguir los siguientes grupos:

**a) Propiedades físico-químicas de las venas de carbón, no del producto comercial vendible:** En particular, las humedades higroscópica y natural, el contenido en volátiles, la porosidad abierta y cerrada, la microfracturación, etc. (Ver Anejo V-B).

**b) Propiedades resistentes:** Su determinación es de gran utilidad pero de muy difícil evaluación, principalmente por la dificultad de la toma de muestras en el carbón y su posterior ensayo. La dispersión de datos suele ser muy grande. Los ensayos más útiles son de tres tipos:

- **Los triaxiales con pequeños confinamientos**, pues permiten determinar la curva intrínseca y obtener parámetros que relacionen la resistencia a tracción con la resistencia a compresión, sin calcular previamente la resistencia a tracción. Son caros y difíciles.

- **Los de tipo "penetración" en capa**, con correlaciones con parámetros resistentes típicos después de muchas pruebas.

- **Los indirectos**, tipo coeficiente de Protodiakonov.

**c) Propiedades tenso-deformacionales y rigidez:** El conocimiento del comportamiento tenso-deformacional del carbón puede servir para evaluar su susceptibilidad a una respuesta violenta, al verse sometido a tensiones. La rigidez o el índice de restitución energética debe ser evaluado, en carbón y hastiales, cuando se sospeche la posibilidad de un fenómeno dinámico. El índice WET de restitución energética, puede ser apropiado, aunque existen otros más modernos, basados en el estudio de la desintegración rápida del carbón.

Hay, no obstante, un problema adicional que no debe pasarse por alto: **La heterogeneidad de las capas de carbón** que, en muchos casos, están constituidas por varias venas de características muy distintas. La evaluación de dichas características deberá incluir una ponderación o referirse a la vena más significativa, según qué se analice. Para evaluar una determinada propiedad del carbón, se sugiere seguir los siguientes criterios, u otros alternativos:

- Si se trata de evaluar una propiedad mecánica, con valor no muy diferente en las distintas venas, el valor asignado a la capa puede ser la media ponderada del obtenido en cada vena.
- Si las propiedades mecánicas son muy diferentes en las distintas venas, se tomará también el valor medio ponderado siempre que la menos resistente no sea de un espesor superior al 20% de la potencia total de la capa, en cuyo caso se asignará el valor de la menos resistente.
- En caso de parámetros relacionados con el contenido en gas (porosidad, fisuración, microfracturación, etc.), se debe tener en cuenta la vena que presenta más riesgo y asignar esos valores a la capa.

Con el objeto de que las denominaciones y los criterios sobre la clasificación de carbones de "visu", desde un punto de vista resistente, sean coherentes, puede ser de utilidad la clasificación del Instituto MACKNII de la URSS, basada en el grado de tectonificación, que distingue entre carbones estratificados, brechiformes, lenticulares, terrosos y terroso-granulares. Existen otras clasificaciones basadas en el recuento de microfracturas u otros parámetros, pero de mayor complejidad.

En España existen algunas clasificaciones que pueden ser de utilidad desde el punto de vista del derrabe, por ejemplo las de "picar" y "postear" de HUNOSA. Sin embargo, hay que tomarlas con una cierta prudencia, pues tienen un enfoque principalmente retributivo.

En resumen, los parámetros relacionados con el carbón tienen bastante importancia, especialmente en el caso de los fenómenos dinámicos o con presencia de gas. En este caso, es **imprescindible el conocimiento de la estructura del carbón** y su respuesta ante la adsorción y desorción del gas. Puede resultar muy peligroso aventurar conclusiones generales sin tener en cuenta el tipo de carbón y de gas. El conocimiento de la isoterma de adsorción, de los resultados de los ensayos de medida del hinchamiento y la contracción en los procesos de sorción-desorción, la microfracturación y la filtración del gas, resulta prácticamente imprescindible.

**Una correcta interpretación de estos datos puede ser de gran utilidad, mientras que el análisis superficial de algunos datos puede ser inútil o incluso engañoso.**

Recientes investigaciones han puesto de manifiesto que existen cambios de volumen en los carbones de hasta el 0,6% con la desorción. Si se considera el volumen del macizo de carbón afectado en un taller, ese aparentemente pequeño valor, puede significar varios  $m^3$ . **Estos cambios son distintos para cada carbón y para cada gas.**

En la desorción del gas se generan tracciones en el macizo. Estas pueden ser significativas a poca profundidad, si se comparan con las compresiones generadas por el avance del taller, lo cual tiene su importancia en los derrabes de la parte más superficial del frente de trabajo. También se debe tener esto en cuenta, cuando se trata de determinar la velocidad más adecuada de avance.

### **5.1.3. LAS CARACTERISTICAS DE LAS ROCAS ENCAJANTES**

Como en el caso del carbón, hay que distinguir los diferentes fenómenos que pueden darse. También hay que tener en cuenta el método de explotación y el tipo de sostenimiento, que tienen relación directa con las características de las rocas encajantes.

Unos "falsos hastiales" generan problemas de estabilidad de costeros y dificultan la colocación del sostenimiento, lo cual se puede traducir en un derrabe.

Por otra parte, los fenómenos de descarga súbita de hastiales y carbón se han registrado con mayor frecuencia en techos próximos resistentes y rígidos, los cuales descargan bruscamente la energía transmitida por el techo superior.

Es importante conocer las características de los hastiales (techo o muro inmediato, próximo y superior), en las capas de carbón, en particular en las sospechosas o tradicionalmente peligrosas. El entorno a estudiar debe ser del orden de 6 veces la potencia de la capa o, al menos, de 10m a techo y muro.

El módulo de deformación, la resistencia a compresión simple y tracción, los ensayos de rotura en discos de testigos de los sondeos, etc., son útiles para estudiar con criterios geomecánicos el sostenimiento y el tratamiento de postaller más adecuados.

#### 5.1.4. LOS GASES PRESENTES

En el macizo existen gases formando un equilibrio. Los más importantes son:

- El metano,  $\text{CH}_4$ , gas endógeno subproducto de la hullaificación progresiva. Pueden existir otros hidrocarburos superiores.
- El dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ , generalmente de origen volcánico exógeno, introducido por difusión o por circulación termal y que ha sustituido al  $\text{CH}_4$  total o parcialmente. También puede ser producto de la descomposición térmica de los carbonatos.
- El nitrógeno,  $\text{N}_2$ , a veces presente por influencia volcánica.

Estos u otros gases pueden estar, tanto en el carbón como en los hastiales, en forma de gas libre (en los poros, fisuras u otras cavidades) o en la propia estructura del carbón, bien sea adsorbido (en la superficie libre interna), bien sea absorbido (dentro de la estructura molecular), o enlazado químicamente al carbón estando presentes las fuerzas de Van der Waals.

En el carbón, el gas adsorbido representa la mayor parte del total (del 75 al 95%, generalmente).

Hay que tener en cuenta el tipo de gas presente, pues la permeabilidad de los carbones a cada gas es distinta y las manifestaciones diferentes.

**Donde hay gas es imprescindible el estudio y conocimiento de su dinámica en relación con el carbón y las rocas encajantes.** En general, se puede afirmar que los gases presentes acentúan el problema, en el sentido de que favorecen el derrabe. **El riesgo de derrabe o de fenómeno dinámico con el aumento de las presiones (naturales o inducidas) en un macizo con gas, es muy superior al existente en un macizo sin gas.**

Como datos de referencia, se pueden resaltar los siguientes resultados, obtenidos después de numerosos ensayos realizados en Polonia:

- El  $\text{CO}_2$  se adsorbe (y desorbe) más rápidamente que el  $\text{CH}_4$  (de 1 a 5 veces más) y que el  $\text{N}_2$  (de 7 a 10 veces más). Esto puede indicar una medida del riesgo que presenta cada gas, para un carbón dado.
- Sometiendo muestras de carbón a ensayos de sorción/desorción con medidas de deformaciones y evaluación de características resistentes, se han obtenido los siguientes resultados, para presiones que no provoquen cambios estructurales en la muestra (aprox. 2 MPa):
  - a) Con el argón no se detectan comportamientos extraños, ni grandes cambios a estas presiones de gas.
  - b) Con el  $\text{CH}_4$  se notan cambios importantes (deformaciones y resistencias).
  - c) Con el  $\text{CO}_2$  los cambios son de 2 a 3 veces más significativos que con el  $\text{CH}_4$ . Se ha observado que la resistencia puede disminuir hasta en un 70%.
  - d) Si los ensayos se realizan con  $\text{N}_2$ , se observan cambios, aunque unas 5 veces inferiores a los obtenidos con  $\text{CO}_2$ , por tanto, del orden de la mitad de los del  $\text{CH}_4$ .

### **5.1.5. EL AGUA**

La presencia de agua en el macizo rocoso constituye un inconveniente general para la seguridad de una explotación. Desde el punto de vista de los derrabes, hay que tener en cuenta que puede alterar los hastiales, reducir el coeficiente de adherencia entre éstos y el carbón, dificultar el sostenimiento, hacer más complicada la circulación por el taller y, en general, empeorar las condiciones de trabajo.

Dado que no se pueden suprimir, se tratará de canalizar convenientemente las aguas, sean de circulación natural o colgadas por antiguas explotaciones. En la época de grandes lluvias o deshielo, se deberá prestar especial atención a esta cuestión. Tampoco se debe olvidar que el agua puede tener incidencia en la fluidificación o los corrimientos del relleno, si el agua penetra en exceso en el mismo.

## **5.2. FACTORES MINEROS Y TECNOLOGICOS**

**En la medida que la explotación minera afecta al macizo rocoso y al carbón, existen una serie de factores mineros presentes en el derrabe. Es necesario conocerlos para orientarlos hacia las mejores condiciones de seguridad en la explotación.**

### **5.2.1. EL METODO DE EXPLOTACION**

**El método de explotación es el principal factor minero, ya que condiciona todos los demás.**

**En los Anejos II-A y II-B se hace un repaso de los principales métodos de explotación utilizados en España en capas de pendiente superior a los 35°, analizando los aspectos técnicos y prácticos más importantes. Se consideran los métodos de: testeros, bancos, macizos y sobreguías, frente largo mecanizado, frente descendente con mecanización integral, frente invertido mecanizado y sin mecanizar, y sutiraje.**

**También se incluye en el Anejo III un compendio de reglas de buena práctica minera referida a los métodos de explotación tradicionales y a las operaciones mineras en labores de preparación. Se presentan en un lenguaje accesible a los vigilantes mineros.**

**Lo recomendable, dependiendo del tipo de fenómeno que trate de evitarse, es procurar utilizar métodos de explotación cuya geometría no favorezca la caída del carbón, principalmente para evitar los fenómenos definidos como del "tipo 1".**

## **5.2.2. LAS PRESIONES GENERADAS EN LOS TRABAJOS MINEROS**

Los trabajos de avance en la minería subterránea provocan una redistribución del estado tensional del macizo de carbón que, generalmente, se traduce en la creación de unas zonas tensionadas y otras distendidas en el entorno próximo del frente. La disposición de estas zonas ha sido bastante estudiada y contrastada con medidas in situ, principalmente en los yacimientos tumbados. Aunque la disposición exacta de estas zonas depende de cada caso de factores como la inclinación, potencia de las capas, características de los hastiales, velocidad de avance, etc., se pueden extraer unas conclusiones generales. El problema se hace más complejo cuando las capas contienen gas.

En los Anejos y en la documentación que proporciona el presente Proyecto se presenta una selección de documentación que puede ser de utilidad para los interesados en profundizar en estos aspectos.

Se pueden tomar como referencia, entre otros documentos:

- Anejo IV: "Análisis tensodeformacional en 3D de un taller explotado por testeros". (Proyecto de investigación de derrabes - Geocontrol, S.A.).
- "Las presiones del terreno y el desprendimiento de grisú. Volumen de influencia de las explotaciones inclinadas y verticales". (Jornadas Técnicas de HUNOSA).
- "Le volume d'influence des exploitations en dressants". Tesis Doctoral de B. Enchayan. I.P. de Lorena (Francia). Idem por Schmidt H. y Josien J.P. (Anejos), documento de la Fundación Gómez-Pardo.
- "Influencia mutua de varias capas de carbón explotadas en proximidad". (ITGE - ETSIMM).

Pueden retenerse los siguientes conceptos básicos:

A) La explotación de una capa inclinada de carbón origina una zona de sobrepresión frontal y otra distendida. La frontera suele estar a menos de 5m del frente en las condiciones más usuales en España, y el máximo de presión puede situarse entre 5 y 30m por delante del frente.. Esta zona de sobrepresión tiene una gran influencia en la fisuración del carbón y en el cierre de los poros, lo que modifica las condiciones del gas presente.

La sobrepresión aumenta también la energía potencial de deformación del carbón que puede ser liberada de forma más o menos violenta (fenómeno dinámico o derrabe "tipo 2"), o ser utilizada para romper la cohesión del carbón, que al ser desconfinado se ve sometido a la fuerza de la gravedad (derrabe "tipo 1").

B) El efecto de sobrepresión y distensión se presenta también y principalmente en sentido perpendicular a los hastiales. Es importante conocer esto para establecer la secuencia de avance de las explotaciones más adecuada, teniendo en cuenta el entorno minero, particularmente las labores o macizos próximos que puedan verse afectados o afectar.

C) Dado que los fenómenos de sobrepresión y distensión son originados casi exclusivamente por las modificaciones en la tensión perpendicular a los hastiales, la intensidad de la influencia será tanto menor cuanto más verticales sean las capas. Por la misma razón, la diferencia entre la influencia a techo o a muro se verá disminuida con el aumento de la inclinación.

D) Una de las medidas preventivas más universalmente reconocidas para conseguir la distensión y desgasificación de una capa peligrosa (principalmente en relación con los fenómenos gasodinámicos), es la explotación de una capa "églida" (capa que teóricamente presenta menos riesgos y sirve para descargar la capa peligrosa próxima, que se explota posteriormente en condiciones más favorables).

Sin embargo el efecto más favorable se manifiesta cuando se trata de distender o desgasificar una capa tensionada. El efecto beneficioso que se podría esperar para relajar una capa en estado normal, es mucho menor.

**Hay que tener en cuenta también, para ver los efectos y su area de influencia, las características mecánicas de los hastiales, su permeabilidad y su capacidad de adsorción de gas.**

**E) De lo anterior se deduce que son zonas de riesgo por aumento de las presiones:**

- Las sobreguías, coladeros o labores auxiliares situadas justo delante de los frentes de avance de los talleres.**
- Los macizos de carbón abandonados entre explotaciones, galerías o fallas.**
- Los frentes de avance próximos a fallas, antiguos minados, macizos y, en general, cualquier discontinuidad importante.**
- Zonas próximas al cale con otra labor.**
- Labores influenciadas por otras explotaciones adyacentes.**
- Las zonas de tectónica compleja con tensiones residuales orogénicas son, a priori, zonas peligrosas que también suelen presentar anomalías y elevación del contenido en gas.**
- Las zonas más profundas de los yacimientos. En igualdad de condiciones, las tensiones aumentan con la profundidad y en las hipótesis elásticas más habituales, la energía potencial de confinamiento crece con el cuadrado de la profundidad.**
- También son zonas de acumulación de tensiones los bordes y zonas angulosas de las explotaciones.**

### 5.2.3. EL SISTEMA DE ARRANQUE

El arranque del carbón en las explotaciones españolas de pendiente superior a los 35° se realiza mediante:

- a) Martillo picador o pica de mano
- b) Explosivos
- c) Elementos mecánicos (cepillos, rozadoras, etc.)

Otros sistemas, como la minería hidráulica, aire comprimido a alta presión o la gasificación subterránea, no son empleados en la actualidad en España, aunque ya alguna empresa tiene su estudio en fase avanzada.

La energía aportada al macizo en el arranque es un elemento distorsionador y debe aplicarse de la manera más selectiva posible para aumentar la eficacia del arranque y disminuir el efecto de desconsolidación no controlado, que puede producir un derrabe.

El arranque con martillo picador es más selectivo, pero exige la presencia directa del hombre en el frente, con lo cual aumenta el riesgo. Se debe requerir una buena formación y dominio del arte minero en los picadores.

Los explosivos proporcionan una gran potencia rompedora (energía considerable en muy poco tiempo), por lo que pueden trasladarse los efectos a zonas no deseadas del macizo. Se debe prestar una especial dedicación al diseño de las voladuras en carbón y controlar el efecto de los microrretardos.

Los elementos mecánicos de arranque (rozadora, ariete, cepillo, sierra, etc.), proporcionan más energía que los martillos pero tienen la ventaja de reducir la presencia directa del hombre en el frente. El guiado de las máquinas (a veces "ciegas"), y las velocidades de avance (principalmente en rozadoras con profundidades de pasadas considerables) y la zona de unión entre tajo y galerías, deben requerir la máxima atención, sobre todo en capas sospechosas de presentar derrabes o fenómenos dinámicos.

#### **5.2.4. LA VELOCIDAD DE AVANCE DEL FRENTE**

La velocidad de avance es otro de los parámetros mineros a controlar. En el caso de los talleres y en las profundidades actuales, las velocidades habituales, 0,7 - 1,5 m/día aproximadamente, no son problemáticas. Sin embargo, se debe prestar mucha atención a los avances en galerías en carbón que quieran ser mecanizados.

La velocidad de avance en los talleres mecanizados en capas sospechosas de presentar desprendimientos instantáneos (D.I.) o con gran cantidad de gas desorbible, es un parámetro muchas veces discutido. Generalmente, se admite que una velocidad alta de avance aumenta el riesgo de D.I. quizá porque la onda de presión se acerca al frente. Con velocidades bajas, se controla mejor la desgasificación, pero hay que tener en cuenta que, en determinados carbones y a moderadas profundidades, la desorción producida en los pequeños avances y paradas pueden generar tracciones que, aunque no tengan incidencia muy negativa con relación a los fenómenos dinámicos, pueden provocar derrabes.

### **5.2.5. EL SOSTENIMIENTO**

Según el tipo de fenómeno que se pueda producir, se deberán orientar las acciones de lucha contra él. **En el caso de los fenómenos dinámicos, es muy importante relajar el macizo y, en el caso de los derrabes, hay que tratar de reforzarlo.** En cualquier caso, es preciso colocar un sostenimiento que permita, principalmente:

- Proteger al personal ante las caídas de carbón y hastiales.
- Tener una base segura de apoyo para realizar los trabajos en las capas inclinadas o verticales.
- El paso del personal.
- Mantener la geometría de explotación diseñada.

En las explotaciones españolas, tradicionalmente se realiza el sostenimiento con madera y, mucho menos frecuentemente con entibación hidráulica, siendo esta última empleada en los talleres integralmente mecanizados.

En los Anejos II-A y II-B, se hace referencia a los aspectos relacionados con el sostenimiento en los talleres mecanizados y en el Anejo III se expone, con claridad y detalle, en qué condiciones y cómo deben colocarse los tradicionales sostenimientos con madera, que en la actualidad son de uso bastante generalizado en las explotaciones españolas de yacimientos inclinados.

En la mayoría de los casos, los diseños, modos operatorios, diámetros y calidades de madera que se emplean en España, si se utilizan según las reglas de buena práctica minera, que son bastante bien conocidas, serían suficientes para reforzar correctamente el macizo en los derrabes de "tipo 1", que es donde más directamente interviene la calidad del "posteo" en los incidentes. En pocos accidentes con víctimas se ha encontrado la madera rota.

Se ha considerado interesante difundir, en el Anejo III, al amparo del presente Proyecto, las reglas básicas de buena práctica minera aplicables a los métodos más tradicionales, principalmente en cuanto al arranque y posteo.

En los derrabes "tipo 2" y en los fenómenos dinámicos, aunque también es muy importante el control del sostenimiento, intervienen otros factores que hacen que su participación relativa en un posible incidente, sea menor. En estos casos es preferible conocer el comportamiento del macizo y tratarlo correctamente que luchar contra él.

## **5.2.6. EL TRATAMIENTO DEL POSTALLER**

A medida que se avanza con la explotación, se va abriendo un hueco cuyo control es fundamental. Se ha detectado gran número de incidentes generados principalmente por un control deficiente del postaller.

Generalmente, en la explotación de capas inclinadas y verticales, se utiliza el relleno como sistema de control del postaller, aunque es posible encontrar talleres con un hundimiento controlado, como en las capas tumbadas, si bien sólo cuando se dispone de hastiales apropiados. También se colocan llaves de madera o "machones" intermedios.

### **5.2.6.1. Aspectos generales**

**El tratamiento del postaller debe, en general, elegirse en combinación con las características de los hastiales, especialmente su rigidez y susceptibilidad al hundimiento, la inclinación, la potencia de la capa y los posibles riesgos de subsidencia en superficie, entre otros factores.**

En las explotaciones por testeros, en capas de más de 35° de pendiente, lo más normal es la utilización del relleno, sobre todo a partir de los 60°. Con ello se consigue un buen control del techo y se canaliza la ventilación hacia el taller, a la vez que el relleno sirve como base para evacuar el carbón.

En el método de macizos u otros sistemas mixtos, que se aplican en pendientes inferiores a los 60°, se suele utilizar el hundimiento controlado del techo, con colocación más o menos ocasional, según las circunstancias, de llaves o "machones" de contención de madera. El problema aquí se plantea en los techos rígidos, difíciles de hundir, que acumulan una gran cantidad de energía elástica que suelen descargar periódica y brutalmente. También hay que tener en cuenta, en pendiente superiores a los 35°, los problemas de arrastre del hundimiento.

En los trabajos que complementan esta Memoria general, se estudian todos estos aspectos. Sin embargo, y como idea base, se quiere **destacar la importancia del tratamiento del postaller**, que muchas veces no se realiza de la forma más adecuada. La realización de un sistema cuasi-experto de ayuda al usuario sería de gran utilidad.

Conviene retener los siguientes aspectos generales:

- Un inadecuado tratamiento del postaller puede hacer peligrar una explotación correctamente llevada en el taller.
- Unos hastiales rígidos, con poca convergencia, requieren especial atención, particularmente, en el caso de los tratamientos por relleno, en los que la fase de aplastamiento se prolongará mucho tiempo.

Esta fase, anterior a la portante, es la más peligrosa debido a la inestabilidad del relleno. Se deben extremar las precauciones con el agua natural o de riego, ya que puede fluidificar o arrastrar el relleno generando huecos en el mismo.

En el caso de colocación de llaves, se debe tener en cuenta la posibilidad de periódicos golpes de techo.

- Por el contrario, unos hastiales muy inconsistentes, que rompan fácilmente sin converger, pueden generar también problemas en el control del postaller.
- En cualquier caso, no hay recetas generales y el diseño no debe hacerse solamente en base a lo que se haga en otras minas, que aunque próximas geográficamente poseen otras características geomecánicas.

### **5.2.6.2. El relleno**

La importancia del relleno en los métodos de explotación en capas inclinadas y verticales hace que se le dedique una especial atención en el Anejo XV, en el que se recogen los principales aspectos relacionados con el relleno, bien sea según el talud natural o "colgado". El hundimiento controlado, las llaves de madera o los sistemas mixtos se contemplan en el Anejo III.

El relleno ha producido numerosos indidentes, pues es una operación en sí misma difícil de controlar en la práctica. Se sabe que en numerosas ocasiones no se introduce el relleno de la forma más adecuada, ni en volumen, ni en granulometría, ni en calidad, ni en el método operativo. Esto encierra muy grave riesgo.

El relleno colgado aparece con la mecanización y posteriormente se generaliza. En este caso, se requiere la utilización de telas metálicas que contengan el relleno durante la primera fase. La dificultad inicial del control del relleno colgado compensa con creces el beneficio de la disminución de riesgos con la inversión del frente, principalmente en el caso de explotaciones en capas sospechosas de presentar fenómenos gasodinámicos (parece que será mejor y más fácil tratar de controlar lo que se puede ver y colocar, que el interior del macizo de carbón donde se desconoce con exactitud lo que ocurre).

**El relleno óptimo será aquel que cumpla las siguientes características:**

- llegue lo antes posible a la fase portante,
- sea compacto y sin huecos,
- sea cohesivo, y
- tenga elevado rozamiento interno entre partículas.

**Para alcanzar estas características, se deberá:**

- evitar la utilización exclusiva de menudos,
- evitar grandes bloques que se atraquen,
- evitar rellenos muy húmedos y el uso de agua para bajar el relleno,
- dejar huecos, y
- utilizar materiales con componentes arcillosos.

Normalmente, se puede conseguir un buen relleno empleando 2 - 3 partes de escombros triturados (roca dura con aristas), 1 parte de estériles de menudo que rellene los huecos y un 10% de humedad. Evidentemente estos datos son orientativos, y la composición más adecuada debe estudiarse para cada tipo de explotación y materiales que componen el relleno

### 5.2.7. LA VENTILACION

La ventilación, además de proporcionar el caudal de aire necesario para la respiración y el mantenimiento de unas condiciones ambientales adecuadas, tiene una gran importancia en los derrabes, principalmente en los carbones con contenido en gas.

Es conocido el hecho de que, cuando se corta la corriente de ventilación, el carbón duro "se ablanda" y "trabaja". Este fenómeno era, a veces, inconsciente y peligrosamente aprovechado para picar el carbón con mayor facilidad y alcanzar mayores rendimientos. Esto, como es lógico, tiene su explicación científica, que se presenta más adelante.

En principio, es lógico, y debe ser norma general, que **el frente de la labor esté bien ventilado**. Conseguir esto es más difícil en los casos en que las niveladuras de los talleres de testers son rectas, pues quedan esquinas sin ventilar, cuando el relleno está atrasado o cuando no se lleva relleno y no se realiza una correcta canalización del aire que debe barrer el frente. En los métodos de explotación por macizos, también es más difícil conseguir una correcta distribución del aire, ya que pueden estar en servicio varios frentes a la vez.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que, aunque **la correcta aireación del frente se traduce en un endurecimiento del esqueleto del carbón** por aumento de las fuerzas de atracción intermoleculares ( ver Anejo VI), la consecución de dicha corriente de ventilación situando **la labor en depresión, puede no ser lo más adecuado desde el punto de vista de los derrabes, especialmente en las explotaciones de carbones poco resistentes que tengan una fuerte desorción de gas.** ( para un carbón dado ). Esto ocurre porque aumenta el gradiente de desorción de gas hacia el taller y se generan importantes esfuerzos de tracción en las proximidades del hueco. Puede ser muy interesante **estudiar adecuadamente este efecto aparentemente contradictorio** ( según cual sea el efecto predominante en cada tipo de carbón, para contenido en gas, para las distintas profundidades y estados tensionales, etc. ).

Por otra parte, se dispone de datos suficientes como para poder afirmar que la desgasificación de macizos o labores es muy pequeña, aún después de meses o años, si los sondeos o galerías trazadas no se ventilan y se establece una rotura de la película de gas que está en equilibrio, en la parte más próxima al frente. Esto ha sido comprobado por ensayos realizados al amparo del Proyecto, en los que se ha determinado la escasa eficacia de dichas operaciones, al tiempo que se ha comprobado la eficacia de la explotación de la capa égida, cuando pueda realizarse, y siempre que se consideren sus zonas de "sombra" en la distensión y desgasificación.

En general, la ventilación es ascendente, pero en algunos casos podría plantearse la conveniencia de estudiar al menos teóricamente **la ventilación descendente**, principalmente cuando se trate de **frentes invertidos, bancos, etc.**, con tratamiento del postaller sin relleno. También en los casos con grisú con importantes cantidades de CO<sub>2</sub>.

### 5.2.8. LA INYECCION DE AGUA

La inyección de agua en vena se ha introducido en la minería del carbón como un **medio eficaz** de prevención y **lucha contra el polvo**. El Instituto Nacional de Silicosis y la empresa HUNOSA, entre otros, han contribuido muy eficazmente a ello. No obstante, y teniendo en cuenta su posible influencia en la derrababilidad de los carbones, al amparo del Proyecto de Derrabes, se ha hecho un estudio específico sobre el tema, con objeto de analizar las condiciones más idóneas de aplicación.

En el Anejo VIII, se presenta dicho estudio que se resume en el capítulo 7.12.. En él, se analizan los distintos tipos de inyección (a alta, media o baja presión), las condiciones de aplicación más favorables y la problemática existente para los distintos tipos de hastiales.

También se estudia la utilización de **agua a presión** como medida de tratamiento **en caso de capas con riesgo de desprendimientos instantáneos** y los porcentajes óptimos de humidificación, que no tienen por qué ser iguales para todos los tipos de carbón.

### **5.2.9. LA UTILIZACION DE EXPLOSIVOS Y SU EFECTO EN LOS MACIZOS DE CARBON.**

La facultad de suministrar una gran cantidad de potencia concentrada en zonas limitadas hace de los explosivos una herramienta muy utilizada en minería para arrancar o desagregar las rocas y el carbón.

Con relación al carbón, los explosivos se pueden emplear para:

- A) **Efectuar el arranque** en los carbones duros, para pasar zonas de falla y eliminar intercalaciones de estéril, o bien, para desagregar zonas delimitadas en métodos de explotación denominados genéricamente como "de sutraje".
- B) También se pueden utilizar, de **forma controlada**, para efectuar los "tiros de conmoción" para **prevenir los desprendimientos instantáneos** de carbón y de gas en capas propensas a ello.

Tanto la acción directa de los explosivos sobre el carbón como la acción sobre rocas próximas, pueden manifestarse sobre el macizo de carbón positiva o negativamente. El conocimiento de los mecanismos de actuación y las condiciones de aplicación, permitirá dirigir hacia la seguridad el empleo de los explosivos.

En el Anejo VII, cuyo resumen se presenta en el capítulo 7.11., se muestra un estudio detallado sobre la utilización de los explosivos como elemento de arranque y desconsolidación del carbón y como medida de lucha ante los D.I.

A continuación, no obstante, se destacan algunos aspectos prácticos:

- \* En principio, **es imprescindible conocer las condiciones en las que se aplica el explosivo**. En particular, si se trata de carbones susceptibles de derrabarse o de presentar fenómenos del tipo D.I. En el primer caso, **el explosivo puede aumentar la desagregación del carbón y tener una influencia muy perjudicial**. En el segundo, **se pueden utilizar los explosivos para prevenir los D.I. o para provocarlos de forma e intensidad controladas**.

**\* La utilización de explosivos en carbones como herramienta de arranque o de eliminación de intercalaciones o esterilidades próximas, requiere un estudio particular para dimensionar la pega y reducir los efectos nocivos en el entorno.**

Como normas de carácter general, se señalan las siguientes:

- Elección de la posición y tipo de cueles de forma que la pega no cause daños en la fortificación o en el entorno. El cuele en abanico vertical o el Sarrois dan buenos resultados en galerías.
- Dar a los operarios una definición exacta de las condiciones del disparo con plano de tiro.
- No sobrecargar barrenos.
- Cuidar con especial detalle la situación de los barrenos periféricos, procurando que la sección de avance se acerque lo más posible al gálbo de la entibación. Así se evita tener que forrar por sobreexcavaciones y dar tacos para completar el perímetro.
- Retacar correctamente los barrenos. El empleo del disparo bajo agua a presión es particularmente interesante en los casos en que haya que disparar en talleres por testers.
- Efectuar una real y efectiva vigilancia y control de las labores de perforación, carga y retacado de los barrenos, por parte de los responsables.
- La voladura de sacudida consiste en la pega con cargas convenientemente distribuidas, para provocar la fisuración, distensión y desgasificación de la capa o el propio D.I. de una forma controlada. Este es un método de prevención utilizado en Europa desde 1920, en capas susceptibles de tener D.I. No se debe utilizar en capas en que el riesgo sea por derrabe. En el referido Anejo VII se presentan algunas disposiciones recomendables para este tipo de voladuras.

### **5.3. OTROS FACTORES TECNOLOGICOS Y MINEROS**

Los avances tecnológicos pueden ser utilizados para tratar de reducir los riesgos de derrabe en las explotaciones de capas inclinadas y verticales. La tecnología aplicada a la minería aumenta las posibilidades de explotar yacimientos en condiciones difíciles, con unos niveles cada vez más altos de seguridad y productividad y, por supuesto, puede ser utilizada para mejorar las condiciones de trabajo en las minas.

La mecanización, la informática, la automática, las ciencias de la tierra, etc., constituyen unos factores tecnológicos altamente positivos, que pueden ser empleados en la lucha contra los derrabes. Sin embargo, en algunas ocasiones pueden introducir en el trabajo algunos componentes adicionales de riesgo que deben ser conocidos, evitados o, al menos, tenidos en cuenta.

### 5.3.1. LA MECANIZACION

En principio, **la mecanización del arranque, del sostenimiento y del transporte en las explotaciones y galerías, mejoran las condiciones de trabajo en la mina. También reduce el riesgo de que los derrabes afecten a las personas, en la medida en que supone una reducción del personal presente en los frentes de trabajo y le dispensa de las tareas más duras y peligrosas. Sin embargo, la mecanización puede introducir otros componentes de riesgo que se deben conocer.**

En los Anejos II-A y II-B, se exponen los aspectos más destacados sobre el estado de la tecnología aplicada en España en las capas de carbón inclinadas y verticales, por lo que se remite a dichos Anejos a los técnicos interesados en profundizar en tales aspectos.

A nivel general, dejando al margen, en la medida de lo posible, la componente económica, que se sale del alcance del Proyecto, merece destacarse lo siguiente:

- **No parece positivo entrar en la dinámica de discutir "mecanización sí" o "mecanización no". Sencillamente, mecanización donde se pueda, con las garantías adecuadas, al estado actual de la tecnología. El yacimiento debe soportar económica y tecnológicamente la mecanización.**

Son indiscutibles los beneficios que, en general, proporciona la mecanización en la mejora de las condiciones de trabajo, en la productividad y en la seguridad. Sin embargo, hay que tener en cuenta que en aquellos casos en que pretenda meterse "con calzador", estos beneficios se pueden convertir en serios inconvenientes, complicando los trabajos, bajando la productividad y presentando nuevos peligros.

- **No se debe forzar la mecanización de una labor sin proporcionar paralelamente las herramientas y conocimientos mínimos imprescindibles al personal, para responder a las nuevas condiciones de trabajo (conocimientos de electrotecnia, manejo de equipos hidráulicos, etc.).**

- Si se dejan puntos débiles o "cuellos de botella" en la seguridad, o en cualquier otra cuestión, serán éstos los que definan la seguridad del conjunto. Es muy importante tener esto en cuenta a la hora de mecanizar.
- Hay que tener en cuenta que la mecanización exige unas labores de preparación, muchas veces no mecanizables, que pueden generar situaciones de riesgo al precisar condiciones de trabajo y avance más exigentes.
- Las intersecciones entre zonas con equipos mecanizados y las galerías o sobreguías requieren una especial concentración de personas y equipos, siendo en general puntos muy conflictivos.
- Las mayores velocidades de avance requieren un control de la atmósfera de la mina y del macizo muy exigentes, en particular en la explotación de capas peligrosas o susceptibles de fenómenos gasodinámicos.

En resumen, la mecanización y en particular, los métodos de arranque descendentes, con el frente invertido o los tajos largos con rozadoras con entibación individual o autodesplazable, constituyen un importante avance en la seguridad. Sin embargo, se insiste en que se deben proporcionar en paralelo, los mecanismos necesarios para controlar esta nueva situación. **La seguridad debe estar integrada, en la medida de lo posible, en las máquinas y los equipos mineros.** No parece apropiado forzar la mecanización fuera del ámbito de aplicación existente en cada momento, según las características del yacimiento y estado tecnológico.

Es previsible que en los próximos años, con la tecnología actual, se pueda explotar con tajos parcial o totalmente mecanizados (excluido el sutiraje), cerca del 30% de las reservas en capas inclinadas y verticales del norte de España.

### **5.3.2. EL DISEÑO DE EQUIPOS**

Una de las conclusiones más claras que se ha obtenido en las repetidas visitas a las explotaciones mecanizadas y no mecanizadas, es la necesidad de que todos los equipos de mina, **integren la seguridad activa y pasiva en su diseño**, que debe adaptarse a los yacimientos españoles. Cuanto menos margen de implicación innecesaria se deje al factor humano, tanto más se podrá mejorar la seguridad de los trabajadores.

Los fabricantes están haciendo importantes esfuerzos, en coordinación con técnicos de las empresas y organismos de investigación.

Las duras condiciones de trabajo, que exigen equipos robustos, y las limitaciones de espacio, complican no obstante el diseño, que debe estar adaptado a las condiciones de trabajo y requerimientos de servicio españoles.

### 5.3.3. LA MECANICA DE ROCAS

En la actualidad, la Mecánica de Rocas, con la ayuda de los ordenadores y los métodos de cálculo existentes (elementos finitos, diferencias finitas, elementos de contorno, etc.), **constituye una herramienta fundamental para diseñar las explotaciones mineras en las mejores condiciones de seguridad.**

La capacidad y rapidez de cálculo de los computadores actuales permiten simular fácilmente problemas bidimensionales y tridimensionales, considerando distintos materiales e interfases, plasticidad, reología, etc., en unas condiciones muy parecidas a la realidad. Esto es de gran importancia, pues es bien conocido que la mina difícilmente permite ensayos a escala real y, en cualquier caso, éstos serían lentos y costosos.

Las simulaciones en el ordenador permiten hacer análisis de sensibilidad de determinados parámetros, obteniendo las deformaciones y el estado tensional existentes en el carbón y el macizo rocoso.

En el Anejo IV, se muestra un ejemplo para un taller de testers analizando la influencia de factores como la inclinación y características resistentes de la capa, la rigidez del techo, la distancia del frente al relleno, el tipo de hastiales, etc.

Para ajustar los modelos a la realidad se necesitan medidas y datos fiables. Estos, cada vez se consiguen con mayor facilidad, ya que la metodología de la toma de datos y las técnicas de ensayo y auscultación han mejorado mucho en los últimos tiempos, así como el conocimiento de los macizos rocosos.

Todo esto se traduce en la posibilidad de modelizar los problemas reales y tratar de conocer los mecanismos según los cuales pueden desarrollarse los derrabes. Si no se logran obtener resultados que reflejen con exactitud la realidad, en el peor de los casos, se pueden realizar análisis de sensibilidad a la variación de determinados parámetros.

**El descenso en los costes de simulación, debido a los avances informáticos y en la modelización, debería alentar a seguir en esta línea, que debe conducir, al final, a la realización y difusión de unas recomendaciones de buena práctica minera de utilidad general.**

#### **5.3.4. LA PLANIFICACION DE LABORES MINERAS**

No se puede ignorar que la ubicación de las labores mineras y la secuencia de su ejecución o de la explotación del carbón, pueden tener mucha influencia en el desencadenamiento de fenómenos gasodinámicos o derrabes.

Hasta hace pocos años, la planificación de algunas explotaciones se realizaba, casi exclusivamente, atendiendo a unos principios bastante generales de buena práctica minera, a criterios de operatividad y a veces a criterios comerciales que buscaban las mezclas más adecuadas según los tipos de carbón de cada capa.

No se quiere afirmar, porque no sería cierto, que se siguieran dichos criterios en todos los casos, ni que éstos fueran siempre malos. Sin embargo, frente a diseños y planificaciones excelentes, se han detectado casos en los que, por distintas razones, se avanzaban las explotaciones sin tener en cuenta algunos conceptos básicos de Mecánica de Rocas aplicada a la Minería.

Las escasas profundidades de la minería de montaña quizá permitiesen actuar así, pero en ocasiones esto ha servido para traspasar los problemas a las explotaciones actuales y, lo que es peor, a veces se sigue haciendo. Se han detectado explotaciones en zonas más peligrosas de lo que pudieran haber sido, si se hubiera realizado una correcta planificación, aunque aquí intervienen otros parámetros.

En cualquier caso, como es frecuente que se deban explotar zonas afectadas por antiguos minados o macizos abandonados, hay que tener en cuenta todo esto a la hora de realizar la planificación.

El mensaje que se desea transmitir es que, en la actualidad, existen medios suficientes y conocimientos generales fácilmente accesibles, para planificar las explotaciones respetando unos principios geomecánicos sencillos, pero muy importantes. La Mecánica de Rocas y la Informática permiten simular previamente muchas situaciones para elegir las circunstancias de explotación más favorables.

**El aumento de las exigencias de explotación y de la profundidad, y el agotamiento de los yacimientos hacen necesaria una cada vez más correcta planificación.**

La planificación anual de las minas no debe consistir solamente en "alargar las rayas del plano". Quizá, en algún caso la aprobación de los planes de labores debería contemplar estas cuestiones. Sin embargo, hay que felicitarse por la creciente preocupación detectada por estos temas, que se traduce en una sistemática de trabajo de alto nivel en muchas de las empresas mineras. Generalmente, las grandes empresas están más dotadas de avances tecnológicos y disponen de computadores, bases de datos, técnicas geoestadísticas, etc., pero en las pequeñas también se ha encontrado una importante sensibilidad a la planificación, incorporando criterios geomecánicos, además de los económicos y mineros.

### **5.3.5. EL CONTROL AMBIENTAL**

**El control de la atmósfera de la mina, constituida por la corriente de ventilación, gases y polvo, es imprescindible para asegurar unas condiciones de trabajo adecuadas, pero también para detectar situaciones de riesgo.**

**Según los casos, se deberá realizar un control intermitente o continuo de los gases presentes, en función de la legislación vigente, con equipos móviles o fijos. En talleres o zonas peligrosas de capas sospechosas, se hace imprescindible. También parece interesante tratar de medir continuamente los gases presentes y la composición de la atmósfera de la mina en distintos puntos.**

### **5.3.6. TECNOLOGIAS AVANZADAS**

Las tecnologías más avanzadas tienen su aplicación en materia de seguridad minera, y en particular, en el caso de los derrabes. La utilización de las técnicas de emisión acústica, microsísmica, los avances en comunicaciones, láser, radio-control, sistemas continuos de medida, cámaras de visión térmica, etc., pueden ser un ejemplo, tanto aplicadas directamente como integradas en los equipos de mina.

**El problema radica, a corto plazo, en que todas estas tecnologías puedan ser integradas realmente de forma eficaz y operativa en las tareas mineras cotidianas.**

En España, parece que a corto o medio plazo es difícil que se integren, al menos en las explotaciones más tradicionales o en las que tienen en servicio equipos en una fase intermedia de amortización técnica.

Por otra parte, desde el punto de vista de los derrabes, a corto plazo, para la disminución rápida de la problemática, las explotaciones tradicionales parecen requerir con mayor urgencia otras actuaciones más generales y estructurales ( mecánica de rocas, métodos de información, fomento de una información fluida, formación, etc.).

#### **5.4. EL FACTOR HUMANO.**

Quando se habla de seguridad en el trabajo, no se puede dejar de lado lo que últimamente está tan de moda y se viene denominando "el factor humano". Todos los factores implicados en la seguridad, al final convergen en el hombre, que incluso, a veces, puede modificarlos haciendo que determinadas circunstancias que teóricamente conducirían al accidente no lo hagan, o viceversa.

#### **5.4.1. ¿ QUE SE ENTIENDE POR FACTOR HUMANO?**

Al hablar de factor humano, al menos en este Proyecto, se quiere hacer referencia a **todo lo relacionado con el hombre, antes, durante y después del incidente, incluyendo en ello a toda la cadena de mandos o de personas relacionadas con la actividad minera.** Se renuncia a entrar en discusiones o en la búsqueda de definiciones más o menos acertadas, siempre que quede clara la interpretación positiva del concepto, la cual supone la búsqueda de soluciones. Se descarta la interpretación negativa asociada a la búsqueda sistemática de culpabilidades, aunque no deben eludirse las responsabilidades. En general, y en el sentido más amplio, "factor humano" no debe entenderse exactamente igual que "error humano del picador, del vigilante, del ingeniero,...".

Desgraciadamente en la mayor de los accidentes, y precisamente por ello, el factor humano tiene una cierta componente negativa y se refiere a los trabajadores implicados en el incidente. Sin embargo, otras muchas veces, cuando no tiene lugar o no se registra el incidente, hay intervenciones muy positivas del factor humano.

Para no depender, en lo posible, de una buena o mala actuación, se justifica la conveniencia de profundizar en el conocimiento de la incidencia del factor humano en la seguridad en la minería en general, y en el caso de los derrabes en particular. Así se podrá actuar tratando de limitar su componente negativa.

En las industrias de la CECA se está dando una gran importancia a este tema y se trata de implicar a toda la estructura de funcionamiento humano en el trabajo, constituida principalmente por:

- Personal directivo e ingenieros de explotación.
- Responsables cotidianos de las explotaciones y vigilantes.

- **Trabajadores directamente relacionados con las labores que pueden verse afectados por los incidentes.**
- **Los trabajadores no presentes en los posibles incidentes, pero que realizan labores que pueden afectarles directa o indirectamente.**
- **El personal implicado, si es el caso, en las tareas de salvamento.**

#### 5.4.2. EL ENTORNO MINERO. ALGUNAS REFLEXIONES GENERALES.

Quizá no sea el principal objeto de este estudio el análisis del entorno minero en su relación con los derrabes. Sin embargo, independientemente de que sea un tema que deba ser analizado por otros especialistas, es necesario destacar su importancia.

En primer lugar, se puede decir que el entorno minero, en el sentido más amplio ( tipo de trabajo, ambiente social, entorno geográfico y económico, condiciones y calidad de vida, cultura y formación de la mano de obra, estabilidad laboral, motivación y perspectivas de futuro, alcohol y drogas, etc.), condiciona la actitud y aptitud de los trabajadores ante el desarrollo normal de su actividad laboral. Esto condiciona también, de alguna manera, la seguridad.

Sin entrar en profundidad, se pueden realizar las siguientes reflexiones generales:

- \* **La minería del carbón en los yacimientos inclinados españoles puede considerarse difícil y, a veces, los trabajos deben realizarse en condiciones más penosas que en otras actividades industriales. Esto requiere el empleo de mano de obra especializada, con capacidad física y psicológica suficiente para enfrentarse a su trabajo cotidiano. En la actualidad no se puede afirmar que se den las circunstancias más favorables para fomentar dichas aptitudes y actitudes.**
  
- \* **En algunos casos, la disposición psicológica del minero puede verse alterada negativamente al llegar a su puesto de trabajo, donde a veces " parece valer todo ". Unos adecuados vestuarios, una correcta organización del trabajo, orden y limpieza dentro y fuera de la mina, etc., pueden estar directamente relacionados con la motivación psicológica del minero y con una actitud positiva para desarrollar con seguridad su trabajo.**

- \* La **desmotivación** ante un futuro incierto, la **gran dependencia de la economía comarcal o regional de la actividad extractiva en las zonas mineras**, y otros factores socio-económicos, generalmente negativos, no constituyen las mejores condiciones para buscar que el minero realice su trabajo con concentración ( se incluye, por supuesto, a los técnicos ).
- \* La mano de obra, en algunas zonas y empresas, se alimenta de capas sociales, dicho con el máximo respeto, de más **baja formación** que en otros sectores industriales. Esto tiene una muy negativa incidencia a la hora de buscar especialistas para explotaciones mecanizadas. Por otra parte parece estar perdiéndose la transmisión del "arte minero", que en el caso de métodos tradicionales se solía realizar, de padres a hijos.
- \* Se ha detectado, y se quiere presentar el hecho con la mayor objetividad, que las lógicas reivindicaciones laborales o salariales, tienen o pueden llegar a tener en algunos casos, una indeseable incidencia en la seguridad. Desgraciadamente, y al margen de lo justo o injusto de las reivindicaciones, no se debería admitir que sea el "precio de una tarea" lo que indique si ésta es segura o no. Tampoco determinados problemas laborales deben "convertir maderas excesivamente gruesas en excesivamente delgadas, según los casos, y viceversa". Tampoco parece lógico dejar labores inacabadas, que pueden tener efectos negativos sobre la persona que la deja incompleta o sobre otras, por motivos ajenos a la propia dinámica de la explotación. Aceptando que la seguridad es "no negociable ", la formación de los trabajadores debe ser importante para discernir las condiciones más adecuadas de seguridad y **no trasladar hacia la seguridad problemas que deben ser discutidos en otros escenarios.**
- \* En algunos casos u ocasiones hay técnicos que deben hacer un **esfuerzo suplementario por falta de tiempo** para mantener su formación al día y realizar adecuadamente la planificación técnica de los trabajos mineros. En algunas empresas donde no existe un equipo técnico permanente de apoyo, los técnicos pueden sufrir ese problema; y en estos casos se deben buscar soluciones para que ello no afecte a la buena gestión de las explotaciones .

### **5.4.3.. FORMACION, PERFECCIONAMIENTO Y RECICLAJE**

Este es un aspecto que se ha venido destacando a lo largo de todo el Proyecto. Es tal la **unanimitad** existente entre todas las partes implicadas y se ha escrito tanto sobre ello, que solamente se pretende destacarlo una vez más, e **instar al desarrollo de una política eficaz y continua de formación.**

En esta línea, quizás sean de utilidad las siguientes reflexiones en cuanto a la forma de conseguir con eficacia un mayor nivel en la formación profesional de los trabajadores:

- Una política eficaz de formación, que es perseguida en teoría por todas las partes implicadas, requiere **aunar esfuerzos y actuar sinérgicamente** buscando, si es posible, un efecto multiplicador al unir todos los recursos utilizados. Se debe fomentar el intercambio de información sobre los resultados de los distintos programas de formación que se acometan en las distintas empresas, organizaciones, CC.AA., etc., que, aunque se adapten a necesidades específicas distintas en cada caso, tendrán muchos aspectos comunes aprovechables, tanto en problemática, como en documentación y medios humanos.
- Es fundamental la **motivación de las personas a las que va dirigida la formación**, el conocimiento de la problemática real por parte de los instructores, y la adaptación de las enseñanzas a la realidad minera de cada zona o colectivo. La formación debe estar específicamente diseñada en cada caso, y debe utilizar un **lenguaje acorde a cada nivel profesional.**
- Los **mensajes** deben ser **sencillos**, y cuando son dirigidos a los mineros que realizan su actividad profesional en los puestos de mayor responsabilidad e implicación, parece esencial la documentación gráfica, con dibujos que representen situaciones de riesgo, accidentes, etc., con explicaciones de por qué se generan los problemas. También es útil incorporar posibles soluciones o formas correctas de actuar tras haber introducido algunos elementos de discusión.

- **La formación y reciclaje de vigilantes**, que son los que realmente hacen que el grupo de trabajo del que son responsables actúe correctamente en el día a día, es imprescindible. Deben conocer en lo posible, la reglamentación minera en su expresión más sencilla y al menos intuitivamente, conocer el por qué de la mayor parte de las cuestiones. Se les debe enseñar a "interpretar la mina" en su integridad, teniendo en cuenta que la actividad que desarrollan es una más de todas las que integran el proceso productivo, que debe funcionar armónicamente. Aunque tengan a veces responsabilidades sobre la producción, deben ser formados para **sopesar riesgos reales** que a veces están ocultos, y saber administrar sus competencias.
- **La formación profesional**, principalmente en disciplinas como electrotecnia, electrónica, hidráulica, neumática, topografía, dibujo y grafostática, informática, etc., parece imprescindible para continuar la tecnificación, ya iniciada, en las minas españolas, y que los tiempos actuales con sus exigencias de seguridad y productividad, demandan. Hay que tener en cuenta que **una profesión o un sector queda tanto más atrasado, cuanto menores son las exigencias de formación y mayor el conformismo de quien puede actuar sobre ella.**
- Es también conveniente, y así se está **fomentando** por las propias empresas, OCICARBON, ITGE, Escuelas Técnicas, CC.AA., Administración Central y Organizaciones de Trabajadores, **el intercambio de conocimientos tecnológicos** y de disciplinas como la Mecánica de Rocas, Informática aplicada a la minería, etc.. La formación y reciclaje, aunque en este caso tenga una incidencia menos directa y menor en la accidentabilidad, puede y debe extenderse a los técnicos.
- Una política coherente y eficaz de formación, al igual que en otros aspectos relacionados con la seguridad, requiere **paciencia** y debe quedar **al margen de las "urgencias"** derivadas de la existencia más o menos **coyuntural** de algún tipo de accidente. Aunque los resultados tarden en verse, no deben abandonarse los programas que se inicien, hasta que no estén cumplidos y consolidados los objetivos.

- **Es importantísimo rescatar el prestigio de la profesión de minero y elevar su calidad profesional. Esto permitirá motivar a los jóvenes y alimentar la mano de obra minera con personas de formación similar o superior a la de otras actividades industriales.**

#### **5.4.4. INFORMACION**

Ya se ha indicado que, en algunos casos, se detecta que **la información a lo largo de toda la cadena de mando no es buena** en las minas de carbón. Ello incide desfavorablemente también en los derrabes.

La información respecto a lo que realmente sucede en los frentes de trabajo o respecto a la situación real existente en la mina, principalmente en los casos conflictivos, no es la más apropiada : O no llega, o llega difuminada y/o sesgada o llega tarde a quien debe tomar decisiones en los casos necesarios. La conclusión obtenida, que por breve no deja de ser importante y contundente, es la siguiente: **se deben mejorar los sistemas de información**. Para ello expertos en seguridad, técnicos y trabajadores deben diseñar ( existen experiencias positivas ), los mejores sistemas y vehículos de trasmisión de información en la mina.

#### **5.4.5. ADAPTACION AL PUESTO DE TRABAJO. ERGONOMIA.**

En este sentido la conclusión también es clara y breve: Se debe potenciar del desarrollo de todas las investigaciones y actuaciones tendentes a **mejorar la relación del minero con su puesto de trabajo**. Se debe potenciar el diseño con criterios ergonómicos de las herramientas y máquinas que se utilicen, ya que éstas, en general, son pesadas y no siempre adecuadas para lo que se utilizan. La ergonomía debe también integrarse a los métodos de explotación, de la misma manera que se han logrado integrar, afortunadamente, criterios geomecánicos, económicos, etc.

En minería, desgraciadamente, la ergonomía ha empezado a tenerse en cuenta hace relativamente poco tiempo, quizá por la dificultad existente y lo cambiante de las situaciones ( hay que tener en cuenta que la mina es una fábrica donde cada día cambian las cosas y los lugares de trabajo ). Este es un tema que se está potenciando en el ámbito de los países miembros de la CECA.

Haciendo referencia a los yacimientos inclinados del norte de España, HUNOSA está acometiendo , con la ayuda financiera de la CECA, una investigación sobre los requisitos ergonómicos para el trabajo en explotaciones inclinadas, que sin duda será de gran utilidad desde el punto de vista de los derrabes y de la seguridad en general. La E.T.S. de Ingenieros de Minas de Oviedo, en colaboración con otras entidades y organismos, ha comenzado a prestar a estos temas la dedicación que se merecen.

## **6. SUSCEPTIBILIDAD AL DERRABE**

Una vez mostrados de forma muy general los factores que pueden estar presentes en el derrabe, cabe preguntarse si es posible definir un índice de susceptibilidad que permita evaluar de manera objetiva el riesgo de derrabe a partir de los parámetros más significativos.

## **6.1. ¿ES POSIBLE DEFINIR LA SUSCEPTIBILIDAD AL DERRABE Y CUANTIFICARLA?**

De forma general, no parece apropiado definir un índice cuantitativo extensible a la totalidad de yacimientos y situaciones españolas.

Se reconoce y se justifica, como se verá, la posibilidad de adoptar algunos índices para discernir entre situaciones de "riesgo" y "no riesgo" ante **determinados fenómenos y en determinados yacimientos o zonas**. Sin embargo, existen varias y poderosas razones para no defender la búsqueda de un índice general de susceptibilidad al derrabe en el sentido más amplio. Entre otras, se pueden destacar las siguientes:

- \* En primer lugar, porque en España se incluyen bajo la denominación de derrabe diferentes fenómenos, generados por distintos mecanismos.
- \* En algunos tipos de derrabes, intervienen de manera muy significativa parámetros difícilmente cuantificables, como la geotectónica del yacimiento o el factor humano.
- \* Los escenarios en que se producen los derrabes son diversos, con lo que la problemática también lo es y resulta muy difícil extender la validez del índice a todos ellos.
- \* Obtener un índice general fiable, en base a parámetros cuantificables, sería muy costoso, dada la imprescindible fase de contrastación, que requiere un cierto tiempo debido a la diversidad y heterogeneidad de los yacimientos.
- \* Sin la contrastación adecuada, si se detecta alguna limitación en su aplicación, sería muy difícil justificar posteriormente su fiabilidad.
- \* Si aún con todo lo anterior, se pretendiera hacer un análisis discriminante previo para seleccionar parámetros que controlen todo tipo de incidentes (derrabes, desprendimientos instantáneos de gas y carbón, etc.), para posteriormente

establecer un índice aplicable a todas las cuencas, habría que seleccionar centenares de parámetros, medirlos, contrastarlos, comprobar su validez y eficacia (muchos ya se conocen) y, mediante técnicas estadísticas conocidas, seleccionar los más significativos y hacer la formulación.

En estas condiciones, para obtener resultados fiables y que expliquen un porcentaje significativo de los casos, quizás se necesitarían varias decenas de parámetros de control (unos cuantitativos y otros cualitativos o con una cierta componente subjetiva). Después de todo, se habría avanzado muy poco, en cuestión de operatividad.

Además, lo que realmente se necesita, y parece suficiente, es conocer cuáles son los valores de algunos parámetros que, en cada situación y en cada caso, permitan determinar si existen riesgos o no, al margen de índices generales de difícil extensión. Una vez conocidos se podrán aplicar las medidas más oportunas.

## **6.2. ¿HASTA DONDE SE PUEDE LLEGAR EN LA ACTUALIDAD?**

Lo expuesto en el último párrafo del apartado anterior prácticamente responde a esta cuestión. El hecho de no considerar apropiada la búsqueda de un "índice general nacional de derrababilidad" de "clasificación de explotaciones", no significa que se renuncie a la búsqueda de sistemas de "determinación de riesgos" cuantificables en cada cuenca o zona. Posiblemente, tras una contrastación o pequeña modificación, los criterios podrían extenderse a todo el territorio nacional, en determinados casos.

En algunos parámetros, sí se puede tratar de fijar umbrales muy contrastados que sean de uso generalizable y que permitan detectar "a priori" una capa sospechosa de riesgo ( por ejemplo el contenido en gas en una capa, V1, presión de gas, etc., para riesgo de derrabes gaseados o D.I.). De hecho así se hace en todos los países para clasificar las minas con riesgo potencial.

Al margen de cualquier discusión sobre la idoneidad de la búsqueda de un "índice general nacional" se proponen los siguientes **objetivos y condiciones que debe asumir cualquier intento de determinación de un índice de susceptibilidad de validez general:**

### **1.-Proporcionar elementos sólidos y fiables de juicio, de modo que permitan:**

- Clasificar zonas como de riesgo/no riesgo
- Confirmar clasificaciones.
- Permitir desclasificar eventualmente alguna zona clasificada.
- Evitar clasificaciones por motivos superficiales.
- Destacar especialmente toda evolución hacia el riesgo.

**2.- Proporcionar elementos de juicio para establecer las precauciones en las distintas operaciones mineras.**

**3.- Proporcionar la metodología y elementos de base para detectar signos premonitorios ante la inminencia de un fenómeno.**

Estos tres objetivos son de amplitud decreciente, aunque de dificultad creciente. En la actualidad, no están conseguidos totalmente, aunque se está avanzando mucho en la prevención, lucha y detección de algunos fenómenos.

Como ejemplo se puede decir que las técnicas de emisión acústica y microsísmica son poderosas herramientas aplicables para intentar conseguir el tercer objetivo, pero que en la actualidad no son del todo operativas, en el carbón. **Se está en la fase en la que sirven para interpretar razonablemente algunos sucesos, "a posteriori".**

En las condiciones españolas, la búsqueda de estos tres objetivos debería centrarse inicialmente en los siguientes casos:

- Riesgo de derrabes ligados fundamentalmente a fallos operacionales ("tipo 1") en explotaciones con picadores y sistemas tradicionales en capas inclinadas. En el Anejo XIII, se muestra la metodología que se puede seguir y se hace un análisis discriminante provisional sobre 21 parámetros con datos de 111 talleres.
- Riesgo de derrabes en capas con fuerte desorción de gas.
- Riesgo de los distintos fenómenos dinámicos.
- Caracterización de riesgos en los avances de labores preparatorias, niveles y guías en condiciones difíciles. Extensión a los avances mecanizados.

### 6.3. ALGUNAS EXPERIENCIAS EN OTROS PAISES

Desde hace muchos años, en los países de más tradición minera se viene estudiando la problemática de los fenómenos dinámicos, tratando de determinar las condiciones en las que éstos pueden tener lugar y la forma más apropiada de detectarlos y prevenirlos.

La metodología pasa por **definir correctamente, en primer lugar, el tipo de fenómeno que se quiere analizar**, sin pretender encontrar índices generales que incluyan fenómenos que responden a mecanismos diferentes.

Posteriormente, una vez definido el fenómeno que se quiere evaluar, se pueden seguir, básicamente, dos líneas de actuación:

- A) Caracterización de riesgos o determinación de zonas peligrosas, en base a parámetros que se investigan hasta cuantificar los umbrales de riesgo (por ejemplo: contenido en gas, volumen de detritus en sondeos, V1, rigidez de hastiales, etc.).**
- B) Establecimiento de índices de susceptibilidad, con los parámetros más significativos en cada caso, que sirvan para jerarquizar u ordenar cualitativamente las zonas más peligrosas de un yacimiento, pero que no tratan de extenderse a otras zonas, sin haber sido sometidos a una fase de contrastación y reajuste, si es necesario, de los coeficientes.**

**En el caso A), se hace la caracterización referida a uno o varios parámetros simultáneamente. Los resultados obtenidos son buenos, como lo prueba el hecho de la disminución progresiva de los incidentes con la utilización sistemática de los criterios elegidos. Según los casos (D.I., golpes de techo, etc.), los parámetros tomados como referencia son distintos y, aunque no son exactamente los mismos en todos los países, hay una cierta unanimidad a la hora de elegir los más representativos. Si los parámetros elegidos no son idénticos, el fundamento es similar. En el apartado 6.3.1, se dan algunos ejemplos, con cifras reales.**

Los valores-umbral definidos como de riesgo tampoco son exactamente iguales en todos los países, ni en todas las cuencas, aunque son también muy parecidos en la mayoría de los casos.

Este sistema de calificación basado en unos índices de determinados parámetros, bien contrastados y asumidos, es el más apropiado para conocer previamente si una capa es peligrosa y para sistematizar el uso de medidas de prevención y lucha contra los fenómenos que puedan tener lugar.

Por el contrario, no se tienen referencias sobre "índices o umbrales europeos de riesgo de desprendimiento instantáneo", por ejemplo, pese a lo útil que teóricamente sería. Dados los años que llevan trabajando en estos temas, lo anterior parece confirmar que los resultados son difícilmente generalizables.

El método que se está analizando, aunque es de probada eficacia, presenta sin embargo algunos problemas que se deben resolver. Se trata de **hay parámetros son difíciles de evaluar in situ, al momento, en la dinámica de la explotación, que es cuando realmente se necesita conocerlos.**

Por eso se tiene tanto interés en poner a punto sistemas continuos o cuasi-continuos de registro y medida, como la emisión acústica, por ejemplo.

Por otra parte, **la significación de ciertos parámetros individuales no es unívoca con respecto al fenómeno analizado**, lo cual puede plantear problemas a la hora actuar en el día a día, si no se fijan unos umbrales y unas metodologías de medida **plenamente contrastadas y asumidas** que dirijan, ayuden y liberen de alguna responsabilidad al que tiene que tomar las decisiones. Estos límites pueden ser fijados, en su momento, por la Autoridad Minera Competente o por las propias explotaciones mediante disposiciones internas de seguridad ( de aplicación específica y compatibles con las anteriores). No es difícil comprender la importancia de estos temas y la conveniencia de no actuar con ligereza, lo cual justifica lo amplio del tratamiento de este capítulo.

La metodología señalada en el apartado B) es conceptualmente distinta y se basa en definir el problema con una serie de parámetros influyentes, determinar los más significativos y formular un índice a partir de ellos, dando a cada uno el peso que resulte mediante un tratamiento estadístico-matemático, realizado con datos de numerosas observaciones.

Este tipo de índices pueden presentarse en una fórmula numérica, y deben ser interpretados en su contexto, sin ligereza. "A priori" pueden servir para, entre varias, ordenar cualitativamente las capas o situaciones de más riesgo, como pueden ser, haciendo un símil que entenderán muy fácilmente los más familiarizados con la Economía, los métodos determinísticos de evaluación de riesgo del tipo "TIR" o "VAN".

Una ejemplo claro de aplicación sería la elección, entre varias, de la capa égida o protectora, para distender las demás del paquete, o el establecimiento de prioridades o conveniencias en una cadena de posibles actuaciones. También podría utilizarse esta metodología para dirigir, eliminando la componente subjetiva, la toma de decisiones ante cualquier información o situación de riesgo proveniente de distintos tipos de mecanismos elementales. Esta metodología si no se utiliza integrándola en un sistema de medida de parámetros en tiempo real, tiene escasa aplicación en la evaluación cotidiana del riesgo de derrabes, aunque es de gran utilidad en el estudio de otros problemas.

Como ejemplo de utilización de esta metodología, en el apartado 6.3.2. se describe un fenómeno de avance súbito del frente, estudiado en Francia, con ayuda de la CECA. En el apartado 6.4. se presenta un resumen del análisis realizado con datos de talleres de testers en explotaciones mineras españolas, para determinar los factores más significativos entre los 21 que se analizaron a partir de datos de 111 situaciones reales.

### 6.3.1. LA CARACTERIZACION DEL RIESGO DE D.I.

El desprendimiento instantáneo de carbón y gas es un fenómeno ampliamente estudiado en el extranjero, al igual que otros fenómenos dinámicos. A continuación se hace una breve revisión de la situación al respecto en otros países. Para profundizar en el tema pueden consultarse los Anejos de la presente Memoria.

La caracterización del riesgo de D.I. se realiza tomando en consideración conceptos diversos: el carbón, el gas, los sondeos de reconocimiento, la tectónica, las tensiones, etc.

#### 6.3.1.1. El carbón.

El estudio de las propiedades del carbón es muy interesante y útil para establecer riesgos "a priori". Hay que tener en cuenta, sin embargo, que ciertas medidas se realizan tomando muestras y efectuando análisis posteriores en el laboratorio. La obtención de estos datos es costosa y la información puede llegar tarde ante una decisión inminente. En general, los carbones débiles y secos son más propensos al D.I. Se destaca la utilidad del análisis de los siguientes parámetros, cuya descripción se detalla en los Anejos V y X:

- **Microfisuración.** Se emplea en los países del Este. El coste y el retraso en la medida directa dificulta la generalización, pero es fundamental para conocer la cinética del gas.
- **Índice  $\Delta P$ .** Es una medida indirecta de la fisuración. Se utiliza en Francia, Alemania, Checoslovaquia, etc. El límite en que se establece el riesgo es variable, según zonas, contenidos en volátiles, etc., aunque si  $\Delta P < 14$  no suele haber riesgo de D.I. Hay que tener en cuenta que, para obtener buenos datos sobre la microfisuración en una zona, hay que hacer al menos 20 - 30 medidas.

- **Dureza del carbón.** Es muy difícil de evaluar por la dificultad de tomar muestras. Se utilizan métodos de tipo "penetración" o indirectos, como el índice de Protodiakonov, en los países del Este. También se pueden realizar ensayos triaxiales con bajas presiones de confinamiento.

### 6.3.1.2. El gas.

- **Concentración en gas desorbible en virgen:** Los contenidos límites para establecer un cierto riesgo de D.I en otros países están entre 8 y 10 m<sup>3</sup>/t.c.p de gas (tanto para CH<sub>4</sub> como para CO<sub>2</sub>). Estos valores se deben interpretar junto con otros: velocidad inicial de desorción, presión de gas, contenido en volátiles, etc.
- **Presión del gas:** Este parámetro se suele usar en la C.E.E. En Polonia y la Unión Soviética se utiliza la medida de la presión residual. La determinación de la **isoterma de adsorción** en laboratorio es lo más apropiado, para una vez medida la presión in situ, conocer el contenido real en gas a la temperatura existente, sin cometer los típicos errores derivados de localizar el punto exacto al que corresponde el carbón obtenido en un sondeo con barrena helicoidal.
- **Índice V1:** Es un buen instrumento de alarma y cómodo si se ejerce un control continuo. **Un V1 único y aislado de su contexto apenas tiene sentido.** En la cuenca de Cévennes (Francia), a partir de más de 100.000 medidas de V1, a 2,5 m de profundidad, se ha establecido que para valores de V1 1 cm<sup>3</sup>/10g, no debe haber D.I. En otras cuencas, se ha establecido el límite en 2,5 cm<sup>3</sup>/g. En general, el límite de riesgo parece ser para valores de V1 comprendidos entre 1 y 2 cm<sup>3</sup>/g.
- **Índices delta Iodo, R, K, V30, caudal de gas de un sondeo, etc.** Son otros índices que pueden ser utilizados (Ver Anejo X).

En una primera aproximación puede decirse que el carbón "ideal" para un D.I. sería aquel que tiene gas, que no se desgasifica antes de estar fisurado y que se desgasifica muy deprisa cuando está fisurado.

También es conveniente recordar que el carácter "grisoso" de un carbón suele estar, en cada capa, bastante uniformemente repartido, pero no así la microfracturación, que depende de la estructura, tectónica, historia geológica, estado tensional, etc., lo que se traduce en que para caracterizar adecuadamente un panel se deben realizar muchas medidas de microfisuración.

### 6.3.1.3. Los sondeos de reconocimiento

El volumen de "detritus" de perforación extraídos de un sondeo puede ser considerado como signo de alerta ante un elevado estado tensional del macizo y el riesgo de D.I. El "grado de actividad" de un sondeo permite evaluar cualitativamente el riesgo.

A nivel de ejemplo puede destacarse una recomendación técnica, de utilización en HUNOSA, en la que se describe como se puede evaluar la "actividad" de un sondeo y los mínimos volúmenes de "detritus" por metro de perforación de sondeo que pueden considerarse como indicadores de un macizo sometido a sobretensión (para los diámetros de sondeo más usuales). Hay que tener en cuenta que son valores indicativos, que dependen de la fragilidad de los carbones, y que deben ser contrastados con la experiencia en cada yacimiento.

Se pueden dar estos valores:

6	l/m	de sondeo	para un diámetro de	42	mm
7	l/m	"	"	"	46
8	l/m	"	"	"	50
50	l/m	"	"	"	95
90	l/m	"	"	"	140

( Basado en el test de Jahns)

#### **6.3.1.4. Tectónica**

**Se puede realizar a muchos niveles (macro y microtectónica ) y es una gran ayuda para reconocer riesgos previos.**

**La brevedad de su tratamiento en esta Memoria, no debe interpretarse como que su utilidad sea escasa. Estos temas se desarrollan en el Anejo V - A, que se resumen en el capítulo 7.8.**

### **6.3.2. SUSCEPTIBILIDAD AL DERRUMBE REPENTINO DE UN FRENTE**

La aparición de fenómenos de derrumbe repentino en Provence (Francia), comenzó en 1.983, al aumentar la profundidad de las explotaciones. Estos fenómenos se presentaban en zonas con configuraciones naturales y de explotación diferente, lo cual motivó el estudio de tales fenómenos a través del Convenio CECA "7220-AC/316", entre cuyos objetivos se encontraba la determinación de un índice de susceptibilidad relativo a dichos fenómenos (no a todo tipo de manifestación dinámica).

Para la determinación del índice se eligieron 26 cuarteles explotados por tajo largo o "avances múltiples en franjas con relleno". Se tomaron trece variables para describir cada cuartel:

- Profundidad (H)
- Inclinación (PD)
- Contenido en rocas blandas a techo (ST)
- Contenido en rocas blandas a muro (SM)
- Resistencia de la capa (RC)
- Homogeneidad de la capa (NA)
- Espesor de la capa (W)
- Anchura explotada (LT)
- Relación anchura explotada/profundidad (LC)
- Factor de concentración de tensiones en la capa (KI)
- Factor de concentración de tensiones en vetas adyacentes (FAK)
- Tensión vertical media (SG)
- Variable independiente (SI o NO derrabe) (CT)

En base a los primeros resultados del análisis discriminante, se determinaron las variables más significativas (FAK, KI, LT, ST, NA), obteniéndose el siguiente índice:

$$ICT = 0,002LT + 0,645KI + 1,223FAK - 0,026ST + 1,537NA - 4,484$$

( LT y ST en %, KI y FAK son adimensionales, NA puede ser 0 ó 1 )

pudiendo considerarse susceptible un cuartel si  $ICT > 0$ .

Este índice de susceptibilidad cuantitativo está directamente relacionado con la concentración de tensiones en la propia capa y en las adyacentes, la heterogeneidad de la capa y al rigidez del techo inmediato. Tiene utilidad para "ordenar" las distintas zonas del yacimiento y establecer prioridades en la planificación y en la explotación de capas de alivio (égida).

Como referencia se puede decir que, en general, y hasta la fecha, los países que se enfrentan a estos fenómenos han elaborado procedimientos reglamentarios para clasificar capas o zonas respecto a estos derrumbes, sin utilizar la metodología señalada en este apartado, a la que no se discute su interés y posibilidades futuras, en algunos casos. Suelen ser clasificaciones basadas en la evaluación cualitativa de la susceptibilidad:

**Alemania:** Se tiene en cuenta:

- la experiencia de explotaciones anteriores
- la rigidez y resistencia del techo inmediato (examinan 15m y comprueban si hay una banda consistente de al menos 5m)
- se estudia la configuración de explotación y la proximidad de talleres a techo o a muro
- no se considera la naturaleza de la capa (si bien en Alemania son todas muy similares)

**Polonia:** Se clasifican en tres grupos: NO SUSCEPTIBLE, SUSCEPTIBLE y MUY SUSCEPTIBLE. En general, se tiene en cuenta:

- la experiencia anterior, a la que se da mucha importancia
- una capa descargada se clasifica como NO SUSCEPTIBLE
- todo macizo no descargado o parte de la capa situada en la vertical de un límite de explotación, se clasifica como MUY SUSCEPTIBLE

**Checolovaquia:** La clasificación tiene muy presente la experiencia de explotaciones anteriores y un índice global de riesgo que considera: profundidad, elasticidad de la capa, resistencia y naturaleza del techo en una altura igual a 6 veces la potencia de la capa. No interviene la configuración de la explotación.

Como resumen, puede decirse que los índices cualitativos sobre derrumbes repentinos de rocas y carbón, se basan en:

- a) la experiencia anterior
- b) considerar sospechosas las capas que presentan un techo inmediato rígido y resistente
- c) considerar peligrosas las capas no descargadas y con techos superiores con conjunción desfavorable de falla (cuñas autoaflojantes)
- d) riesgo de zonas sobretensionadas

### **6.3.3. INDICE DE SUSCEPTIBILIDAD EN UN TALLER DE TESTEROS**

Considerando la importante información que se tiene sobre los derrabes producidos durante los últimos años se planteó la posibilidad de analizar estos datos tratando de esclarecer qué parámetros tienen más peso en la generación de un derrabe y plantear las líneas que permitan, en el futuro, elaborar un índice que ayude a evaluar la susceptibilidad de un taller a la producción del derrabe.

En este orden de ideas , y **exclusivamente a nivel de ejemplo** para mostrar una metodología de trabajo que puede ser útil en el futuro, se ha realizado una aplicación de las técnicas del análisis discriminante para tratar la información disponible sobre 111 casos reales; de los cuales 37 corresponden a casos históricos de derrabes por factores operacionales, 41 se refieren a derrabes producidos por factores técnicos y los 33 casos restantes representan situaciones en las que no se ha producido derrabes. En el Anejo XIII se presenta la memoria explicativa de los trabajos realizados, aunque se insiste en las limitaciones de **las conclusiones, que no deben interpretarse como de aplicación directa..**

Para analizar la información se eligieron los parámetros siguientes:

Profundidad media del taller

Inclinación media del taller

Potencia media de la capa en el taller

Relación entre potencias máxima y mínima en el taller

Producto de las longitudes de la niveladura y de la serie

Relación entre longitud del taller y altura explotada en capa

Corrida media de la capa sin transtornos

**Tratamiento del postaller**

**Factor de concentración de tensiones debido a labores en otras capas**

**Factor de concentración de tensiones debido a labores en la capa**

**Homogeneidad de la capa.**

**Consistencia o dureza de la capa**

**Espesor de estratos débiles en el techo inmediato de la capa**

**Espesor de estratos débiles en el muro inmediato de la capa**

**Porcentaje de rocas blandas en los primeros 10m a techo**

**Porcentaje de rocas blandas en los primeros 10m a muro**

**Rigidez del techo superior**

**Dificultad de posteo**

**Calidad de ejecución del posteo**

**Presencia de grisú**

**Presencia de agua**

Como consecuencia del análisis realizado se han establecido unas funciones estadísticas de clasificación que han permitido agrupar los 111 casos considerados, con un porcentaje de aciertos del 74,8%, en cada uno de los tres grupos siguientes:

\* No se produjo derrabe

\* Se produjo derrabe por factores operacionales

\* Se produjo derrabe por factores técnicos.

Se ha realizado un análisis de la fiabilidad de predicción utilizando solo siete parámetros básicos llegando a unos resultados razonables cuando se disponen de datos fiables de los siete parámetros siguientes:

\*Calidad de posteo (CP)

\*Concentración de tensiones en las capas superiores (CTS)

\*Presencia de agua en el taller o en el relleno (H<sub>2</sub>O)

\*Relación de potencias en las proximidades del incidente (Rp).

\*Presencia de gas (PG)

\*Espesor de los estratos del muro inmediato de la capa (EDM)

\*Concentración de tensiones en la propia capa (CTC)

Con estos parámetros se ha obtenido una buena representatividad en el análisis; aunque es evidente que los resultados podrán mejorarse apreciablemente cuantificando de manera objetiva los parámetros seleccionados; incorporando otros parámetros nuevos al análisis, mejorando los baremos de calificación de los parámetros seleccionados y mejorando la calidad de los datos disponibles.

## **7. REFERENCIA RESUMEN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.**

En este capítulo se realiza una breve referencia-resumen de todos los trabajos específicos realizados al amparo del Proyecto. El objetivo principal de este capítulo es dar al lector de esta Memoria, una visión general del contenido del Proyecto, que forma con los Anejos un todo-uno indivisible.

**El lector interesado en profundizar en alguno de los aspectos a los que se haga referencia, podrá saber donde acudir en cada caso.**

Esta estructura se considera más conveniente para respetar en toda su integridad cada informe parcial, que ha sido realizado por el PERSONAL ADSCRITO AL PROYECTO, por personal del ITGE, y por empresas especializadas de consulta que han servido de apoyo (AITEMIN, GEOCONTROL,S.A., INGENIEROS DE MINAS CONSULTORES, S.A. e INGENIERIA, PROYECTOS Y OBRAS).

Para la realización de los trabajos ha sido muy importante la colaboración de expertos y de empresas como HUNOSA, HULLERAS DE SABERO Y ANEXAS, S.A., MINERO SIDERURGICA DE PONFERRADA, S.A., C.A. SOCIEDAD MINERA S. LUIS y ANTRACITAS DE VELILLA, entre otras.

La solvencia técnica reconocida de todas las personas y empresas que han realizado los trabajos justifican que éstos se incorporen al Proyecto según han sido entregados. Por otra parte, **la gestión del Proyecto ha coordinado todos los trabajos, procurando que el resultado final responda a la problemática existente, a la vez que sea homogéneo y coherente.**

Todas las actividades realizadas, independientemente del mayor o menor éxito de los resultados, se han justificado sobradamente, y constituyen un conjunto que responde con creces a los recursos puestos a disposición del Proyecto.

Este capítulo debe ser considerado como una referencia-resumen, por lo que **se evita en lo posible entrar en detalles técnicos, principalmente en aquellos temas que se desarrollan específicamente en los ANEJOS.**

## 7.1. RECOPIACION DE DATOS HISTORICOS

Aunque se conocían las limitaciones de la información existente en los Servicios de Minas del Principado de Asturias y de Castilla-León, principalmente porque era una muestra incompleta, referida solamente a los accidentes con heridos graves y víctimas mortales, se partió de esta información, que era la más fácilmente disponible. Es de agradecer la colaboración de **los responsables de los Servicios de Minas, que dieron toda clase de facilidades** siempre que se respetara, como es lógico, la **confidencialidad** de los datos, principalmente de los que no eran estrictamente técnicos.

En concreto se analizaron informes:

- 74 en Asturias, correspondientes al periodo 1973 - 1989
- 50 en León, correspondientes al periodo 1973 - 1989
- 18 en Palencia, correspondientes al periodo 1969 - 1989

(Posteriormente se analizaron otros 129 en Asturias desde 1.963 a 1.973, aunque con pocos datos).

Esta labor fue realizada en 1989 por 4 titulados. Paralelamente se ha tratado de reconstruir los incidentes y se han visitado las explotaciones mineras en servicio en las capas en las que éstos habían tenido lugar.

Se visitaron y tomaron datos en más de un centenar de talleres, siendo de destacar el hecho de que los trabajos fueron realizados por técnicos con experiencia, que estaban liberados de la presión cotidiana derivada de las exigencias de la producción y las relaciones laborales. Esto ha permitido buscar posibles factores enmascarados y ha servido para definir con objetividad la problemática y diseñar adecuadamente los trabajos posteriores.

## **7.2. BASE DE DATOS**

Con las fichas de los accidentes analizados se ha realizado una base de datos, que se incluye en el ANEJO XIV. Los objetivos perseguidos, pese a las limitaciones existentes, ha sido:

- **Hacer la información disponible más manejable.**
- **Sistematizar posteriores toma de datos.**
- **Promover la información voluntaria y confidencial sobre los incidentes, al menos de los datos técnicos, para su posterior aprovechamiento.**
- **Explotar estadísticamente con facilidad la información disponible, para obtener gráficos, porcentajes, etc..**
- **Fomentar el uso de este tipo de herramientas en la gestión de la seguridad minera, extendiendo su uso a todo tipo de incidentes.**

En el desarrollo de este trabajo se han encontrado dos limitaciones:

- **La representatividad de los datos recogidos, que se refieren solamente a incidentes con heridos graves o con víctimas mortales.**
- **El número de parámetros utilizados en la base de datos es superior al que se puede rellenar con los datos de los informes, estando muchos campos vacíos. Según el interés que se tenga de explotar la base de datos en el futuro, se podrán ir rellenando datos ( es deseable que con incidentes sin víctimas), e incluso ampliar el número de campos, aumentando el número de parámetros a controlar en cada caso.**

En el Anejo XIV, se incorpora el manual y el soporte magnético de utilización en PC y compatibles que contiene la información.

### **7.3. ANALISIS DISCRIMINANTE PARA LAS EXPLOTACIONES DE TESTEROS**

Como consecuencia del análisis estadístico realizado sobre 111 situaciones que corresponden a talleres de los que se pensó que se podían tener datos suficientes, se han establecido unas funciones discriminantes que permiten, con una razonable verosimilitud, situar los distintos casos en alguno de los tres grupos analizados, que eran los siguientes:

- No se produjo derrabe
- Se produjo derrabe por factores operacionales
- Se produjo derrabe por factores técnicos

Para calcular esta " probabilidad " de derrabe, se ha elaborado un programa de cálculo, que se incluye en el Anejo XIII, y que puede ser utilizado en un ordenador personal compatible sin tener especiales conocimientos informáticos. Se insiste en el sentido estrictamente demostrativo del análisis, al que no se le debe pedir, por el momento, que se adapte a una aplicación directa.

Hay que tener presente que aunque los resultados obtenidos mediante el análisis discriminante indican que esta línea es muy prometedora, hay que tener suma prudencia en la utilización de los resultados obtenidos ya que éstos solo pueden ser considerados como provisionales y es necesario disponer de más datos y más objetivos para llegar a resultados que puedan considerarse objetivos.

Hay que tener en cuenta que si se pudiese aislar los parámetros significativos, evaluarlos correctamente y cuantificar su incidencia real, el problema estaría resuelto definitivamente . Esto no se ha conseguido por el momento , ni se le podía exigir a este estudio

## 7.4. EVALUACION DE RESERVAS AFECTADAS POR EL PROYECTO

Se ha realizado un completo trabajo al respecto, que se presenta en su integridad en el Anejo I.

El objeto del mismo ha sido :

- Conocer la **dimensión real del proyecto y su posible ámbito de actuación**, determinando previamente su escenario de referencia en un horizonte suficientemente amplio, pero realista. Este horizonte temporal está conformado por la duración estimada de la explotación de las reservas accesibles desde las actuales plantas de las minas en servicio, las que están en preparación y las previstas realizar a corto plazo, lo cual ha constituido un horizonte de unos 15-18 años.
- Conocer, con criterios consistentes, realistas y teniendo en cuenta la opinión de los explotadores, cuál podría ser la **distribución de estas reservas** considerando los métodos de explotación aplicables en la actualidad y el estado tecnológico actual y futuro.

## **7.5. METODOS DE EXPLOTACION UTILIZADOS EN LA ACTUALIDAD EN CAPAS DE CARBON DE PENDIENTE SUPERIOR A LOS 35°**

En los Anejos II-A y II-B, se incluye una gran cantidad de **información sobre los métodos de explotación utilizados en la actualidad en las capas de carbón de pendiente superior a los 35°**. Se tienen en cuenta las perspectivas futuras de implantación de cada uno de ellos.

Se analizan los siguientes métodos:

- **Testereros.**
- **Macizos y sobreguías.**
- **Bancos.**
- **Frente invertido, integralmente mecanizado, con arranque mecanizado y con arranque por martillo picador.**
- **Frente largo mecanizado o con picadores.**
- **Frente descendente con mecanización integral.**
- **Sutiraje, con niveles horizontales o por rampones.**

La amplitud con que se analizan los aspectos más interesantes respecto a la disposición, tecnología, métodos operativos y resultados que se pueden alcanzar con cada uno de ellos, hace recomendable remitir a la lectura de dichos Anejos al lector interesado, antes que realizar un resumen de los mismos.

De los métodos analizados, por su interés actual o futuro, se seleccionan cinco para un análisis más profundo: **testereros, frente invertido, frente descendente con mecanización integral, frente invertido integralmente mecanizado y sutiraje en sus principales versiones (niveles horizontales y rampones).**

## 7.6. RECOMENDACIONES DE OPERACION EN LOS SISTEMAS DE EXPLOTACION TRADICIONALES Y NO MECANIZADOS

Con objeto de proporcionar a una gran parte del colectivo minero una guía práctica de actuación en las mejores condiciones de seguridad, se ha realizado un repaso a los métodos de explotación más tradicionales, que son los que han generado más derrabes. También son los que, hasta la fecha, han tenido una mayor implantación en la explotación de capas inclinadas en España.

En el Anejo III, se presenta el resultado obtenido. El documento se ha redactado pensando en que debe ir dirigido a los trabajadores y vigilantes, con un lenguaje sencillo, con figuras y recomendaciones prácticas.

No tiene pretensiones de constituir un manual de alto nivel técnico, pues quizás no sería de utilidad para el colectivo al que va dirigido, aunque los planteamientos que se hacen van implícitamente avalados por los conocimientos actuales en Mecánica de Rocas y otras disciplinas relacionadas con la minería del carbón.

En el documento, que constituye un manual de buena práctica minera, se presta especial atención a:

- **Modo operatorio** en cada una de las labores necesarias, tanto de preparación como de explotación. Los métodos de testeros, macizos, bancos y el trazado de rampones, coladeros u otras labores auxiliares, se repasan en profundidad.
- **Metodología de arranque con martillo picador.**
- El **sostenimiento** más adecuado en cada caso, principalmente con **madera**, que es el más utilizado en estos casos.
- **Análisis de situaciones de riesgo** que puedan existir y la forma de abordarlas.

**La utilidad de este trabajo puede ser muy grande para vigilantes y trabajadores. Puede servir también como guía en los cursos de formación. Por otra parte, completa, desde una perspectiva más práctica, el análisis de los métodos de explotación realizados al amparo del Proyecto y analiza y trata de aislar los parámetros más significativos en los derrabes definidos como del "tipo 1".**

Parece conveniente extender estos trabajos hasta revisar, además del arranque y el posteo, otras operaciones necesarias como el tratamiento del postaller (relleno, llaves, hundimiento, etc), que son de gran importancia en el conjunto de la operación minera.

## **7.7. ANALISIS TRIDIMENSIONAL DE UN TALLER DE TESTEROS. INVERSION DEL FRENTE DEL TALLER**

En la generación de un derrabe concurren habitualmente un elevado número de parámetros que pueden clasificarse como geométricos, geotécnicos, operacionales y tecnológicos.

Probablemente sean los parámetros geotécnicos, asociados a la presencia de gas, junto con los geométricos; los que tengan una mayor actividad en la generación de un derrabe. Para valorar adecuadamente la influencia de estos parámetros es necesario conocer su distribución en la masa de carbón y en los hastiales, lo cual es un problema espacial de tres dimensiones.

El análisis tridimensional de las relaciones " tensión-deformación" que se producen en la explotación de una capa de carbón, vertical o muy inclinada, puede abordarse por medio de análisis numéricos mediante el método de los elementos finitos. Sin embargo esta potencialidad era, hasta hace poco tiempo, puramente potencial, ya que los costes derivados de los enormes tiempos de cálculo hacía económicamente imposibles estos análisis.

Sin embargo, con el crecimiento importantísimo de la informática en los últimos años y el consiguiente abaratamiento de los costes ha sido posible acceder, en condiciones competitivas, a los análisis de elementos finitos en tres dimensiones.

En este caso se ha utilizado el programa ANSYS que permite modelizar cualquier número de materiales, con comportamiento elasto-plástico y cualquier geometría.

Como geometría básica se ha modelizado un taller de testers y se ha realizado un análisis de sensibilidad resolviendo los seis casos siguientes:

\* Testeros en una capa regular, con comportamiento elástico del carbón.

- \* Testeros en una capa regular, con comportamiento elasto-plástico y una cohesión del carbón de 10 MPa.
- \* Testeros en una capa regular, con comportamiento elasto-plástico y una cohesión del carbón de 0,4 MPa.
- \* Testeros en una capa irregular, con comportamiento elasto-plástico y cohesión de 0,4 MPa.
- \* Frente invertido en una capa irregular, con comportamiento elasto-plástico y cohesión de 0,4 MPa.

La resolución de cada caso, exceptuando el primero con comportamiento elástico que se resolvió para comprobar la estabilidad del modelo, supone un tiempo de cálculo muy apreciable; que es tanto mayor cuanto más intensa sea la plastificación del carbón. Por término medio el tiempo de cálculo en un ordenador equipado con un microprocesador 80486, 13 Mb de memoria RAM y un disco duro de 620 Mb es del orden de 40 Horas.

Otro aspecto importante de la resolución de estos problemas es la enorme cantidad de información generada por las salidas del ordenador que puede evaluarse, por término medio, en 28 Mb para cada caso. Esta información es absolutamente inmanejable, sin la ayuda de potentes programas de gráficos, por lo que debe ser almacenado en una cinta magnética de "back-up" para poder utilizar posteriormente la información generada.

En el Anejo VI se presenta un informe completo sobre los resultados de la modelización realizada.

La conclusión más importante a que se ha llegado es que esto constituye una **herramienta de análisis extraordinariamente potente** ya que permite obtener información cuantificada, entre otros muchos, sobre los siguientes aspectos:

- \* Profundidad del carbón plastificado que "pesa" sobre los testeros.

- \* Efecto de la geometría de los testeros.
- \* Efecto de la distancia del relleno al frente.
- \* Efecto de explotaciones próximas cuantificando tanto los aspectos positivos (dimensión del macizo ) como los negativos (sobrepresiones).

Sin embargo, con independencia del importante coste que supone la resolución de estos problemas, hay que tener presente que un análisis tan afinado, exige datos de entrada igualmente finos. En este sentido hay que hacer una mención especial sobre la caracterización geotécnica de los terrenos y en especial del carbón; que juega un papel fundamental y del que no existen en España datos fiables sobre sus características resistentes.

Por ello, si se quiere aprovechar esta potente herramienta de análisis, no hay más remedio que plantear una campaña seria de caracterización geotécnica del carbón en las capas que se quieran estudiar para poder disponer de datos fiables:

## **7.8. ANALISIS DE LA IMPORTANCIA DEL ESTUDIO GEOLOGICO-ESTRUCTURAL DEL YACIMIENTO**

En los Anejos V - A, V - C y V - D, de los que se hace un breve resumen a continuación, se muestra la importancia del estudio e interpretación de las estructuras geológicas, que permiten **conocer a nivel de yacimiento, dónde se concentran las tensiones y el gas (Zonas de Riesgo)**. Probablemente el 90% de los desprendimientos ocurren en tales sitios. La geometría de las estructuras en sí misma y el conocimiento de su génesis, puede reflejar los diferentes campos de tensiones existentes en la zona, las áreas sobretensionadas originadas por los mecanismos de su formación y los lugares "trampa" donde el gas puede estar acumulado.

Una extensa bibliografía sobre el tema señala que estructuras geológicas como las fallas de arrastre, fallas inversas, fallas de strike-slip, cabalgamientos y pliegues tumbados, son especialmente propensas a desprendimientos.

La estructura geológica, el campo de tensiones existente, el método minero utilizado, la velocidad de avance y la presencia de gas, son variables interdependientes que controlan la presencia de los desprendimientos.

Por ello, **es posible** a partir de un estudio detallado de las principales estructuras geológicas existentes en un área, **conocer, predecir y cartografiar las zonas de alto riesgo, zonas de riesgo y zonas de riesgo moderado**, según la intensidad y tipo de los factores geológicos que confluyen en la misma (ver anejos V-C y V-D).

En esta línea, se ha seleccionado una zona de la Cuenca Carbonífera Central (C.C.C.) (Anejo V-C) para llevar a cabo un estudio geoestructural a nivel "macro", cartografiando las estructuras mayores, estudiando sus características y, sin olvidar las propiedades geomecánicas de la litología existente en la zona objeto de estudio, poder delimitar las zonas de mayor riesgo dentro del dominio seleccionado.

**La metodología consiste en ir de lo general a lo particular para, desde una comprensión del esquema geológico soporte, establecer criterios que tengan en cuenta tres conceptos para la zonificación de riesgos:**

- a) Las características geológicas del macizo rocoso (litología y estructura, principalmente).**
- b) Las características geomecánicas de los materiales (carbón, hastiales), el sistema de gas y tensiones.**
- c) Las condiciones de explotación.**

## **7.9. ANALISIS DE LA IMPORTANCIA DEL CONOCIMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CARBON**

**El carbón está implicado, directa o indirectamente, en todos los fenómenos que se están analizando en este Proyecto.** La génesis, los procesos tectónicos sufridos, su estructura interna, sus propiedades geomecánicas, su contenido en gas, su estado tensional, pueden condicionar la respuesta del carbón ante cada fenómeno.

En esta Memoria y en el Anejo V - B, se muestra la importancia de conocer las propiedades físicas del carbón.

Teniendo en cuenta que **cada carbón es diferente** como resultado de una diferente génesis y un diferente proceso geológico-tectónico, sus características internas, por lo tanto, son diferentes y **su comportamiento geomecánico frente al gas y tensiones es también diferente.** Se podría decir que cada carbón tiene su propia "personalidad" y propio "carácter" y la respuesta de cada uno frente a un "estímulo desestabilizador" puede ser muy diferente.

**Estas diferencias no sólo son evidentes entre carbones de distintos yacimientos, sino también entre capas de carbón de un mismo yacimiento.** Por ello, nunca se debe generalizar sobre comportamientos y medidas a tomar en los carbones. El perfecto conocimiento de cada tipo de carbón es la mejor manera para descubrir las **medidas más idóneas** a tomar en caso de riesgo de fenómenos dinámicos de forma que éstas **no sean contradictorias con el "carácter" del carbón.** En caso contrario las medidas tomadas pudieran ser perjudiciales. De ahí, la gran importancia que representa el estudio de ciertas propiedades intrínsecas del carbón (porosidad, microfisuración, hinchamiento, permeabilidad, etc).

El conocimiento de las **características físicas** de los carbones, así como su interpretación petrográfica, resulta de gran ayuda para un correcto conocimiento de su estado geomecánico actual, así como para la evaluación de su comportamiento futuro. Es decir, la medición de ciertas propiedades físicas junto con ciertos ensayos geomecánicos, proporcionan criterios válidos para:

- Calibrar el comportamiento mecánico de los carbones (porosidad, microfisuración, hinchamiento, gas, tensiones).
- Valorar la degradación potencial o comportamiento futuro de los mismos frente al gas y variaciones tensionales.
- Interpretar los posibles mecanismos de inestabilidad que los pueden afectar.

El estudio de ciertas **propiedades físicas de los carbones relacionadas con la circulación y movimiento de fluidos** (Anejo V-B) por el seno del carbón (absorción de agua, succión capilar) y el cálculo de un conjunto de propiedades (porosidad total, porosidad abierta, grado de relleno de poros, etc) encaminadas a obtener una precisa caracterización de la porosidad y distribución de tamaños de poros, revelan las características del sistema poroso (morfología, tamaño, proporción de espacios vacíos) de ciertas muestras estudiadas y sus diferencias, que reflejan, a su vez, su diferente comportamiento respecto al gas (absorción, desorción, circulación).

## 7.10. LA VENTILACION Y SU RELACION CON LA DERRABABILIDAD DEL CARBON

Es conocida la importancia de la ventilación con relación a la derrababilidad de los carbones.

Con objeto de establecer y delimitar su influencia, se realizó un estudio específico al respecto. Dicho estudio se recoge en el Anejo VI y, dado su interés, se sugiere una lectura detallada del mismo, por parte de los técnicos interesados.

Se resaltan brevemente las siguientes conclusiones:

- \* En el caso de carbones derrabables con desorciones de gas importantes, parece claramente demostrado el efecto positivo del establecimiento de una corriente de ventilación de aire barriendo el frente de carbón, ya que posibilita el endurecimiento del carbón en la parte más superficial del macizo (lo que se suele derrabar).
- \* Este requerimiento de ventilación, que debe ser proporcionado incluso utilizando dispositivos auxiliares de desvío, es independiente del requerido para diluir los gases a niveles de seguridad o proporcionar una atmósfera respirable.
- \* Sin embargo, y esto requiere una especial atención, como se realiza normalmente en la práctica, el barrido debe ser realizado mediante ventilación soplate. Sin embargo, al menos teóricamente, sería importante que la ventilación se produjese con la labor en sobrepresión, no en depresión, aunque a nivel práctico esto puede entrañar problemas a la hora de conseguirlo. Este efecto se hará más notable en los carbones en los que la desorción de gas genera importantes esfuerzos de tracción en el frente de carbón, pues la labor en sobrepresión atenuará, en parte, la desorción.

Un taller en depresión puede aumentar el gradiente de la desorción desde el interior del macizo y ello puede conducir a manifestaciones de derrabes o a fenómenos gasodinámicos.

\* El barrido de taladros intercomunicados con una corriente de aire puede conducir al refuerzo de un macizo de carbón por endurecimiento de su esqueleto, al aprovechar el efecto de aumento de las fuerzas de atracción intermoleculares del carbón.

## **7.11. EL USO DE EXPLOSIVOS CON RELACION A LOS DERRABES. UTILIZACION COMO MEDIDA DE LUCHA CONTRA LOS FENOMENOS GASODINAMICOS.**

En el Anejo VII, se presenta un estudio específico sobre la utilización de los explosivos en una doble vertiente:

- A) Su **efecto desconsolidador** del macizo de carbón y su influencia en la derrabilidad del carbón.
- B) Su **efecto como medida de lucha ante los fenómenos gasodinámicos**. En este caso, se trata de buscar:
  - Una distensión del macizo, o
  - Una provocación controlada del fenómeno.

En el citado Anejo, se analizan todos estos temas y su lectura resulta imprescindible para quien desee profundizar en ellos. Se presentan y definen, concretamente, las metodologías de ejecución de las voladuras de sacudida, así como algunas metodologías de evaluación del riesgo de desprendimientos en las capas de carbón y el modo de operar en cada caso. (En concreto, se incorpora lo más significativo de la reglamentación de la URSS al respecto).

Como conclusiones generales, conviene destacar:

- \* **Es fundamental definir el fenómeno concreto o el que tenga una principal significación, frente al que se quiere actuar, para elegir las medidas a emplear en cada caso.**

- \* La voladura de sacudida es un medio eficaz de lucha contra los fenómenos gasodinámicos, pero tiene efectos destructivos sobre el macizo que deben ser analizados para que no sean una carga en la explotación. En yacimientos inclinados, las voladuras pueden aumentar el riesgo de derrabe.
- \* Las zonas descargadas y protegidas por la explotación anterior de una capa égida no requieren, normalmente, la utilización de voladuras de sacudida.
- \* En cualquier caso, **las condiciones de utilización deben ser perfectamente estudiadas y analizadas en cada caso**, por ello no se dan reglas generales y se recomienda la lectura del referido Anejo, donde se incluyen algunas recomendaciones técnicas específicas.

## **7.12. LA INYECCION DE AGUA EN CAPA Y SU INCIDENCIA EN LOS DERRABES**

La inyección de agua en vena se viene utilizando **con éxito en la lucha contra el polvo** en las explotaciones de carbón. Sin embargo, la operación **puede entrañar algún riesgo de derrabes** por desconsolidación del carbón y la degradación de los hastiales que puede generar, si ésta no se realiza en las condiciones más apropiadas. Por otra parte, **con un adecuado control**, la inyección de agua **puede disminuir la desgasificación y aumentar**, hasta cierto contenido de humedad en el macizo, **la cohesión del carbón**.

Con objeto de analizar las condiciones más apropiadas de utilización de la inyección de agua desde el punto de vista de la derrababilidad del carbón, degradación de hastiales y de los fenómenos dinámicos, sin perder la perspectiva de la lucha contra el polvo, se ha realizado un estudio específico que se presenta en el Anejo VIII.

En dicho estudio se recogen los aspectos más significativos sobre:

- Los factores que intervienen en la inyección de agua.
- Los tipos de inyección con relación a la presión (alta, media y baja) y a la profundidad (larga, media, multicánula, pretele-infusión, etc.)
- La inyección del agua como prevención de fenómenos gasodinámicos.
- Las necesidades de investigaciones específicas y de elaboración de recomendaciones de utilización y aplicación.

### 7.13. ESTUDIO SOBRE LA INFLUENCIA DE LA GRISUOSIDAD DE LAS CAPAS DE CARBON EN LOS DERRABES

En el Anejo X, se muestra un estudio específico sobre la influencia de los gases presentes en el carbón en los derrabes, como caso particular de los fenómenos gasodinámicos.

Como en el caso de otros estudios específicos, la complejidad del tema tratado recomienda la lectura completa del estudio, ya que puede ser contraproducente tratar de extractarlo o dar recetas generales.

El estudio consta de los siguientes bloques:

- En primer lugar, se trata de significar la **importancia de definir** concretamente el tipo de fenómeno de que se trate en cada caso: derrabe, desprendimiento instantáneo, golpe de capa, etc.
- Se plantea una **metodología de trabajo frente a los fenómenos dinámicos**, estableciendo los métodos de pronóstico, prevención y lucha, partiendo de una metodología específica de caracterización y control rutinario de los riesgos.
- Se **definen los parámetros más usuales** para medir la incidencia del gas y las presiones en los fenómenos tratados. También se especifica cómo se determinan algunos de ellos.
- Se presenta una **revisión del estado de conocimientos en Francia**, pretendiendo que sea una muestra más o menos significativa del nivel actual en los países del ámbito de la CECA.
- Se analizan con detalle una serie de **campanas de medidas in situ en dos minas españolas**. Las medidas se refieren al gas y tratan de analizar la influencia de la inyección de agua, de los sondeos de desgasificación, de las características del carbón y de la explotación de capas égidas, entre otros parámetros, en los derrabes.

#### **7.14. LOS CONOCIMIENTOS SOBRE LOS FENOMENOS GASODINAMICOS Y LOS DERRABES EN LA ACTUALIDAD**

Por la propia estructura del Proyecto, tanto en esta Memoria general como en gran parte de los trabajos complementarios realizados, que se incorporan al Proyecto como Anejos, se ha hecho referencia repetidas veces a los Fenómenos Gasodinámicos (FGD).

Además, se ha realizado una **revisión específica de los conocimientos actuales sobre los FGD en la URSS**, por ser éste un país en el que se posee una reconocida experiencia de varias décadas sobre ellos. En el Anejo XI se muestran los aspectos más significativos.

La revisión de dicho Anejo es de gran utilidad para completar la visión general que el técnico interesado puede obtener sobre los derrabes y fenómenos dinámicos, tras el análisis de toda la documentación que el presente Proyecto proporciona:

- Los métodos para determinar las características estructurales del carbón.
- Los métodos de prevención y control sobre los FGD.
- Los métodos soviéticos de caracterización sísmica.

Estos conocimientos pueden complementarse con los recogidos en el Anejo X, en el que se incorpora un resumen de los conocimientos sobre estos aspectos en Francia.

## **7.15. LA EMISION ACUSTICA, MICROSISMICA Y GEO-RADAR**

Con objeto de evaluar las posibilidades actuales de las técnicas geofísicas en la detección y prevención de los derrabes y fenómenos dinámicos, se realizó un estudio que analizase las técnicas, que "a priori" se consideran con más posibilidades:

- Geo-radar.
- Tomografía sísmica.
- Microsísmica.
- Emisión acústica.

En el Anejo IX se presenta el informe final, realizado por especialistas, donde con gran claridad se hace un repaso al estado actual de conocimientos en la materia y su posible aplicación a la detección de riesgos por derrabe y al control de la estabilidad de los macizos de carbón.

La claridad y lo completo del informe hacen recomendable su lectura al técnico interesado en profundizar en estos temas, que podrá conocer los fundamentos de las distintas técnicas existentes, así como sus posibilidades de aplicación a corto y medio plazo.

En general, se pueden destacar los siguientes conceptos:

- La **microsísmica** puede ser muy útil en la detección y control, a escala de yacimiento, de los fenómenos de inestabilidad de elevada energía. Las frecuencias con las que se trabaja son inferiores a 100 Hz. Su aplicación más clara es la **localización de posibles fenómenos dinámicos**.

- **La emisión acústica**, con frecuencias de trabajo de varios KHz, parece más apropiada para detectar "in situ", **cuando pueden tener lugar derrabes o inestabilidades** que liberen más baja energía que los fenómenos dinámicos. Sin embargo, las altas frecuencias de trabajo pueden generar problemas importantes. Tampoco se dispone de acelerómetros de seguridad intrínseca.
- **El geo-radar**, muy aplicado en ingeniería civil, **no parece, por el momento, que pueda ser utilizado en la prevención de derrabes**. La escasa penetración de los impulsos electromagnéticos del geo-radar, el elevado tamaño y peso de las antenas de radar de baja frecuencia y la posible presencia de agua en las minas, hacen poco viable su utilización a corto plazo en la detección de posibles derrabes. No obstante, sería interesante una investigación para determinar la existencia de una variación contrastable de las propiedades electromagnéticas del carbón cuando está sometido a distintos niveles de tensión.
- **La tomografía sísmica**, que consiste en la determinación de la velocidad de los ondas de compresión en un plano definido por emisores y receptores, se ha revelado como **una técnica capaz de distinguir zonas sometidas a tensión en capas de carbón**.

Tiene el inconveniente de que proporciona una instantánea del estado tensional del macizo rocoso y no permite una valoración continua utilizable por el momento, como herramienta de prevención permanente.

No obstante, la investigación sobre las posibilidades de utilización de un sistema de control discontinuo pero cuasi-permanente, utilizando las técnicas de tomografía sísmica, es una línea a seguir con posibilidades de éxito.

## **7.16. MEDIDAS IN SITU SOBRE LA INCIDENCIA DEL GAS**

Se realizaron dos campañas de ensayos y medidas in situ en capas de carbón que podían presentar problemas de derrabes. Se eligieron dos tipos de explotaciones: en un caso se utiliza el método de explotación de niveles horizontales con arranque por sutiraje y, en el otro, el clásico método de testers.

El objeto de las medidas fue controlar los parámetros más significativos del gas y del carbón, y su relación con los derrabes.

Estas medidas se realizaron modificando las condiciones en las que otros parámetros técnicos o mineros actuaban (inyección de agua, sondeos de desgasificación, avance de capa protectora, etc.), con lo cual, se pudieron obtener conclusiones de utilidad observando la incidencia de cada parámetro.

Paralelamente se realizó un detallado análisis de los carbones del primer yacimiento, cuyas conclusiones figuran en el Anejo V-B.

Los resultados se presentan en el Anejo X, aunque a continuación se hace un breve resumen de los mismos.

### **A.- Avance en carbón en los niveles de sutiraje**

Se hizo un análisis comparativo en dos capas prácticamente paralelas, pese a la irregularidad del yacimiento, a escasos metros una de otra, con características geométricas similares y composición y estructura **aparentemente** similares. La explotación se realizaba también prácticamente a la par. Sin embargo, una generaba más problemas que la otra.

Los contenidos en gas en capa eran similares (un poco superiores en la más problemática). Las principales conclusiones obtenidas son las siguientes:

- El análisis de la microfisuración prueba que, pese a parecer similares los carbones, la porosidad de la capa que daba problemas era superior a la otra. Sin embargo, su red de fisuras era más cerrada, estrecha y peor comunicada. Esto puede tener influencia en su peor comportamiento en el avance, ya que el carbón puede retener más gas, pero es más difícil su desorción en condiciones normales. Al aumentar la fisuración por las presiones se facilita la desorción, pero quizá de una forma violenta. El control y reducción de la desorción por inyección de agua puede ser interesante.
- En la capa más problemática, se llegaron a medir  $V_{1p}$  de cerca de  $4 \text{ cm}^3/10\text{g}$  de  $\text{CH}_4$ , y en esa zona se produjo un pequeño derrabe. Normalmente, las  $V_{1p}$  medidas eran inferiores a  $2 \text{ cm}^3/10\text{g}$ , sin que se produjeran incidentes en esta situación.
- La influencia de los sondeos de desgasificación no fue evidente, quizá por el pequeño diámetro de los barrenos y el tiempo (aunque hay que tener en cuenta que sin aireación, es posible que el radio de influencia de la desgasificación con sondeos de pequeño diámetro sea muy pequeño y dependa poco del tiempo). En cualquier caso, los sondeos deben ser de un diámetro mínimo de 70-90 mm, a poder ser superior y deben ser situados convenientemente, quizá repartiéndolos también en la parte superior de la galería, no solamente en la parte baja.
- La inyección de agua a presión ( $160 \text{ kg/cm}^2$ ), con tapón de roca, se ha mostrado como una herramienta eficaz para la desgasificación en los cortes de capas. El problema es que el un radio de influencia medido era inferior a 1m. A partir de esta distancia incluso aumentan C y  $V_{1p}$ . Esto requiere un buen control y una red de sondeos adecuada (ver pág. 123 Anejo X).
- La secuencia de la explotación en capas paralelas y el avance más adecuado de un nivel con respecto a otro, son aspectos que deben ser estudiados, modelizando en 3D el problema y realizando medidas in situ para ajustar el modelo.

## **B.- Explotación de testeros**

Se realizaron medidas en una explotación que habiendo presentado problemas de derrabes, se paró; mientras se trataba de distenderla con el avance de otros talleres situados en capas próximas a techo. El contenido de gas en capa y los valores de la velocidad de desorción no eran suficientemente elevados como para provocar teóricamente fenómenos gasodinámicos.

Pese a que no se pudo realizar una segunda serie de mediciones debido a la paralización de las labores en el plazo de ejecución del Proyecto, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- El efecto del tiempo en la desorción de gas, con labores paradas, es prácticamente inapreciable, al menos más allá de las zonas superficiales del macizo.
- El efecto beneficioso de la "capa protectora" es indiscutible, pero hay que tener en cuenta sus posibles "zonas de sombra" en la distensión y desgasificación.
- La capa analizada parece que desgasifica mal en las condiciones actuales lo que, como en el caso anterior, sugiere que es **imprescindible** conocer las propiedades estructurales de cada carbón. Hay "recetas" generalizables, pero cada carbón se comporta de una manera distinta en la desgasificación. El conocimiento de la red de microfisuras y los ensayos de contracción e hinchamiento en ensayos de sorción/desorción parecen imprescindibles antes de la toma de decisiones importantes.

## **8. ALGUNAS ACTIVIDADES O INVESTIGACIONES RECOMENDABLES.**

En base a la información recogida y a la experiencia acumulada en relación con los derrabes, parece recomendable plantear, entre otras, las siguientes actividades, líneas de actuación o investigaciones para el futuro que sin duda se adaptan a las necesidades de la minería del carbón española:

- 1) **Normalizar la recogida de datos** de los distintos tipos de incidentes que se puedan presentar. Dejando una cierta libertad en la toma de datos, se debería tratar de facilitar esta tarea, eliminando en lo posible la componente subjetiva y la pérdida de información. Esto es imprescindible para un correcto tratamiento estadístico y la determinación de los principales parámetros que deben controlarse en cada caso.
  
- 2) **Establecimiento de un programa a gran escala para la caracterización geo-minera de los hastiales y de las capas de carbón.** Se contemplarían aspectos geomecánicos y mineros, pudiéndose comenzar por las capas más peligrosas o representativas. El resultado final podría concretarse en la elaboración de algunos sistemas cuasiexpertos, de ayuda objetiva al usuario, principalmente para:
  - A) Incorporar los datos a un **sistema general de ayuda para una elección objetiva y realista** (desde un punto de vista técnico, con posible extensión económica) **de los métodos de explotación.** Este sistema general podría partir de los datos obtenidos por el presente Proyecto (Anejos I y II) añadiendo otros parámetros como susceptibilidad a los fuegos, regularidad de capas, parámetros de gas, características físicas y comerciales del carbón, etc.).
  
  - B) Realizar un **sistema objetivo de ayuda para definir el tratamiento más adecuado del postaller** o las condiciones más idóneas de implantación en cada caso, tanto desde el punto de vista de seguridad minera en las explotaciones, como en sus posibles efectos en superficie.

Esta línea de investigación es muy ambiciosa, y siempre que se actúe con coordinación, para aprovechar datos comunes, puede dividirse en actividades parciales, de las que una muestra son las descritas en los apartados A) y B).

- 3) **Promoción de la puesta a punto de equipos, metodologías y medios que permitan determinar y cuantificar las propiedades estructurales del carbón, contemplando también aquellas relacionadas con la permeabilidad y filtración del gas. Parece imprescindible en las capas sospechosas que son conocidas. Deben darse normas o al menos recomendaciones sobre la determinación de los parámetros más significativos en cada caso, para que todos los datos obtenidos puedan incorporarse a una base de datos de ámbito nacional, comunitario,...**

La promoción de esta actividad se ha de traducir en la posibilidad de que diversas organizaciones de investigación sean capaces realmente de realizar este tipo de determinaciones, que deben ser normalizadas. En este Proyecto se ponen claramente de manifiesto cuáles podrían ser los ensayos a realizar.

Sin ningún lugar a dudas, esta actividad debería estar conectada con el desarrollo del programa que se describe en el apartado siguiente.

- 4) **Programa específico que desarrolle una investigación integral, a gran escala, sobre las propiedades de los carbones españoles en relación con los derrumbes y los fenómenos gasodinámicos. Esta investigación parece que debería ser abordada por un Organismo Público de Investigación en coordinación con empresas y otras entidades, pues requiere inicialmente determinar la efectividad y las posibilidades reales de determinación y utilización de los parámetros seleccionados (Ver Anejo X).**
- 5) **Análisis tensodeformacional en tres dimensiones de los problemas más característicos de la minería tradicional española en capas de carbón inclinadas. Con esto se completarían los trabajos realizados al amparo del presente Proyecto. Hay que tener en cuenta que los problemas en capas inclinadas han sido menos estudiados que en capas tumbadas, y en aquellos casos, es menos riguroso suponer determinadas hipótesis que permitan estudiar el problema en 2D. Los métodos de macizos, rampones, etc., podrían ser estudiados.**

- 6) **Estudio tensodeformacional en 3D de una explotación por subniveles, determinando el área de influencia mediante medidas de deformaciones y presiometría. Extensión al caso de existencia de gas mediante un modelo que contemple el medio multifásico (al menos bifásico gas/carbón).**
- 7) **Determinación de un modelo de flujo de los gases contenidos en el carbón y rocas al ser sometidos a la influencia de las explotaciones (por sutiraje o tajos). Los resultados se podrían contrastar con los datos que se obtengan en la reprofundización de alguna mina, siempre que se disponga de datos previos obtenidos a partir de sondeos. Con un modelo fiable, con los datos de sondeos y con un adecuado estudio geológico-estructural podrían obtenerse conclusiones de gran utilidad para incorporarlas a la planificación de las explotaciones. Esto sería muy útil también para calcular las necesidades de ventilación, evitando sorpresas futuras.**
- 8) **Metodología de control del avance de niveles en carbón en condiciones difíciles. (Incluiría el caso de avances mecanizados en carbones derrabables, poco cohesivos, con gas o riesgos de presentar fenómenos gasodinámicos).**

Es una investigación imprescindible, si se tiene en cuenta la actual tendencia creciente en España hacia la utilización del sutiraje (se estima que está previsto explotar por esta técnica el 28% de las reservas explotables situadas en las capas de más de 35° de pendiente, considerando un horizonte de 15-18 años).

Esta investigación requiere la selección de los principales parámetros que controlan el riesgo, su medida continua mediante técnicas fiables y operativas y el análisis de las mismas, en función de las situaciones reales. Las técnicas estadísticas para discriminar y evaluar el riesgo y la presencia continua de personal con experiencia minera en la fase de toma de datos y contrastación de resultados es fundamental, máxime si se quieren extender los resultados.

- 9) **Estudio de las condiciones más idóneas de la utilización de los explosivos (u otras técnicas, como el aire comprimido a alta presión) en el sutiraje, en relación con el control de su zona de influencia en la desconsolidación de macizos y el flujo de gas.**

- 10) **Estudio específico de la inyección de agua en vena para comprobar la relación entre ésta (en sus diferentes modalidades) y los distintos factores que la controlan, en lo relativo a la prevención de derrabes, sin perder el efecto preventivo de la lucha contra el polvo. De esta forma se podría llegar a redactar unas recomendaciones de ejecución.**
- 11) **Estudio de la idoneidad de los distintos tipos de ventilación en las labores con riesgos de derrabes. Se puede plantear un ensayo de contrapresión en el frente. Revisión de la idoneidad de la ventilación descendente en talleres con frente invertido, bancos sin relleno y con contenido en CH<sub>4</sub> ó CO<sub>2</sub>.**
- 12) **Estudio específico que determine las condiciones más adecuadas para la realización de sondeos de distensión o desgasificación en carbones que presenten riesgos de fenómenos gasodinámicos. Extensión de la investigación a la posibilidad de aumentar la resistencia del macizo por soplado y aireación de taladros intercomunicados.**
- 13) **Diseño de un equipo que permita realizar tomografías sísmicas de modo cuasi-permanente (o periodicidad razonable, a la salida de los relevos, por ejemplo). Se debe proporcionar el software necesario para la interpretación de la auscultación del macizo desde el punto de vista de los derrabes.**
- 14) **Estudio de la actividad sísmica o sismoacústica en capas con riesgo de derrabes, complementando investigaciones similares referidas a los fenómenos gasodinámicos, que son de mayor energía. Esto requiere seleccionar y aislar las frecuencias que preceden a los derrabes (la E.A. parece mejor para el estudio de derrabes, pues puede trabajar con eventos de poca energía). Hay que destacar que no se tienen referencias de acelerómetros de seguridad intrínseca y habría que iniciar las investigaciones con equipos sencillos para tratar de reconocer las frecuencias de trabajo que se adapten mejor a la detección de derrabes. Se debe reunir toda la información de proyectos en curso.**

15) Estudio de las **posibilidades de discriminar los estados tensionales del carbón en base a sus propiedades electromagnéticas**. Esto es imprescindible para poder pensar en la utilización eficaz del geo-radar en los frentes de carbón para detectar el riesgo de derrabe.

16) **Desarrollo o adaptación a la minería del carbón de cámaras de visión térmica**, para su utilización en el rescate de mineros o trabajos en condiciones de baja visibilidad por humos o gases. También tendría su aplicación en el reconocimiento de labores mineras tras fenómenos gasodinámicos, voladuras, etc.

Este sistema de visión térmica, de seguridad intrínseca, ya ha sido desarrollado en otros países. En España, la Empresa Nacional de Optica, S.A. también lo ha desarrollado para otro tipo de actividades, con lo que parece que sólo habría que dotarle de las características de seguridad necesarias.

17) Apoyo a proyectos que se refieran a la **determinación de los requisitos ergonómicos para el trabajo en la minería del carbón** (se refiere a métodos de trabajo, herramientas y máquinas). En la actualidad se está tratando de desarrollar un interesante estudio HUNOSA-CECA, para capas verticales.

18) Promoción de acciones tendentes a la **mejora de los sistemas de información** sobre lo que ocurre en la mina a través de toda la escala de mandos, desde los frentes de trabajo hasta los responsables técnicos y de seguridad.

19) Promoción de la **elaboración y difusión de sencillos monográficos que recojan problemas que se puedan presentar en la mina**, principalmente referidos a las explotaciones o trabajos donde la presencia del hombre sea más necesaria. Deben acompañarse de ilustraciones gráficas claras y sencillas y de un análisis de la situación introduciendo elementos de discusión, que lleve a una solución o a un modo de proceder que elimine el riesgo de accidente. Para formar al personal que trabaja en las minas, tratando de que distingan entre situaciones de riesgo y no riesgo, y actúen en cada caso de la forma más conveniente, es preciso reclamar su atención. Esto no se consigue fácilmente con textos complicados que hagan referencia a cuestiones difícilmente inteligibles por los mineros.

En la documentación presentada por el presente Proyecto y en la disponible en la actualidad, hay material suficiente para realizar estos folletos. Se trataría, principalmente, de que todas las Entidades interesadas actuasen sinérgicamente para acondicionar esta información y publicarla.

**20) Promoción de actividades coordinadas y actuaciones sinérgicas entre los expertos en materia de seguridad minera, a nivel de administraciones, empresas, técnicos y trabajadores. Se debería prestar especial atención a la formación y a la difusión de los resultados obtenidos en las investigaciones, sin la búsqueda de "protagonismos". Aunque cada Entidad debe tratar de resolver los problemas que más afecten, existen cuestiones comunes. En estas cuestiones el máximo y único protagonista debe ser la seguridad.**

## 9 . CONCLUSIONES.

Normalmente, al final de la Memoria de un Proyecto se resumen, de forma clara y breve las principales conclusiones obtenidas. Si el alcance del Proyecto y los objetivos perseguidos son limitados, esto no suele presentar dificultades y son las conclusiones las que definen la calidad del Proyecto.

Si los problemas tratados son muy amplios, se presentan en distintos escenarios, requieren líneas de actuación diferentes, a veces, aparentemente contradictorias, es muy difícil establecer brevemente las conclusiones. **Se corre el riesgo de perder mucha información y posiblemente, de inducir a errores por simplificación.** Este es el caso del presente Proyecto.

Por lo complejo y lo multidisciplinar del Proyecto, en este capítulo solamente se presentan **conclusiones de índole general, que permiten al lector interesado situar el problema dentro del contexto general. En cada capítulo específico, si se realiza una lectura detallada, se pueden encontrar conclusiones claras sobre cada tema en particular o, al menos, una guía sobre cómo abordar cada problema.**

Se es consciente de que quizá esta forma de plantear los resultados reste espectacularidad a las conclusiones del Proyecto, la cual nunca se ha buscado. Se trata de perseguir la eficacia y evitar lo contraproducente que pueden ser las conclusiones retomadas fuera de cada contexto, al menos en este caso.

Hay que decir que **quién busque soluciones "mágicas" e inmediatas a los derrabes, solamente con la lectura de estas conclusiones, debe empezar por hacer una lectura detallada de esta Memoria, o admitir que no conoce o no quiere conocer el problema en toda su extensión y complejidad.**

Dicho esto, se pueden retener las siguientes **conclusiones generales,** que pueden servir para presentar el problema con claridad a todos los que tengan posibilidades de actuación en el tema objeto del Proyecto.

- \* En primer lugar, está claro que los derrabes han constituido históricamente un punto negro en la seguridad de las minas de carbón que explotan los yacimientos inclinados e irregulares en España. **La lucha contra estos fenómenos debe abordarse desde diversos frentes y con distintas metodologías, según los tipos de fenómenos que bajo la, hasta la fecha, denominación amplia y genérica de "derrabe", puedan presentarse.**
  
- \* Se ha tratado de distinguir, para unificar criterios, los fenómenos en tres categorías: **"tipo 1", "tipo 2" y "fenómenos dinámicos"**, que se definen adecuadamente en el capítulo 4.2.

**Los fenómenos "tipo 1" son aquellos, históricamente frecuentes, que pueden tener lugar en las explotaciones de carbón y que van ligados principalmente a los fallos de operación, factor humano, etc., en un entorno difícil y agresivo, que genera continuos riesgos, como es la minería del carbón en capas verticales e irregulares. Suelen ser de pequeña magnitud y la energía disipada en el momento del incidente suele ser la proporcionada por la fuerza de la gravedad.**

**Los fenómenos "tipo 2" están muy ligados, las presiones de los terrenos y la dinámica del gas en el macizo. Si la manifestación es muy violenta y súbita, los fenómenos se denominan dinámicos.**

Una conclusión del Proyecto es que este tipo de fenómenos ("tipo 2" y "dinámicos"), aunque respondan a mecanismos diferentes, deben ser estudiados en toda su amplitud, sin imponerse restricciones como la de estudiar sólo los derrabes o los golpes de techo, etc. Será la incidencia de los parámetros generales (carbón, gas, presiones, gravedad) que intervienen en cada caso, la que sitúe el fenómeno en su lugar y permita definir los riesgos y desarrollar las medidas oportunas para cada situación. Esto permitirá "hablar el mismo idioma" en materia de inestabilidades en las minas de carbón, que en otros países de la CECA. También esto puede servir para desmitificar algún tipo de incidentes y para evitar ser sorprendidos por otros no esperados cuando las condiciones de explotación varíen.

\* Los fenómenos "tipo 1", frecuentes en España son de difícil presentación para su comprensión en la CECA, y requieren actuaciones en las que la componente técnica, aunque importante, tiene una significación limitada. Es una cuestión de seguridad en el trabajo en un entorno difícil.

Se destacan, entre otras, las siguientes líneas de actuación, de las cuales las dos primeras se encuadran en un contexto más técnico que las siguientes:

- **Revisión de la idoneidad de los métodos de explotación** utilizados en cada caso.
- **Control de los principales parámetros influyentes**, de los cuales se pueden aislar como más importantes: calidad de la ejecución del posteo, influencia de otras explotaciones, fallas y macizos, presencia de gas, presencia de agua en el taller y en el relleno, tratamiento del postaller y distancia del relleno al frente, ventilación, explosivos y respeto a la geometría de la explotación diseñada.

Sobre cómo ejercitar el control de los mismos, se da amplia información en la presente Memoria y Anejos del Proyecto.

- **Formación y preparación psicológica del personal** que desempeña los trabajos en las minas.
- **Mejora de los sistemas de información** y la inspección en las minas.
- **Motivación** de los trabajadores para realizar el trabajo en las minas. Rescate del interés en acceder a los puestos de trabajo en la mina, por parte de jóvenes con similar formación a la de los que acceden a otros sectores industriales

\* Los fenómenos "tipo 2" y "dinámicos" requieren medidas de actuación más complejas y, además de las señaladas en el punto anterior, se pueden resaltar las siguientes:

- **Localizar el tipo de fenómeno** que se quiere estudiar (derrabe gaseado, desprendimiento instantáneo, golpe de capa, golpe de roca, etc.).
  - **Establecer las medidas correctoras en cada caso**, reforzando el macizo o tratando de relajarlo, según convenga, siempre que se respete la colocación del sostenimiento adecuado.
  - Investigar y **tratar de aislar los parámetros de control** más idóneos para prevenir el riesgo, detectarlo y luchar contra los fenómenos que puedan presentar. Esto incluye conocer los mecanismos según se desencadenan, en sus distintas modalidades.
- \* Tomando como referencia un horizonte de unos 15-18 años, constituido por las reservas accesibles desde las actuales plantas en servicio y las proyectadas a corto plazo, **las reservas explotables conocidas, en capas de pendiente superior a los 35°, son del orden de 200 millones de toneladas**, que constituyen aproximadamente el **55% del total nacional** para la hulla y la antracita. Hay que tener en cuenta que estos datos incluyen la opinión de las propias empresas, que son las que mejor conocen sus posibilidades de explotación e incluyen tácitamente parámetros no sólo geométricos ( calidad de hastiales, regularidad, características comerciales, susceptibilidad a fuegos, etc. ), con lo cual la fiabilidad de los datos parece superior a la obtenidas en otras cubicaciones disponibles.
- \* Desde las **perspectivas actuales**, en el horizonte señalado, existen las siguientes expectativas de extracción de las reservas asumidas, según los distintos grupos de métodos de explotación:
- **Métodos de arranque con picadores: 52% de las reservas.**
  - **Métodos de arranque mecanizado: 28% de las reservas.**
  - **Métodos de arranque por sutiraje: 20% de las reservas.**

Esto significa que, si la producción se efectúa en distintas proporciones (**que es lo más probable**); por ejemplo, eliminando explotaciones de arranque con picadores, disminuirán en esa cantidad las reservas económicamente explotables teniendo en cuenta la tecnología disponible actualmente y la situación conyuntural actual.

Hay que tener en cuenta que, en bastantes casos, los métodos tradicionales se utilizan para la extracción del carbón en capas, incluidas en rangos de potencias, calidad de hastiales y regularidad, que difícilmente permiten la explotación por otros métodos.

Evidentemente la interpretación de estas cuestiones se salen del alcance del presente proyecto.

\* **La técnica del sutiraje para el arranque en capas de potencia superior a los 2-3m, se presenta como una importante alternativa, tanto desde el punto de vista de la seguridad, como de la productividad. Sin embargo, se deben proporcionar en paralelo, las herramientas y metodologías de trabajo que requieren la gran cantidad de avances de niveles en carbón en condiciones difíciles, las fuertes desorciones de gas en poco espacio de tiempo, el control del hundimiento, el uso de explosivos u otras técnicas de arranque, como el aire comprimido a alta presión.**

\* **La mecanización parcial o total en los talleres, principalmente con rozadoras, tiene también un amplio y esperanzador futuro en los yacimientos inclinados. Se han efectuado grandes esfuerzos con resultados positivos, aunque su campo de utilización es limitado ya que se precisa una cierta regularidad de las capas, calidad de hastiales y un rango de potencias aproximado de 0,6-2m.**

Hay que tener en cuenta que la mecanización exige realizar **labores de preparación difícilmente mecanizables, que pueden presentar mucho riesgo.** La monta de talleres y la unión tajo-galería puede ser también un punto muy conflictivo, pues es donde se concentra un gran número de personas y máqui-

nas. Todo esto debe tenerse en cuenta para tratar de conseguir un elevado **índice de seguridad en el conjunto integrado** compuesto por zonas y labores mecanizadas y no mecanizadas.

- \* En otros países, al menos en el entorno de la CECA, muestran una **disposición negativa hacia el mantenimiento de las explotaciones más tradicionales, en particular, "los testeros", "macizos", etc.** De todas formas "parecen" no conocer o querer conocer nuestros yacimientos, que poco tienen que ver con sus problemas.

Al margen de cuestiones económicas, es posible que sean "métodos con riesgos" y su disposición quizás no sea la más apropiada, desde un punto de vista geomecánico. Sin embargo, no se puede ocultar que, **en determinados yacimientos es muy difícil, después de un análisis riguroso, encontrar otras alternativas de explotación razonablemente operativas, seguras y rentables económicamente.** Por ello, al margen de otras consideraciones de índole económico, no es fácil que sean eliminados, en su totalidad, a corto plazo.

**Para este tipo de explotaciones tradicionales, este Proyecto puede ser de gran utilidad, ya que se presenta la forma más conveniente de actuar en cada caso y se analizan las alternativas de trabajo más razonables para el arranque del carbón con seguridad.**

- \* Al margen de los denominados "chamizos", que en los tiempos actuales no merecen otra consideración que la de procurar su eliminación, se distinguen **dos escenarios empresariales** claros, que son "empresas grandes" y "empresas pequeñas y medianas". **No se encuentran, al menos en el tema de los derrabes, relación entre tamaño e incidentabilidad.** Sin embargo, no se puede negar, que en la actualidad se dan unas circunstancias (no corresponden a este Proyecto analizar si son o no transitorias) en las que, a igualdad de condiciones, las empresas con más capacidad de inversión o endeudamiento o las que tienen más ilusión o perspectivas de futuro, son las que parecen dedicar un mayor esfuerzo a los temas de seguridad en general.

\* Se quiere destacar la tantas veces repetida importancia de **factor humano**, en el sentido positivo y en el sentido más amplio (que afecta a toda la escala de mandos y personas implicadas). Lógicamente, **por ser el que está más cerca del peligro, afecta más, en el supuesto incidente, al minero**. Para dejar el menor margen de presencia negativa de este factor, parece imprescindible:

- La **formación eficaz, adecuada** en cada caso a quien va dirigida.

- La **motivación** de los mineros y la **preparación física y psicológica** para desarrollar el trabajo.

- El continuo y adecuado **control de las operaciones mineras** por parte de los **vigilantes**, que deben estar más que ningún otro trabajador, instruidos para saber interpretar la mina más allá de lo que se puede detectar en una primera impresión rutinaria.

- Mantener un **nivel de tecnificación** en las minas, tendente a **reducir las posibilidades de riesgo**, sin que éste, en condiciones normales, se vea afectado por problemas de otra índole. Esto, en general, se trata de realizar y, en algunos casos requiere un **esfuerzo por parte de todos los implicados**.

\* Es imprescindible conseguir una **mejora de los sistemas de información** sobre lo que pasa en los frentes de trabajo, para que ésta llegue rápidamente a quien pueda actuar, sea veraz, y defina adecuadamente los problemas que puedan existir.

\* En otros países llevan mucho tiempo investigando sobre estos temas, lo que prueba que pese a que hay muchas cuestiones generalizables, otras no lo son. Todo lo generalizable se ha tratado de aprovechar, pero hay **cuestiones que deben ser adaptadas a nuestros problemas**.

- \* Conscientemente, **se evita presentar de forma resumida conclusiones sobre cómo intervienen los factores más significativos en los incidentes. Se teme perder información y, lo que es más importante, se considera muy peligroso que algún lector haga alguna interpretación poco ajustada, por generalización.** Hay que tener en cuenta que son muchos los factores que intervienen, algunos de forma aparentemente contradictoria, según los casos y que, en general **dependen del fenómeno que se quiera estudiar** (derrabe "tipo 1", derrabe gaseado, golpe de capa, desprendimiento instantáneo, etc).

Evidentemente, se puede resaltar la **importancia del sostenimiento, gestión de postaller y del relleno, distensión del macizo en caso de fenómenos dinámicos y refuerzo en el caso de derrabes, el gas, el agua, la ventilación, las características del carbón, etc;** pero es preferible remitir al lector a la lectura detallada de la presente Memoria, que se ha realizado tratando de que sea fácil de leer. En el capítulo 5 se hace una revisión de los factores influyentes, y en el capítulo 7 se hace un resumen de los estudios específicos realizados, que se incorporan como anejos al Proyecto.

- \* En el capítulo 6, se analizan las distintas posibilidades de definir la "susceptibilidad" o el "riesgo de derrabe". Se han analizado las metodologías utilizadas en otros países y se concluye:

- **No parece apropiado buscar un índice general de riesgo aplicable a todos los yacimientos y a todos los fenómenos que se pueden presentar.**

- **Sí se pueden aislar algunos parámetros, en cada caso y fijar unos umbrales, superados los cuales, se pueda hablar de "taller", "capa", "zona", "yacimiento",... que es "sospechoso o con riesgo", de presentar algún fenómeno determinado.**

**Estos parámetros generales de evaluación del riesgo (por ejemplo, antecedentes históricos, contenido en gas en capa, presión del gas, etc), pueden tener una aplicación generalizada; sin embargo deben ser otros parámetros más**

**específicos** ( o los mismos, pero en el contexto particular de que se trate, más ajustados ), **los que controlen el riesgo cotidiano en las minas**. Estos últimos pueden ser distintos para cada zona ( algunos están bastante aceptados por casi todo el mundo y, aunque pueden ser distintos en cada país o mina, responden a la necesidad de evaluar las mismas características: desorción, microfreturación, estado tensional, emisión acústica, etc....) y son los que realmente deben condicionar y dirigir las medidas de actuación concretas en cada caso, **que no tienen por qué ser siempre las mismas**.

- También se pueden utilizar índices de **susceptibilidad formulados** a partir de los parámetros más significativos, pero éstos parecen ser aplicables sólo para una zona y para un fenómeno en concreto. Pueden servir también **para ordenar cualitativamente** las capas o zonas en función del riesgo.

- En general, al estado actual de conocimientos se detectan se detectan dos graves problemas: El primero es que **no existe una relación biunívoca entre la significación de ciertos parámetros individuales actualmente medidos y fenómenos analizados**; el otro, es la **dificultad de medir adecuadamente en tiempo real los parámetros**. Esto significa que desgraciadamente muchas veces se interpretan los datos "a posteriori". No obstante se debe seguir trabajando para "ajustar" los umbrales de riesgo a los modelos utilizados.

\* En el capítulo 7, se hace una referencia de los trabajos realizados con **las principales conclusiones obtenidas** en cada uno. Se insiste en la no conveniencia de resumirlas más.

\* En el capítulo 8, se presentan **algunas actividades o investigaciones que pueden ser recomendables para el futuro**. Dado que se proponen en base a todos los trabajos y experiencias obtenidas durante la realización del presente Proyecto **deben considerarse, en conjunto, como una parte muy importante de las conclusiones del Proyecto**.

\* Por último se quiere señalar, que sería importante que este proyecto pueda servir para situar adecuadamente en su contexto real la problemática existente.

Quizás pueda servir también, para ayudar a resolver algunos problemas concretos. Sin embargo, no sería prudente descargar sobre él toda la responsabilidad de la eliminación de los problemas sobre los derrabes.

Es preciso continuar con investigaciones y estudios, cada vez más ajustados, sobre los problemas que se han detectado, ( muchos de ellos conocidos, pero no siempre expuestos con claridad ), para tratar de conseguir explotar nuestros yacimientos en condiciones adecuadas de seguridad y de productividad, con los métodos más avanzados y racionales.

Paralelamente, y mientras se trata de conseguir esto, se debe proporcionar a los trabajadores los conocimientos y herramientas adecuadas para desarrollar su trabajo en las mejores condiciones.

## 10. BIBLIOGRAFIA.

- \* Airuni, A.T.; Bolchinsky, M.: **Nouvelles méthodes de prévision et mesures de prévention concernat les dégagements et instantanés de méthane dans les mines d'URSS.** Annalen der Mijnen van België. 1981
- \* Airuni, A.T.; Verzilov, M.I.; Bolshinsky, M.U. **Effecient Techni-ques of Hig-Rate Drivages in Outburst-Prone Coal Seams.** 13<sup>a</sup> World Moning Congress. Stookholm, Sweeden. 1987.
- \* Airuni, A.T.; Ettinger, I.L.; Zverev, I.V.; Dolgova, M.O. (URSS). **The Part Played by the Sorption Pressure of Solid Solutions of Methane in Coal in the Deve-lopment of Sudden Outbursts.** 20<sup>a</sup> Conference International de los Institutos de Investigación sobre la Seguridad de las Minas. Congreso de Sheffield.
- \* Airuni, A.T. **Teoría y Práctica de la Desgasificación en la Explotación de carbón.**
- \* Aitmatov, I.T.; Vdovin, K.D.; Kojogulovk, CH.; Ryskeldiev, U.A. **State of Stress in Rock-Bursts Proneness in Seismiactive Folded Areas.** Pag. 749-752. VI Congreso Internacional de mecánica de Rocas, Montreal, Canada, 1987. Vol. 2.
- \* A.S.T.M (D. 2845), 1976: **Standard Method for laboratory determination of pulse velocities and ultrasonic elastic constants of rock.** A.S.T.M. Standards.
- \* Arcamone, J. y Tritsch, J.J. **The CERCHAR method of pressiome-tric testing.** Mining Science Publisher. Amsterdam. 1986.
- \* Arcamone, J.; Poirot, R.; Schwartzmann, R. **Utilisation de la pressiometrie dans les etudes minieres.** Symposium International in Situ Testing. Paris. 1983.
- \* Ayala Carcedo, F.J. et al.: **Análisis estadístico de las causas de los derrabes en explotaciones de las capas de carbón de la Cuenca Central Asturiana.** ITGE. 1987.

- \* Belikov, B.P; Zaleskii, B.V; Rozanov, Y; Sanina, E.A y Timchenko, I.P. (1967): **Methods of Studing the physicommechanical proper-ties of rocks.** Physical and mechanical properties of rocks. B.V. Zalesskii (Ed). Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem. pp. 1-58.
- \* Belin, J. **Mesures de prévention des dégagements instantanés de methane et de charbon ou de roches.** Commission des Communautés Europeennes. Doc. N. 6093/81F (1981).
- \* Belin, J. **Les travaux d'étude et recherche interessant les dégagements instantanés de charbon et gaz.**
- \* Beroff, P. **La pression de gaz dans le massif et les dégagements instantanés.** Houilleres du Basin du Dauphiné. 1964.
- \* Beroff, P. **Les dégagements instantanés de gaz carbonique aux Honilleres du Dauphiné.**
- \* Bourbié, T; Coussy, B; Zinszener, B. **Acoustic of Porous Media.** Editions Technip, 1986.
- \* Brych, J; Defourny, P; Latour, J. P. **Permeability of Coal under triaxial pressure and hidh injection pressures.** Congr. Intern. Melbourne, 1983.
- \* Camino Llerandi, M. y Brime Laca, E. **Aplicación del sutiraje a las capas irregulares del yacimiento de Sabero.** Jornadas de infromación minera sobre explotaciones por sutiraje. ITGE, 1988.
- \* Cechini Valdés-Solis, E; Gutierrez Peinador, V. **Investigación, Prevención y lucha contra los fenómenos Gaseodinámicos.** La red sísmica del Grupo Aller. (HUNOSA).
- \* Celada Tamames, B.; Varona Eraso, P.; Velasco Triviño, E. **Sistema de control de la estabilidad basado en la emisión acústica.** Canteras y Explotaciones. madrid, Noviembre 1989.

- \* Comunidad de Castilla-León. Servicio Territorial de Economía. **Estudio gráfico de los accidentes en el sector de la minería en la provincia de León de 1973 a 1988.**
- \* Coon, J.B.; Fowler, J.C.; Schafers, C.J. **Experimental uses of short pulse radar in coal seams.** Geophysics, 1981, Vol. 46.
- \* CERCHAR. **Publicaciones Técnicas. N.3; 1984.**
- \* CERCHAR. Comunicación interna. **Etude des deformations des voiles de descente (ou niveaux) des tailles en couches épaissés et pentées.** Houillere de la Loire. (1987).
- \* Charbonnier, J; Dracon, G; Schwartzmann, R; Darelou, M. **L'injection d'eau le massif de charbon par longs trous forés parallèlement au front.** Revue de L'Industrie Minerale. 1965.
- \* Curl, S.J. (1978): **Methane prediction in Coal Mines.** Report Number IC-TIS/TR04, IEA Coal Research, London.
- \* Dechelette, O. **Contribution a la detection des risques de coup de terrain par écoute sismoacoustique. Application a la surveillance des tailles du quartier de L'etoile aux houilleres de Provence.** These. Institut. Nat. polytech. de Lorraine. 1983.
- \* Dejean, J.P.; Enchayan, B. **Volume d'influence d'une exploitation en gisement penté.** Industrie Minerale, Mine. 1979.
- \* Dukukin, A.V. **Explotación de yacimientos carboníferos en condiciones geológico-mineras complicadas empleando complejos mecanizados.** 10º Congreso mundial de minería.
- \* Durán J.E.; Prada, C.: **Informe sobre los desprendimientos instantáneos de grisú en el Pozo San Antonio.** HUNOSA. 1980.
- \* Enchayan, B. **Le volume d'influence des exploitations en dressants.** Tesis Doctoral. Instituto Politécnico de Lorena. 1977.

- \* Farmer, I.W & Pooley, F.D (1967): **A hypothesis to explain the occurrence of outbursts in coal, based on study of West Wales outbursts coal.** Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 4, 189-193.
- \* Fuente Martín, P. **Geoestadística, desarrollo y aplicaciones en la C.C.A.** Simposion sobre caracterización geométrica y geomecánica de paneles de explotación en la minería subterránea. Oviedo 1989.
- \* Galczynski, S; Dudek, J. **Choix du soutement par ancrage approprié aux voies minières et aux déblais profonds.** Studi Geotechnica et Mechanica. Vol. N.1. 1979.
- \* Galczynski, S; Dudek, J. **Optimization of lining in Underground Excavations. Example: Roof Bolting System.** Rock Mechanics, Suppl. 7, 249-265 (1978).
- \* Galczynski, S; Leszczynski, M. **Limit Stability of rock mass above the underground Rooms.** Studia Geotechnica et Mechanica, Vol. VIII, N.3. 1986.
- \* García-Loygorri, A. **El Carbonífero de la C.C.A.** Trabajos de Geología 3, Fac. Ci. Univ. Oviedo. 1971.
- \* Gómez de las Heras, J. **Informe interno del ITGE, sobre el estado actual de conocimientos en seguridad minera en Polonia, 1989.**
- \* Gómez de las Heras, J. **Ponencia sobre la seguridad en el contexto nacional y comunitario.** Feria de Mieres del Camino, Junio 1990.
- \* Gray, I. **Methods and equipment used in outbursts and gas drainage investigations.**
- \* Gutiérrez Peñador, V.; Valdés Cechini, E. **Experiencias en el avance con explosivos sobre galerías en capas de carbón verticales con fenómenos dinámicos.** Jornadas Técnicas OCICARBON, ITGE. Madrid. 1990.
- \* Hardy, T. R. & Leighton, F. W.: **Acoustic Emission/Microseismic Activity in Geologic Structures and Materials.** Proceedings of the Third Conference. Ed. Trans. Tech. Publications 1984.

- \* Harpalini, S; McPherson, M.J. **The effect of gas evacuation on coal permeability.** Int. Journal. Rock mech. Min. Sci. Vol. XXI N°3, 161-164 (1984).
- \* Harpalini, S; McPherson, M.J. **Effect of Stress on permeability of Coal.** 26 th U.S. Symposium of rock Mechanics/ Rapid City, SD. 1985.
- \* Hinderfeld, B. G. **Recent gas outbursts in German coalmining.** Journal Technology Economics Mining Industry Vol. 124. (1988).
- \* Hock, E; Brown, E. T. **Excavaciones subterráneas en roca.** McGraw Hill. (1980).
- \* HUNOSA. **Informe de emisión sobre los fenómenos gasco-dinámicos realizada por los técnicos de Cerchar.** Dpto. de Seguridad. SEFGD.
- \* HUNOSA. **Comunicaciones presentadas por técnicos de HUNOSA.** VIII Congreso Internacional de Minería Metalúrgica. Octubre 1988.
- \* HUNOSA. **Aplicación de la geoquímica, petrografía y palinología a la investigación para minería de carbón en la C.C.A.** VII Congr. Intern. de Min. y Metalurgia (1988).
- \* HUNOSA. **Accidente mortal del Pozo Monsacro (informe no publicado).** 1985.
- \* I.T.G.E. **Optimización del sostenimiento en las galerías de las minas de hulla según las características geomecánicas de las rocas y de los factores de explotación.** 1981.
- \* I.T.G.E. **Optimización del sostenimiento en las galerías del Pozo María Luisa según las características geomecánicas de las rocas y de los factores de explotación.** 1982.
- \* I.T.G.E. **Optimización del sostenimiento en las galerías del Pozo Sotón según las características geomecánicas de las rocas y de los factores de explotación.** 1982.

- \* I.T.G.E. **Análisis de las técnicas existentes para la lucha contra los golpes de terreno que pueden ser aplicables a la minería española del carbón.**
- \* I.T.G.E.; OCICARBON. **Jornadas de Información Minera sobre explotación por sutiraje.** 1988.
- \* I.T.G.E. **Influencia mútua de dos capas de carbón explotadas en proximidad.** 1989.
- \* I.T.G.E. **Características de los materiales de protección y sostenimiento de las galerías en carbón.** 1987.
- \* I.G.P.W. **Stability des Ouvrages: Essais, Modelisation, Analyse des Ruptures: Résumés.** 3 Colloque Polone-Français. 1990.
- \* Josien, J.P.; Luneau, C. **Les dégagements de gaz et charbon en France. Evolution des phénomènes et des méthodes de traitement.** Congreso sobre Prevención de Desprendimientos Instantáneos. Ostrava, 1989.
- \* Josien, J.P.; Piguet, J.P.; Revalor, R. **Apports de la mécanique des roches a la maîtrise des phénomènes dynamiques.** 6<sup>e</sup> Congreso de Mecánica de Rocas. A.A. Balkema. Rotterdam. 1987.
- \* Josien, J.P.; Revalor, R. **Prévision et maîtrise des Phénomènes Dynamiques.** Commission des Communautés Européennes. EUR 8795 FR 1983.
- \* Josien, J.P.; Revalor, R. **L'expérience de mines de charbon françaises en matière de lutte contre les phénomènes dynamiques.** Congreso Seguridad Minera. Washington. 1989.
- \* Josien, J.P.; Revalor, R. **Maîtrise des phénomènes dynamiques aux charbonnages de France. Recent Developpements.** CERCHAR. 1986.
- \* Juárez Ferreras, R. **Análisis y planteamiento de directrices básicas en materia de seguridad y tecnología minera.** ITGE, 1990

- \* Kaczmarek, J. **Determination of the state of stress and of the development of plastic and failure zone around a Rectangular gallery working.** Archiwun Gornictwa. Tom. 25, 1980.
- \* Kaczmarek, J. **The effect of rheologic propertiers of rock mass on the distribution of loads in lining of tunnels with big cross-section.** ISRM Symposium /Aachen/1982. AA. Balkema/Rotterdam.
- \* Kaczmarek, J; Lydzba, D. **Etat des contraintes dans un milieu Gaz-Charbon aux alentours d'une taille.** Inst. Géotechnique de L'Ecole Polytechnique de Wroclam.
- \* Kaiser, J. **Recognition an behavior of noise measurements in metal materials under various stresses.** Arkiv fur das Eisenhut-tenwessen. vol. 25, N° 43, 1953.
- \* Kallmaris y Hall: **Absorption and desorption of porous building materials.** Materials Science and Restoration, Pros. Int. Coll. F.H. Wittmann (Ed). Edition Lack and Chemic, pp. 57-66. 1983.
- \* Kidybinski, A. **Significance in situ strength measurements for prediction of outbursts hazard in coal mines of Lower Silesia.** Australasian Institute of Mining and Metalurgy. 1980.
- \* Kidybinski, A; Kwasniewski, M. **Mining Systems Adjusted to High Rock Pressure Conditions.** AA Balkema/Rotterdam/Boston. 1986.
- \* Kholin, S. **Location of outburst prone zone within coal beds from correlation functions of well logs.** Geophys. J. Vol. 5, N°6 p.945-950. 1984.
- \* Kolesov, O.A and Bolshinsky, M.I. **The effect of Mining Techno-logy on the Behaviour of Outburst-Prone Coal Seams and Sandstones.** Makeyevka Safety in Mines Research Institute. URSS.
- \* Krivitskaya, R.M.; Abramian, L.A.; Ettinger, I.L. **Empleo del Indice de Iodo para pronosticar el peligro de Desprendimiento de Gas. Carbón de Ucrania.** Junio, 1972.

- \* Kuschel, K. H. **Early detection and combatting gas-coal outburst hazards in practice.** Journal Technology Economics Mining Industry. Vol. 124 (1988).
- \* Labasse. **L'exploitation des couches de faible et moyenne ouverture.**
- \* Labasse. **Las previsiones del terreno en la minería de la hulla.**
- \* Lama, R. D. **Predecir zonas de cizalla asociadas a desprendimientos en minas de carbón.**
- \* Leontidis, M. **Tenue des terrains houilles dans les exploitations par tailles montantes en semi-dressants.** Tesis Doctoral. Univ. de Nancy. 1973.
- \* Licensintorg, Agrupación Nacional URSS. **Investigación de la posibilidad de aplicación de las condiciones de los pozos de HUNOSA de los métodos de pronóstico y de prevención de los desprendimientos de carbón y gas que se utilizan en la URSS.** Informe Técnico. 1983.
- \* Linsey J. Jackson. **Outbursts in Coal Mines.** Report number ICTIS/TR25, IEA Coal Research, London. May, 1984.
- \* Mc Donald, P.; Brown, K.M. **A Microseismic Study of an outburst-prone coal seam.** III Conference of Acoustic Emission / Microseismic Activity. Pennsylvania State University. Octubre, 1981.
- \* Magron, A.; Dejen, M. **Sismique et sismoacustique appliquee a la planification et la surveillance des exploitations sujettes a coups de terrains.** X Congreso Internacional de Presión de Terrenos, Dusseldorf. 1989.
- \* Mamillan, M. (1981): **Connaissances actuelles des problèmes de remontées d'eau par capillarité dans les murs.** The conservation of Stone II. R. Rossi-Ma- naresi (Ed), pp. 59-72.
- \* Margareto, J.; Chaure, P.; Peón, J.L.: **Explotación con rozadora.** Jornadas sobre explotación mecanizada de capas de carbón estrechas y en pendiente. OCI-CARBON - ITGE. 1990.

- \* **Martínez Hernando, A. (1987): Estudio petrofísico y de alteración de rocas graníticas de Castilla y León con fines ornamentales. Seminario de Investigación. Facultad de Geología, Universidad de Oviedo.**
- \* **Morey, R.M. Coal thickness profiling impulse radar. Geophysical Survey Systems Inc. Nw. Hampshire. USA.**
- \* **Nakajima, I.; Wanatabe, Y.; Fukai, T. Acoustic emission during advance boring associated with the prevention of coal and gas outbursts. III Conference of Acoustic Emission and Microseismicity. Pennsylvania State University, Oct. 1981.**
- \* **Obert, L. Use of sub-audible noises for prediction of rock burst. USBM Rep. of Investigations N° 3555, 1941.**
- \* **OCICARBON et al.: Documentación entregada en las Jornadas sobre explotación mecanizada de capas de carbón estrechas y en pendiente. 1989.**
- \* **Palm, M.: Directives sur les dégagements instantanés de gaz de la direction générale des mines du Land de Rhénanie-du-Nord-Westphalie. Organo Permanente para la seguridad y la salubridad en las minas de hulla y otras industrias extractivas. 1976.**
- \* **Paul, K. Experience based on the advisory activities of gas outburst experts. Journal Technology Economics Mining Industry Vol. 124. (1988).**
- \* **Petukhov, I.M. Forecasting and Combating Rockbursts: Recent Developments. pag. 1207-1210. VI Congreso Internacional de Mecánica de Rocas. Montreal, Canada 1987. Vol. 2.**
- \* **Piguet, J.P. La mécanique des terrains dans les couches puissantes des charbonnages. CERCHAR, Publications Techniques. N° 2. Nancy, 1976.**
- \* **Poirot, R. Measurements of stresses and deformation in a mine-fill. 4ª Conferencia sobre Mecánica de suelos. Budapest. 1971.**

- \* Poirot, R.; Noirel, J.F. **Méthodes d'exploitation et remblai hydraulique.** Industrie Minerale-Les techniques. 1981.
- \* Pomeroy C.D. (1956): **Creep in Coal at room temperatures.** Nature 178; 279-280.
- \* Principado de Asturias: **Estudio estadístico de la accidentabilidad en la minería del Principado de Asturias. II Derrabes.** 1986.
- \* Ramírez, P.; Lain, L. et al.: **Control de estratos en la minería del carbón.** IGME. 1985.
- \* Revalor, R. **Analyses des coups de terrain. Consequences pour la prevision et la prevention.** Cerchar, 1985. (1) 31.72.1031. N.5.
- \* Revalor, R. **Prevision et maitrise des phénomènes de rupture brutale des fronts de charbon en gisements pentés.** Convention CECA 7220 AC/316. Julio 1987.
- \* Revalor, R.; Dechelette, O.; Verstraete, M. **Detection of coal-bump risk situations using seismo-acoustic monitoring at the Provence collieries.** Mining Science and Technology, 1986. N° 4.
- \* Schwartzmann, R. **L'infusion profonde à partir des voies dans les couches minees.** Industrie Minerale Mine. 1973.
- \* Shepherd, J; Rixon, L.K; Griffiths, L. (1981): **Outbursts and Geological Structures in Coal Mines: A Review.** Int. J. Rock Mech, Min, Sci, & Geomech, Abstr. Vol.18, pp.267-283.
- \* Siebers, V. **Incidents of gas outburst and resulting changes in safety regulations.** Journal Technology Economics Mining Industry Vol. 124, (1988).
- \* Silva Castaño, F. **Investigación de un modelo de previsión del desprendimiento de grisú en explotaciones de carbón con sutiraje.** Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. 1990.

- \* Sinitsyn, A.P.; Samarin, V.V.; Borulev, A.D. **Rock Shock Rise by Seismic Action.** pag. 1233-1236. VI Congreso Internacional de Mecánica de Rocas. Montreal, Canada, 1987. Vol. 2.
- \* Smith, J.; Dyer, B.C. **Seismic tomography as a tool for monitoring condition of a concrete dam.** Proc. Instn. C.v.Engrs. 1990, June.
- \* Stach, E; Mackowsky; Teichm, M; Taylor, G. H; Chandra, D; Teichm, R. (1982): **Coal Petrology.** 3ª ed. Third revised and enlarged edition. Ed. Gebruder Borntraeger, Berlin.
- \* Stassen, J.J. **Le grisou et les moyens de la combattre.** Univ. de Lieja. 1985.
- \* Styles, P.; Jowitt, T.; Browning, E. **Surface Microseismic Monitoring for the Prediction of outbursts.** Geonica, S.A. Madrid, 1990.
- \* Suárez del Río, L.M. (1982): **Estudio petrofísico de materiales graníticos geomecánicamente diferentes.** Tesis Doctoral. Facultad de Geología, Universidad de Oviedo.
- \* Tatham, R.H. (1982): **Vp/Vs and lithology.** Geophysics, 47(3), pp.336-344.
- \* Torano, J.: **Experiencias y desarrollos del complejo mecanizado Astrufalia en M.S.P.** Jornadas sobre explotación mecanizada de capas estrechas y en pendiente. OCICARBON et al. Oviedo. 1990.
- \* Torraca, G. (1982): **Porous building materials: Materials science for architectural conservation.** Int Cent. for the Study of Preservation and Restoration of Cultural Property. ICCROM, Roma.
- \* Truyols Santoja, J. **La Cuenca Carbonífera Central.** X Congre. Int. Est. Geolog. Carb. Abril 1983.
- \* Unsworth, J.F & Gough H. (1989): **Characterization of Coals by automated optical image analysis.** The Royal Microscopical Society. 313-341.

- \* Valdés-Solís Cechini, E. **Mecánica de rocas aplicada a la explotación de yacimientos con fenómenos anormales.** HUNOSA 1.982.
- \* Vos, B.H. (1976): **Waterabsorption and drying of materials.** The conservation of Stone I; Proc. of Int. Symp. Bologna. R.Rossi-Manaresi (Ed). pp.679-694.

## **INDICE DE ANEJOS.**

- I - Estimación de reservas de carbón explotables a medio plazo en capas de carbón inclinadas y verticales con pendientes superiores a 35°.**
- II - Análisis previo de los métodos de explotación aplicables a las capas de carbón inclinadas y verticales con pendientes superiores a 35° - II-A 1 y 2: Tomo I**
- II-B 1 y 2 : Tomo II.**
- III - Algunas reglas de buena práctica minera respecto al arranque con martillo picador y posteo con madera.**
- IV - Análisis tensodeformacional en 3D de un taller de testeros. Inversión del frente.**
- V - Aportación I.T.G.E : V-A . Estudio Geológico-Estructural. Desprendimientos de gas y carbón y estructuras geológicas.**
- V-B . Estudio y Análisis de Propiedades físicas del carbón.**
- V-C . Localización de zonas de riesgo en el área comprendida entre los pozos M<sup>a</sup> Luisa-Samuño-Sotón-Venturo, a partir de las estructuras geológicas.**
- V-D . Sugerencias Geológicas en explotaciones de carbón.**

- VI - Influencia de la intensidad de la ventilación sobre la dureza del carbón y posible utilización del fenómeno para reducir el riesgo de derrabes o desprendimientos.**
- VII - Informe específico sobre los efectos nocivos de los explosivos sobre la desconsolidación del macizo y su utilización como medida de lucha contra los fenómenos gaseodinámicos.**
- VIII - Informe sobre la inyección de agua y su incidencia en la derrababilidad de los distintos tipos de carbón.**
- IX - Utilización de las técnicas geofísicas en la prevención de derrabes.**
- X - Estudio sobre la influencia de la grisuosidad de la capa de carbón en los derrabes. Medidas "in situ". Conocimientos en Francia en relación a los fenómenos dinámicos.**
- XI - Revisión del estado actual de los conocimientos sobre derrabes en la Unión Soviética.**
- XII - Breve informe sobre medidas de presión en niveladuras en talleres de testers. Otras medidas de interés.**
- XIII - Análisis discriminante provisional sobre parámetros que influyen en los derrabes en un taller de testers.**
- XIV - Base de datos sobre derrabes.**
- XV - Carpetas conteniendo la documentación adquirida en la toma inicial de datos en las explotaciones y en los Servicios de Minas.**