encl. to Foriegn Trip Rpt
Ltr. to Neff from ONWI-
Cabienes dated 1/21/87 rec'd
1/27/87

TRIP REPORT

WORKSHOP ON MATHEMATICAL MODELING FOR RADIOACTIVE WASTE REPOSITORIES

BY

G. KENTON BEALL

OFFICE OF NUCLEAR WASTE ISOLATION
BATTELLE PROJECT MANAGEMENT DIVISION

MADRID, SPAIN

DECEMBER 10-12, 1986

8702240071 870121
PDR WASTE
WM-16 PDR

TABLE OF CONTENTS

		PAGE
1.0	SUMMARY	
1.1	Name of Traveler, Position, DOE Contractor Organization, Date of Trip Report	1
1.2	Destination	1
1.3	Purpose of the Trip	1
1.4	Abstract	1
1.5	Commitments or Actions Required	1
1.6	Recommendations	1
1.7	Cost	2
2.0.	TRIP REPORT	
2.1	Statement of Purpose and Relationship to the OCRWM Program	3
2.2	Benefits to the OCRWM Program	3
2.3	Activities of the Traveler	3
2.4	Traveler's Role at Meeting	4
2.5	Future Activities and Recommendations	4
3.0	APPENDIX	
3.1	Itinerary	6
3.2	List of Workshop Attendees	7
3.3	Bibliographical Listing of Literature Acquired	24
3.4	Bibliographical Listing of Literature Supplied to Host	24
3.5	Papers Presented at Workshop	Volume II

1.0 SUMMARY

1.1 NAME OF TRAVELER, POSITION, DOE CONTRACTOR, ORGANIZATION, DATE OF TRIP REPORT

G. K. Beall
Engineering Department Manager
Office of Nuclear Waste Isolation
Battelle Project Management Division
December 30, 1986

1.2 DESTINATION

December 6-13, 1986
Gomez Pardo Foundation School of Mines
Alenza 2, 28003
Madrid, Spain

1.3 PURPOSE OF THE TRIP

Mr. Beall was invited to present a paper at an International Workshop on Mathematical Modeling for Radioactive Waste Repositories sponsored by ENRESA, the National Company for Radioactive Waste in Spain. The title of Mr. Beall's paper is "Impact of Thermomechanical Behavior of Salt on Repository Design and Analysis". See Section 3.4 for a copy of the paper.

1.4 ABSTRACT

A summary of information gathered at the workshop, observations, and copies of pertinent material presented at the workshop are included in this report.

1.5 COMMITMENTS OR ACTIONS REQUIRED

None

1.6 RECOMMENDATIONS

1.6.1 Second Workshop

ENRESA is considering a second workshop in two years. Assuming the subject of the next workshop is relevant to nuclear waste repositories, OCRWM should encourage participation in the second ENRESA workshop.

1.6.2 Thermomechanical Benchmark Project

The Salt Repository Project should continue to follow the thermomechanical benchmark project being managed by N. C. Knowles in the United Kingdom.

1.7 COST

Staff Time Costs - 100 hours	$5,000
Presentation Package Preparation (time and materials)	900
Travel and Subsistence Expenses Paid by ENRESA, the Workshop Sponsor	-0-
TOTAL	$5,900

2.0 TRIP REPORT

2.1 STATEMENT OF PURPOSE AND RELATIONSHIP TO THE OCRWM PROGRAM

The basic objective sought by the Spanish scientific community was to learn of the achievements and plans of other countries on permanent storage of high-level radioactive waste, particularly in the area of numerical modeling for repositories in salt and crystalline rock formations.

The participation of Mr. Beall in this international workshop supports the Office of Civilian Radioactive Waste Management objectives by allowing him to confer with a group of engineers and scientists engaged in nuclear waste disposal similar to that conducted by the Salt Repository Project. Of added interest to the OCRWM Program is an information exchange on the topic of mathematical modeling with countries such as Germany, Canada, France, Switzerland, Sweden, the United Kingdom, and Argentina.

2.2 BENEFITS TO THE OCRWM PROGRAM

For thermomechanical calculations (i.e., creep predictions), significant differences exist between analytical calculations and the measured in situ test results. This problem is starting to be documented in the literature, and it was discussed at the workshop. A solution is not obvious, and additional work is continuing to find a solution. N. C. Knowles, United Kingdom, is managing a bedded salt thermomechanical benchmark project in which six countries are participating. The Benchmark Project (scheduled for completion in December 1987) involves ten organizations using twelve computer codes. Results from this work can be beneficial to the Salt Repository Project if the results show good correlation between analytical predictions and actual in situ test room response.

Other papers presented at the workshop which are outside of Mr. Beall's technical expertise are being distributed to appropriate SRP organizations. This will provide information on the type of work being conducted internationally in these areas.

2.3 ACTIVITIES OF THE TRAVELER

The Workshop on Mathematical Modeling for Radioactive Waste Repositories was sponsored by ENRESA (the National Company for Radioactive Waste in Spain). Approximately 70 people attended the workshop (by invitation), and 21 papers were given by participants from the following ten countries:

United States	4
France	4
United Kingdom	3
Sweden	3
Canada	2
Argentina	1
Belgium	1
Federal Republic of Germany	1
Italy	1
Switzerland	1
	21

The workshop was organized into the five following sessions:

- Thermomechanical Modeling
- Hydrogeological Modeling
- Modeling of Radionuclide Leaching and Migration
- Modeling of Radiological Effects
- Validation of Computer Codes and Global Models

Copies of 17 of the 21 papers presented are in the Appendix. Some of the papers were not submitted in time for inclusion in the workshop handouts. The final workshop proceedings with all of the papers will be published in February 1987.

ENRESA did an excellent job in setting up the workshop. The auditorium, audiovisual equipment, workshop organization and agenda, and accommodations were all first class. The people in Spain are very gracious, and ENRESA specifically expressed their appreciation to me and for the Department of Energy allowing me to participate.

A general theme came out of the workshop that isn't specifically covered in the papers. Some concerns exist within the international technical community about the large computer programs that have been developed. The computer programs covered by the workshop topics are complex or they are representative of complex natural phenomena. These computer programs, at times, run literally for hours on large computers. The concerns can best be expressed by a series of questions. First, are the programs <u>really</u> solving what it is that "we" think they are solving? Then, are the technical people spending enough time early in the problem definition to be sure that the problem is defined properly? Next, are the computer programs being used properly by people that are <u>qualified</u> to use them? Then, are people spending enough time questioning the results of these programs to be sure that the answers are realistic, and that the results are being interpreted and used correctly? And finally, how will the technical community verify and validate these complex computer programs in a licensing environment?

2.4 TRAVELER'S ROLE AT MEETING

Mr. Beall's role was to present the paper entitled "Impact of Thermomechanical Behavior of Salt on Repository Design and Analysis." Informal discussions were held with Dr. Wallner from the FRG concerning the design and construction of the Gorlebem and Asse underground facilities. Dr. Wallner is scheduled to visit the United States in the spring of 1987. If his schedule permits a visit to SRP, more detailed discussions will be held at that time.

2.5 FUTURE ACTIVITIES AND RECOMMENDATIONS

2.5.1 <u>Second Workshop</u>

ENRESA is considering a second workshop in two years. Assuming the subject of the next workshop is relevant to nuclear waste repositories, OCRWM should encourage participation in the second ENRESA workshop.

2.5.2 Thermomechanical Benchmark Project

Project COSA (Comparison of Computer Codes for Salt) is being managed by N. C. Knowles from the United Kingdom. The project was established in December of 1983 by the Commission of the European Communities to compare the thermomechanical code predictions of twelve computer codes from ten organizations in six countries. The first phase, which consisted of a hypothetical creep problem and a laboratory experiment, was completed in July 1986. The second phase is based on in situ experiments, and this phase is scheduled for completion in December 1988. Results from this work can be beneficial to the Salt Repository project if the results show good correlation between analytical predictions and actual in situ test room response. The Salt Repository Project should continue to follow the work being performed in Project COSA.

3.0 APPENDIX

3.1 ITINERARY

DATE	LOCATION	CONTACT	SUBJECT
12/6/86	In-flight to Madrid		Travel
12/7/86	Arrive Madrid Miguel Angel Hotel Miguel Angel Street 011-34-1-442-0022	Prof. J. Marti & Carmon Bajos 011-34-1-455-3659	Travel
12/8/86	Madrid Miguel Angel Hotel Miguel Angel Street 011-34-1-442-0022	Prof. J. Marti & Carmon Bajos 011-34-1-455-3659	Rest
12/9/86	Madrid Miguel Angel Hotel Miguel Angel Street 011-34-1-442-0022 and Gomez Pardo Foundation School of Mines Alenza 2 28003 Madrid 011-34-1-442-0022	Prof. J. Marti & Carmon Bajos 011-34-1-455-3659	Pre-Workshop Preparation
12/10/86	Gomez Pardo Foundation School of Mines Alenza 2 28003 Madrid	Prof. P. Ramirez & Prof. J. Marti 011-34-1-442-6500 & 011-34-1-455-3659	Workshop Attendance Presentation of Paper
12/11/86	Gomez Pardo Foundation School of Mines Alenza 2 28003 Madrid	Prof. P. Ramirez & Prof. J. Marti 011-34-1-442-6500 & 011-34-1-455-3659	Workshop Attendance
12/12/86	Gomez Pardo Foundation School of Mines Alenza 2 28003 Madrid	Prof. P. Ramirez & Prof. J. Marti 011-34-1-442-6500 & 011-34-1-455-3659	Workshop Attendance
12/13/86	In-flight to Columbus		Travel

3.2 LIST OF WORKSHOP ATTENDEES

WORKSHOP ON MATHEMATICAL MODELING
FOR RADIOACTIVE WASTE REPOSITORIES

DECEMBER 10-12, 1986

Alarcon, E.
E.T.S.I. Industriales
Jose Gutierrez Abascal, 2
28006 Madrid
262 62 00

Alba, F.
Empresarios Agrupados
Magallanes, 3
28015 Madrid (Sapin)

Aldana Mayor, F.
Director de la E.T.S.I. Industriales
Jose Gutierrez Abascal, 2
28006 Madrid
phone 262 62 00

Alomar Cremades, F.
I N Y P S A
Gral. Diaz Porlier, 49
28001 Madrid (Spain)
phone 402 55 04

Alonso Diaz-Teran, J.
E.N.R.E.S.A.
P. Castellana, 135
28046 Madrid
phone 442 36 11

Alonso, A.
E.T.S.I. Industriales
Jose Gutierrez Abascal, 2
28006 Madrid
phone 262 62 00

Andreu Posse, F.J.
EPTISA
Arapiles, 14
Madrid
phone 445 03 00

Astudillo, J.
E.N.R.E.S.A.
P. Castellana, 135
28046 Madrid
phone 442 36 11

Ausin Alonso, V.
Geotecnia y Cimientos, S.A.
Los Llanos de Jerez, 10-12
Coslada (Madrid)
phone 671 34 66

Azuara Solis, J.A.
Dtor. Gral. de CIEMAT. Junta Energia Nuclear
Avda. Complutense, 22
28040 Madrid

Bajos, C.
Principia Espa¡a
Orense, 36
28020 Madrid
phone 455 36 59

Beall, K. Battelle . OMWI EMGR MGR
Battelle Project Management Division
505 King Ave
Columbus, Ohio 43201-2693 (U.S.A.)
Phone 614-424-4509

Bermudez de Castro, A.
Dpto. Ecuaciones Funcionales. Fac. Matematicas
Universidad de Santiago de Compostela
Santiago de Compostela (Spain)

Biurrum E. Dipl. Ing.
Inst. F. Elektrische Anlagen
Schinkelstr 6
West Germany
phone (0241) 807690

Broyd, T.W.
Atkins R & D
Woodcote Grove, Ashley Rd.
Epsom, Surrey, KT185BW (United Kingdom)
phone 03727-26140

Bruno, J. Research Associate
Dept. Of Inorganic Chemistry
Royal Institute of Technology
S-100 44 Stockholm, Sweden
Phone 08/7877987 TELEX 10389 KTHB

Burgib, A.
E.T.S.I. Caminos, C. y P.
Jordi Girona Salgado, 31
08034 Barcelona

Carboneras, P.
E.N.R.E.S.A.
P. Castellana, 135
28046 Madrid
phone 442 36 11

Carlsson
S K B
Sweden

Carrera Ramirez, J.
E.T.S.I. Caminos, C. y P. U.P. Barcelona
Jordi Girona Salgado, 31
08034 Barcelona
Phone (93) 204 82 52

Cerezuela Bonet, J.
Director General de Minas
Mo. Industria y Energia
P. Castellana, 160
28046 Madrid

Côme, B.
Commission of European Communities DG-XII-D-1
Rue de la Loi, 200.
B-1049 Brussels (Belgium)
phone 32-2-235 40 01

Conde Lazaro, C.
Dpto. Calculo Numerico e Informatica
E.T.S.I. Minas.
Rios Rosas, 21. 28003 Madrid
442 65 00 ext. 131

Chacon Oreja
E.T.S.I. Minas. Cat. Estadistica
Rios Rosas, 21
28003 Madrid
phone 442 65 00 Ext. 130

Chan. T
Station, 40, Whiteshell Nuclear Research
Egtoblishment, AECL, Pinawa Manitoba,
Canada. ROEILO
phone 204 753 2311

Farila Lopez, P.
Dames & Moore Iberica, S.A.
Pedro Muguruza, 8 2A
28036 Madrid (Spain)
phone 250 38 04

Fernández Rubio, R.
E.T.S.I. Minas. Cat. Hidrogeologia
Rios Rosas, 21
28003 Madrid
phone 442 65 00 ext. 186

Fu-Tsang, C.
Earth Sciences Division. Lawrence Berkeley Lab.
California 94720
U.S.A.
415-486-5782

Gallego, E.
E.T.S.I. Industriales. Dpto. Energia Nuclear
Jose Gutierrez Abascal, 2
28006 Madrid (Sapin)
phone 262 62 00 Ext. 301

Goblet, P.
Ecole des Mines de Paris
35 Rue Saint Honore
77305 Fontainebleau (France)
phone 64-22-48-21 Ext. 434

Gomez Sanchez, M.
I.G.M.E.
Rios Rosas, 23
28003 Madrid
phone 441 65 00

Gonzalez A.
E N A C E

Gonzalez Fernandez, L.A.
E.N. Adaro
Doctor Esquerdo, 138
28007 Madrid
phone 252 99 00

Gonzalez Garcia, V.
CIEMAT- Junta de Energia Nuclear
P. Castellana, 160
28046 Madrid

Gravalos, J.M.
E.N.R.E.S.A.
P. Castellana, 135
28046 Madrid
phone 442 36 11

Grundfelt, B.
Kemakta Consultants Co.
Pipersgatan 27
Stockholm (Sweden)
phone 46-(8) 540680

Hernandez de Lope, J.M.
E.T.S.I. Minas
Rios Rosas, 21
28003 Madrid
442 65 00

Huertas,F.
E.N.R.E.S.A.
P. Castellana, 135
28046 Madrid
phone 442 36 11

Iglesias Lopez, A.
I.G.M.E.
Rios Rosas, 23
28003 Madrid
phone 441 65 00

Traundegui Echevarria, J.A.
C I A T
Piquer, 7
Madrid
phone 766 78 07

Jorquera Alonso, R.
I.G.M.E.
Rios Rosas, 23
28003 Madrid
phone 441 65 00

Kindelan Gomez de Bonilla, J.M.
Pte. E.N.R.E.S.A.
P. Castellana, 135
28046 Madrid
phone 442 36 11

Knowles, N.C.
Atkins Research & Development
Woodcote Grove, Ashley Rd.
Epsom, Surrey. United Kingdom KT185 BW
Phone 03727 26140

Lain Huerta, L.
I.G.M.E.
Rios Rosas, 23
28003 Madrid
phone 441 65 00

Lewi, J.
IPSN 4/DAS/SAED
CEN-Far, B.P. 6.
92265 Fontenay-aux-Roses Cedex
Phone (1) 46 54 79 99

Long. J.
Lawrence Berkeley Lab. Earth Sciences Division
1 Cyclotron Road
Berkeley, CA 94720 (U.S.A.)
phone 415-4865782

Lopez Arechavala, G.
E.N. Adaro
Doctor Esquerdo, 138
28007 Madrid
phone 252 99 00

Lopez Bravo, J.
I.G.M.E.
Rios Rosas, 23
28003 Madrid
phone 441 65 00

Lopez Garcia, A.
Dtor Gral. de E.N.R.E.S.A.
P. Castellana, 135
28046 Madrid
phone 442 36 11

Lopez Garcia, J.
INTECSA
Francisco Gervas, 6
28020 Madrid
phone 270 43 16

Lopez Vilchez, L.
Cia. General de Sondeos, S.A.
Corazon de Maria, 15
28002 Madrid
phone 416.85.50

Llamas, R.
Univ. Complutense. Fac. Geology. Dpto.Geodynamics
Ciudad Universitaria
28040 Madrid (Sapin)
phone (1) 449 00 60 TELEX 41798 UCGEO

Maravall, F.
Mo. Industria y Energia
P. Castellana, 160
28046 Madrid

Marsily, G.
Ecole des Mines de Paris
35 Rue Saint Honore
77305 Fontainebleau (France)
phone 1-64224821

Marti Rodriguez, J.
Principia Espala
Orense, 36
28020 Madrid
phone 455 36 59

Martin Bourgon
E.N.R.E.S.A.
P. Castellana, 135
28046 Madrid
phone 442 36 11

Martin Garcia, J.E.
E.T.S.I. Industriales. Dpto. Energia Nuclear
Jose Gutierrez Abascal, 2
28006 madrid (Sapin
phone 262 62 00 Ext. 301

Martinez de Angulo, L.
GEOCISA, S.A.
Los Llanos de Jerez, 10-12
Coslada (Madrid)
phone 671.34.66

McCombie, Ch.
N A G R A
Parkstrasse 23
5400 Baden (Switzerland)
phone 056/ 205 111

Mera Merino, Amalia
I.G.M.E.
Rios Rosas, 23
28003 Madrid
phone 441 65 00

Michavila Pitarch, F.
Director de la E.T.S.I. Minas
Rios Rosas, 21
28003 Madrid
phone 442 65 00

Molina Fernandez, R.
Consejo de Seguridad Nuclear
Sor Angela de la Cruz, 3
28020 Madrid (Sapin)
phone 456 18 12 Ext. 337

Molina Oltra, R.
IBERINSA
Avda. Burgos, 11
28036 Madrid
Phone 766 26 80

Montero Trujillano, J.L.
E.T.S.I. Industriales (Tecnologia Nuclear)
Jose Gutierrez Abascal, 2
28006 Madrid (Sapin)
262 62 00 Ext. 301

Moreno Palacios, Pablo
P.M.S.A.
P. Juan XXIII, 3
Madrid
phone 233 98 80

Olgado Colomina, A.
INITEC
Principe de Vergara, 120
Madrid
phone 261.93.00

Olmo, C.
E.N.R.E.S.A.
P. Castellana, 135
28046 Madrid
phone 442 36 11

Oustriére, P.
CEA - ANDRA
31-33 rue de la Federation
75752 Paris Cedex 15 (France)
phone (1) 40-56-11-05

Pascual Martinez, F.
Pte. Consejo de Seguridad Nuclear
Sor Angela de la Cruz, 3
28020 Madrid

Pastor, M.
CETA-CEDEX. Area de Analisis y Programacion
Alfonso XII, 3
28014 Madrid (Sapin)
phone 468 24 00

Peaudecerf, P.
B.R.G.M.
191 rue de Vaugirard
75737 Paris Cedex 15 (France)
phone 1-47839400

Perez Pita. V.
Dtor Gral. de la Energia
M. Industria y Energia
P. Castellana, 160
28046 Madrid

Portaencasa Baeza, R.
Rector de la U. Politecnica de Madrid
Avda. Ramiro de Maeztu, s/n
28040 Madrid

Prado Herrero, P.
CIEMAT - Junta Energia Nuclear
Avda. Complutense, 22
28040 Madrid (Spain)
Phone (1) 244 12 00

Pusch, R.
Swedish Geological Co.
Ideon Science Park, Lund, (Sweden)
phone 46/46168580

Querol Muller, R.
I.G.M.E.
Rios Rosas, 23
28003 Madrid
phone 441 65 00

Ramirez Oyanguren, P.
E.T.S.I. Minas. Cat. Laboreo de Minas
Rios Rosas, 21
28003 Madrid
phone 442 65 00 ext. 177

Recreo Jimenez, F.
Centro de Investigaciones Energeticas, M. y T.
Avda. Complutense, 22
28040 Madrid (Sapin)
phone (1) 244 12 00 ext. 1371

Ruiz Lopez, C.
Consejo de Seguridad Nuclear
Sor Angela de la Cruz, 3
28020 Madrid (Spain)
phone 456 18 12

Sahuquillo, A.
E.T.S.I. Caminos, C. y P.
Valencia

Salas Hernández, E.
E.T.S.I. Industriales. Dto. Tecnología Nuclear
José Gutierrez Abascal, 2
28006 Madrid (Sapin)
phone 262 62 00 Ext. 301

Saltelli, A.
Joint Research Centre of European Communities
Ispra 21020 VA
(Itali)
phone (0039) 332.789686

Samper Calvete, J.
E.T.S.I. Caminos, C. y P. (Hidraulica)
Ciudad Universitaria, s/n
28040 Madrid (Spain)
phone (1) 449 42 00 Ext. 271

Sanchez Delgado, M.
INITEC
Principe de Vergara, 120
Madrid
phone 261 93 00

Sanchez de Dios, L.
I.N.I.T.E.C.
Padilla, 17 - 4
Madrid

Santiago Albarran, J.L.
D'Appolonia Espa!a, S.A.
Julian Romea, 21
28003 Madrid
phone 253 24 82

Sharma, D.
Principia Mathematica Inc.
110 Beaver Brook Drive
Evergreen, CO 80493
U.S.A.

Smith, G.M.
National Radiological Protection Board
Chilton, Didcot
Oxfordshire, OX11 ORQ
(0235)831600 TELEX 837124 RADPRO

Tallos Gonzalez, A.
CIEMAT - Junta Energia Nuclear
Avda. Complutense, 22
28040 Madrid (Spain)
phone (1) 244 12 00 Ext. 1402

Tapia Benito, J.
Empresarios Agrupados
Magallanes, 3
Madrid
phone 445 60 00 ext. 796

Thegerstr{m, C.
OECD/NEA
38 Bvd. Suchet
75016 Paris (France)
Phone (1) 54249678

Ulibarri, A.
E.N.R.E.S.A.
P. Castellana, 135
28046 Madrid
phone 442 36 11

Virgos Soriano, L.I.
Compalia General de Sondeos, S.A.
Corazon de Maria, 15
28002 Madrid
phone 416 85 50

Wallner, M.
Federal Institute for Geosciences and N. R.
D-3000 Hannover 51. Stillewg 2. Postfach 510153
Phone (0511) 643-2431
TELEX 0923730 bgr ha d

Zamarra, F.
Junta de Energia Nuclear. Residuos
Avda. Complutense, 22
28040 Madrid (Sapin)
phone 244 12 00 ext. 1402

3.3 BIBLIOGRAPHICAL LISTING OF LITERATURE ACQUIRED

3.3.1. Program for the Workshop on Mathematical Modelling for Radioactive Waste Repositories, December 10-12, 1986, Madrid, Spain

3.3.2. Brochure on ENRESA, the Spanish National Company for Radioactive Waste
ENRESA
Comunicacion Social
Po de la Castellana, 135 - planta 10
28046 Madrid

3.3.3. Booklet on the Universidad Politecnia de Madrid (in Spanish)

3.3.4. Booklet on details of ENRESA (in Spanish)

3.3.5. National magazine dealing with radioactive waste in Spain (in Spanish)

3.4 BIBLIOGRAPHICAL LISTING OF LITERATURE SUPPLIED TO HOST

3.4.1 "Impact of Thermomechanical Behavior of Salt on Repository Design and Analysis"
Paper presented by Ken Beall

3.4.2 Copy of Presentation Slides

3.3.1

PROGRAM FOR THE WORKSHOP ON MATHEMATICAL MODELING FOR RADIOACTIVE WASTE REPOSITORIES

DECEMBER 10-12, 1986

MADRID, SPAIN

WORKSHOP ON MATHEMATICAL MODELLING FOR RADIOACTIVE WASTE REPOSITORIES

December 10-12, 1986, Madrid (SPAIN)

Sponsored by:

ENRESA

Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A.

Organised by:

E.T.S.I. MINAS

de la Universidad Politécnica de Madrid.

E.T.S.I. INDUSTRIALES

de la Universidad Politécnica de Madrid.

HONORARY COMMITTEE

Excmo. Sr. D. Francisco Pascual Martinez,
Presidente del Consejo de Seguridad Nuclear.
Ilmo. Sr. D. Fernando Maravall Herrero,
Secretario General de la Energía.
Ilmo. Sr. D. Victor Pérez Pita,
Director General de la Energía.
Ilmo. Sr. D. Juan José Cerezuela Bonet,
Director General de Minas.
Excmo. Sr. D. Rafael Portaencasa Baeza,
Rector Magco. de la Universidad Politécnica de Madrid.
Ilmo. Sr. D. Jose Angel Azuara Solís,
Director General de CIEMAT - JEN
Ilmo. Sr. D. Francisco Michavila Pitarch,
Director de la E.T.S.I. Minas de Madrid.
Ilmo. Sr. D. Fernando Aldana Mayor,
Director de la E.T.S.I. Industriales de Madrid.
Sr. D. Juan Manuel Kindelán Gómez de Bonilla,
Presidente de ENRESA.
Sr. D. Alberto López García,
Director General de ENRESA.

ORGANISING COMMITTEE

Chairman: *D. Carlos del Olmo Alonso* (ENRESA)
Secretary: *Prof. José María Hernandez de Lope* (E.T.S.I. Minas)
Members: *Prof. Agustín Alonso Santos* (Depto. Tecnología Nuclear - E.T.S.I. Industriales)
Prof. Carlos Conde Lázaro (Depto. Análisis numérico - E.T.S.I. Minas)
Prof. Joaquín Martí Rodriguez (Depto. Mecánica - E.T.S.I. Minas)

SCHEDULE

December 10

09:00 OPENING ADDRESS

09:30 THERMOMECHANICAL MODELLING.

Chairman: *Prof. P. Ramírez* (E.T.S.I. Minas - Spain).

Secretary: *Prof. J. Martí* (E.T.S.I. Minas - Spain).

09:30 *B. Côme,* (CEC - Belgium)
Rock - mechanics modelling for radiactive waste disposal in hard rocks and salt.

10:15 *T. Chan,* (AECL - Canada)
Thermomechanical modelling in crystallíne rocks

11:00 Coffee Break.

11:30 *M.Wallner,* (BGR - Federal Republic of Germany)
Stability demostration concept and preliminary design calculations for the Gorleben Repository.

12:15 *K. Beall, (ONWI - Battelle* - United States)
Impact of Thermomechanical behavior of salt on repository design and analysis.

13:30 LUNCH.

15:30 HYDROGEOLOGICAL MODELLING.

Chairman: *Prof. R. Fernández* (E.T.S.I. Minas - Spain).

Secretary: *Prof. C. Conde* (E.T.S.I. Minas - Spain).

15:30 *B. Feuga,* (BRGM - France)
Hydrologic modelisation of fractured rocks.

16:15 *T. Chan,* (AECL - Canada)
Finite element modeling of coupled fluid, heat and solute transport in deformable fractured rocks.

17:00 Coffee Break.

17:30 *C.Tsang,* (LBL - United States)
Coupled Thermohydrological and hydromecanical processes in single fractures, double fractures and fractured porous media.

18:15 *D. Sharna,* (Principia - United States)
Hydrogeological modelling in high level radioactive waste disposal.

December 11

09:00 HYDROGEOLOGICAL MODELLING (cont.).

09:00 *J. Long*, (LBL - United States)
Modelling of fluid flow and transport in fracture netwoks.

09:45 MODELLING OF RADIONUCLIDE LEACHING AND MIGRATION

Chairman: *Mr. V. González*, (CIEMAT - Spain).
Secretary: *Mr. J. María Grávalos*, (ENRESA - Spain).

09:45 *P. Goblet*, (EMP - France)
The hydrology of low permeability rocks with an emphasis on the various possible causes of radionuclide migration.

10:30 *R. Pusch*, (Swedish Geological Co - Sweden)
Radionuclide migration by water flow and diffusión through clay barriers.

11:15 Coffee Break.

11:45 *C. McCombie*, (NAGRA - Switzerland)
Radionuclide release and transport modelling; specific application and requeriments for further developments.

12:30 *J. Bruno*, (Royal Institute of Technology - Sweden)
Modelling of spent nuclear fuel leaching.

13:30 LINCH.

15:30 MODELLING OF RADIOLOGICAL EFFECTS.

Chairman: *Prof. A. Alonso*, (E.T.S.I. Industriales - Spain).
Secretary: *Mr. P. Carboneras*, (ENRESA - Spain).

15:30 *Abel González*, (ENACE - Argentina)
Radiation protection principles for the disposal of solid radioactive waste recommended by I.C.R.P.

16:15 *G. Smith*, (NRPB - United Kingdom)
Pathways to man for radionuclides released from disposal sites on land.

17:00 Coffee Break.

17:30 *A. Saltelli*, (JRC - Ispra - Italy)
Data uncertainty in long - term prediction. Present

trends in risk analysis with Monte Carlo techniques.

18:15 *C. Thegerstrom,* (OECD - France)
Integrated approach to performance assessment of nuclear waste disposal systems including radiation protection considerations.

December 12

09:00 PANNEL SESSION: VALIDATION OF COMPUTER CODES AND GLOBAL MODELS.

Chairman: *Prof. G. de Marsily,* (EMP - France)

09:00 *J. Lewi,* (CEA - IPSN - France)
MELODIE: A global risk assessment model for radiactive waste repositories.

09:30 *N. Knowles,* (Atkins R & D - United Kingdom)
Project COSA - A benchmark of computer codes for the thermo - mechanical behaviour of rock salt.

10:00 Coffee Break.

10:30 *B. Grundfelt,* (Kemakta Consultants - Sweden)
Verification and validation of geosphere assessment models. Summary of the INTRACOIN and HYDROCOIN studies.

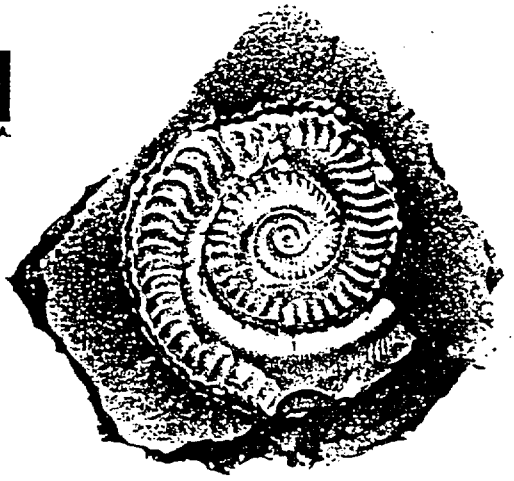
11:00 *T. Broyd,* (Atkins R & D - United Kindom)
The derivation of simple models and data sets using detailed deterministic models of radiactive waste trasport.

11:30 Discussion.

13:00 END OF WORKSHOP.

ENRESA

Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A.



PROBLEMS

With the exception of a single storage facility for low and intermediate level radioactive waste at Sierra Albarrana, Spain has designated no sites which, studied in depth, can be considered apt for such storage over long periods.

Technically adequate means now exist for storing low and intermediate level waste, isolating it for about a century.

During the operating lives of the nuclear power stations contemplated in the National Energy Plan, the total production of low and intermediate level waste is expected to reach 100,000 cubic meters. A further 160,000 cubic meters will have to be dealt with as nuclear plants currently in operation are shut down by the year 2035. Meanwhile, Spain's present storage capacity is about 15,000 cubic meters.

There are no facilities in Spain for the disposal of high-level radioactive waste, mainly spent fuel assemblies from power stations. The total amount of such waste generated in the nuclear plants called for in the National Energy Plan is estimated at 5,500 metric tonnes. The first permanent facility for storing high-activity waste will not be commissioned before the end of the century.

As matters stand, the on-site waste storage capacity of some power stations will be exhausted for low-level waste in 1989 and high-level waste in 1993.

SOLUTIONS

To solve these problems the Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A. (ENRESA) was formed and assigned the task of defining the most appropriate strategies and devising a program of activities to be undertaken in the short, medium and long term within a General Plan for Radiactive Waste. The Royal Decree whereby ENRESA was founded list the company's responsibilities as to prepare, transport, permanently store and ensure the integrity of radiactive waste in such a manner that no harm results to persons or the environment.

By an Order of the Ministry of Industry and Energy issued in December, 1985, ENRESA was assigned responsibility for management of the low and intermediate level waste storage facility at Sierra Albarrana, in the province of Córdoba.

ENRESA has undertaken studies aimed at locating a second site, on surface or at shallow depth, for a low and intermediate level waste deposit.

ENRESA is also conducting studies of the various options for the temporary storage of spent nuclear fuel from power stations, which will provide the basis for decisions in the short term.

At the same time a site will be selected for the definitive storage of high activity waste, in a deep geological formation, which is not expected to start service before the year 2010.

3.3.2

BROCHURE ON ENRESA
THE SPANISH NATIONAL COMPANY FOR RADIOACTIVE WASTE

ENRESA's

ECONOMIC STRUCTURE

Article 3 of Royal Decree 1522/1984 provides that ENRESA's share capital will be furnished by the Nuclear Energy Board and the National Institute of Industry. This equity currently stands at 600 million pesetas, of which 80 % is held by the Nuclear Energy Board and 20 % by the National Institute of Industry.

To finance the high cost of the total management of radioactive waste produced at nuclear power plants, a 1.4 % fee has been applied to the sales price of electricity. This percentage today represents an annual sum of about 15 billion pesetas.

In the General Plan for Radiactive Waste, which ENRESA is drawing up to submit to the Government, the total cost of radioactive waste management is estimated at some 750 billion pesetas by the year 2035.

If you would like more information, please contact:

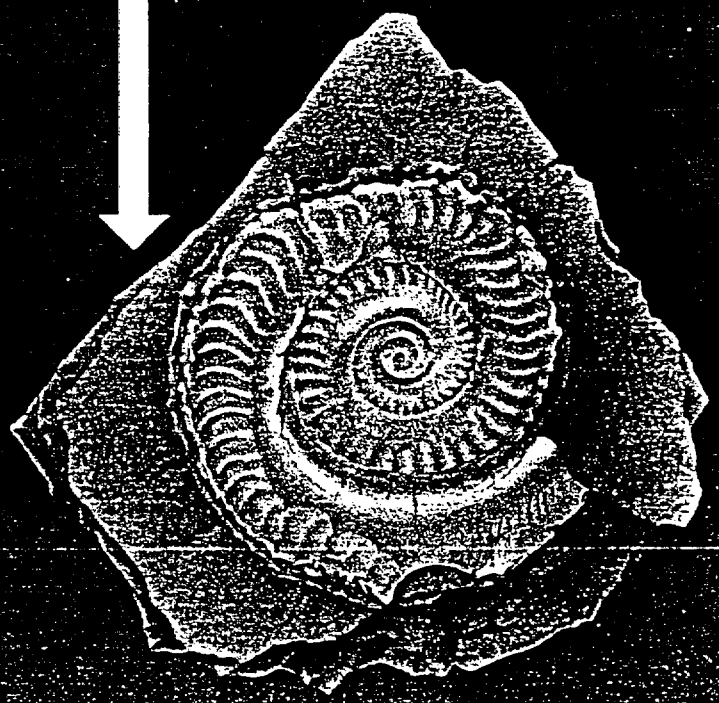
ENRESA
Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A.

COMUNICACION SOCIAL
Pº de la Castellana, 135 - planta 10
28046 MADRID

Imprime ALTAMIRA, S.A. - Madrid

ENRESA

Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A.



One of the most pressing technical and social problems the world faces today is that of disposing of radioactive waste in a manner which can prevent harm to the biosphere for the hundreds or even thousands of years it takes to decay.

This waste arises from many industrial, medical, agricultural and scientific activities, as well as from nuclear power stations. Use of radioactive materials in scientific research has contributed to the understanding of natural physical and chemical processes and to the struggle against many human diseases.

3.3.3

BOOKLET ON THE UNIVERSIDAD POLITECNIC DE MADRID

(IN SPANISH)

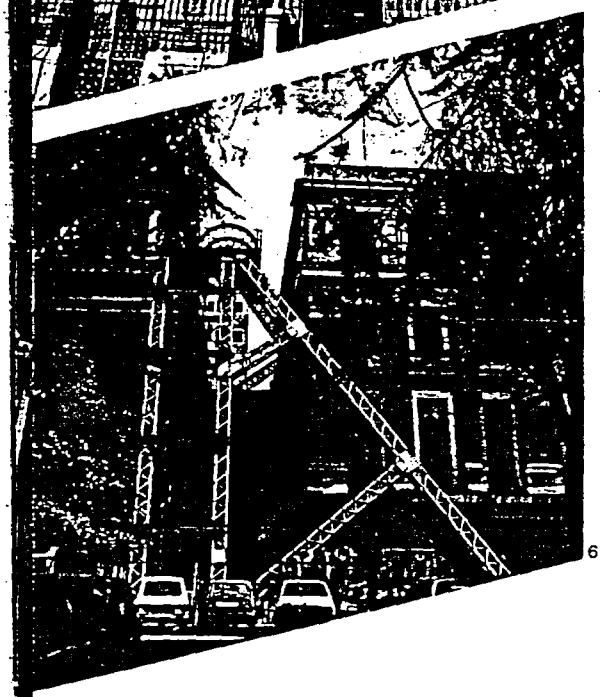
ESCUELA
DE
INGENIEROS DE MINAS

UNIVERSIDAD POLITECNICA de MADRID

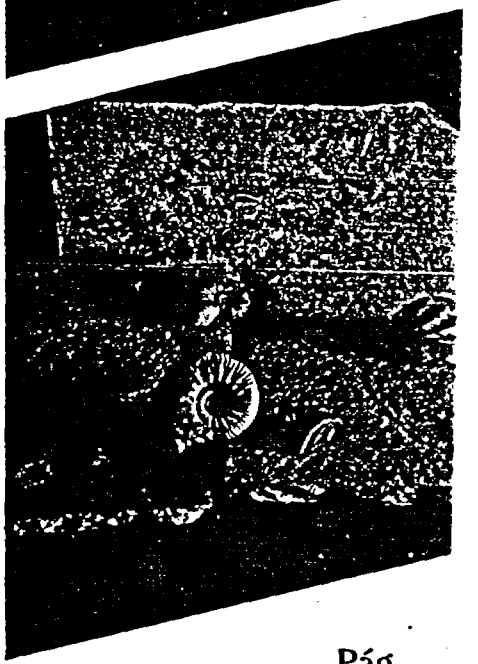
ESCUELA TECNICA SUPERIOR de INGENIEROS de MINAS

3

4


6

7



Indice | Pág.

Presentación	*3*
Introducción	*4*
La evolución de las enseñanzas de la Ingeniería de Minas	*6*
Plan de Estudios 1983	*10*
Organos de Gobierno	*13*
Laboratorios y Talleres	*14*
La Fundación Gómez-Pardo	*20*
Biblioteca	*21*
Museo de Minerales y Fósiles	*22*
Actividades de Extensión Universitaria	*24*

9

PRESENTACION

Mantener la antorcha cultural es iluminar el camino de todo país hacia su avance y supervivencia.

La formación cultural del hombre comporta, por tanto, un fin vital, con un amplio espectro de objetivos si deseamos formar a unos técnicos que en su vida profesional sepan conjugar su capacidad tecnológica con su capacidad humana, su capacidad de liderazgo con su capacidad social. Y así, desde nuestro brillante pasado a nuestro esperanzado, lógico y prometedor futuro.

Aunque la Universidad Politécnica de Madrid sobrepasa ya la decena de años de antigüedad, su tradición histórica es muy superior, ya que muchos de sus Centros tienen más de un siglo de existencia prestigiosa. De entre ellos, la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas celebró ya su bicentenario. Desde entonces, el renombre de los Técnicos de la Universidad, que abarcan todas las tecnologías, constituyen un acerbo que sirve de base para actualizar y relanzar su mejor servicio a la Sociedad.

Este servicio actualizado es obligado, ya que el avance técnico tiene un ritmo trepidante para la Humanidad y es un reto para el técnico. Al ingeniero le incumbe asimilarlo y adaptarlo al entorno social, para no producir un desfase técnico-social de ruptura. En este sentido, la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid interviene decididamente, y sabemos que su nuevo Plan de Estudios, su renovada estructura interna y su gestión actualizada, van al ritmo del progreso, todo ello debido a la buena gestión de su magnífico equipo directivo y al esfuerzo y tesón de su profesorado y personal no docente. Con ello se pretende que los Ingenieros de Minas, en sus especialidades de «Energía», de «Geología», de «Metalurgia» y de «Minería», tengan un perfil profesional que les permita no sólo asimilar el vertiginoso avance técnico, sino participar activamente en él. Nuestra Universidad Politécnica de Madrid desea que los Técnicos que salgan de sus aulas estén adecuados al entorno socio-económico en el que desarrollarán sus actividades y, fundamentalmente, a las necesidades del desarrollo industrial de nuestro país.

Como Rector de esta Universidad Politécnica, debo de manifestar mi agradecimiento a los Colegios profesionales de Ingenieros de Minas por su decidida cooperación, no sólo en la edición de esta Memoria, sino, además, en la promoción de vocaciones, aliento de estudios y patrocinio de cursos para postgraduados, que sirven de apoyo para los objetivos de la Escuela y, por tanto, de nuestra Universidad. Con estas realizaciones se estrechan los contactos Universidad-Empresa, que son fruto de beneficio mutuo.

Rafael Portaencasa
10 Rector de la Universidad Politécnica de Madrid

El Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas se honra en cooperar a la publicación de la Memoria anual de nuestra entrañable Escuela de Madrid porque considera que la formación de nuevos titulados y la reforma renovadora de la enseñanza de la tecnología minera ocupan un lugar preferente en el quehacer de nuestros Colegios entre los servicios que éstos han de prestar a la sociedad.

En su prólogo al Informe al Club de Roma titulado APRENDER, HORIZONTE SIN LIMITES, dice Aurelio Peccei:

«Durante largo tiempo la humanidad creyó haber descubierto la pauta óptima para un desarrollo permanente y autopropulsado. Todos estábamos orgullosos de una civilización que sobresalía por unos descubrimientos científicos sin precedentes, una tecnología excepcional y una riada de producción en masa que traía a su paso unos niveles de vida más altos, la erradicación de las enfermedades, unas posibilidades de viajar jamás soñadas y unas comunicaciones audiovisuales instantáneas.»

«Pero, a la larga, comenzamos a caer en la cuenta de que por la indiscriminada adopción de esta pauta estábamos pagando, con harta frecuencia, unos exorbitantes costes sociales y ecológicos por las mejoras alcanzadas.»

«En cuestión de una década más o menos, los motivos de alarma se multiplicaron. Síntomas que evidenciaban una situación precaria comenzaron a surgir por doquier. Lo que el Club de Roma denominó la problemática mundial *estaba madurando. Redes de viejos y nuevos problemas que se refuerzan mutuamente, demasiado complejos para ser aprendidos por los métodos analíticos vigentes y demasiado resistentes para ser abordados a partir de las políticas y estrategias tradicionales, se entrelazaban, con independencia de fronteras y se propagaban por todas las naciones de la Tierra, ya fuesen desarrolladas o no, cualesquiera que fuesen su régimen político y estructura social.»*

Es decir, nos hallamos inmersos en una mutación histórica de enorme alcance, caracterizada en lo material por el desafío energético, el agotamiento o escasez de ciertas materias primas, el deterioro de la biosfera, la aceleración vertiginosa del progreso tecnológico y la inaplazable necesidad de desarrollar la economía de los países menos favorecidos.

Los Ingenieros de Minas que, entre otras funciones profesionales, realizamos la de proporcionar los recursos energéticos y minerales que alimentan la actividad económica y que por nuestra formación cultural, podemos humanizar la técnica dándole su verdadera dimensión social al servicio del hombre, tenemos la obligación de poner a punto las herramientas tecnológicas con que hacer frente a esa compleja red de problemas y ello está a nuestro alcance pues si los problemas son, ciertamente, complejos y lo serán aún más en el futuro inmediato, también es cierto que los avances de la ciencia y la técnica nos proveen de medios cada día más poderosos para dominarlos y resolverlos.

INTRODUCCION

Más para que la sociedad sea capaz de utilizar tan potentes instrumentos es necesario la máxima atención a la formación integral de los ingenieros del mañana, pues, como decía Aurelio Peccei en el texto antes citado, «no hay otra forma de cambiar el sentido de una situación mundial, que mejorando la calidad y preparación del hombre y a ello, pues, debemos dedicar nuestros esfuerzos».

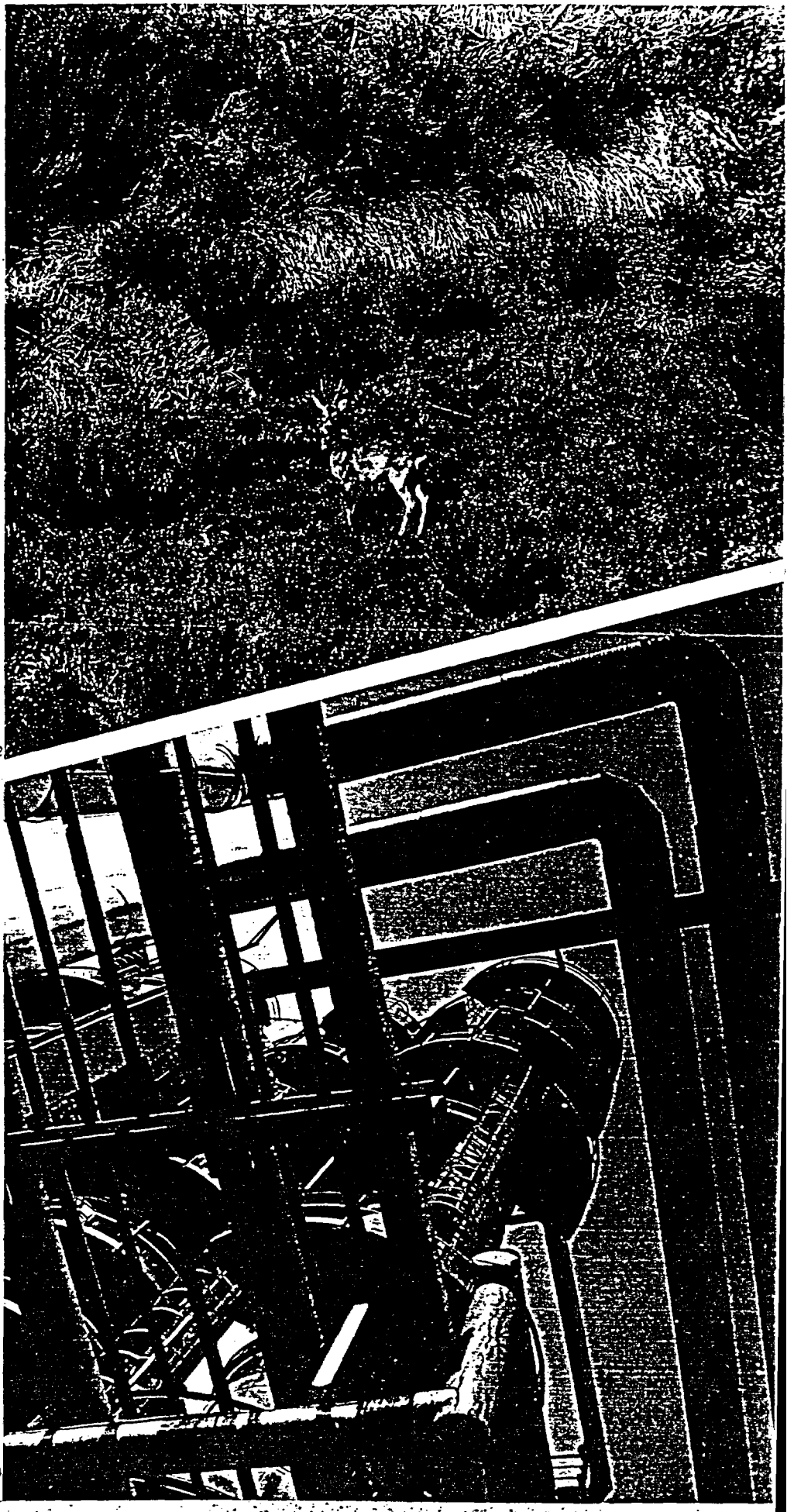
Y a nosotros nos cabe la honrosa misión de contribuir a esa labor educadora, en el campo de la ingeniería de minas, procurando la modernización de la enseñanza tecnológica en sus métodos, en su contenido y sobre todo en la mentalidad del profesorado, pues si bien es la Escuela el instrumento directo de capacitación de los nuevos graduados, su acción necesita del respaldo, del calor y de la inspiración de todos los compañeros que, a través de los Colegios, hemos de esforzarnos en analizar e interpretar los cambios técnicos y sociales que se producen en el ámbito de nuestra profesión, a fin de buscar el modo de orientarlos, para así dar respuesta a las preguntas y demandas de la so-

ciedad e impulsar, por el buen camino, la acción docente.

La empresa, la Administración, nuestra Patria, la sociedad toda, necesitan que la Escuela prepare unos ingenieros capaces de hacer frente a las complejas tareas del presente y del futuro, de aplicar las tecnologías más avanzadas, de idear soluciones originales a problemas inéditos, de crear tecnología o, al menos, de aportar algo a su creación; pero para ello, la Escuela ha de nutrirse con la savia de la experiencia profesional de todos los compañeros, con los aportes de quienes están en contacto directo con la realidad técnica, económica y social.

Al poner prólogo a esta Memoria, el Consejo Superior quiere dejar constancia, por una parte, de su preocupación ante lo que el Club de Roma denominó la problemática mundial *y de su confianza en los logros tecnológicos alcanzados por la mente humana; y por otra, del interés con que comparte los afanes, inquietudes e ilusiones de quienes, desde los Centros de Enseñanza Técnica Superior, realizan la bella tarea de formar a la minoría dirigente del mañana.*

ALFONSO HEVIA CANGAS
Decano Presidente del Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas



LA EVOLUCION DE LAS ENSEÑANZAS DE LA INGENIERIA DE MINAS

La implantación de las enseñanzas de Ingeniería Minera se realiza en España por Real Orden de 14 de julio de 1777, reinando Carlos III, diez años después que la primera Academia de Minas de Freiberg, en Sajonia.

Con la concurrencia de prestigiosos especialistas nacionales y extranjeros, se crea la Academia de Minas, en Almadén. Desde su creación, la evolución de las enseñanzas mineras tienen etapas bien marcadas.

Año 1.777

Geometría Subterránea y Mineralogía

En el siglo de la Enciclopedia se inicia la incorporación de la Ciencia a las Tecnologías empíricas y experimentales, y de ella surge la enseñanza bajo el clásico concepto de ACADEMIA.

Ya son necesarios en las explotaciones mineras los fundamentos matemáticos. Comienza el conocimiento de los minerales desde su composición química a sus estructuras cristalográficas. La primera cátedra fue de Geometría Subterránea y Mineralogía, siendo impartida por D. Enrique Cristóbal Storr.

D. Fausto y D. Juan José de Elhuyar descubren el wolframio, *y Fausto de Elhuyar funda el Real Seminario de Minería de México. Otro profesor del Seminario, D. Andrés Manuel del Río, creador allí de las cátedras de Mineralogía y Geología, aisla el* vanadio.

Año 1.799

Geognosia y Geología

Cuatro lustros más tarde, la Física y la Química se unen al Plan de Estudios y Proust inicia en la Escuela de Minas las enseñanzas de Geognosia. Herrgen llama al platino «metal exclusivo de los españoles». Junto con Chabaneau, estos especialistas extranjeros colaboraron también con los españoles y a las Escuelas de Méjico y Almadén, que se traslada posteriormente a Madrid, se unirán las del Nuevo Mundo, multiplicándose bajo la dirección española. En los últimos años del siglo, los viajes geológicos de Humboldt por la América Hispana abren paralelamente las enseñanzas de la Geología en las Escuelas de Minas de España y América.

Año 1.827

La Metalurgia y la Química

Con el antecedente de Alonso Barba en el tratamiento por amalgación para obtener la plata, esta Metalurgia se hace esencial en los años de transición de los siglos XVIII al XIX, y su estudio se sigue tanto en Almadén como en Méjico y Perú. Pero la Metalurgia la sostiene la Química, que ha supuesto un transcendental salto desde la Alquimia de los siglos anteriores, y la Docimasia se incorpora a los estudios mismos a través de una Cátedra en la Dirección General de Minería.

Año 1.857

Metodología de la enseñanza

Hasta mediados del siglo XIX, la enseñanza es, en cierto modo, un conglomerado de conocimientos empíricos, científicos y experimentales. La Ley de Instrucción Pública, de 1857, que crea el Título de Ingeniero, es, además, el punto de partida de un concepto didáctico que se refleja en un Ordenamiento de los estudios y en los planes de tres cursos, inicialmente, y de cinco sólo dos años después.

Podría decirse que la estructura de estos Planes de Estudios que comprenden Ciencias básicas (Matemáticas, Mecánica, Química, Geometría Descriptiva) en los dos primeros cursos: Aplicadas (Mineralogía, Química Analítica, Construcción, Paleontología, Geología, Metalurgia y Máquinas) en los dos siguientes, y Especializadas (Laboreo de Minas, Metalurgia Especial, Geodesia, Derecho y Legislación Minera) en el último, se ha conservado en todas las carreras técnicas hasta nuestros días.

Año 1.890

La Electrotecnia

La Electrotecnia es, a finales del siglo XIX, la Técnica más avanzada que se une al desarrollo industrial. En el Plan de Estudios de 1890 se incorpora a la Enseñanza Minera, y entre 1891 y 1913 un destacado profesor, José María de Madariaga, coloca esta cátedra en el más alto lugar de la Ciencia Aplicada española.

Año 1.910

La Siderurgia, primera industria pesada

Las Metalurgias no férreas habían sido objetivo importante de la Ingeniería de Minas, desde la primera Escuela de Almadén, pero poco después de la iniciación de la producción de acero en Asturias (1901), la Escuela de madrid incorpora la Siderurgia al Plan de Estudios.

Al comenzar esta segunda década del siglo las enseñanzas se acompañan de otros elementos de investigación —Técnica Microscópica, Petrografía y Micrografía Mineral— posibles ya en los laboratorios que se crean en la nueva Casa (1896), que la Escuela dispuso y dispone en Madrid, edificio que decoraron los hermanos Zuloaga y proyectó el arquitecto Velázquez, joya de los monumentos madrileños.

Año 1.928

Refino del petróleo. Hidrogeología investigación geofísica

Aunque sólo destacamos materias que constituyen partida de transformación industrial de los recursos naturales, misión específica de los Ingenieros de Minas, de modo lógico, los alumnos han de instruirse en todos los fundamentos de la Ciencia Aplicada, como Concentración de Menas, Generadores y Motores y Resistencia de Materiales. Pero en 1928, aparecen en sus estudios nuevas directrices: los de Combustibles Líquidos, sólo dos meses después de pensarse en una Industria de Refino nacional; la Hidrogeología, sobre la cual, en 1926, se envía al Gobierno una comunicación en que se dice que «de esta Escuela proceden la mayoría de los geólogos españoles, a los que se debe en gran parte el alumbramiento de las aguas, que han convertido en fértiles grandes extensiones de nuestro suelo...»; «la Investigación Geofísica de Recursos Naturales, las técnicas de Organización del trabajo...».

Año 1.942

Física Nuclear y tecnología de materiales radioactivos

Después de años azarosos, en 1942, antes de la triste popularidad de la bomba atómica, los estudios sobre radiactividad, y muy poco después (1946) los de «Energía Nuclear», pasan a estudiarse en la Escuela, como base de un futuro desarrollo energético de uso pacífico.

Año 1.974

Cálculo numérico e Informática automática teledetección.

La incorporación de estas materias se realiza en 1974, en el Plan de 1964 ampliación a 6 años, y supone la previsión del futuro en el que se sustituirá gran parte del esfuerzo humano por el uso de ordenadores y técnicas científicas de aplicación directa.

Año 1.983

Reordenación y Coordinación de Enseñanzas

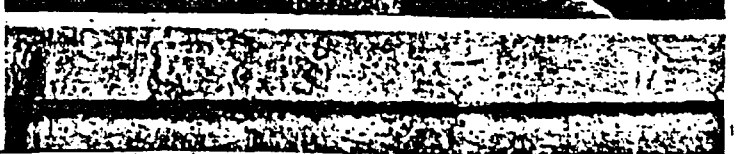
Como decíamos al comienzo, el Plan de Estudios de 1983 está basado en el principio de primacía de la formación sobre la información y tiene un carácter que permite la coordinación permanente de enseñanzas, mediante el análisis de objetivos de la carrera.

DIRECTORES DE LA ESCUELA

En concepto de Directores de Almadén.	
D. Enrique Cristóbal Storr	de 1777 a 1785
D. Juan Martín Hoppensack	de 1785 a 1792
D. Juan Federico Mayer	de 1792 a 1796
D. Manuel Angulo	de 1796 a 1799
D. Manuel Pérez Stala	de 1799 a 1802
D. Diego de Larrañaga	de 1802 a 1814
D. José de Larrañaga	de 1814 a 1816
D. Francisco de la Garza	de 1816 a 1826

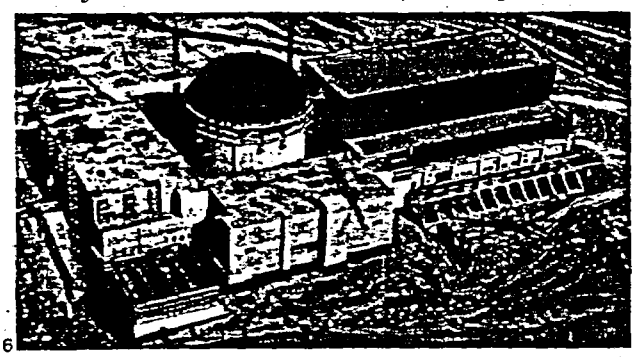
Como Directores Generales de Minas	
D. Fausto de Elhuyar	de 1826 a 1833
D. Timoteo Alvarez de Veriña	de 1833
D. Francisco Peñafiel	de 1833 a 1835
D. Rafael Cabanillas	de 1835 a 1849

Directores de la Escuela	
D. Rafael Cabanillas	de 1849 a 1853
D. Guillermo Schultz	de 1853 a 1857
D. Felipe Naranjo y Garza	de 1857 a 1869
D. Ramón Pellico y Paniagua	de 1860 a 1862
D. Policarpo Cia	de 1862 a 1864
D. José de Monasterio y Correa	de 1864 a 1874
D. Anselmo Sánchez y Tirado	de 1874 a 1879
D. Manuel Albeleira	de 1879
D. Andrés Pérez Moreno	de 1879 a 1882
D. Luis de Escosura	de 1882 a 1900
D. Ramón Pellico	de 1900 a 1903
D. Perfecto M. Clemencin	de 1903 a 1910
D. Pedro Palacios	de 1910 a 1912
D. José María de Madariaga	de 1912 a 1916
D. Claudio Guitián	de 1916 a 1920
D. Leopoldo Bárcena	de 1920 a 1921
D. Adriano Contreras	de 1921 a 1922
D. Eduardo Gullon	de 1922 a 1927
D. Antonio Marín Lanzo	de 1927 a 1929
D. Francisco Gómez Rojas	de 1929 a 1931
D. Manuel Abad	de 1931 a 1939
D. Miguel Langreo Contreras	de 1939 a 1949
D. Antonio Marín Hervás	de 1949 a 1954
D. Wenceslao Castillo Gómez	de 1954 a 1959
D. Pedro Arsuaga Dabán	de 1959 a 1961
D. Marcelo Jorissen Bracke	de 1961 a 1967
D. Juan J. Miraved del Valle	de 1967 a 1978
D. Emilio Llorente Gómez	de 1978 a 1984
D. Francisco Michavila Pitarch	de 1984 a



Las especialidades

El extraordinario desarrollo tecnológico en la primera mitad del siglo XX, sobre descubrimiento, explotación y transforma-



16

ción de recursos naturales, impone la especialización. Los estudios se ramifican en cuatro direcciones, que nacen de un mismo tronco de conceptos fundamentales:

17

18

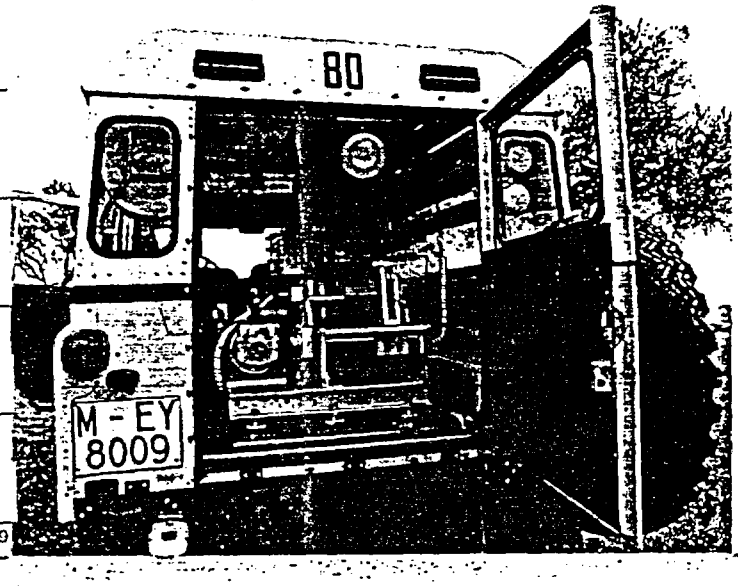
ENERGIA Y COMBUSTIBLES

GEOLOGIA Y GEOFISICA

LABOREO Y EXPLOSIVOS

METALURGIA Y MINERALURGIA

20



19

Y EN EL FUTURO...

Demostrado queda que un Plan de Estudios de Ingeniería de Minas no está fosilizado, a pesar de su antiguo origen. Tampoco debe ser una acumulación enciclopédica de conocimientos, sino una selección de conceptos que permita al Ingeniero hacer progresar sus técnicas y estar formado hacia nuevos objetivos.

En un mundo cambiante, el Ingeniero de Minas debe ser apto para el cambio y participar en él con actitud innovadora.

Plan de Estudios de 1983

PRIMER CURSO

	HORAS SEMANALES		
	T	P	Total
Algebra Lineal	4	1	5
Cálculo Infinitesimal	3,5	2	5,5
Física	3	2,5	5,5
Dibujo y Sistemas de Representación	3	1,5	4,5
Química	3	1,5	4,5
	16,5	8,5	25

SEGUNDO CURSO

	HORAS SEMANALES		
	T	P	Total
Ampliación de Matemáticas	4	1	5
Ampliación de Física	3	3	6
Química Física	3	1	4
Mecánica	2	2	4
Programación y Métodos de Cálculo	2	1	3
Inglés I	2	1	3
	16	9	25

TERCER CURSO

	HORAS SEMANALES		
	T	P	Total
Ampliación de Química	3	1	4
Mecánica de Fluidos	2	1	3
Teoría de Sistemas y Circuitos	2	2	4
Mineralogía I	1	1	2
Estadística Aplicada y Métodos Cuantitativos de Gestión	2	2	4
Geología	2	1	3
Economía General	2	0	2
Inglés II	2	1	3
	16	9	25

CUARTO CURSO
ESPECIALIDAD: LABOREO Y EXPLOSIVOS

	HORAS SEMANALES		
	T	P	Total
Tecnología de Explosivos	2	0	2
Construcción	2	2	4
Generadores y Motores Térmicos	2	1	3
Electrónica	1	1	2
Metalurgia Extractiva	3	1	4
Bases Geológicas de la Minería	3	2	5
Análisis Numérico	1	1	2
Inglés III	2	1	3
	16	9	25

Prácticas de Residencia (dos semanas)

CUARTO CURSO
ESPECIALIDAD: METALURGIA Y MINERALURGIA

	HORAS SEMANALES		
	T	P	Total
Tecnología de Combustibles y Transmisión del Calor	3	1	4
Construcción	2	2	4
Generadores y Motores Térmicos	2	1	3
Electrónica	1	1	2
Metalurgia Extractiva	3	1	4
Refractarios y Hornos Industriales	2	1	3
Análisis Numérico	1	1	2
Inglés III	2	1	3
	16	9	25

Prácticas de Residencia (dos semanas)

CUARTO CURSO
ESPECIALIDAD: ENERGIA Y COMBUSTIBLES

	HORAS SEMANALES		
	T	P	Total
Tecnología de Combustibles y Transmisión del Calor	3	1	4
Ingeniería Básica de los Equipos de Proceso	2	1	3
Construcción	2	2	4
Generadores y Motores Térmicos	2	1	3
Electrónica	1	1	2
Metalurgia Extractiva	3	1	4
Análisis Numérico	1	1	2
Inglés III	2	1	3
	16	9	25

Prácticas de Residencia (dos semanas)

CUARTO CURSO
ESPECIALIDAD: GEOLOGIA Y GEOFISICA

	HORAS SEMANALES		
	T	P	Total
Construcción	2	2	4
Electrónica	1	1	2
Metalurgia Extractiva	3	1	4
Estratigrafía y Paleontología	3	1	4
Geología Estructural	2	1	3
Mineralogía II y Petrología	2	1	3
Análisis Numérico	1	1	2
Inglés III	2	1	3
	16	9	25

Prácticas de Residencia (dos semanas)

QUINTO CURSO
ESPECIALIDAD: LABOREO Y EXPLOSIVOS

	HORAS SEMANALES		
	T	P	Total
Geotecnia y Mecánica de Suelos	2	1	3
Técnicas Mecánicas y de Mantenimiento	2	1	3
Sistemas Eléctricos de Potencia	2	1	3
Metalolecnia I	2	1	3
Laboreo de Minas	3	1	4
Mecánica de Rocas	2	1	3
Mineralurgia	2	1	3
Economía de la Empresa y Legislación	2	1	3
	17	8	25

Prácticas de Residencia (dos semanas)

QUINTO CURSO
ESPECIALIDAD: METALURGIA Y MINERALURGIA

	HORAS SEMANALES		
	T	P	Total
Técnicas Mecánicas y de Mantenimiento	2	1	3
Sistemas Eléctricos de Potencia	2	1	3
Siderurgia	3	1	4
Metalotecnia I	2	1	3
Energía Nuclear	1	1	2
Laboreo de Minas	3	1	4
Mineralurgia	2	1	3
Economía de la Empresa y Legislación	2	1	3
	17	8	25

Prácticas de Residencia (dos semanas)

QUINTO CURSO
ESPECIALIDAD: ENERGIA Y COMBUSTIBLES

	HORAS SEMANALES		
	T	P	Total
Petroquímica y Carboquímica	2	1	3
Refino, Transporte y Almacenamiento de Hidrocarburos	3	1	4
Técnicas Mecánicas y de Mantenimiento	2	1	3
Sistemas Eléctricos de Potencia	2	1	3
Metalotecnia I	2	1	3
Energía Nuclear	1	1	2
Laboreo de Minas	3	1	4
Economía de la Empresa y Legislación	2	1	3
	17	8	25

Prácticas de Residencia (dos semanas)

QUINTO CURSO
ESPECIALIDAD: GEOLOGIA Y GEOFISICA

	HORAS SEMANALES		
	T	P	Total
Métodos Matemáticos de la Geología	1	1	2
Geotecnia y Mecánica de Suelos	2	1	3
Geofísica	4	1	5
Geoquímica	1	1	2
Laboreo de Minas	3	1	4
Mecánica de Rocas	2	1	3
Mineralurgia	2	1	3
Economía de la Empresa y Legislación	2	1	3
	17	8	25

Prácticas de Residencia (dos semanas)

SEXTO CURSO
ESPECIALIDAD: LABOREO Y EXPLOSIVOS

	HORAS SEMANALES		
	T	P	Total
Ingeniería de Sistemas y Gestión de Proyectos	3	1	4
Topografía y Teledetección	3	1	4
Transporte y Almacenamiento de Sustancias Minerales	1	1	2
Ampliación de Laboreo de Minas	4	2	6
Plantas de Tratamiento Minerales	1	1	2
Ingeniería Ambiental y Seguridad e Higiene Industriales	1	1	2
Oganización y Dirección de Empresas	1	1	2
Sistemas de Información	1	1	2
	15	9	24

Prácticas de Residencia (cuatro semanas)

SEXTO CURSO
ESPECIALIDAD: METALURGIA Y MINERALURGIA

	HORAS SEMANALES		
	T	P	Total
Ingeniería de Sistemas y Gestión de Proyectos	3	1	4
Transporte y Almacenamiento de Sustancias Minerales	1	1	2
Metalurgia Extractiva II	3	2	5
Metalotecnia II	3	2	5
Plantas de Tratamiento Minerales	1	1	2
Ingeniería Ambiental y Seguridad e Higiene Industriales	1	1	2
Organización y Dirección Empresarial	1	1	2
Sistema de Información	1	1	2
	14	10	24

Prácticas de Residencia (cuatro semanas)

SEXTO CURSO
ESPECIALIDAD: ENERGIA Y COMBUSTIBLES

	HORAS SEMANALES		
	T	P	Total
Ingeniería de Sistemas y Gestión de Proyectos	3	1	4
Transporte y Almacenamiento de Sustancias Minerales	1	1	2
Automática	2	1	3
Centrales y Redes Eléctricas	3	1	4
Ingeniería Nuclear	3	2	5
Ingeniería Ambiental y Seguridad e Higiene Industriales	1	1	2
Organización y Dirección Empresas	1	1	2
Sistemas de Información	1	1	2
	15	9	24

Prácticas de Residencia (cuatro semanas)

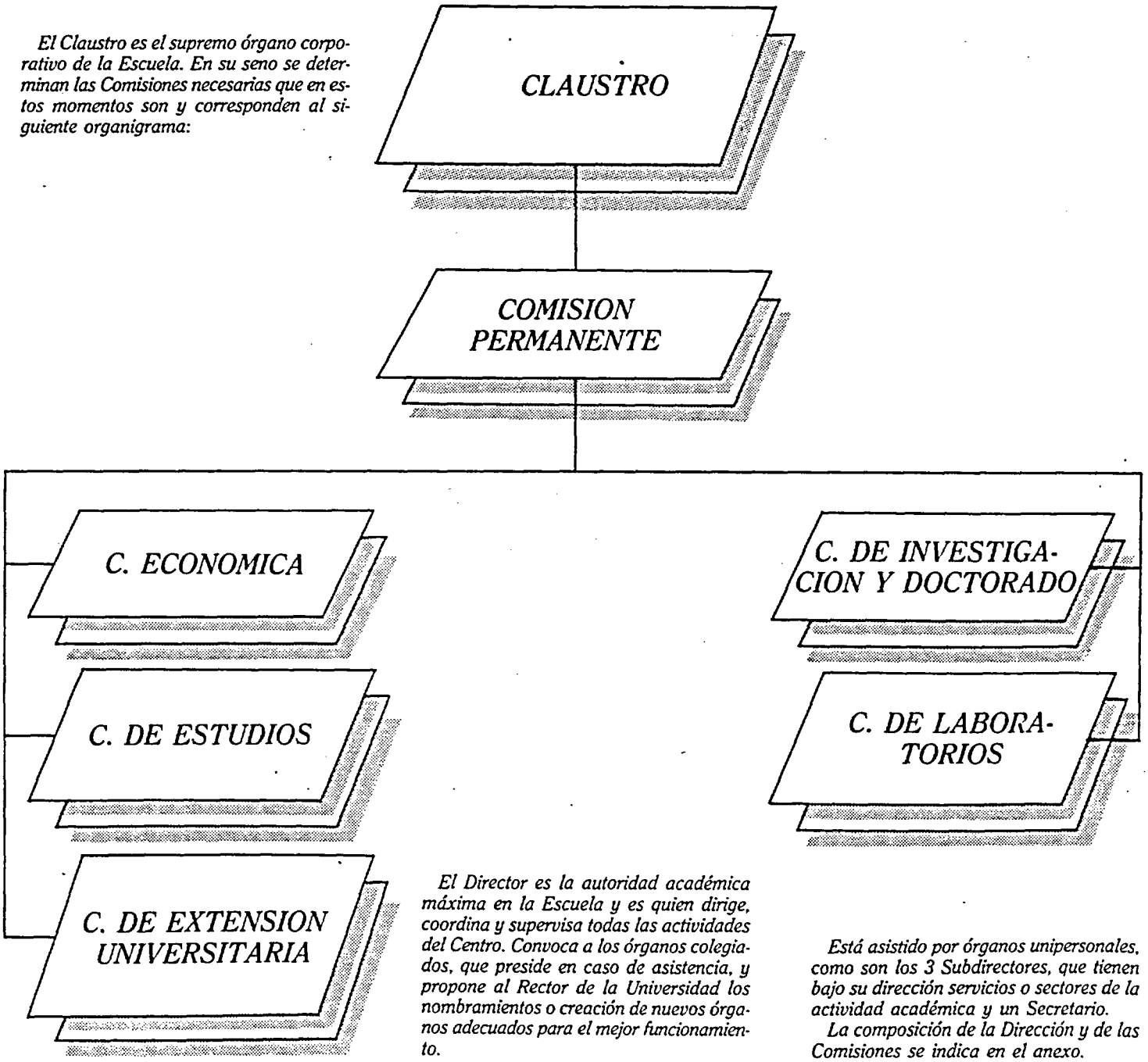
SEXTO CURSO
ESPECIALIDAD: GEOLOGIA Y GEOFISICA

	HORAS SEMANALES		
	T	P	Total
Ingeniería de Sistemas y Gestión de Proyectos	3	1	4
Topografía y Teledetección	3	1	4
Hidrogeología y Geotermia	2	1	3
Geología del Petróleo y del Carbón	1	1	2
Cartografía Geológica	1	1	2
Metalogenia e Inv. de Yacimientos	3	2	5
Ingeniería Ambiental y Seguridad e Higiene Industriales	1	1	2
Sistemas de Información	1	1	2
	15	9	24

Prácticas de Residencia (cuatro semanas)

ORGANOS DE GOBIERNO

El Claustro es el supremo órgano corporativo de la Escuela. En su seno se determinan las Comisiones necesarias que en estos momentos son y corresponden al siguiente organigrama:



El Director es la autoridad académica máxima en la Escuela y es quien dirige, coordina y supervisa todas las actividades del Centro. Convoca a los órganos colegiados, que preside en caso de asistencia, y propone al Rector de la Universidad los nombramientos o creación de nuevos órganos adecuados para el mejor funcionamiento.

Está asistido por órganos unipersonales, como son los 3 Subdirectores, que tienen bajo su dirección servicios o sectores de la actividad académica y un Secretario.

La composición de la Dirección y de las Comisiones se indica en el anexo.

LABORATORIOS Y TALLERES

La principal función de todos los laboratorios es la docencia y por esto la inquietud de dotarlos con los medios necesarios para su funcionamiento. Los aspectos prácticos para la formación del alumnado durante la carrera y los trabajos necesarios para la confección del proyecto fin de carrera son necesidades que tienen que atender para que el alumno consiga su grado con los conocimientos teórico-prácticos que deberá utilizar en el posterior ejercicio de su profesión.

Por otra parte, siendo la investigación una misión irrenunciable para la Universidad, debe contar con los medios materiales necesarios para su desarrollo. El tercer ciclo obliga al doctorando a realizar esta misión mediante una tesis doctoral. Contando con los equipos instalados y con el asesoramiento y dirección del profesorado se realizan en los laboratorios las experiencias que permiten culminar las tesis doctorales.

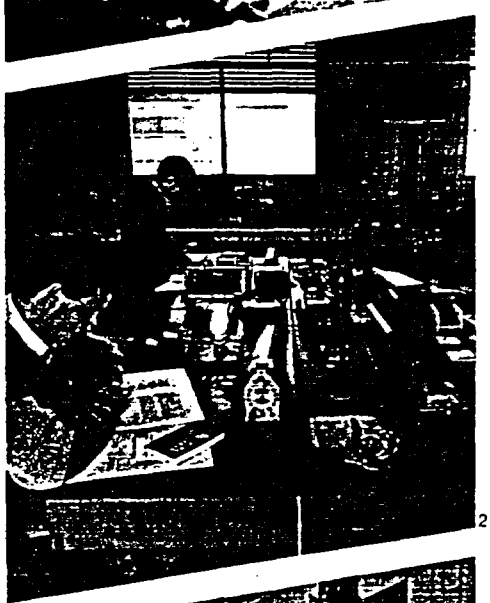
La Escuela está abierta a la Sociedad y al mundo de la Industria. Se siente dispuesta a abordar los problemas que se plantean y ofrece su colaboración a la Industria en las actividades que le son propias.

Laboratorio de Física

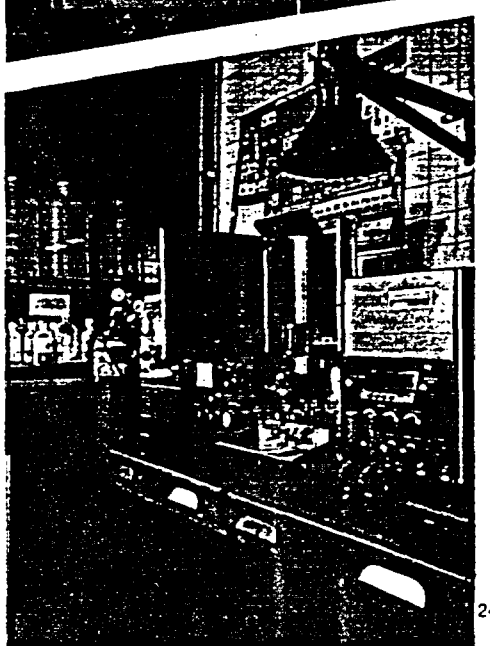
El Laboratorio de Física está dotado de dos salas de trabajo. En la primera de ellas los alumnos de primer curso efectúan medidas básicas de longitudes, masas, tiempos y temperaturas y realizan aplicaciones a la determinación de densidades, aceleraciones, momentos de inercia, constantes elásticas, calores específicos, calores de fusión, etc.

Los alumnos de segundo curso utilizan ambas salas. Estudian y aplican los fundamentos de las medidas físicas, con determinación de incertidumbres sistemáticas y aleatorias y ajustes de rectas de regresión. Miden magnitudes, interpretan resultados y comprueban leyes físicas referente a circuitos eléctricos de corriente continua, campo magnético terrestre, resistencias mediante puentes de hilo, circuitos resonantes serie, acoplamiento de capacitancias e impedancias, cédulas fotovoltáicas, polarimetría, espectrometría de red, etc. Simultáneamente, varios equipos de alumnos realizan prácticas especiales no regladas, consistentes en trabajos de iniciación a la investigación que les exigen la búsqueda de fuentes bibliográficas, la construcción e instalación de dispositivos experimentales y la crítica de los resultados concretos obtenidos.

22



23



24

El Laboratorio está acondicionado también para realizar los trabajos experimentales de los Proyectos Fin de Carrera, Tesis Doctorales dirigidas por el Departamento de Física, así como los trabajos de investigación del Departamento, tanto los realizados por iniciativa propia como los que se solicitan por otros Departamentos o por Entidades externas a la Universidad.

Entre los equipos experimentales se pueden citar entre otros los destinados a medidas de color de superficies, coeficiente de dilatación lineal, grado de pulido de superficies, etc.

Las líneas principales de investigación de los miembros del Departamento son: Caracterización y normalización del estado superficial desde el punto de vista óptico y del coeficiente de dilatación de rocas ornamentales, cambios estructurales en redes cristalinas, holografía y tribología.

Laboratorio de Ampliación de Química y Análisis

En este Laboratorio se realizan actividades docentes, de investigación y de análisis químico industrial.

Las prácticas docentes están íntimamente coordinadas con las clases teóricas, teniendo como objetivo básico que los conceptos más importantes sean asimilados de forma razonada y con la mayor profundidad posible.

La labor de investigación está dirigida hacia la realización de tesis doctorales, concrección de técnicas analíticas y proyectos fin de carrera, básicamente de Petroquímica.

En el aspecto industrial se dedica especial atención a los problemas minero-energéticos, colaborando con diversas entidades oficiales y privadas en la realización de varios proyectos.

- *Geoquímica del petróleo y carbón.*
- *Geoquímica de pizarras bituminosas.*
- *Fermentación anaeróbica.*
- *Contaminación industrial.*

Este Laboratorio cuenta con material bastante completo para tratamiento de combustibles líquidos y sólidos. Además de las técnicas clásicas de análisis, dispone de

modernos aparatos de Absorción Atómica. Espectrofotometría y Cromatografía de gases.

Dibujo y Sistemas de Representación

Está dotado con los elementos necesarios para las prácticas normales y aparatos especiales tales como perspectógrafos.

Asimismo dispone del archivo de los proyectos de Fin de Carrera, al ocuparse el Departamento de la Oficina Técnica.

Laboratorio de Química Física

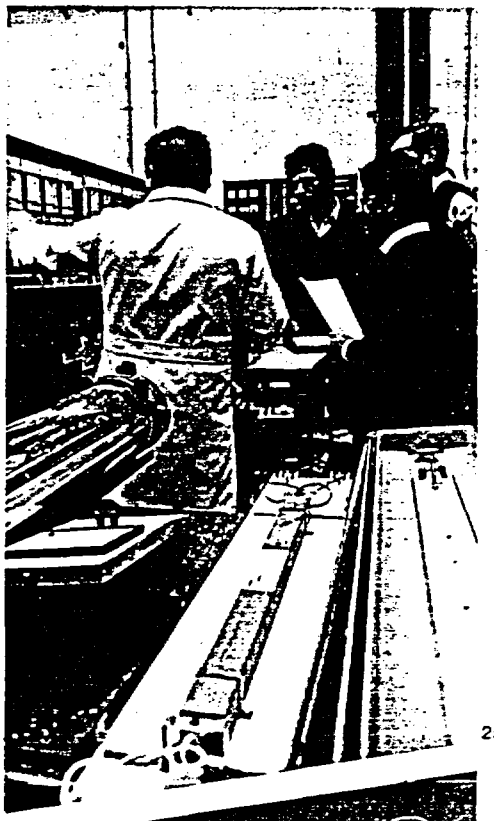
Este laboratorio se dedica a las prácticas docentes de Química (1.er Curso) y Química Física (2.º Curso) y a la ejecución de trabajos de investigación.

El material para fines docentes se utiliza en el desarrollo normal de las prácticas de los cursos mencionados. La dotación actual permite montar prácticas individuales, en número suficiente, sobre los siguientes temas: Crioscopía, medida de la tensión superficial por método del capilar y del anillo, determinación de calores de disolución por el método de las solubilidades, constantes de equilibrio de reacciones homogéneas, diagramas de equilibrio de sistemas ternarios, polarimetría, refractometría, adsorción de solutos por sólidos, potenciometría, determinación de conductividades, cálculo de viscosidades por el método de Ostwald, etc...

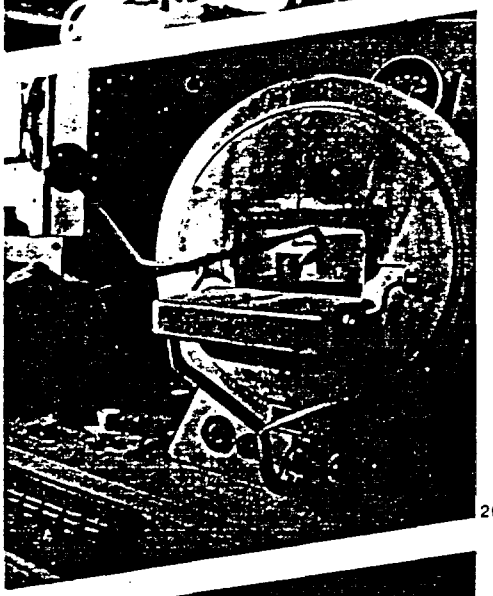
Con el material para trabajos de investigación se pueden efectuar trabajos de polarografía, potenciometría, medidas de conductividades, espectrofotometría y estudios de cinética de las reacciones químicas. Por otra parte, se ha iniciado la realización de proyectos sobre temas energéticos.

Laboratorio de Electrotecnia, Electrónica y Automática

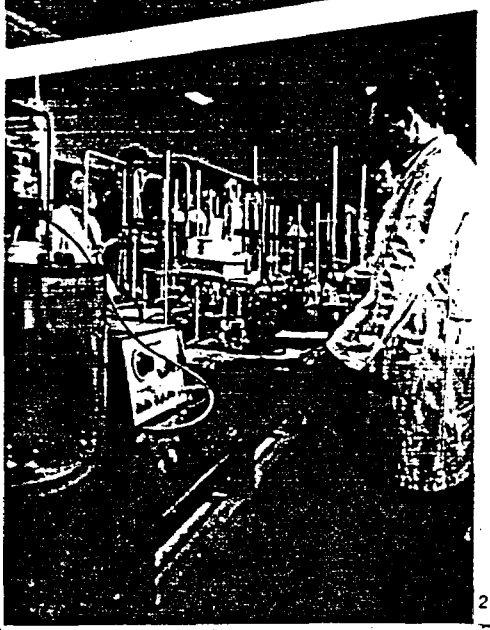
Estos Laboratorios están dotados tanto con los equipos que a lo largo de más de 50 años ha ido proveyendo el Ministerio de Educación y Ciencia como con el equipamiento del Laboratorio Oficial José María Madariaga para Ensayos e Investigaciones de Material Eléctrico para Ambientes Explosivos, LOM, a que se hace referencia en la página 19 cuyo uso por los alumnos y doctorandos está explícitamente reconocido por el Reglamento Oficial del propio Laboratorio.



25



26



27

Así pues, las prácticas docentes de los alumnos de segundo ciclo [Teoría de Sistemas y Circuitos, Sistemas de Potencia, Electrónica de Control y Automática] como las asociadas a las tareas investigadoras del tercer ciclo (Tesis Doctorales) se desarrollan contando con esta importante infraestructura instalada en el edificio de la Escuela, propiamente dicha, y en gabinetes cedidos por la Fundación Benéfico Docente Gómez-Pardo.

Los equipos incluyen Electrometría e Instrumentación tanto convencional como Electrónica y asistida por Ordenador, Simuladores Analógicos y Digitales, Registradores de transitorios digitalizados, Máquinas rotativas, Transformadores, Rectificadores, Sistemas diversos de microprocesadores y miniordenadores de Control de Proceso, etc., además de los equipos específicos de Ensayo e Investigación del LOM citados en dicha página 19.

El Laboratorio está asociado al IUCA (Instituto Universitario de Control Automático) y desarrolla investigaciones en el campo de la Automática avanzada en Minería.

Laboratorio de Tecnología de Combustibles

Se desarrollan en este Laboratorio tanto misiones de carácter docente como de investigación, estando dotado de los materiales y elementos precisos para efectuar pruebas sobre carbones, para determinación de humedad, cenizas, materias volátiles, hinchamiento al crisol, poder calorífico superior y determinación de azufre.

Sobre combustibles líquidos pueden efectuarse gran número de ensayos, tales como contenido de agua, fraccionamiento atmosférico, puntos de inflamación, punto de anilina, residuo de carbono Conrabson, índices de acidez, etc.

Se pueden efectuar también pruebas sobre gases, mediante cromatografía y espectrofotometría infrarroja.

Los elementos de que dispone este Laboratorio permiten efectuar en él las prácticas correspondientes a los Cursos de Química y Tecnología del Petróleo.

Laboratorio de Concentración de Menas

En él se realizan las prácticas docentes de Cuarto Curso y la preparación del proyecto de Planta de Tratamiento de Sexto Curso.

Realiza ensayos industriales de preparación y concentración, curvas granulométri-

cas, liberación de complejos, trituración y molienda, clasificación ciclonados, concentraciones gravimétricas en cribas hidráulicas, mesa de sacudida, líquido denso, concentración magnética en húmedo y en seco y ensayos de flotación.

Están en vías de instalación, los ensayos físicos de superficie, determinación de potenciales eléctricos de las mismas, que permitirán ampliar la investigación sobre la flotación, sobre la cual se han realizado estudios de flotación de carbón y desarrollo de nuevos reactivos para este proceso.

Laboratorio de Mineralogía y Petrografía

Este Laboratorio consta de tres partes fundamentales, dedicadas a Petrología, Mineralogía y Análisis Instrumental.

Posibilidades de Trabajo:

—Análisis de rocas al microscopio. Determinación óptica de minerales; análisis petrográfcos; guías litológicas en la prospección de minerales.

— Estudios de Menas al microscopio. Identificación de especies transparentes y opacas: granulometría y textura; guías mineralógicas y texturas en la prospección.

— Determinación de minerales por difracción de Rayos X.

— Análisis de trazas por espectrografía ultravioleta.

— Análisis elemental cualitativo y cuantitativo de metales y aleaciones por Rayos X.

Laboratorio de Resistencia de Materiales

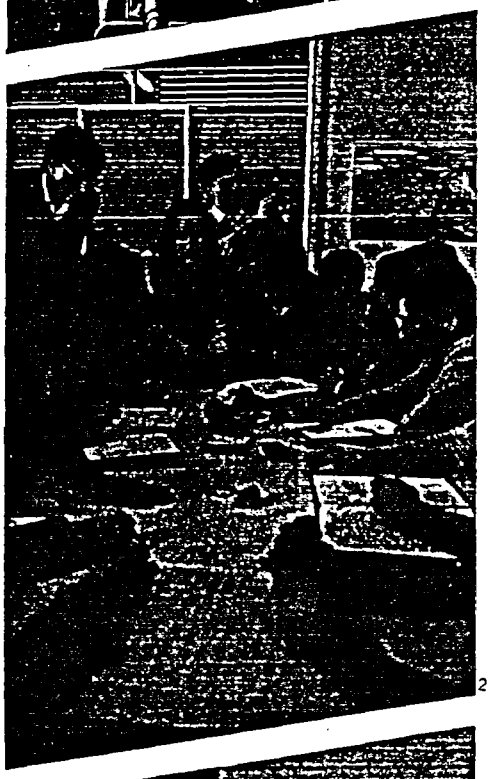
Finalidad principal de este Laboratorio es el estudio y experimentación de materiales y la realización de prácticas para los alumnos.

En él se realizan ensayos normalizados que permiten determinar las características físicas y químicas de los cementos y hormigones y determinación del comportamiento del suelo desde el punto de vista geotécnico y de construcción.

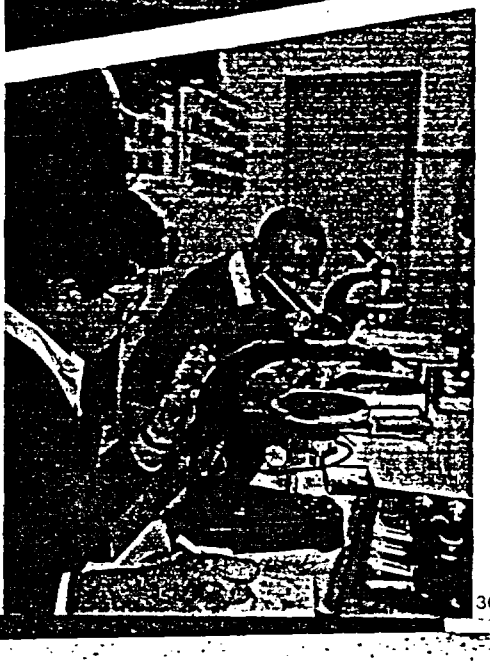
Se puede conocer las determinaciones de fraguado, densidades, superficie específica, expansión y resistencia a compresión y flexo-tracción de los cementos.

En cuanto a Geotecnia y Mecánica del Suelo, se pueden realizar ensayos de compresión simple, de resistencia al corte directo, triaxial, edométricos, límites de Atterberg, C.B.R., equivalente de arena, materia orgánica, carbones, sulfatos, desgastes por abrasión y por rozamiento Los Angeles entre otros varios.

28



29



30

Laboratorio de Energía Nuclear

En sus instalaciones se pueden realizar estudios de minerales radiactivos al microscopio.

Existe equipo cambiador automático de muestras, equipos radiométricos y detectores portátiles de radioactividad.

Este Laboratorio trabaja en colaboración con distintos organismos, traduciéndose esta colaboración en proyectos fin de carrera.

Laboratorio de Topografía y Geodesia

El gabinete está dotado de aparatos antiguos y modernos de Topografía y Astrogeodesia y de estereoscopios de bolsillo y espejos para Fotogrametría. Durante el curso 84/85 se le dotó de un distanciómetro de onda portadora infrarroja y alcance intermedio para levantamiento topográfico de puntos y replanteos por medición electromagnética de distancias. La carencia de instrumental de restitución tanto analógico como analítico se palía en lo posible con demostraciones de las casas importadoras y visitas a empresas dotadas con estos equipos.

Se dispone también ya de una gran experiencia tanto docente como de ejecución en el planteamiento y explotación de misiones de teledetección multiespectral, especialmente aeroportadas.

Laboratorio de Metalografía y Polvometalotecnia

Este Laboratorio consta de varias secciones, dotadas con instrumentación adecuada para el desarrollo de clases prácticas, investigación e informes para la industria sobre las causas de fallo en servicio de metales y aleaciones.

El estudio fotomicrográfico de metales y aleacciones se realiza en la sección de Metalografía así como la preparación de probetas, pulido electrolítico, área de resinas fotosensibles, microscopía óptica y fotografía.

En la sección de Tratamientos Térmicos pueden efectuarse, a escala de laboratorio, tratamientos de tipo industrial con enfriamiento continuo o enfriamiento isotérmico y los ensayos complementarios: Jominy, determinación de puntos críticos, etc.

En la sección de Ensayos no destructivos se dispone de equipo de ultrasonidos y de radiografía industrial.

Finalmente en la sección de Polvometalotecnia se efectúan toda clase de ensayos e informes sobre producción de polvos, tamaño, fluencia, densidad, molturación, prensado sinterizado y estructuras de productos obtenidos por Polvometalotecnia.

Laboratorio de Metalurgia y Siderurgia

Dispone de maquetas de hornos e instalaciones de la Industria Metalúrgica en un local donde pueden ser examinados y estudiados por los alumnos.

En fase de realización se encuentra la instalación de un Laboratorio de Refractarios. Para su ubicación se dispone de un local en proceso de acondicionamiento.

Este laboratorio servirá para prácticas docentes y para control de productos refractarios e investigación en colaboración con la Industria.

Laboratorio de Paleontología y Estratigrafía

El Laboratorio dispone de una amplia biblioteca de consulta para temas geológicos en general y particularmente para las disciplinas de Estratigrafía, Paleontología y Geología del Petróleo. Así mismo posee diversas colecciones de fósiles y de rocas sedimentarias, para el uso de los alumnos en las clases prácticas.

También posee el material técnico necesario para realizar estudios estratigráficos, paleontológicos y de cartografía geológica, necesarios en cualquier investigación de esta rama del conocimiento, que sirven de apoyo al desarrollo de Tesis doctorales. Este tipo de estudios se pueden realizar igualmente para cualquier otra investigación solicitada tanto por la empresa privada como pública.

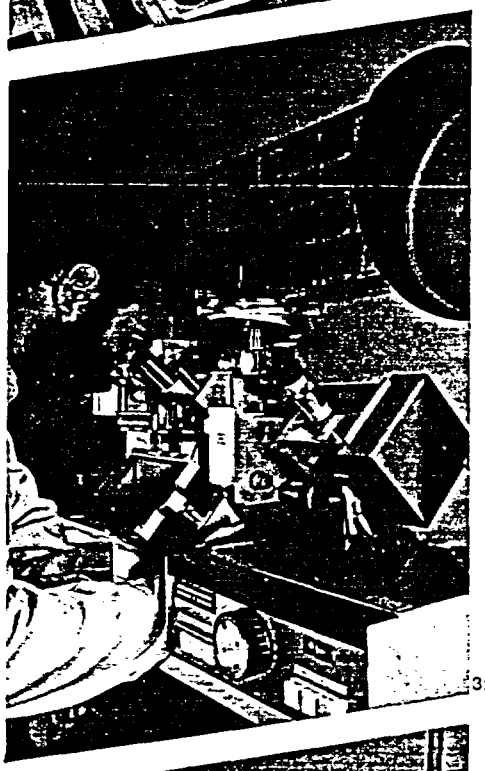
Laboratorio de Geología

El Laboratorio de Geología de la Escuela se compone de varios departamentos: Biblioteca, Sección de Campamentos y Laboratorio.

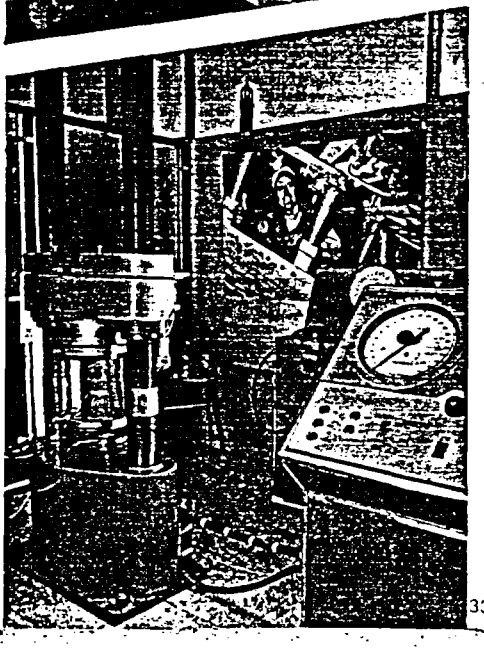
Estas instalaciones permiten la realización de todos los trabajos prácticos correspondientes a las enseñanzas de la Cátedra.

La formación de Geología de Campo están atendida a nivel de graduados por la actividad aneja a la cátedra «Campamentos para Prácticas de Geología», que recibe graduados y postgraduados de cualquier centro superior del país y también del extranjero.

31



32



33

La formación práctica para postgraduados está cubierta por los «Grupos de Trabajo afectos a la Cátedra de Geología» que realiza estudios por encargo, y preparan postgraduados en formación práctica intensiva.

Laboratorio de Laboreo de Minas

Comprende cuatro secciones, además de la Biblioteca Especializada:

Sección Tecnológica.—*Cuenta con una Mina Experimental con labores de diversos tipos reproducidas a escala normal y con máquinas y herramientas para analizar todos los trabajos mineros.*

Aerología.—*Además de todos los aparatos necesarios para detectar gases y polvos, medir presiones, velocidades, etc., la Mina Experimental dispone de un ventilador regulable con circuitos para el estudio de toda clase de problemas. Se dispone también de equipos de salvamento para trabajar en dicha mina en condiciones normales.*

Mecánica de las rocas.—*Tres prensas triaxiales de alta presión (200, 50 y 10 Toneladas) con todo su equipo de amplificadores y controles y todos los aparatos para medidas en el Laboreo y la mina para determinación de tensiones en taludes y huecos en roca. Sección de ensayos de perforabilidad, con sistema CERCHAR y JOY. Máquinas de ensayo de corte, compresión puntual y de rebote.*

Explotación.—*Con independencia de las prácticas en la Mina Experimental se dispone de juegos de maquetas para el estudio de los métodos.*

Laboratorio de Geofísica Aplicada

El Laboratorio de Geofísica Aplicada se compone de dos secciones:

1) Biblioteca y Banco de Datos Geofísicos.

2) Grupo de Trabajo e Investigación.

En la primera se cuenta con una Biblioteca bastante completa de Geofísica Aplicada que incluye datos geofísicos y programas de ordenador.

Con el fin de estar al día en los últimos avances de la especialidad, así como para

que los alumnos puedan realizar los proyectos de fin de carrera y tesis doctorales, el Laboratorio cuenta con un grupo de trabajo compuesto por alumnos del último curso, así como ingenieros recién graduados, y de algunos especialistas adscritos íntegramente al Laboratorio.

El Laboratorio realiza trabajos de investigación y asesoramiento a Organismos y Empresas en la realización de proyectos, en los que se están utilizando las últimas tecnologías.

Se dispone de los elementos necesarios para la realización de proyectos de trabajo e investigación en los campos de la:

- *Gravimetría.*
- *Magnetometría.*
- *Geoelectricidad.*
- *Sísmica de refracción y reflexión.*
- *Testificación geofísica.*

Laboratorio de Tecnología Mecánica y Transportes

Dispone de un Taller preparado para la realización de trabajos de mecanización y ajuste de piezas, así como de soldadura eléctrica por arco y oxicorte. Este Taller está previsto tanto para prácticas de los alumnos como Taller auxiliar para el entretenimiento de otros Laboratorios de la Escuela.

Dispone asimismo la Cátedra de una Biblioteca muy completa sobre Tecnología Mecánica y transportes industriales en general, pudiendo realizar su equipo estudios analíticos de planteamiento y de desarrollo sobre temas relacionados tanto con la Tecnología Mecánica como con los sistemas de Transporte y almacenamiento de graneles sólidos.

Laboratorio de Metalogenia

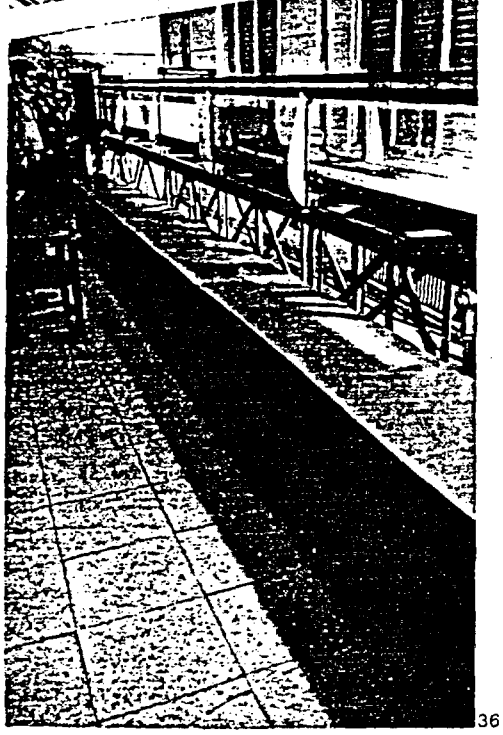
En él se pueden efectuar estudios microscópicos de láminas delgadas y probetas pulidas con el fin de establecer la clasificación de las minas, las paragenesis minerales que contienen, la génesis respectiva y en el caso de probetas pulidas la molienda que debe efectuarse con vistas a la concentración de los distintos minerales útiles.

Se dispone de fotómetro multiplicador y durímetro para determinar la reflectividad y microdureza de los distintos minerales opacos.

Se pueden realizar pruebas microquímicas para determinar los distintos elementos metálicos y no metálicos que componen una especie mineral.

34

35



36

Laboratorio de Hidráulica

El material de este Laboratorio está formado por los siguientes equipos:

- *Un equipo de ensayos de bombas centrífugas.*
- *Un equipo de ensayo de turbina Francis.*
- *Un canal hidráulico de ensayo.*
- *Un tanque de permeabilidad.*

Laboratorio de Cálculo Numérico e Informática

Este laboratorio, el de creación más reciente entre los de la Escuela, está destinado a la docencia e investigación de los métodos numéricos e informáticos propios de la ingeniería.

DOCENCIA:

A) Primero y segundo ciclo

Se imparten las siguientes asignaturas:

- *Programación y métodos de cálculo (2.º Curso)*
- *Análisis numérico (4.º Curso)*
- *Sistemas de información (6.º Curso)*

La metodología de enseñanza utilizada para ello pretende que el alumno adquiera los conocimientos por medio de actividades teórico-prácticas, contínuas a lo largo del curso: asistencia a clase, prácticas de informática, desarrollo de algoritmos numéricos en el ordenador, lectura de bibliografía avanzada, asistencia a seminarios en temas afines, etc. y en consecuencia, la evaluación de los conocimientos adquiridos también se hace de forma continua, quitando importancia al examen final.

B) Tercer ciclo

Se imparten tres cursos al año sobre temas relacionados a la actividad investigadora que se desarrolla. Los títulos se definen cada año.

INVESTIGACION:

Se llevan las siguientes líneas de investigación:

- *Modelización y gestión óptima de las reservas de agua subterránea.*
- *Modelización del comportamiento del flujo de petróleo en medio poroso.*
- *Resolución del problema de Stefan de dos fases.*
- *Modelización de grietas.*
- *Desarrollo de un sistema de gestión de bases de datos.*
- *Desarrollo de algoritmos.*
- *Desarrollo de compatibilidad entre equipos informáticos.*
- *Desarrollo del Software óptimo para*

aplicación del método de elementos finitos.

Para el desarrollo de estas líneas de investigación el laboratorio tiene establecidos acuerdos de colaboración científica con los siguientes institutos y sociedades:

— Instituto Geológico y Minero de España.

— Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA).

— Club Modulef.

— Club SAP.

— Otros centros universitarios españoles.

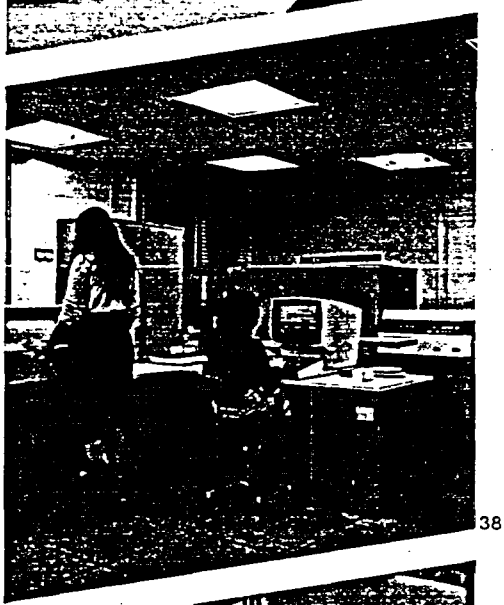
LABORATORIOS OFICIALES DE CARACTER INTERMINISTERIAL

Laboratorio Oficial J. M. Madariaga, para ensayos e investigaciones de material eléctrico para ambientes explosivos

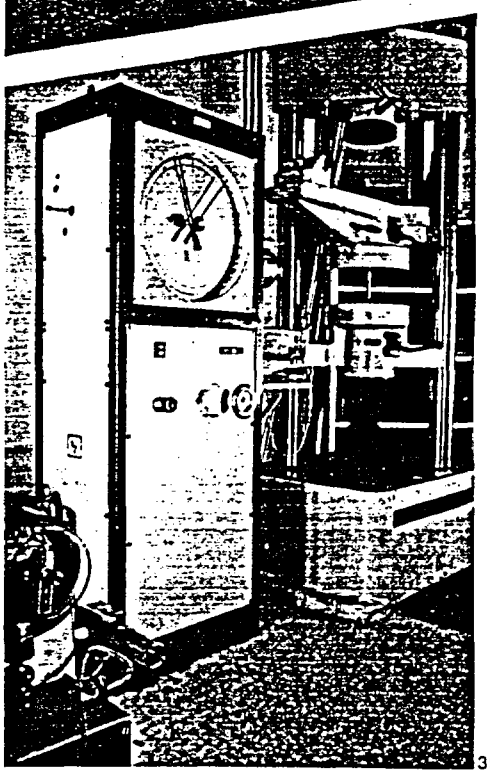
El Laboratorio Oficial «José María de Madariaga», fue creado en 1979 por Orden de la Presidencia de Gobierno. Su tarea principal es extender los certificados de conformidad a Norma que los Reglamentos en vigor exigen a los equipos mineros para su homologación por la Dirección General de Minas, a través de la Comisión del Grisú y Seguridad Minera en aplicación del Reglamento de Policía Minera, y a los materiales eléctricos que han de utilizarse en atmósferas explosivas tanto en minería como en superficie (industrias química y petroquímica, transporte, manipulación y uso de hidrocarburos, fábricas de explosivos, alcoholeras, etc.) de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, MIBT 026 y MIBT 044.

Entre las misiones del Laboratorio están certificar la conformidad a Normas UNE, o en ausencia de éstas a Normas EN (Europeas) o CEI e ISO (Supranacionales), de materiales eléctricos para atmósferas explosivas; informar acerca de su adecuación a Reglamentos nacionales; verificaciones o comprobación de aparatos; prácticas de docencia e investigaciones sobre el tema de su especialidad (pág. 15).

37



38



39

El Laboratorio está regido por un Comité Directivo que, presidido por el Director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid, está constituído por representantes del Ministerio de Educación, del Ministerio de Industria y Energía (Direcciones Generales de Minas, de Energía, de Innovación Industrial y Tecnología, de Industria Química y de Electrónica e Informática), del Ministerio de Trabajo (Servicio Social de Higiene y Seguridad), así como de ASINEL (Asociación de Investigación de la Industria Eléctrica) y de AITEMIN (Asociación de Investigación Tecnológica de Equipos Mineros).

El Laboratorio interviene activamente en las reuniones de los Grupos 31 (Atmósferas Explosivas) de la CEI (Comisión Electrotécnica Internacional), CENELEC (Comisión Europea de Normalización Eléctrica), Organo Permanente para la Seguridad y Salubridad en las Minas de la CCE (Comisión de Comunidades Europeas) e ILAC (Conferencia Internacional de Acreditación de Laboratorios).

Mantiene asimismo relaciones activas con sus laboratorios homologados de la CEE: CERCHAR (Francia), BVS (Alemania), BASEEFA y SMRE (Gran Bretaña) y CESI (Italia).

Laboratorio Oficial para Ensayo de Materiales de Construcción

Este Laboratorio se creó en virtud de la orden Ministerial de 24 de diciembre de 1980, de la Presidencia de Gobierno, atendiendo a la experiencia obtenida en la colaboración entre los Ministerios de Educación y Ciencia y de Industria y Energía, con objeto de que al tiempo que se realizan ensayos e investigaciones exigidos por el Ministerio de Industria y Energía, en cuanto a calidad y normalización, se impartan enseñanzas prácticas a los alumnos.

Cuenta con un Reglamento en el que se estructuran y describen las misiones específicas y los Organos de Gobierno por los que está regido, consistentes en un Comité de Dirección, una Comisión Ejecutiva y un Director. El Presidente del Comité de Dirección es el Director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, el Vicepresidente lo es el Subdirector General de Industrias de la Construcción, constando además de 16 Vocales y un Secretario.

LA FUNDACION GOMEZ-PARDO

Es una institución privada, sin fines lucrativos, destinada a la educación, la investigación técnica y actividades culturales, adscrita a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, cuyo Director es el Patrono único de la Fundación.

La Fundación Gómez-Pardo fue constituida en 1875, de acuerdo con las disposiciones testamentarias de D. José Gómez-Pardo y Euseniat, en memoria de su hermano D. Lorenzo, primer Profesor de Metalurgia de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid. Fue clasificada como benéfico-docentes en 1915 y, de acuerdo con el vigente reglamento de Fundaciones Culturales Privadas, goza del protectorado del Ministerio de Educación y Ciencia, al que rinde anualmente cuenta de sus actividades.

Su carácter privado le confiere una gran agilidad de gestión y le permite promover y organizar actuaciones con la rapidez y la potencia que en cada caso se requieren, sin las limitaciones que serían inevitables en un marco exclusivamente administrativo. La Fundación se desenvuelve en estrecha colaboración con las Escuelas de Minas de España, a las que viene a complementar en algunos aspectos.

Se rige por unos estatutos que fueron puestos al día en 1974 en los que se detallan sus fines y objetivos, su estructura, gobierno y relaciones. Está adherida al Centro de Fundaciones, en cuya junta directiva está representada y en el que colabora asiduamente con las fundaciones más activas y dinámicas de España. 3F

Los fines de la Fundación son los siguientes:

1. Establecer laboratorios en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, en los que se realicen investigaciones, estudios y ensayos para las industrias mineras, metalúrgicas, de energía y anexas, y se promueva la enseñanza de sus técnicas.

2. Instituir y discernir premios para galardonar trabajos en pro de las industrias mencionadas.

3. Fomentar el progreso técnico, desarrollar la investigación y colaborar en la capacitación profesional de los ingenieros y de los alumnos de las Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros de Minas de España.

4. Otorgar becas a postgraduados y estudiantes para la ejecución de trabajos de investigación técnica en las ramas antes mencionadas.

5. Prestar servicios de asistencia social y cultural a los estudiantes, especialmente a los que sean alumnos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

La estructura actual de la Fundación consta de los siguientes componentes:

1. Laboratorio de Análisis Químico Industrial, denominado «Gómez-Pardo».

2. Departamento de Formación Permanente.

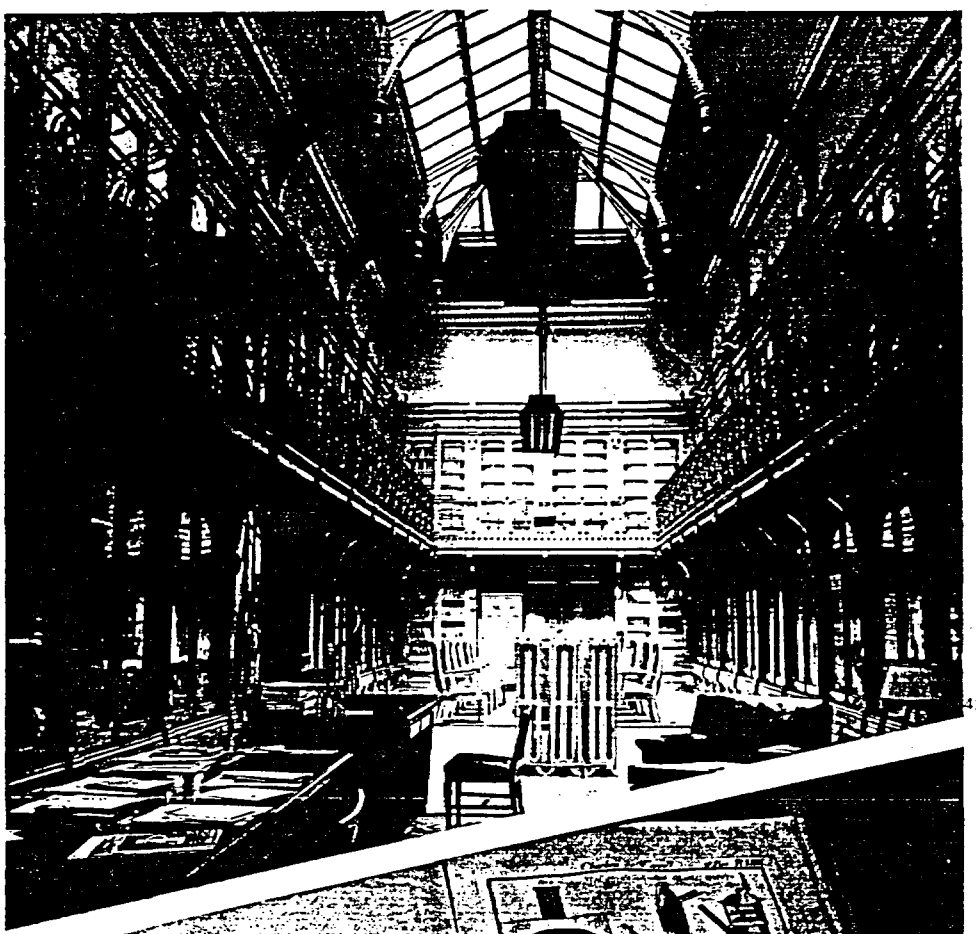
3. Instituto de la Energía.

4. Servicio de Publicaciones.

5. Residencia Universitaria «Gómez-Pardo» de estudiantes y postgraduados.

6. Administración y Servicios generales.

Su gobierno se realiza a través de órganos unipersonales y colegiados, que velan por el cumplimiento, en su máxima amplitud, de los fines del Legado, para de esta forma constituir un poderoso auxiliar de las Escuelas de Minas de España en su triple labor de formar y especializar Ingenieros y Doctores, realizar trabajos de investigación y asegurar la formación permanente de los ya titulados.



42

BIBLIOTECA

Situada en un ala de la primera planta del edificio artístico, consta de una sala central que se comunica con otras dos adyacentes situadas bajo los torreones del edificio, además de salas de servicios. La amplia sala central está realzada por una galería artística en todo su contorno.

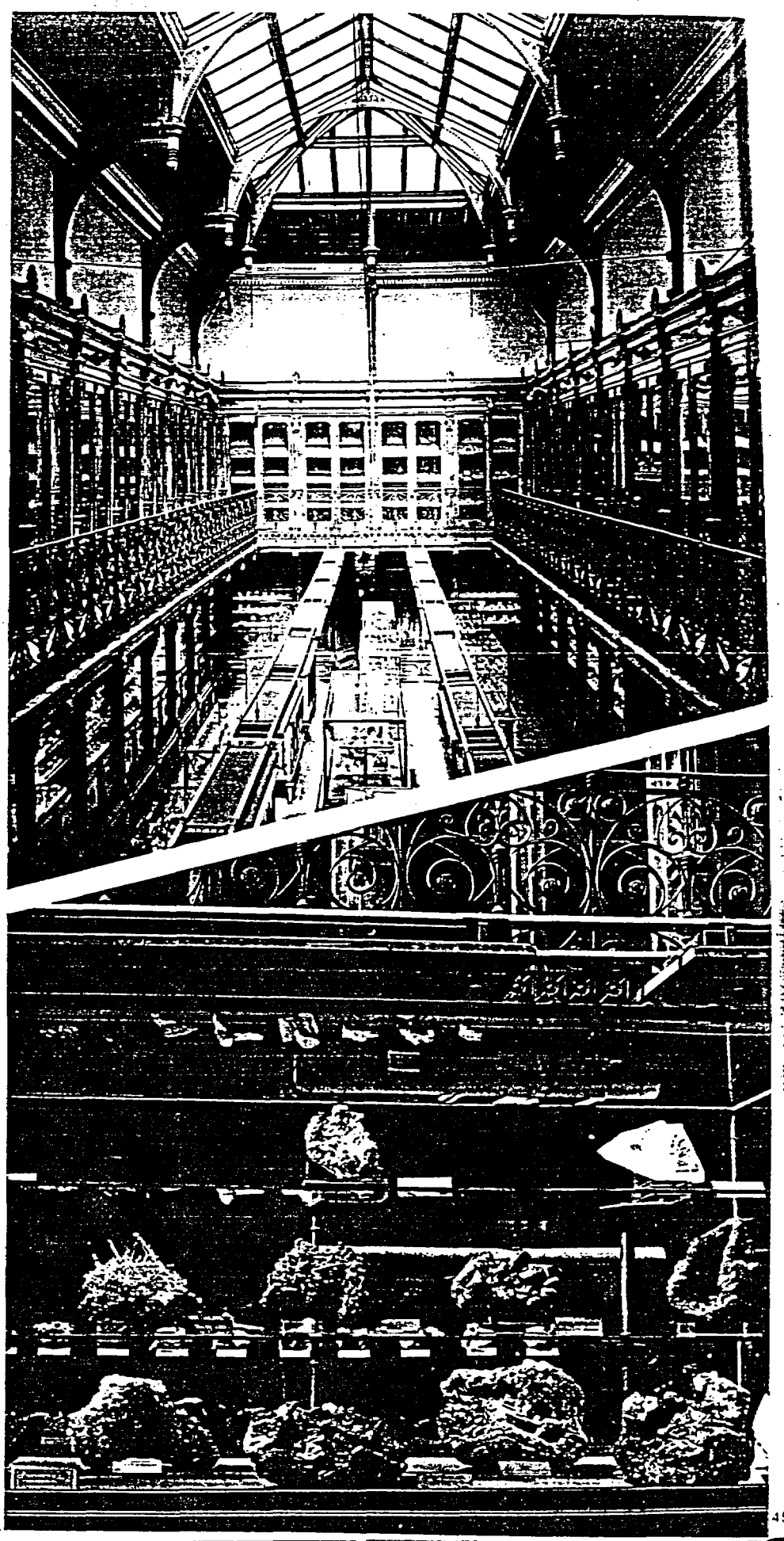
La importancia de esta Biblioteca no está sólo en la cantidad de su fondo bibliográfico, sino también en la relevancia de algunos de sus ejemplares.

Esos fondos alcanzan los 46.672 volúmenes, y gran parte de ellos son de los siglos XVIII y XIX. Algunos ejemplares notables son: La «Botánica», de Lineo (8 volúmenes), editada en Madrid por Real, el año 1784; la «Historia Natural», de Plinio (12 volúmenes), editada en París por Desaint, el año 1771; «El Origen de las Especies», de Darwin, editada en París por Guillaumin, el año 1866; «El Examen Crítico sobre la Fermentación», de Pasteur, editada por Gautier-Villars en París, el año 1879, y muchos más de notable valor bibliográfico. La Biblioteca atesora también manuscritos de gran valor como «Theoretischen Chemie», de W.P.L. Schulz, por citar un ejemplo.

Las publicaciones recientes, libros y revistas, están básicamente ubicadas en los departamentos correspondientes de la Escuela, para una mejor operatividad, pero la catalogación y control está centralizada en la Biblioteca.

43

MUSEO DE MINERALES Y FOSILES



El Museo está ubicado en la primera planta del edificio, en el ala simétrica a la de la Biblioteca. Su sala principal es de planta rectangular (con galería superior) y está comunicada con dos alas de planta cuadrada. Las tres salas tienen la misma belleza arquitectónica que la Biblioteca.

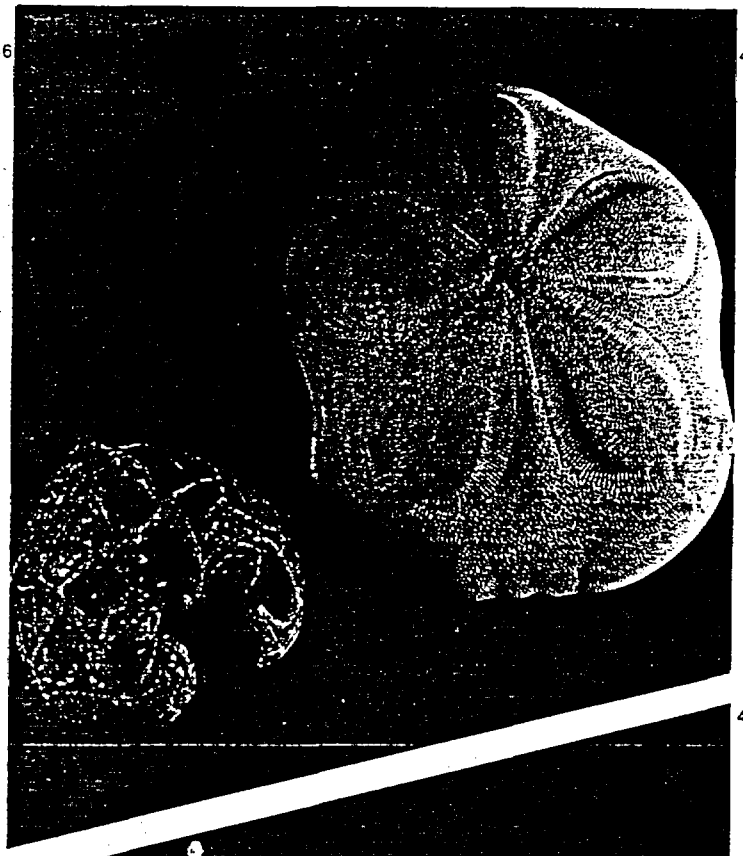
Está dedicado íntegramente a la exposición de especies minerales y fósiles. En cuanto a minerales, la primera adquisición de ejemplares de la que hay constancia documental data del año 1831 y procede de la compra de una colección de 309 ejemplares que la Dirección General de Minas hizo a la Real Academia de Freiberg.

Posteriormente, el contenido de la colección se enriquece con sucesivas donaciones y adquisiciones de notable relevancia, entre las que merece especial mención la colección de cristales del Marqués de Elduayen y la colección de minerales donada por D. Ismael Rosso de Luna.

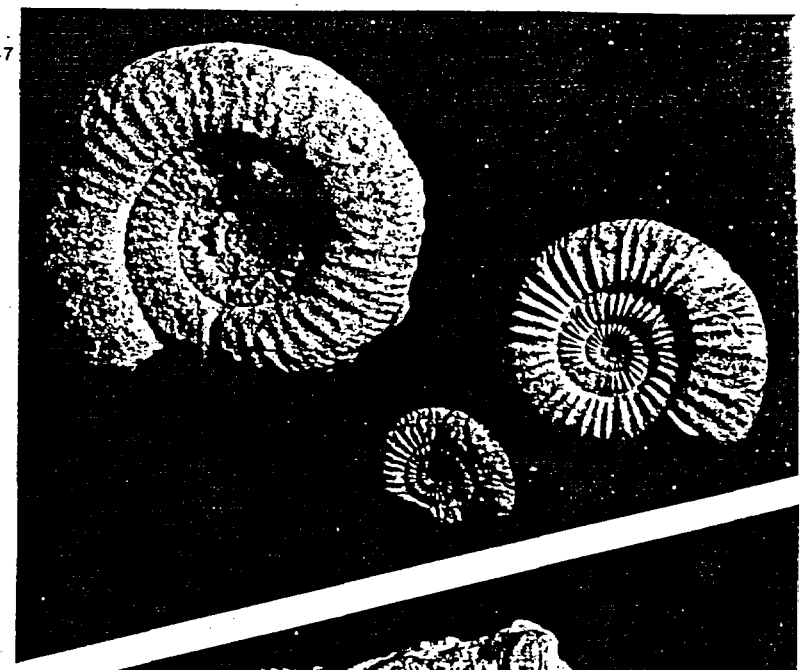
M. Claude Guillemin recoge en su libro «En visitant les grandes collections mineralogiques mondiales» la opinión que le merece este Museo, citando algunos ejemplares a los que califica de excepcionales, entre los que destaca un magnífico ejemplar de freislebenita de Hiendelaencina (Guadalajara).

El Museo contiene una colección muy completa e interesante de fósiles, fundamentalmente extranjeros, que se han clasificado por pisos estratigráficos. También contiene muestras arqueológicas como vasijas de las civilizaciones griega y romana, utensilios neolíticos, etc.

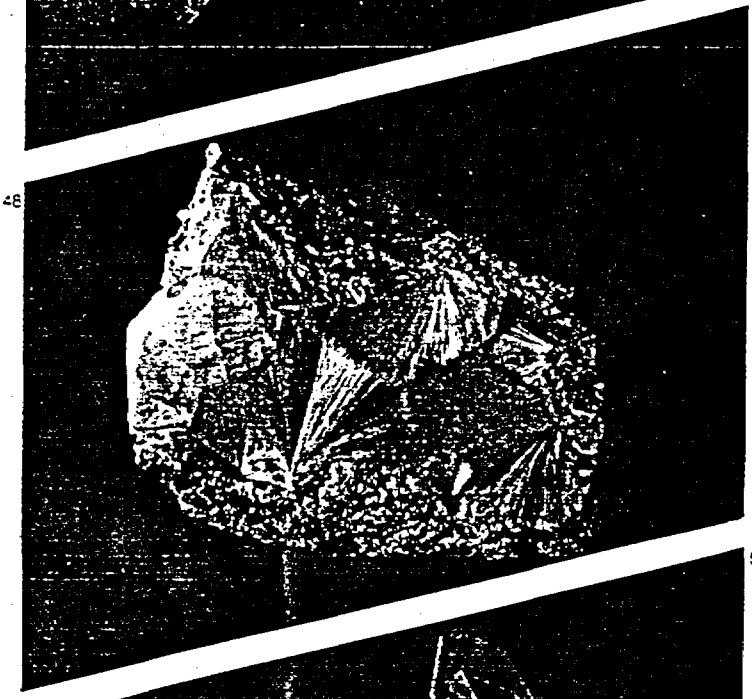
46



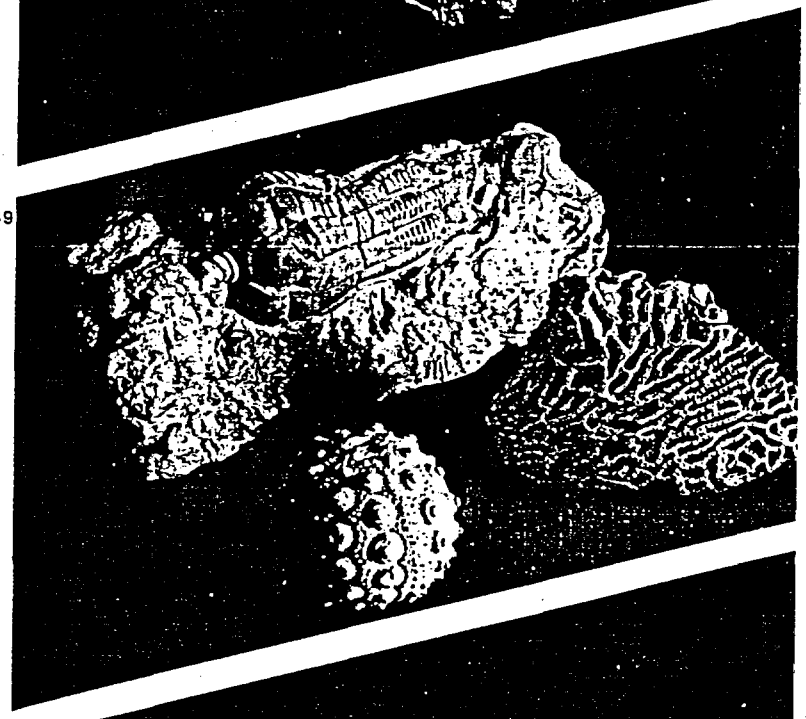
47



48

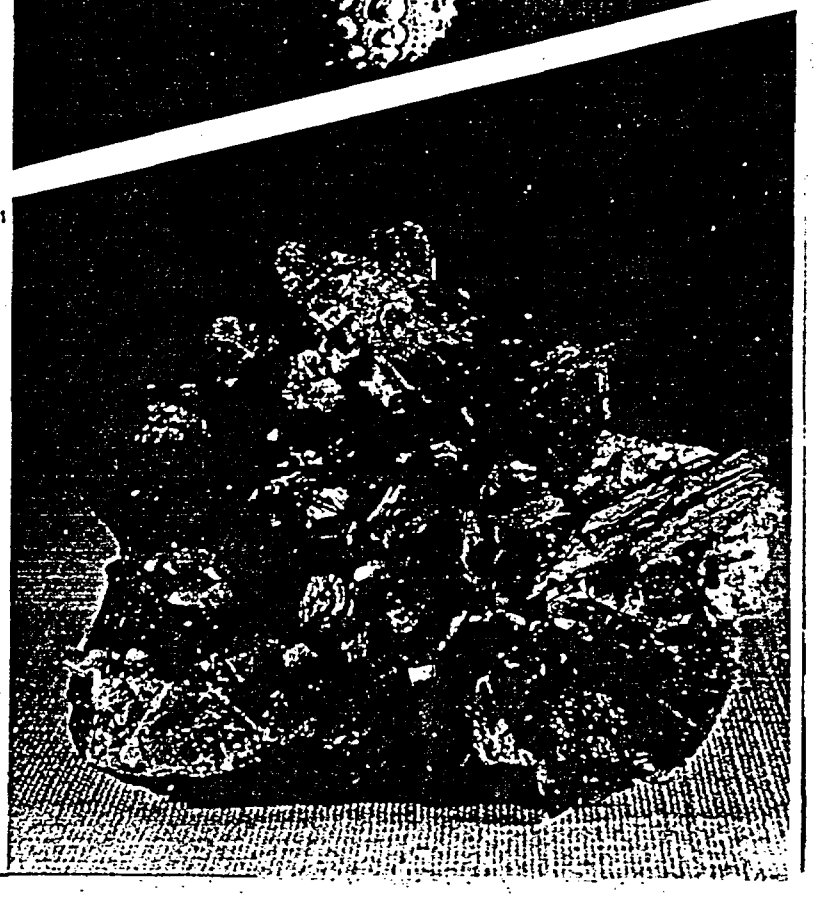


49



50

51



ACTIVIDADES DE EXTENSION UNIVERSITARIA

52

A través de la Comisión de Extensión Universitaria, y con una notable intervención de los alumnos, se promueve una serie de actividades culturales, sociales y deportivas, a lo largo de todo el curso académico.

53

54

Existen seis Asociaciones de alumn que desarrollan ideas, actividades y pr yectos diversos. Tres de ellas tienen u carácter cultural y social; otra es excl sivamente deportiva; la TUNA, tiene carácter festivo que caracteriza a esto grupos, y, por último, la de más recien formación tiene un carácter cultura educativo.

El Club Deportivo «MINAS», cuyo fi es el de promover el desarrollo de las actividades deportivo-competitivas entre sus miembros, participa en las distintas competiciones o torneos deportivos, tanto en el ámbito universitario nacional como internacional, y colabora en la programación y organización de estas actividades. Su actividad se extiende a las modalidades deportivas de sala y deportes de los llamados de «espectáculo multitudinario».

La Asociación Cultural «MINAS», tiene por objeto fomentar la formación humana, cultural y artística de los asociados, desarrollando las correspondientes actividades.

La TUNA de la Escuela está dirigida por su Maestro que programa las rondas, actuaciones y demostraciones en calles, fiestas y galas que alegran el corazón de todos, y que siempre traen a los mayores los gratos recuerdos de su juventud.

La Asociación «Estudiantes Independientes de Minas» es de más reciente creación, y dentro de sus actividades están los ciclos de conferencias musicales y culturales, así como variadas actividades de entretenimiento.

El Cine-Club «MINAS» promueve y fomenta todo tipo de actividades cinematográficas.

La Asociación «Grupo de Ciencias de la Tierra» es la de más reciente creación. Su objetivo básico es motivar y ampliar la formación entre sus componentes en los aspectos geológico-mineros, organizando, para esto, charlas, conferencias, exposiciones y mesas redondas sobre temas relacionados con la problemática geológica y minera de España, y conectando a los alumnos con el mundo empresarial y profesional. Destacan sus salidas al campo en viajes de prácticas.

RELACION DE ILUSTRACIONES

Foto 1. Portada: Patio central de la Escuela.

Foto 2. 2.ª Portada: Fachada exterior (detalle).

Foto 3. Entrada principal.

Foto 4. Análisis químico industrial.

Foto 5. Oro nativo (Museo).

Foto 6. Castillete de la mina experimental.

Foto 7. Laboratorio de Metalotecnia.

Foto 8. Fósiles (Museos).

Foto 9. Mina experimental (galería).

Foto 10. Banco Metalográfico.

Foto 11. Estación Biológica de Doñana.

Foto 12. Parque natural de montaña.

Foto 13. Industria química.

Foto 14. Entrada principal (detalle).

Foto 15. Entrada principal (detalle).

Foto 16. Central nuclear.

Foto 17. Rozadora para arranque de carbón.

Foto 18. Industria siderúrgica.

Foto 19. Equipo de tertificación.

Foto 20. Geología.

Foto 21. Claustro (hall).

Foto 22. Laboratorio de Física (detalle).

Foto 23. Laboratorio de Física (detalle).

Foto 24. Laboratorio de Química (detalle).

Foto 25. Laboratorio de Electrotecnia y Electrónica.

Foto 26. Laboratorio de Química (detalle horno de fusión).

Foto 27. Laboratorio de Química (detalle).

Foto 28. Laboratorio de Preparación Mecánica de Menas (detalle).

Foto 29. Laboratorio de Mineralogía.

Foto 30. Laboratorio de Mineralogía (Microscopía).

Foto 31. Laboratorio de Metalotecnia (Microscopio metalográfico).

Foto 32. Laboratorio de Metalotecnia (Banco metalográfico).

Foto 33. Laboratorio de Mecánica de Rocas (prensa).

Foto 34. Mina experimental (galería).

Foto 35. Laboratorio de Hidráulica.

Foto 36. Laboratorio de Hidráulica.

Foto 37. Laboratorio de Informática.

Foto 38. Laboratorio de Informática.

Foto 39. Laboratorio de Resistencia de Materiales (prensa universal).

Foto 40. Residencia Gómez-Pardo (dormitorio).

Foto 41. Residencia Gómez-Pardo (sala de estudio).

Foto 42. Biblioteca.

Foto 43. Biblioteca (ejemplares clásicos).

Foto 44. Museo (vista general).

Foto 45. Museo (detalle).

Foto 46. Fósiles (Museo).

Foto 47. Fósiles (Museo).

Foto 48. Pectolita (Museo).

Foto 49. Fósiles (Museo).

Foto 50. Cuarzo cristalizado (Museo).

Foto 51. Azurita (Museo).

Foto 52. Pista Deportes.

Foto 53. Competición deportiva (Ales-Francia).

Foto 54. Competición deportiva (Ales-Francia).

Foto 55. 4.ª de Portada. Vista general exterior de la Escuela.

Edita ETS Ingenieros de Minas (UPM)
Diseño Rodrigo Hernández
Fotos Rodrigo Hernández
Fotomecánica GROF, S.L.
Imprime ETIMSA, Talleres Gráficos
Depósito Legal M-39138-1985

UNIVERSIDAD POLITECNICA de MADRID

ESCUELA TECNICA SUPERIOR de INGENIEROS de MINAS

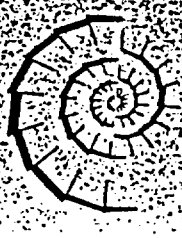
Rios Rosas 21.
28003 - Madrid

3.3.4

BOOKLET ON DETAILS OF ENRESA

(IN SPANISH)

MEMORIA 1985



ENRESA

Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A.

Paisaje de «El Cabril» (Córdoba)

Memoria y Cuentas correspondientes al Ejercicio del año 1985 que presenta el Consejo de Administración a la Junta General de Accionistas para su aprobación.

CONSEJO DE ADMINISTRACION
a 31 de diciembre de 1985

Presidente:
D. Juan Manuel Kindelán Gómez de Bonilla.

Consejero Director General:
D. Alberto López García.

Vocales:
D.ª Leonor Alvarez-Santullano Planas.
D. Manuel Cortizas Amado.
D. Valentín González García.
D. Alfredo Llorente Legaz.
D. Francisco Mingot Buades.
D. José Oliu Creus.
D. Francisco J. Paramio Fernández.
D. Luis Julián del Val Hernández.

Secretario y Letrado Asesor:
D. Alfonso Arias Cañete.

COMITE DE DIRECCION
a 31 de diciembre de 1985

Presidente:
D. Juan Manuel Kindelán Gómez de Bonilla.

Director General:
D. Alberto López García.

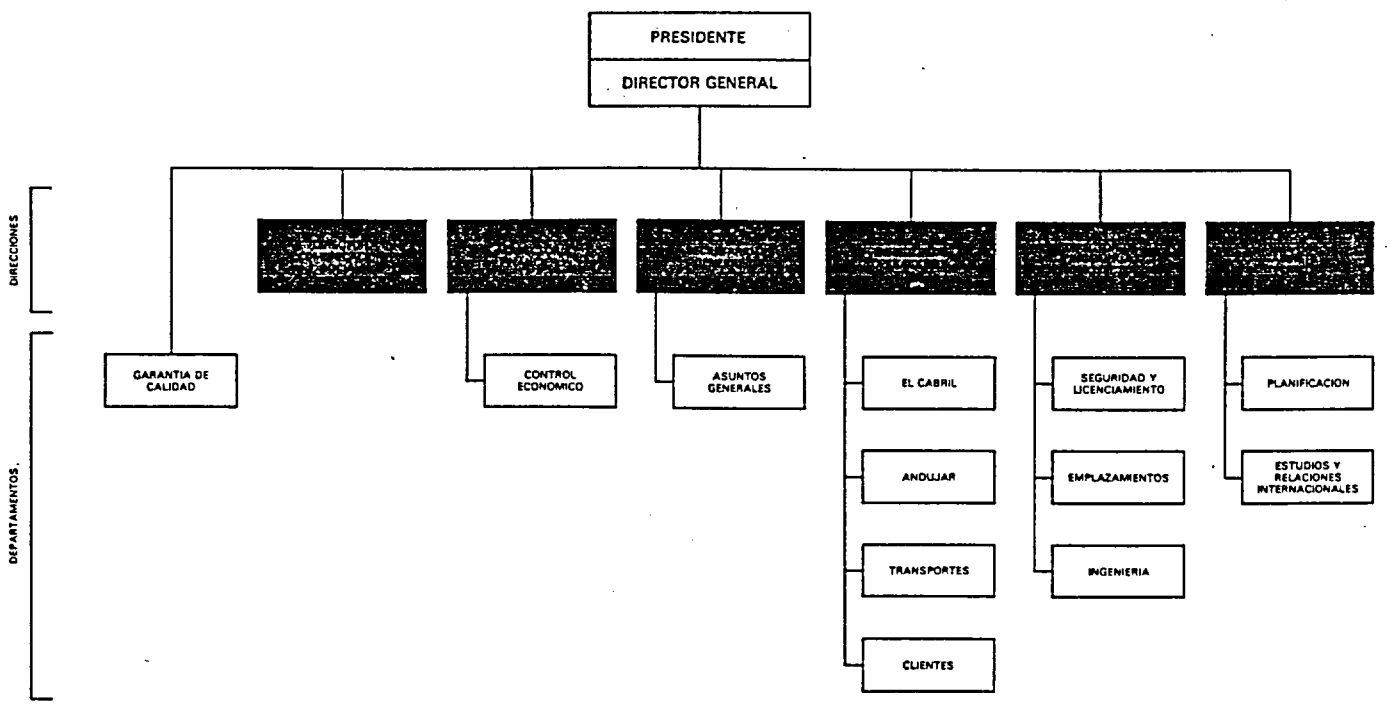
Director de Ingeniería y Proyectos:
D. Aurelio Ulibarri Arechabala.

Director de Comunicación Social:
D. Felipe Mellizo Cuadrado.

Director Financiero:
D. Juan Pedro Zarranz Herrera.

Secretario General:
D. Alfonso Arias Cañete.

ORGANIGRAMA DE ENRESA



REAL DECRETO POR EL QUE SE AUTORIZA LA CONSTITUCION DE ENRESA (publicado el 22-8-84)

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

REAL DECRETO 1.522/1984, de 4 de julio, por el que se autoriza la constitución de la «Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S. A.» (ENRESA).

El desarrollo alcanzado en nuestro país en las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear, tanto en la producción de energía eléctrica como en la utilización de los radioisótopos en la medicina, industria, agricultura e investigación, da lugar a la generación de cantidades importantes de residuos radiactivos, considerando como tales, a los efectos de esta disposición, a todos los materiales de desecho que se originan: en el proceso productivo del combustible nuclear, desde la minería del uranio hasta la fabricación de elementos combustibles, en las centrales nucleares durante su operación, incluyendo al combustible irradiado, en el desmantelamiento de cualquier instalación radiactiva o nuclear y en las aplicaciones de los radioisótopos antes citadas. Estos residuos precisan una gestión adecuada, que incluye su acondicionamiento, transporte, almacenamiento definitivo y posterior control y vigilancia, de tal modo que de su realización no se deriven daños para las personas ni para el medio ambiente, y que se minimice la hipoteca a las generaciones futuras.

El Real Decreto 2.967/1979, sobre Ordenación del Ciclo del Combustible Nuclear, encargaba a ENUSA, entre otras actividades, la gestión de los combustibles irradiados, y a la JEN, las actividades referentes al almacenamiento definitivo de residuos radiactivos. Sin embargo, no consideraba otros aspectos, como el almacenamiento de residuos radiactivos de otras procedencias diferentes del ciclo del combustible, el desmantelamiento de instalaciones nucleares o radiactivas, etc.

Además, estas actividades, de marcado carácter industrial, deben ser financiadas por los agentes generadores de dichos residuos, resultando aconsejable por todas estas razones la creación de una empresa que permita efectuar dicha actividad con la debida agilidad y evaluar la totalidad de los costos incurridos.

La importancia y trascendencia de la gestión de los residuos radiactivos exige prever un control sobre las actividades que se realicen y los planes de actuación que se prevén en dicho campo. A estos efectos, se establece la existencia de una Delegación del Gobierno cerca de la Empresa Nacional.

La experiencia adquirida por la Junta de Energía Nuclear en el campo de la tecnología nuclear y la gestión de los residuos radiactivos hace necesario el aprovechamiento de los recursos, tanto materiales y tecnológicos como humanos, de que dispone este Organismo.

Por todo ello, y previa la deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 4 de julio de 1984,

D I S P O N G O :

Artículo 1.° 1. Se autoriza la constitución de la «Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S. A.» (ENRESA), con el objetivo de llevar a cabo la gestión de los residuos radiactivos.

2. La constitución de la «Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S. A.» se llevará a cabo dentro de un plazo no superior a noventa días, a partir de la entrada en vigor de la presente disposición.

Art. 2.° Serán cometidos de la «Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S. A.»:

a) Tratar y acondicionar los residuos radiactivos en los casos y circunstancias que se determinen.

b) Buscar emplazamientos, concebir, construir y operar los centros para el almacenamiento temporal y definitivo de los residuos de alta, baja y media radiactividad.

c) Gestionar las operaciones derivadas de la clausura de las instalaciones nucleares y radiactivas.

d) Establecer sistemas para la recogida, transferencia y transporte de los residuos radiactivos.

e) Actuar, en caso de emergencias nucleares, como apoyo a los servicios de protección civil, en la forma y circunstancias que se requieran.

f) Acondicionar de forma definitiva y segura los estériles originados en la minería y fabricación de concentrados, cuando se requiera.

g) Asegurar la gestión a largo plazo de toda instalación que sirva como almacenamiento de residuos.

h) Efectuar los estudios técnicos y económico-financieros necesarios que tengan en cuenta los costos diferidos derivados de la gestión de los residuos radiactivos, al objeto de establecer la política económica adecuada.

i) Cualquier otra actividad necesaria para el desempeño de su objeto social.

Art. 3.° El capital social de la «Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S. A.», *será aportado por la Junta de Energía Nuclear* y el Instituto Nacional de Industria. La determinación del capital social se realizará una vez valoradas las aportaciones no dinerarias de la *Junta de Energía Nuclear.*

Art. 4.° Sin perjuicio del Programa de Actuación de Inversiones y Financiación que prescribe la Ley General Presupuestaria, la «Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S. A.», *elaborará,* dentro del primer semestre de cada año, una Memoria, que contendrá, al menos, los siguientes extremos:

- Actuaciones en el ejercicio anterior.
- Plan general de residuos radiactivos, que incluirá una revisión de todas las actuaciones necesarias y soluciones técnicas aplicables durante el horizonte temporal de actividad de los residuos radiactivos, comprendiendo el estudio económico-financiero actualizado del coste de dichas actuaciones.

Esta Memoria será elevada por el Ministro de Industria y Energía al Gobierno para su aprobación, en su caso, dándose posteriormente cuenta de la misma a las Cortes Generales.

Art. 5.° 1. Se establecerá una Delegación del Gobierno en ENRESA, a fin de llevar a cabo un control sobre las actuaciones y planes, tanto técnicos como económicos y financieros, de la gestión de residuos radiactivos.

2. La Delegación del Gobierno en ENRESA, dependerá del Gobierno, a través del Ministro de Industria y Energía, de quien lo hará de un modo inmediato.

3. Todas las resoluciones del Gobierno o del Ministro de Industria y Energía, relativas a ENRESA, serán trasladadas a su Consejo de Administración por medio de la Delegación del Gobierno.

4. El Delegado del Gobierno en ENRESA será nombrado por Real Decreto, a propuesta del Ministro de Industria y Energía, y sus funciones específicas serán desarrolladas reglamentariamente.

Art. 6.° La «Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S. A.», mantendrá permanentemente inventario de las instalaciones de almacenamiento de residuos radiactivos, donde consten las vicisitudes de las instalaciones. Tal inventario se mantendrá aun cuando la instalación haya sido clausurada.

Art. 7.° La «Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S. A.», tendrá la consideración de explotador de las instalaciones necesarias para la gestión final de los residuos radiactivos a los efectos previstos en la vigente legislación, aplicable a las instalaciones nucleares y radiactivas.

Art. 8.° *Por los Ministerios de Economía y Hacienda y de Industria y Energía,* se determinarán reglamentariamente los activos financieros en que podrá materializarse el exceso de ingresos que se *produzcan como consecuencia del desfase temporal entre la generación* de los recursos económicos de ENRESA y la aplicación de sus fondos, de forma que, garantizándose su seguridad, rentabilidad *y disponibilidad, puedan dedicarse, en la forma que autorice la* Dirección General de la Energía, a promover una política de conservación y desarrollo de energías renovables y nuevas fuentes de energía menos contaminantes.

Art. 9.° La Junta de Energía Nuclear propondrá al Ministerio de Industria y Energía las instalaciones que hayan de transferirse y el personal que pueda pasar a prestar servicios a la «Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S. A.», procedente de otras Entidades. En cuanto al régimen de su personal, se estará a lo que prescriba la legislación aplicable, según la materia.

Art. 10. La «Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S. A.», recibirá asesoramiento y soporte tecnológico de la Junta de Energía Nuclear en materias que sean de su competencia. Estas actividades se institucionalizarán mediante la firma de los correspondientes acuerdos de colaboración y prestación de servicios.

DISPOSICIONES TRANSITORIAS

Primera.—En tanto se constituye la «Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S. A.», la JEN, previa autorización de la Dirección General de la Energía, podrá disponer de fondos con cargo a la *cuota a que se refiere la Orden de 12 de mayo de 1983 por la que se* dictan normas referentes a la segunda parte del combustible nuclear.

Segunda.—Una vez constituida la «Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S. A.», las cantidades recaudadas por OFICO, al amparo de la Orden de 12 de mayo de 1983, destinadas a la financiación de la segunda parte del ciclo del combustible nuclear, se aplicarán a la financiación de ENRESA.

DISPOSICION ADICIONAL

Por los Ministerios de la Presidencia y de Industria y Energía se dictarán las disposiciones precisas para el desarrollo del presente Real Decreto.

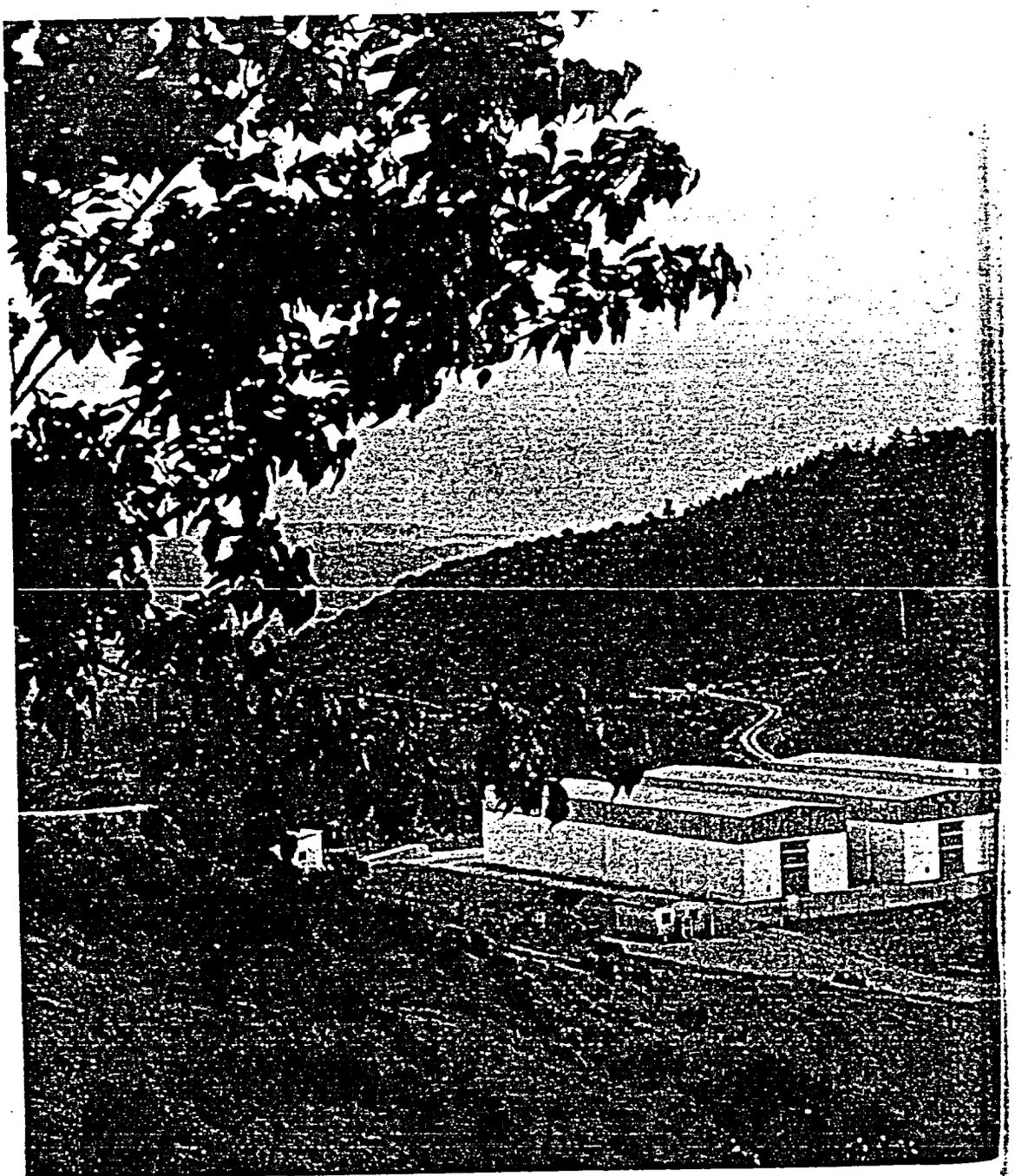
DISPOSICION FINAL

El presente Real Decreto entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Dado en Madrid a 4 de julio de 1984.

JUAN CARLOS R.

El Ministro de Industria y Energía,
CARLOS SOLCHAGA CATALAN



SEÑORES ACCIONISTAS:

El Consejo de Administración de la Sociedad somete a la consideración y refrendo de la Junta General la Memoria en la que se describe la labor realizada en el transcurso del Ejercicio de 1985, el Balance, cerrado al 31 de diciembre del mencionado año, y la Cuenta de Pérdidas y Ganancias.

CONSTITUCION DE LA SOCIEDAD

Módulos de almacenamiento «El Cabril» (Córdoba)

Entre las Resoluciones del Congreso de los Diputados referentes al Plan Energético Nacional de 1983, aprobadas en su Sesión Plenaria del día 18 de junio de 1984, figura la «creación de una empresa pública encargada de los residuos nucleares y radiactivos para su transporte, almacenamiento y vigilancia». Este mandato se cumplió por medio del R.D. 1.522/1984, por el que se autoriza la constitución de ENRESA, y en el que se establece que el capital social de la misma sería aportado por la Junta de Energía Nuclear y por el Instituto Nacional de Industria. Esta misma disposición define los cometidos de ENRESA y sus responsabilidades.

El citado R.D. fue complementado con el R.D. 1.899/1984, en el que se reglamentan determinadas cuestiones, referentes a las actividades de la segunda parte del ciclo del combustible nuclear, y en concreto de los contratos que ENRESA suscribirá con los productores de residuos.

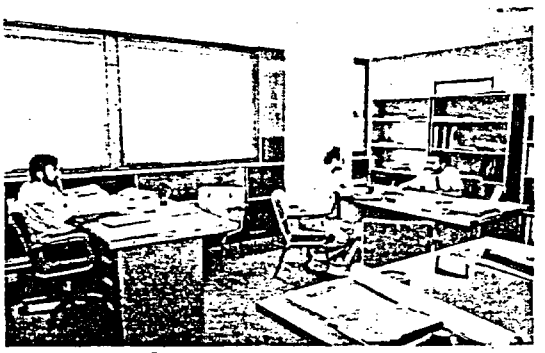
En la segunda mitad de 1985 ha dado comienzo la actividad social de ENRESA y ha sido un año básicamente dedicado a poner en marcha el aparato necesario para acometer con los medios adecuados las tareas que la Administración ha encomendado a esta Empresa.

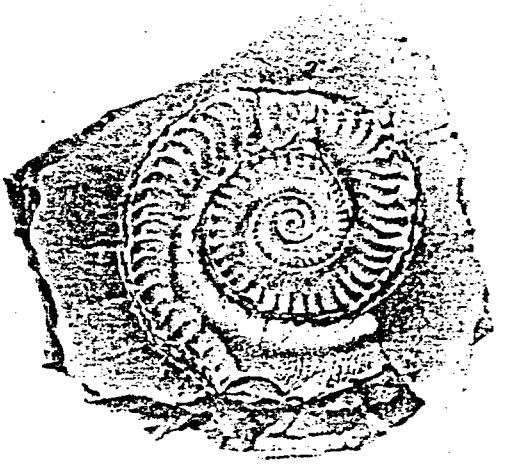
El 7 de junio de 1985 se celebró la primera Junta General de Accionistas de la Sociedad, a partir de la cual, designado inicialmente el Consejo de Administración, se puede considerar que la Sociedad empieza su andadura. El día 21 de junio de 1985, la Escritura de Constitución de la Sociedad es inscrita en el Registro Mercantil, comenzando de forma efectiva el funcionamiento de ENRESA.

Alcanza, pues, esta Memoria a la labor realizada durante medio año, aproximadamente, en el que para agilizar la actividad social ha sido necesario ir simultaneando tareas de puesta en marcha de la Sociedad, como la incorporación paulatina del personal o el acondicionamiento de la sede social, con el estudio de algunos de los problemas técnicos existentes previamente al nacimiento de ENRESA y el inicio de negociación de los primeros acuerdos y contratos.

JEN

ORGANIZACION DE ENRESA COMO EMPRESA DE GESTION





El correcto desarrollo de la actividad social objeto de ENRESA, la gestión de residuos radiactivos y de la segunda fase del ciclo del combustible nuclear, requieren la combinación de un gran número de disciplinas y especialidades tecnológicas. La mayor parte de ellas se encuentran en proceso de desarrollo o maduración. El pretender realizar todas esas tareas dentro de ENRESA originaría una plantilla excesivamente numerosa, crearía rigideces en la asimilación de tecnología a largo plazo, y concentraría en un único lugar el conocimiento de esta actividad aumentando el riesgo de fracaso en la gestión de los residuos radiactivos en España.

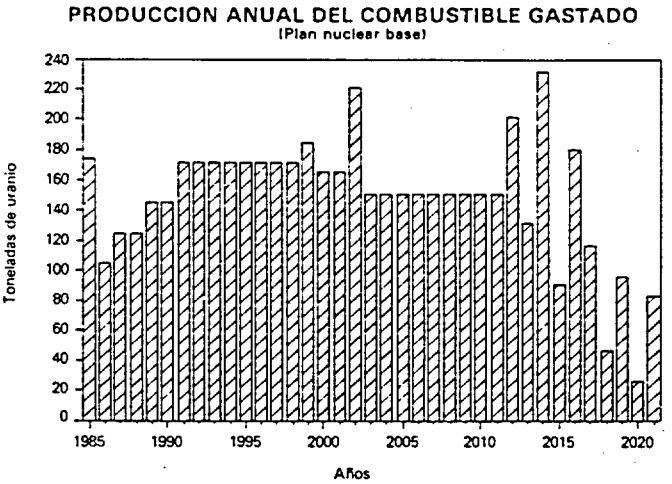
En base a lo anterior, la forma organizativa que se ha dado a la Empresa responde a la vocación de ENRESA como empresa de gestión, con tendencia a definir, programar y controlar actividades a realizar por otras empresas u organismos, procurando impulsar el desarrollo tecnológico de las mismas, quedando ENRESA depositaria del conocimiento generado.

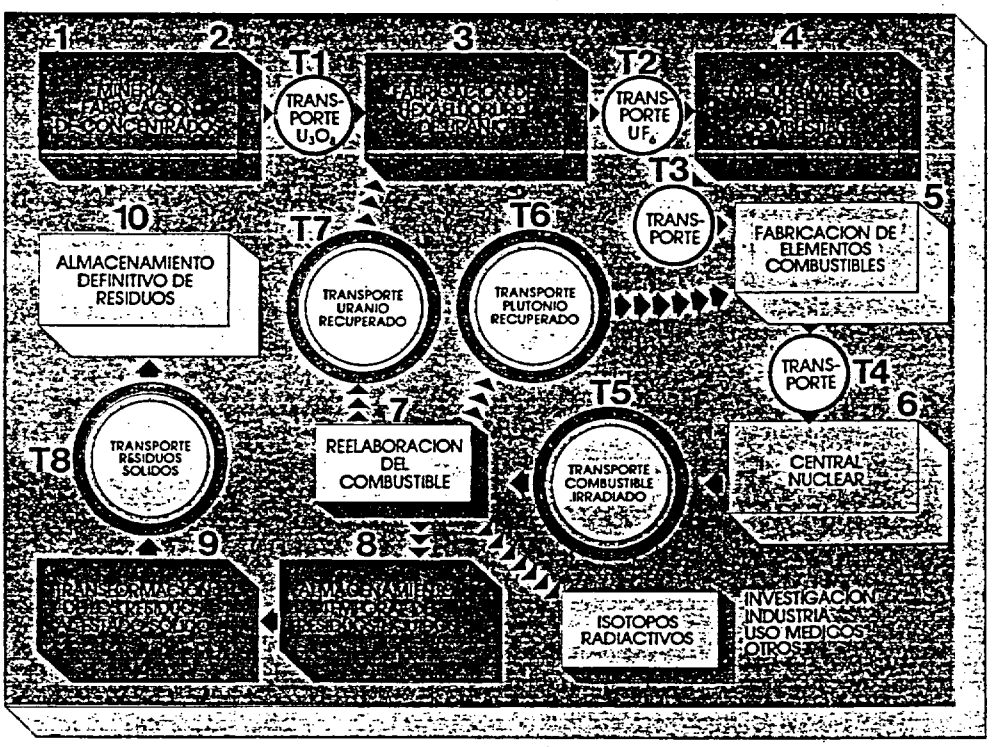
Teniendo en cuenta estos criterios, el Consejo de Administración, en su reunión del 25 de septiembre de 1985, aprobó el organigrama actual que considera seis órganos con nivel de dirección: tres direcciones técnicas y otras tres direcciones que cubren las áreas financiera, jurídica y administrativa, y de información al público. Por fin, a 31 de diciembre de 1985, componían la plantilla de ENRESA 26 técnicos superiores, un técnico no titulado, 11 oficiales administrativos, cinco auxiliares administrativos y tres subalternos, siendo la plantilla total de 46 personas.

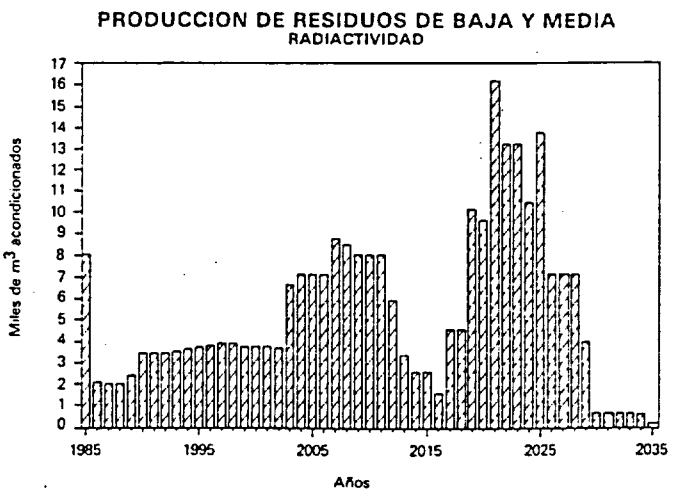
El domicilio social se fijó en las oficinas situadas en el Paseo de la Castellana, núm. 135, 10.ª planta, ocupando la sede que dejaba libre el Consejo de Seguridad Nuclear.

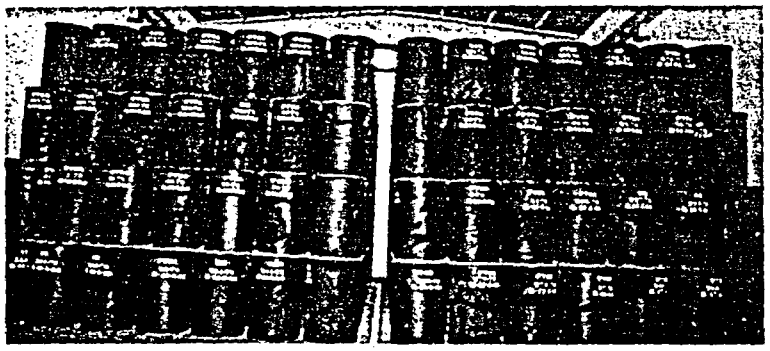
1. Interior de las oficinas de ENRESA, en Madrid.
2. Terminal del ordenador.

CICLO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR









El Cabril

CENTRO DE ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS RADIACTIVOS DE EL CABRIL E INSTALACION DE ANDUJAR

Durante el último trimestre del año se desarrollaron múltiples contactos con la Junta de Energía Nuclear, el INI y el Ministerio de Industria y Energía, que concluyeron con la transferencia a ENRESA del Centro de Trabajo de El Cabril, de acuerdo con la Orden del Ministerio de Industria y Energía de 13 de diciembre. Ello fue posible en el marco de una operación de ampliación de capital de la Sociedad, en la que la Junta aportó al capital los bienes inmuebles que componían la citada instalación.

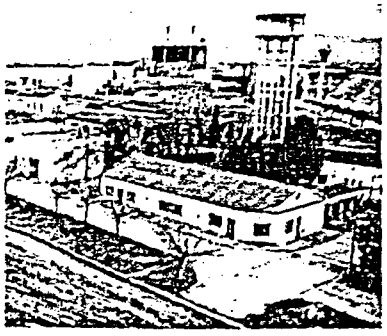
Los trabajos realizados en los últimos meses de 1985 para dotar a la Empresa de la estructura, medios y capacidad necesarios para la operación correcta de esta instalación de almacenamiento de residuos radiactivos, así como la preparación de la documentación que así lo demostraba y su presentación al Consejo de Seguridad Nuclear, permitieron la operación de la instalación por parte de ENRESA desde el primero de enero de 1986.

La transferencia de la instalación se completó con la suscripción de un importante Convenio Marco de Colaboración en Investigación y Desarrollo, Prestación de Servicios Técnicos y Formación de Personal, entre la Junta de Energía Nuclear y ENRESA, otorgándose también un Acuerdo Específico en virtud del cual la JEN prestaría servicios de apoyo técnico para la operación de la instalación de El Cabril.

La Orden del Ministerio de Industria y Energía de 13 de diciembre de 1985, además de suponer la transferencia de la instalación de almacenamiento de residuos radiactivos de Sierra Albarrana, establecía que ENRESA se haría cargo mediante la firma del correspondiente convenio del acondicionamiento definitivo y seguro de los estériles sitos en las instalaciones propiedad de la JEN, así como que se le transferiría el personal laboral de las instalaciones de Sierra Albarrana y de la Fábrica de Uranio de Andújar.

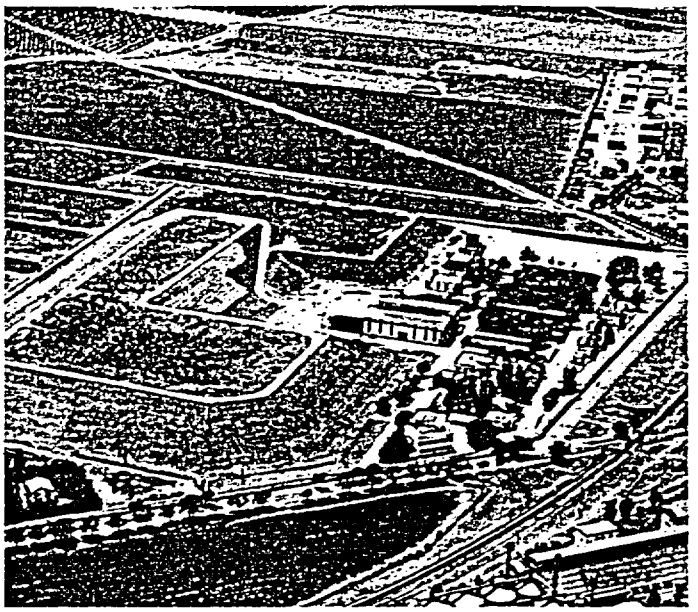
Ya durante 1986 se hizo cargo ENRESA, asimismo, de la operación de la Fábrica de Uranio de Andújar.

FUA (Andújar)



1. Bidones rescondicionados (El Cabril).
2. Perspectiva de la FUA, desde el dique de estériles.

El Cabril



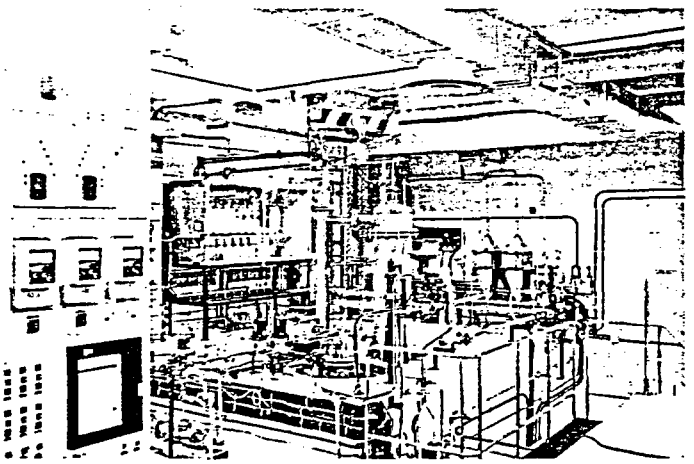
FUA (Andújar)

- Madrid
- Andújar
- El Cabril

SITUACION DE LAS INSTALACIONES DE ENRESA

1. Medición de dosis de un transporte de residuos a su llegada a El Cabril.
2. Vista aérea de la FUA.

COMIENZO DE LAS ACTIVIDADES DE LA SOCIEDAD

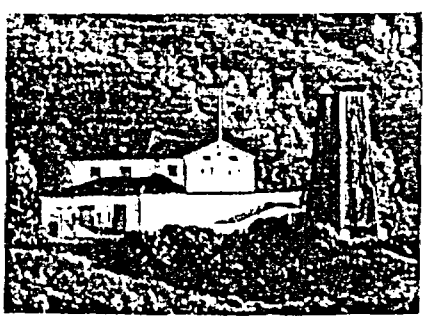


Simultáneamente al proceso de organización de la Sociedad, se han empezado a desarrollar las actividades que con los medios humanos disponibles han sido consideradas más importantes y urgentes y que, a continuación, básicamente, se relatan.

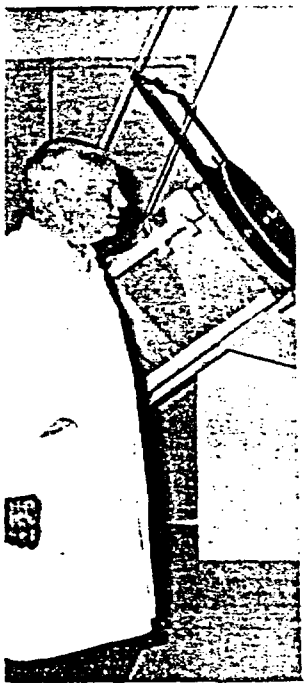
Desde el primer momento se han establecido contactos con ENUSA y, especialmente, con la JEN para recibir la abundante información técnica que tenían dichas Instituciones, en cuanto a entidades en las que recaían algunas de las responsabilidades que han pasado a incumbir a esta Empresa. La transferencia de determinado personal de estas entidades a ENRESA ha facilitado, asimismo, este proceso de asimilación de información, que, no obstante, ha continuado y continuará completándose.

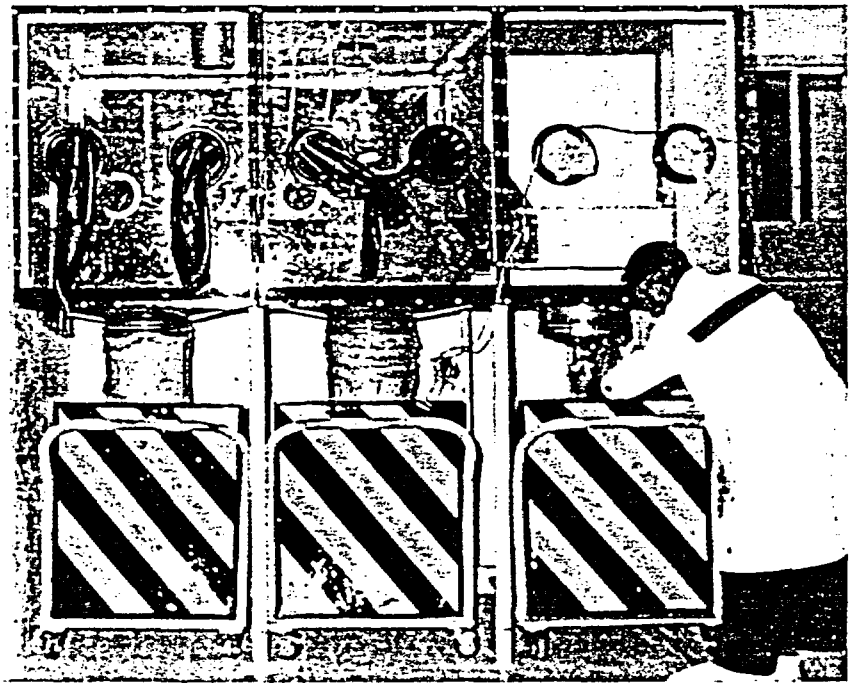
Desde el comienzo de las actividades de la Empresa se iniciaron también los trabajos de preparación del Plan General de Residuos Radiactivos, a cuyo efecto se requirió información técnica de todas las centrales nucleares, de la JEN y de ENUSA respecto de su producción de residuos futura y las existencias de sus almacenes. Asimismo, se remitió un cuestionario a los pequeños productores.

En el área de la cooperación internacional, desde un primer momento se consideró la conveniencia de tener la mejor información sobre las actividades que a nivel internacional se están desarrollando en el área de la gestión de los residuos radiactivos. A tal efecto se definió un programa de visitas a los países con actividades importantes en esta materia que, asimismo, se han plasmado dentro del ámbito comunitario ya que durante los meses de noviembre y diciembre representantes de ENRESA asistieron en Bruselas a las reuniones del Comité de Gestión de Coordinación (C.G.C.) en el que se presentaron propuestas de investigación y desarrollo para su financiación parcial por la CEE.



1. Planta de tratamiento de residuos radiactivos líquidos, en la JEN.
2. Nave destinada a trabajos de acondicionamiento de bidones.



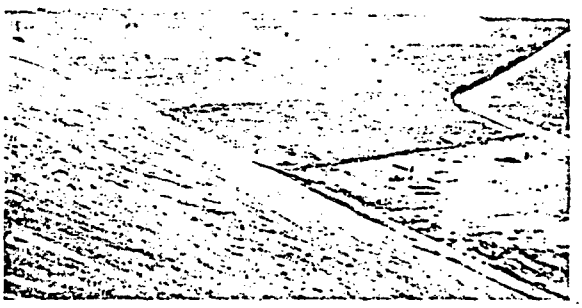


En el último trimestre del ejercicio comenzaron también las actividades relacionadas con los clientes de ENRESA para definir los criterios básicos del contrato tipo entre ENRESA y las Empresas eléctricas, en base a los cuales se preparó un primer borrador del mismo.

Durante este primer ejercicio se han afrontado, reconociendo la importancia que tienen para la Empresa, las actividades en el área de comunicación y desarrollo. Esta importancia viene reafirmada dado el alto nivel que en el organigrama se ha dado a la persona que ostenta la máxima responsabilidad en esta materia, y ya a partir del mes de octubre empezó a perfilarse la política de la Empresa a raíz de la incorporación del Director de Comunicación Social.

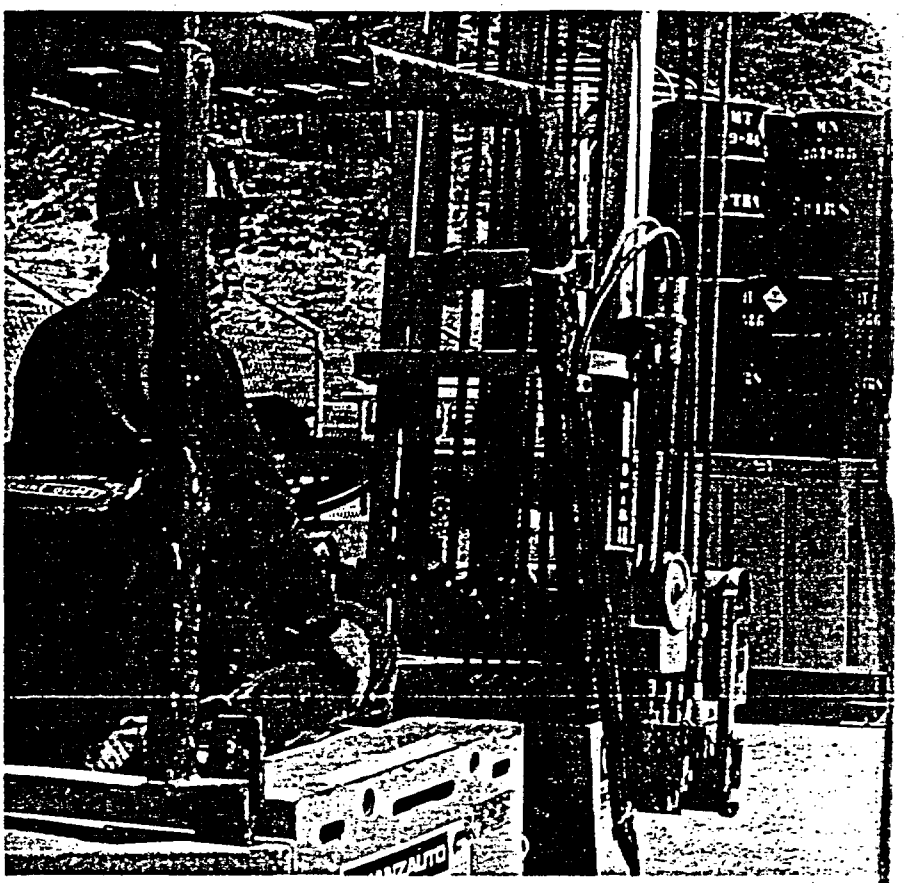
En el área técnica de la Empresa, además de continuar con la selección del personal y la organización de las Direcciones Técnicas, se comenzaron a planificar y ejecutar las acciones que desde este punto de vista se consideraban prioritarias, como la evaluación de la información técnica que se iba recibiendo. La mayor urgencia en la necesidad de almacenamiento transitorio de combustible irradiado fue objeto de especial consideración, a cuyo efecto se acometió la elaboración de un estudio referente a las alternativas para el almacenamiento temporal de combustible irradiado cuyos resultados permitirán definir la estrategia a seguir en esta materia.

El resultado de este estudio, que todavía no se encuentra finalizado, condiciona en gran parte la decisión que finalmente se adopte respecto del Proyecto Centauro, de puesta a punto de un contenedor en seco para combustible irradiado.



1. Planta de tratamiento de residuos sólidos, en la JEN.
2. Diques de estériles de mineral de uranio en la FUA.

CAPITAL SOCIAL DE LA EMPRESA



Descarga de bultos en El Cabril al finalizar un transporte de residuos de baja actividad.

El capital social inicialmente suscrito de la Sociedad era de 100 MP, de los que se desembolsaron, en principio, 25 MP, correspondiendo el 80 % de los mismos a la Junta de Energía Nuclear y el 20 % restante al INI.

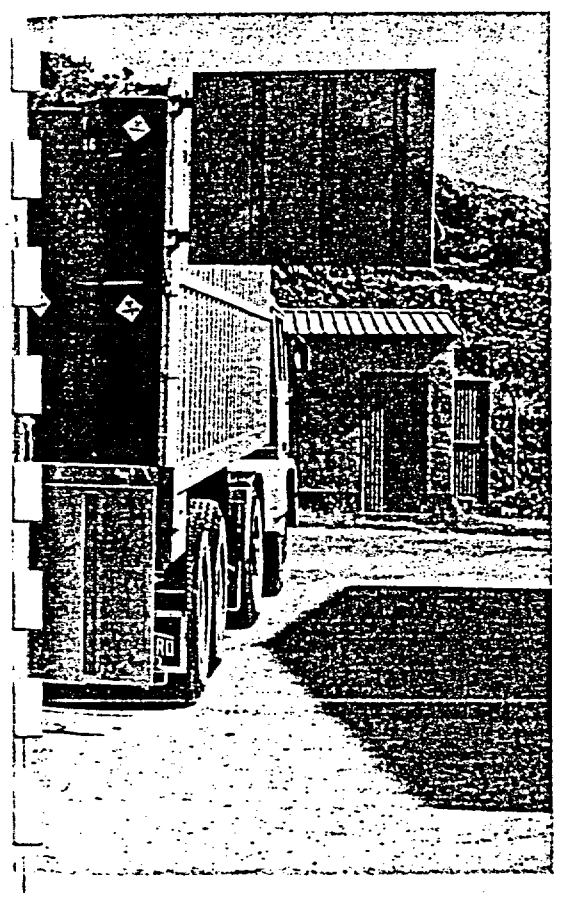
La Junta General de Accionistas, celebrada el día 27 de diciembre de 1985, acordó ampliar el capital social inicial en 500 MP, y de esta ampliación antes de que finalizara el ejercicio de 1985, se habían suscrito 438 MP, con lo que el capital social a 31 de diciembre de 1985 ascendía a 538 MP.

En dicha ampliación de capital el INI aportó sus derechos en el denominado Proyecto Centauro, y simultáneamente ENRESA adquirió el resto de los derechos en el citado proyecto hasta completar las dos terceras partes del mismo. El Proyecto Centauro es un programa de investigación y desarrollo de un contenedor de almacenamiento en seco y transporte de elementos combustibles irradiados, en el que inicialmente participaban por terceras partes la Junta de Energía Nuclear, Equipos Nucleares, S. A. y la Empresa Nacional del Uranio.

El comienzo de la actividad social supuso la transferencia de los fondos que OFICO tenía depositados destinados a la financiación de la segunda parte del ciclo del combustible nuclear, a la Sociedad.

Dichas transferencias de fondos comenzaron en el mes de julio y continuaron durante el último semestre del año, de forma que a finales de año las cantidades recibidas de OFICO ascendían a unos 27.000 MP.

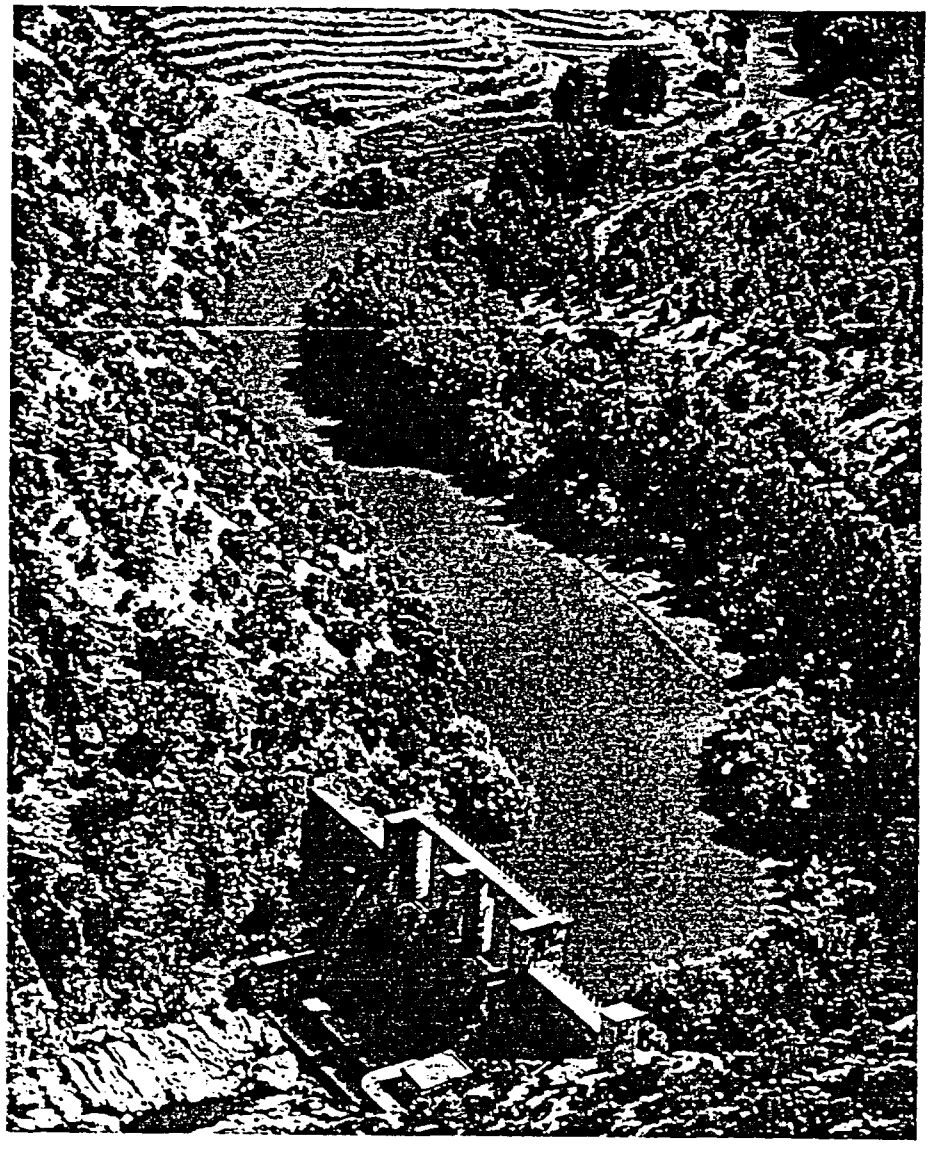
Desde que ENRESA se hizo responsable de estos fondos, se ha logrado mejorar la rentabilidad de los mismos pese a la baja generalizada de los tipos de interés que vivió la economía española en esas fechas, habiéndose invertido estos fondos siempre con la garantía del sector bancario, si bien utilizando diversas fórmulas técnicas, con rentabilidades que oscilan entre el 12 y el 13 %.



Vista de los módulos de almacenamiento en El Cabril.

ACUERDOS QUE EL CONSEJO DE ADMINISTRACION PROPONE A LA JUNTA GENERAL DE ACCIONISTAS

- Aprobación de la Memoria, Balance y Cuenta de Pérdidas y Ganancias relativas al Ejercicio de 1985.
- Aprobación de la gestión del Consejo de Administración durante el Ejercicio de 1985.
- Reelección como Consejeros de los Sres. D. Juan Manuel Kindelán Gómez de Bonilla y D. José Oliu Creus.
- Designación del INI y de la JEN, y en su representación de las personas que dichas Entidades designen como Censores de Cuentas para el Ejercicio 1986.



El rio Bembezar a su paso por El Cabril.

BALANCE DE SITUACION Y CUENTA DE PERDIDAS Y GANANCIAS

BALANCE DE SITUACION
ENRESA

31 DE DICIEMBRE DE 1985

ACTIVO

	En miles ptas.	
INMOVILIZADO MATERIAL		
Terrenos y bienes naturales	48.864	
Edificios y otras construcciones	431.967	
Maquinaria, instalaciones y utillaje	47.182	
Elementos de transporte	4.574	
Mobiliario y enseres	11.046	
	543.633	
Amortización acumulada inmovilizado material	(978)	
TOTAL INMOVILIZADO MATERIAL		**542.655**
INMOVILIZADO INMATERIAL		**138.419**
INMOVILIZADO FINANCIERO		
Préstamos a largo plazo	4.413	
Fianzas y depósitos constituidos	4.420	
TOTAL INMOVILIZADO FINANCIERO		**8.833**
GASTOS AMORTIZABLES		**12.089**
OTROS DEUDORES		
Ofico	1.088.572	
Hacienda Pública deudora	97.258	
Otros deudores	462	
TOTAL OTROS DEUDORES		**1.186.292**
CUENTAS FINANCIERAS		
Pagarés del Tesoro	1.554.515	
Pagarés de Empresa	11.764.044	
Certificados de Depósito	1.195.000	
Imposiciones a Plazo Fijo	12.726.835	
	27.240.394	
Caja y Bancos	61.929	
TOTAL CUENTAS FINANCIERAS		**27.302.323**
AJUSTES POR PERIODIFICACION		
Pagos anticipados	1.487	
Intereses a cobrar no vencidos (Nota 1)	248.291	
TOTAL AJUSTES POR PERIODIFICACION		**249.778**
TOTAL ACTIVO		**29.440.389**

BALANCE DE SITUACION
ENRESA

31 DE DICIEMBRE DE 1985

PASIVO

	En miles ptas.	
CAPITAL SOCIAL		538.000
FONDO SEGUNDA FASE DEL CICLO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR (GESTION RESIDUOS)		26.965.345
DEUDAS A PLAZO CORTO		
Hispano Francesa de Energía Nuclear	909.527	
Junta de Energía Nuclear	371.565	
Empresa Nacional del Uranio	4.017	
Equipos Nucleares, S. A.	55.608	
Acreedores diversos	7.021	
Hacienda Pública acreedora IRPF	7.315	
Hacienda Pública acreedora ITP	7.481	
Organismos Seguridad Social acreedores	3.112	
TOTAL DEUDAS A PLAZO CORTO		1.365.646
AJUSTES POR PERIODIFICACION		
Intereses anticipados (Nota 2)	570.312	
Pagos diferidos	1.086	
TOTAL AJUSTES POR PERIODIFICACION		571.398
TOTAL PASIVO		29.440.389

CUENTA DE PERDIDAS Y GANANCIAS
ENRESA

EJERCICIO CERRADO EL 31 DE DICIEMBRE DE 1985

	En miles ptas.	
INGRESOS		
Recaudación a través de OFICO	27.410.584	
Intereses de Pagarés del Tesoro	23.460	
Intereses de Pagarés de Empresas	163.651	
Intereses de Certificados de Depósito	9.905	
Intereses de Imposiciones a Plazo Fijo	671.918	
Intereses de Bancos cuentas corrientes	220	
Intereses de Bancos cuentas de ahorro	23.388	
Intereses de préstamos al personal	24	
	892.566	
TOTAL INGRESOS		28.303.150
GASTOS DE OPERACION		
Estudios y Proyectos (Nota 3)	87.159	
Gastos de reprocesamiento	909.527	
Gestión residuos por terceros (Nota 4)	244.128	
Asfaltado de diques estériles	11.443	
TOTAL GASTOS DE OPERACION		1.252.257
GASTOS DE PERSONAL		
Sueldos y salarios	36.921	
Gastos de viaje	5.572	
Seguridad Social a cargo de la Empresa	7.224	
Otros gastos sociales	849	
Otros gastos de personal	474	
TOTAL GASTOS DE PERSONAL		51.040
TRABAJOS, SUMINISTROS Y SERVICIOS EXTERIORES		
Arrendamientos	12.891	
Reparaciones y conservación	3.271	
Suministros	79	
Trabajos realizados por otras empresas (Nota 5)	9.927	
Primas de Seguros	171	
TOTAL TRABAJOS, SUMINISTROS Y SERVICIOS EXTERIORES.		26.339
AMORTIZACIONES		978
OTROS GASTOS		7.191
DOTACION AL FONDO SEGUNDA FASE DEL CICLO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR (GESTION RESIDUOS) (Nota 6)		26.965.345
RESULTADO		0

NOTAS A LOS ESTADOS FINANCIEROS
ENRESA

31 DE DICIEMBRE DE 1985

	En miles ptas.	
NOTA 1 - INTERESES A COBRAR NO VENCIDOS		
Su desglose es el siguiente:		
De Imposiciones a Plazo Fijo	239.967	
De Cuentas de Ahorro	8.324	
TOTAL NOTA 1		**248.291**
NOTA 2 - INTERESES ANTICIPADOS		
Su desglose es el siguiente:		
De Pagarés del Tesoro	123.947	
De Pagarés de Empresa	446.365	
TOTAL NOTA 2		**570.312**
NOTA 3 - ESTUDIOS Y PROYECTOS		
Se compone de las siguientes partidas:		
Estudios hidrogeológicos El Cabril	2.000	
Stripa	20.035	
Servicio de apoyo JEN a otros proyectos	65.124	
TOTAL NOTA 3		**87.159**
NOTA 4 - GESTION DE RESIDUOS POR TERCEROS		
El detalle lo componen los siguientes capítulos:		
Servicio de apoyo JEN El Cabril (año 85)	132.280	
Servicio de apoyo JEN Andújar (año 85)	105.427	
Compra de bidones por JEN	5.167	
Asfaltado diques de estériles por JEN	1.254	
TOTAL NOTA 4		**244.128**
NOTA 5 - TRABAJOS REALIZADOS POR OTRAS EMPRESAS		
El desglose de este epígrafe es como sigue:		
Gastos por creación de ENRESA	9.188	
Otros	739	
TOTAL NOTA 5		**9.927**
NOTA 6 - DOTACION AL FONDO SEGUNDA FASE DEL CICLO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR (GESTION RESIDUOS)		**26.965.345**

Se trata del remanente de los recursos recaudados por medio de la cuota establecida en la Orden del Ministerio de Industria y Energía de 12 de mayo de 1983, asignado a ENRESA por el Real Decreto 1.522/1984, de 4 de julio, desarrollado, asimismo, por Real Decreto 1.899/1984, de 1 de agosto.

INFORME DE LOS CENSORES DE CUENTAS

"DON JOSE FERRANDIZ ALARCON DE LA LASTRA y DON CARLOS RUIZ-TAPIADOR GARRIDO designados Censores de Cuentas para el Ejercicicio 1985, por el Instituto Nacional de Industria y por la Junta de Energía Nuclear, respectivamente, según acuerdo de la Junta General Ordinaria de la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A., celebrada el día 7 de junio de 1985, tienen el honor de informar:

Que en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 108 de la Ley de 17 de julio de 1951 sobre el Régimen Jurídico de las Sociedades Anónimas, han examinado el Balance a 31 de diciembre de 1985 y la cuenta de Pérdidas y Ganancias a la misma fecha, y como resultado de la revisión practicada a los documentos de referencia proponen a la Junta General la aprobación de los mismos.

Madrid, 24 de junio de 1986.- Firmado: José Ferrándiz Alarcón de la Lastra y Carlos Ruiz-Tapiador Garrido.

Palabras pronunciadas
por el Presidente de ENRESA,
D. Juan Manuel Kindelán,
y por el Director General de la JEN,
D. Gonzalo Madrid,
en la Junta General de Accionistas
celebrada el 30 de junio de 1986

DON JUAN MANUEL KINDELAN, PRESIDENTE DE ENRESA

«Es una satisfacción para mí presentaros hoy la Memoria y las Cuentas correspondientes al primer ejercicio de la vida de ENRESA.

Como sabéis perfectamente, la actividad en dicho ejercicio ha sido muy limitada; la Empresa empezó a ponerse en marcha durante el verano y no ha ido completando la mayor parte de sus efectivos humanos hasta las últimas semanas del ejercicio.

Tengo que decir, sin embargo, que la constitución de los activos humanos de la Empresa ha sido, sin duda, una de las tareas más importantes que hemos realizado en 1985 el Director General y yo mismo. Debo añadir, por otra parte, que estamos satisfechos de los resultados. Las cosas que hemos podido ir haciendo en los últimos meses han sido debidas, ciertamente, a poder disponer de un personal con una capacitación profesional elevada y con una gran ilusión por su trabajo.

Es cierto, efectivamente, que todos los que trabajamos en ENRESA nos encontramos con una tarea que parece atractiva: Se trata de una actividad necesaria para la seguridad de la sociedad en que vivimos y que tiene que realizarse con medios técnicos avanzados y, en algunos casos, nuevos. Ello representa un desafío para los técnicos que colaboramos en la tarea que tiene ENRESA encomendada. Una de nuestras primeras obligaciones como responsables de la Empresa consiste en mantener en el personal la mayor ilusión posible por su trabajo, así como intentar por todos los medios que se acentúen su formación y su experiencia en cada campo en el que desempeñan su actividad.

Hace pocas semanas ha habido elecciones sindicales en ENRESA y tenemos ya constituido un Comité de Empresa con el cual negociaremos a fin de año el primer convenio en la vida de la Sociedad para 1987.

En todo caso, poco hubiésemos podido hacer sin el apoyo firme que hemos encontrado, en todo el año transcurrido desde que hemos empezado a ocuparnos de ENRESA, por parte de nuestros accionistas y de la Administración Pública. En la Secretaría General de la Energía, así como en la Junta de Energía Nuclear y en el Instituto Nacional de Industria, nos han prestado toda clase de ayudas para resolver problemas de índole técnica, financiera, fiscal y jurídica. Estamos seguros de poder seguir contando en el futuro con este tipo de apoyos que nos son imprescindibles.

Pocas cosas hemos podido realizar en el curso de 1985 aparte de sentar los cimientos para nuestra actividad en los meses posteriores; sin embargo, al presentaros formalmente la Memoria y las cuentas de ENRESA ya en junio de 1986, parece oportuno hacer una breve mención a las diversas tareas que ya hemos podido abordar en el presente año.

El pasado 27 de junio hemos presentado oficialmente en el Ministerio de Industria y Energía la propuesta de ENRESA del primer Plan General de Residuos Radiactivos, cumpliendo el Real Decreto de constitución que nos obliga a hacerlo en el primer semestre de este año. Su realización se inició en noviembre de 1985 y estamos satisfechos del esfuerzo hecho por nuestros técnicos. Esperamos que el Gobierno que se constituya a finales del próximo mes pueda adoptarlo en el plazo más breve posible.

Hemos asumido, también, la responsabilidad de la gestión del almacenamiento de residuos de baja y media actividad de El Cabril, continuando las actividades que venía realizando en él la JEN, y hemos llegado a acuerdos con nuestros homólogos franceses para la realización de estudios de ingeniería que nos permitan diseñar su futuro. Igualmente hemos asumido la responsabilidad de desmantelar el dique de estériles de la Fábrica de Uranio de Andújar, para lo que hemos iniciado los estudios pertinentes.

En lo que se refiere a la preparación del almacenamiento definitivo de residuos a medio y largo plazo, hemos podido avanzar, en estos meses de 1986, en el diseño conceptual de un laboratorio subterráneo para estudiar el comportamiento futuro de los residuos en un yacimiento profundo de granito. Se han empezado, también, los estudios precisos para la construcción eventual de un almacenamiento intermedio de residuos de alta actividad, que permita suplir el bache existente entre el momento del llenado de las piscinas de las centrales y la disponibilidad de un almacenamiento definitivo.

Desde el otoño de 1985 hemos intensificado toda clase de contactos con países y organismos extranjeros para intercambiar conocimientos y experiencias, sobre todo en el marco de la CEE. En este sentido hemos presentado ya propuestas a la Comisión de Bruselas para conseguir ayudas financieras en diversos proyectos de investigación y en la construcción del laboratorio subterráneo que he mencionado más arriba.

De acuerdo con las instrucciones del Ministerio de Industria y Energía, hemos avanzado mucho en el intento de lograr la formulación de un contrato tipo con las empresas eléctricas agrupadas en UNESA, con posibilidad de que dicho contrato pueda ser acordado próximamente.

Finalmente, ya conocéis los esfuerzos que hemos realizado en el plano de la comunicación social con los ciudadanos. Es preciso que se comprenda que nuestras actividades están destinadas exclusivamente a la protección del bien común que representa un entorno ecológico sin riesgos para nosotros y nuestros descendientes. En este mes de junio publicamos el número 1 de la Revista «Estratos», destinada a divulgar las actividades y los problemas de ENRESA; hemos realizado en Avila un primer encuentro de responsables de información pública de todas las empresas equivalentes a la nuestra en muchos países y, a finales del mes que viene, patrocinamos en la Universidad de Verano de Santander un curso especializado sobre la gestión de residuos radiactivos.

Ni que decir tiene que una de nuestras primeras tareas desde octubre ha sido la de gestionar los recursos financieros que habían sido acumulados para nuestras actividades desde el año 1983. A raíz de la estructuración de la Dirección Financiera de ENRESA se han podido mejorar los resultados obtenidos, a pesar de la peor coyuntura financiera que va existiendo para la colocación de los activos. En los últimos meses se han preparado los planes financieros de ENRESA para los próximos años.

Creo que éste es un resumen de lo que hemos podido ir haciendo estos meses. Sólo quiero repetir ahora hasta qué punto me parece que las casi setenta personas que ya trabajamos en ENRESA en Madrid, junto a cerca del centenar que trabajan en El Cabril y Andújar, estamos llenos de ilusión y esperanza en la tarea que tenemos por delante.»

DON GONZALO MADRID, DIRECTOR GENERAL DE LA JEN

«Como ha señalado su Presidente, el año 1985 ha sido el de puesta en marcha de la Sociedad, y quiero señalar que desde la JEN nos sentimos satisfechos de la actividad que en este corto periodo de vida ha realizado la Compañía.

ENRESA, por su objeto social, se enfrenta a un reto de dimensiones muy importantes; esto ha sido tenido en cuenta en su constitución y creo que el marco jurídico y financiero con el que se le ha dotado indica la importancia que a su función se ha asignado. Independientemente de este marco y contando con seguridad con el apoyo de sus accionistas, ENRESA debe ganarse, día a día, la confianza de la sociedad española en el desarrollo de su delicada misión.

Me gustaría destacar algunos aspectos que pienso relevantes para el desarrollo futuro de las misiones de la Sociedad. Según lo previsto, en un futuro próximo comenzará el proceso que debe finalizar en la promulgación de la Ley de Emplazamientos, la Sociedad debe colaborar al máximo con el asesoramiento técnico que sea preciso, facilitando a los órganos competentes los estudios técnicos de la mejor calidad que permitan adoptar las mejores decisiones.

ENRESA debe materializar un modelo tecnológico coherente en cuanto a forma de afrontar la problemática de los residuos radiactivos. Este tema, desde nuestro punto de vista, debe afrontarse desde una doble perspectiva, en una amplia colaboración técnica internacional, por un lado, huyendo de cualquier tentación autárquica, y, por otro, en un amplio esfuerzo en cuanto a utilizar, en la mayor medida posible, la capacidad industrial, tecnológica y científica del país.

Estimamos, en línea con lo que señalaba el Presidente de la Empresa, que la comunicación social debe cuidarse especialmente. Una información rigurosa, clara y a tiempo es una base imprescindible para ganarse el respeto de la sociedad.

Pienso que es fundamental que ENRESA aúne en su esquema de actuación la necesidad de acciones eficaces en el corto plazo y la planificación y desarrollo de aquéllos, que se materializarán en el medio y largo, pero cuyo trabajo, para conseguir el objetivo deseado, debe efectuarse desde el momento actual.

Quiero señalar que la JEN, como accionista mayoritaria, se encuentra satisfecha con la creación y derroteros que está siguiendo la Empresa y que tanto como accionistas como en cuanto a soporte tecnológico le facilitará toda la colaboración que esté en sus manos.

Quiero, por último, felicitar, en nombre de la JEN, al equipo humano de la Empresa por la labor desarrollada durante el ejercicio que hoy analizamos.»

Empresa Nacional de Residuos Radiactivos,S.A.

P.º de la Castellana, 135
28046-Madrid

3.3.5

NATIONAL MAGAZINE DEALING WITH RADIOACTIVE WASTE IN SPAIN

(IN SPANISH)

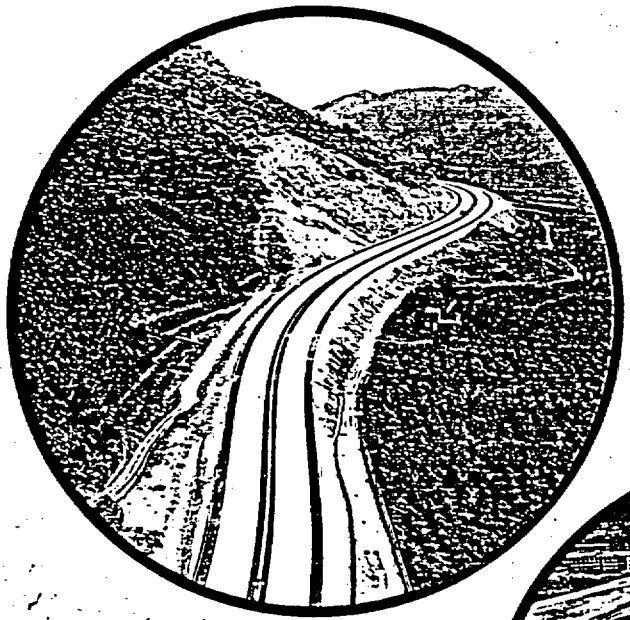
ENRESA

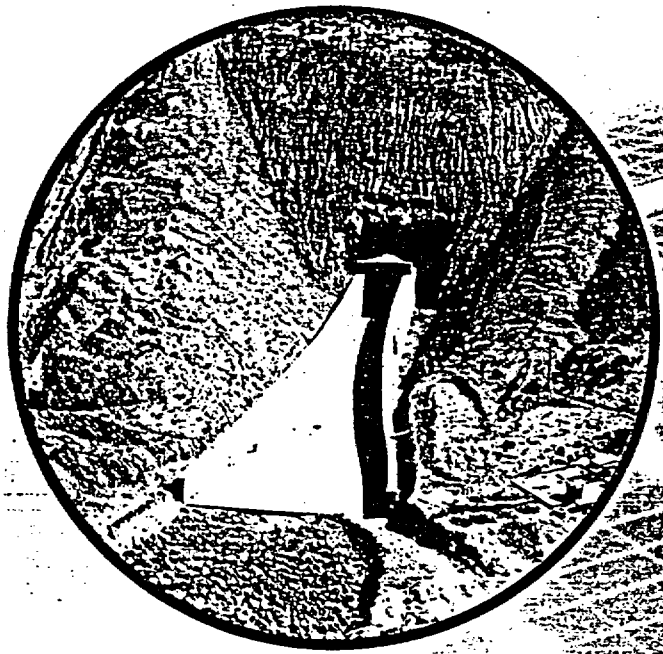
EMPRESA NACIONAL DE RESIDUOS RADIACTIVOS - N.º 2 - OCTUBRE 1986

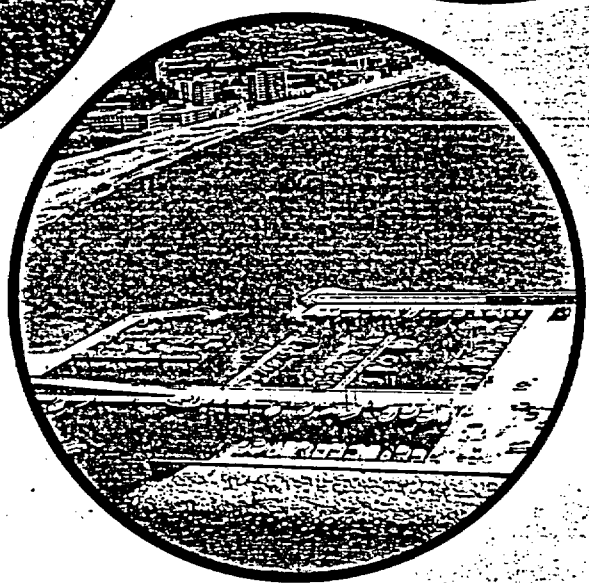
¿Quién paga los residuos radiactivos?

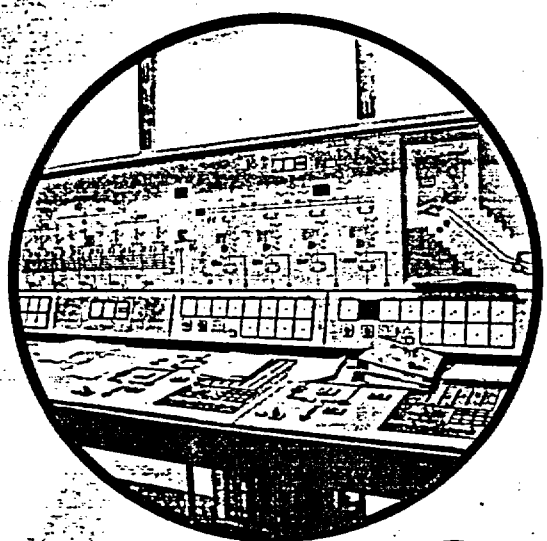
Donato Fuejo: Demasiados intereses en lo nuclear

Cómo se desmonta una central nuclear









CENTRALES ELECTRICAS • AGRONOMIA • OBRAS HIDRAULICAS • CARRETERAS • PUERTOS Y COSTAS • ARQUITECTURA Y URBANISMO • GEOLOGIA Y GEOTECNIA • MEDIO AMBIENTE • PLANTAS INDUSTRIALES

inypsa

INFORMES Y PROYECTOS, S.A.

INGENIEROS CONSULTORES

MADRID
General Diaz Porlier, 49
Teléfono (91) 402 45 92*
Télex: 42496 inyp E
28001 MADRID

BARCELONA
Gran Vía de Carlos III, 124
Teléfono (93) 205 08 62
Télex: 97809 inyp E
08034 BARCELONA

EDITORIAL

LA creación de la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos con el encargo de gestionar de forma segura y eficaz los residuos radiactivos generados en nuestro país, responde sin duda a la sensibilidad del Gobierno español ante la generación en forma creciente de residuos por las instalaciones nucleares y radiactivas que operan en España.

En los meses transcurridos de 1986, ENRESA ha ido cumpliendo sus primeros objetivos y asumiendo con regularidad sus obligaciones más cercanas: ha relevado a la JEN en la operación del centro de almacenamiento de residuos de media y baja actividad de Sierra Albarrana (El Cabril), ha asumido la responsabilidad del mantenimiento y desmantelamiento de la antigua fábrica de concentrados de uranio de Andújar, ha completado los estudios e infraestructura previos a la actividad de retirada de residuos de las instalaciones radiactivas (pequeños productores), se han establecido canales operativos con la CEE y con los países más avanzados en estas actividades para facilitar la necesaria transferencia de tecnología y especialmente se ha presentado ante el Ministerio de Industria y Energía la propuesta del primer Plan General de Residuos Radiactivos que debe establecer las bases y líneas principales de actuación para los próximos años.

No obstante, la formulación de un plan de actuación por coherente y equilibrado que éste sea, o la existencia de una entidad responsable de la gestión de residuos radiactivos, por muy eficaz y competente que sea, no significa la garantía de éxito en la gestión de estos residuos. La actividad encomendada a ENRESA tiene unas características derivadas principalmente de la naturaleza de los residuos a tratar (larga duración de su vida activa, empleo de tecnologías recientes, en algunos casos en período de desarrollo o demostración, recepción recelosa de «lo nuclear» por parte de un porcentaje importante de la población, etc.), que la hacen atípica respecto del resto de las empresas que desarrollan actividades «normales» en el país.

Esta atipicidad origina dificultades serias de orden técnico, financiero, fiscal, normativo y de opinión pública, que irán siendo expuestos en próximos editoriales de esta Revista por los responsables en ENRESA de las correspondientes áreas, pero especialmente demuestra la necesidad de existencia en el entorno exterior a ENRESA de unas condiciones favorables que sólo podrán establecerse mediante la atención y el apoyo de otras muchas empresas, organismos y particulares.

La importancia de esta ayuda exterior, queda de manifiesto con la simple formulación de interrogantes como: ¿Podría ENRESA almacenar de forma definitiva residuos de larga vida activa si no estuvieran bien acondicionados por los generadores que los han producido, o si la tecnología requerida para ello no hubiera sido generada por los organismos de investigación y asimilada por las empresas de ingeniería españolas? ¿Se podría conseguir la eliminación de nuestros residuos radiactivos de forma segura para las personas y sin daño para el medio ambiente sin que los organismos competentes de la Administración siguieran de cerca los proyectos y trabajos de ENRESA ejerciendo los controles adecuados? ¿No ayudaría, sin duda, al objetivo indicado en la pregunta anterior la crítica seria de muchas asociaciones ecologistas? ¿Podría ENRESA lograr un funcionamiento eficiente en el área económica y financiera sin un reconocimiento expreso de su atipicidad por parte de la Administración financiera y tributaria? ¿Sería posible para ENRESA promover una información transparente y honesta sin la ayuda de unos medios de comunicación objetivos?

A mediados del pasado mes de julio recogían los periódicos españoles las lógicas quejas de unas determinadas autoridades locales y autonómicas por la aparición de unos bultos conteniendo residuos de muy baja actividad procedentes de un centro hospitalario, en un vertedero de residuos urbanos convencionales. ¿Podemos esperar, de forma general, que esas mismas autoridades, o las equivalentes en cualquier zona de España, actuarían con la misma lógica apoyando la instalación en su territorio de un almacenamiento específico para residuos radiactivos que es condición necesaria para evitar que estos residuos aparezcan de forma descontrolada en cualquier vertedero, campo o río de España «olvidados» por manos poco escrupulosas? Declaraciones como las que recientemente han relacionado la instalación de almacenamiento de El Cabril con imaginarios camiones franceses cargados con todo tipo de maldades radiactivas o con efectos negativos en la salud de los habitantes de un determinado municipio (inconcebibles dada la distancia y condiciones geográficas existentes), pueden poner en duda una respuesta afirmativa a esta última pregunta. Creo, sin embargo, que el reconocimiento de la importancia que una correcta gestión de los residuos radiactivos tiene en el cuidado del medio ambiente y en la salud de la población, ayudará a no convertir esta actividad en un campo abierto a la demagogia o a los fuegos de artificio en la dialéctica política.

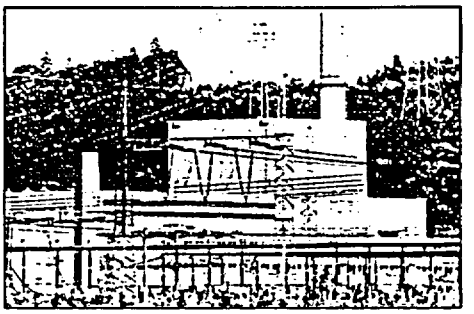
Diría, como resumen, que la realización de las diferentes actividades encaminadas a la eliminación segura y eficiente de los residuos radiactivos pasa por el buen funcionamiento de la empresa encargada de su desarrollo pero debe reconocerse que el éxito final trasciende la empresa y requiere la atención y ayuda de buena parte de la sociedad. Viendo el problema desde ENRESA yo diría: critique, controle, exija competencia y honestidad, pero... por favor, amigo, ¡échenos una mano!

Alberto LOPEZ GARCIA
Director General de ENRESA

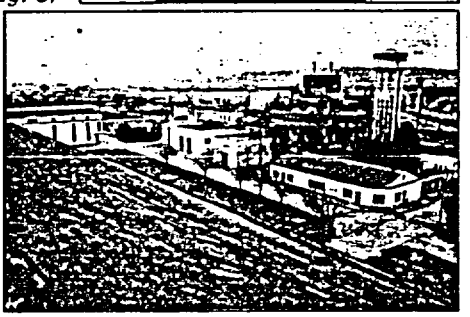
ESTRATOS

NUESTRA PORTADA: Vista parcial del río Bembezar a su paso por El Cabril.

Alberto López, *Director General de ENRESA, se refiere al carácter «atípico» de esta Empresa Pública (pág. 3)*

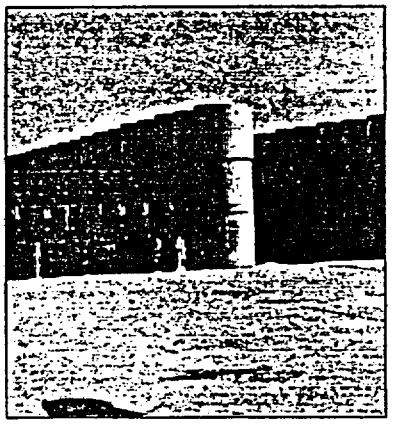


El «super residuo»: Alemania Federal desmonta su primera central nuclear (pág. 18)

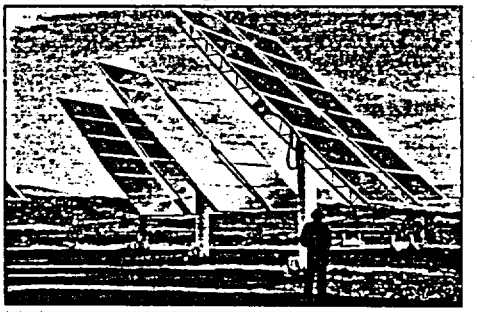


Chequeo a la Fábrica de Uranio de Andújar (FUA), a punto de derribo (pág. 9)

Donato Fuejo *conversa con* **Felipe Mellizo** *en torno a Chernobyl y sus consecuencias sobre la opinión pública y la energía nuclear (pág. 22)*

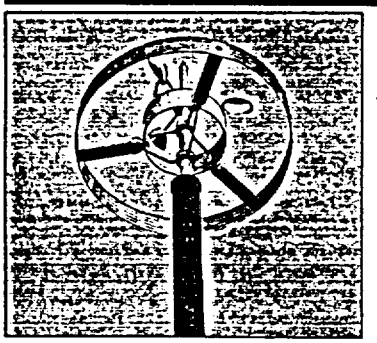


¿Quién debe correr con los gastos de gestión de los residuos radiactivos? **Juan Pedro Zarranz** *analiza qué hacen en otros países (pág. 13)*



Al sol que más calienta. Qué alternativa ofrecen las energías renovables (pág. 24)

En breve, España estará en mejores condiciones de prevenir catástrofes naturales, gracias al SIVIM. Un paso más hacia la plena seguridad colectiva (pág. 16)



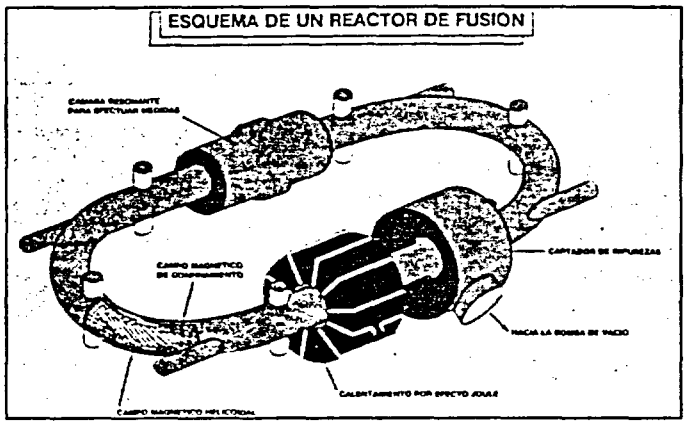
Aquellos inútiles vigías del tejado: pararrayos radiactivos (pág. 34)

CONSEJO EDITORIAL

Presidente: Juan Manuel Kindelán. **Vocales:** Alberto López, Alfonso Arias, Aurelio Ulibarri, Juan Pedro Zarranz, Rafael García Suelto y Felipe Mellizo.

Director: Julio Sierra. **Diseño y maquetación:** Adolfo Romano. **Colaboradores:** José Meléndez, Ignacio Alonso, Tony Benn, Ana Mellizo, Fernando Castelló, Miguel Udaondo, Rafael Nuche y Jorge Fernández. **Fotografías:** Archivo ENRESA, Agencia EFE. **Redacción:** Paseo de la Castellana, 135. 28046-MADRID. Tel.: 450 50 62. **Administración:** Armando Veganzones. **Publicidad:** Vicente Barberá. Padilla, 80. 28006-MADRID. **Suscripción anual** (4 números): 600 pesetas. **Precio ejemplar:** 150 pesetas. **Edita:** ENRESA (Empresa Nacional de Residuos Radiactivos). **Dep. legal:** M. 7.411-1986. **Imprime:** Mariar, S. A. Tomás Bretón, 51. 28045-MADRID.

Esta publicación no comparte necesariamente la opinión de sus colaboradores y se limita a ofrecer sus páginas con respeto a la libertad de expresión. Pueden reproducirse total o parcialmente los textos citando su procedencia.



TECNOLOGIA
Energía de fusión

ESPAÑA, a través del CIEMAT-JEN, participa en un proyecto europeo para lograr un reactor de fusión viable que compita con los desarrollados por Estados Unidos, Unión Soviética y Japón.

La energía nuclear de fusión, al contrario que la de fisión, basada en la escisión del núcleo de un átomo, se produce al fusionar dos núcleos para obtener otro nuevo, en un proceso de reacción similar al que se produce en el Sol y las estrellas.

El principal problema para poder operar con reactores de fusión está en mantener constantes altas temperaturas durante un largo período para lograr la fusión de los átomos. Científicos norteamericanos han conseguido alcanzar recientemente la temperatura de 200 millones de grados centígrados en pruebas de laboratorio.

Hasta ahora sólo Estados Unidos, Japón y la Unión Soviética han acometido programas importantes para el desarrollo de la fusión. Europa se incorpora a estos países a través del proyectado Euratom, en el que España participa desde la firma del tratado de preadhesión entre el CIEMAT-JEN y representantes de Euratom.

La Junta de Energía Nuclear cuenta actualmente con el dispositivo TJ-1, que se utiliza para realizar investigaciones puntales en el campo de la física de plasma. Un TJ es un Tokamak o cámara tiroidal magnética; esto es, una máquina en forma de rosquilla en la cual el confinamiento del plasma se realiza mediante campos magnéticos con los que se logra guiar las partículas cargadas sin que toquen la pared, ya que de no ser así las altas temperaturas derretirían las paredes y arrastrarían consigo impurezas que entorpecerían el proceso de fusión nuclear.

INFORMACION
Nueva publicación

LA Junta de Energía Nuclear ha iniciado la publicación de un boletín informativo —«Divulga JEN»— destinado a mantener permanentemente informado al gran público. Esta iniciativa se enmarca en una nueva política de transparencia informativa en torno a la tecnología nuclear y a los progresos que se van logrando en materia de energías alternativas. El primer número de este boletín, que puede solicitarse al «Centro de Investigación Energética Medioambiental y Tecnológica», Avenida Complutense, 22. 28040-Madrid, tiene el siguiente contenido: Investigación básica (A la caza del muón), fusión termonuclear (Vía libre de la CEE a un proyecto de la JEN sobre fusión termonuclear), tecnología nuclear (¿En qué medida es segura una central nuclear?), energía eólica (A vueltas con el viento), energía solar (Primer laboratorio español de homologación fotovoltaica) y biomasa (La energía también se planta).

INVESTIGACION
Almacenamiento de residuos

LA gestión de los residuos radiactivos supone un elevado gasto que empieza a hacerse efectivo en la misma etapa de investigación. En la imagen, la galería central del Centro Experimental de Nevada (Estados Unidos), donde se llevan a cabo las pruebas correspondientes al programa «Climax». Se trata de observar los efectos que produce el combustible nuclear irradiado al quedar almacenado en una formación rocosa cristalina a una profundidad de unos 1.400 pies, unos 467 metros. Esta galería sirvió en otro tiempo para la realización de pruebas subterráneas de armamento nuclear. (Foto: Pan Am).

SUBSUELO
Helio-4 en rocas volcánicas

LOS geoquímicos otorgan cada vez más atención al análisis de isótopos con el fin de determinar lo más ajustadamente posible el origen, edad y desarrollo de las rocas de procedencia volcánica. Los isótopos Helio-3 y Helio-4 tienen en ello un importante papel. El Helio-3 quedó «encerrado» en las rocas en el momento en que se formó la Tierra, hace 4.600 millones de años. El

Helio-4 se produce aún hoy en la fisión radiactiva del torio y del uranio. Dado que estos elementos han aflorado hacia la superficie terrestre en el transcurso de la historia de nuestro planeta se ha producido como resultado una disolución del Helio-3.

La relación del Helio-3 respecto del Helio-4 es de 1 a más de 32, a favor del segundo, en el subsuelo de las islas Hawai, mientras que esta relación se limita a 1 a 8 en la litosfera terrestre. La determinación de esta relación sirve precisamente de criterio para establecer el origen de las rocas que hoy se encuentran en la superficie de la Tierra.

Según medidas tomadas por el geofísico Mark Kurz, del Woods Hole Oceanographic Institution, cabe poner en crisis este punto de vista. Kurz ha realizado pruebas en basalto en torno al volcán hawaiano de Haleakala, en la isla Maui, para establecer la relación entre el Helio-3 y el Helio-4, y ha comprobado que en esta zona la diferencia entre ambos es veinte veces superior a cualquier otro punto de la Tierra. Los valores del Helio se diferenciaban sensiblemente en este lugar respecto a cualesquiera otros basaltos oceánicos, lo que ha llevado a Kurz a concluir que el origen de estas formaciones tendría que ser cósmico. Las radiaciones cósmicas producen, en su opinión, una energía tan elevada que podrían generar en las rocas verdaderas reacciones nucleares hasta el punto de producir una extraña relación entre el Helio-3 y el Helio-4. Sin embargo, esto sólo sería posible, en su criterio, poco tiempo después de su erupción, cuando las rocas de la superficie están expuestas a las radiaciones.

Nuevas investigaciones han confirmado las primeras mediciones. Perforaciones realizadas en la lava del volcán Haleakala, hasta 1,5 metros, revelaron un rápido descenso en los valores de Helio a medida que se iba bajando. Las observaciones de Kurz ponen en duda anteriores teorías sobre el comportamiento del Helio como medio de estudiar la corteza terrestre. Sin embargo, ofrecen nuevas posibilidades en la datación arqueológica de formaciones rocosas y fijación de etapas en la erosión del suelo.

CHERNOBYL
Más residuos que en Hiroshima

EL accidente de la central nuclear soviética de Chernobyl, registrado el pasado 26 de abril, liberó en la atmósfera unos cincuenta megacurios de productos de fisión, equivalentes al 3,5 % de los materiales radiactivos existentes en la central nuclear. Así se asegura en el informe elaborado por la URSS para la Agencia Internacional de la Energía Atómica (OIEA), en Viena.

Esta cantidad de residuos radiactivos liberados por el accidente de la central soviética es entre 30 y 40 veces mayor que la de los residuos letales producidos por la bomba atómica lanzada en Hiroshima.

El informe, en estudio por expertos de la OIEA, llega a la conclusión de que el accidente sufrido por esta planta fue provocado por una acumulación de fallos humanos ocurridos durante una serie de experimentos realizados en las turbinas del reactor número cuatro, que tenía por objeto calcular la cantidad de energía que podían producir las turbinas al girar por su propia inercia tras la detención del reactor.

ROBOTICA
Robots a prueba de radiactividad

«TOMI» y «Oscar» son dos robots fabricados por la empresa francesa de alta tecnología APNS (Assistance en Protection et Sécurité Nucleaire), que realizarán tareas de traslado y manipulación de productos altamente radiactivos.

«Tomi» y «Oscar» forman parte de un proyecto francés perteneciente al programa europeo de cooperación y desarrollo tecnológico EUREKA.

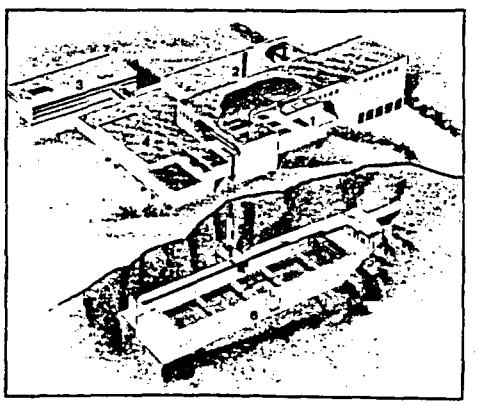
«Tomi» pesa, sin equipo, 360 kilos, precisa una alimentación eléctrica de 220 voltios y tiene un radio de acción de 60 metros, con una velocidad máxima de 10 $m.min^{-1}$. «Tomi» se mueve mediante un sistema de oruga con cadenas de caucho o sobre cuatro ruedas montadas sobre dos ejes, uno de los cuales es motriz.

Por su parte, «Oscar» es mucho más pequeño que su hermano. Tiene un peso de 36 kilos y sus medidas son 21 centímetros de altura, 32 de anchura y 48 de longitud.

(Foto cedida por «Nuevo Algo»)

ALMACENAMIENTO
Nuevas instalaciones en Suecia para combustible gastado

LA Compañía Sueca para el Combustible Nuclear (SKB) inauguró recientemente su nueva instalación de almacenamiento central provisional para combustible nuclear gastado. La nueva instalación está ubicada dentro del recinto de la central nuclear de Oskarshamn y está situada a unos 30 metros de profundidad en una excavación recubierta con hormigón. Este subterráneo, de 120 metros de longitud, 21 de anchura y 27 de altura, cuenta con cuatro piscinas de almacenamiento y otra central, más pequeña, conectada al canal de transporte. Cada piscina tiene capacidad para 3.000 metros cúbicos de agua y puede almacenar unas 750 toneladas de combustible gastado, equivalente a 3.000 toneladas de uranio.



1. Edificio de recepción.—2. Edificio para equipos auxiliares.—3. Edificio de oficinas.—4.—Edificio de equipos eléctricos.—5. Ascensor para combustible.—6. Edificio de combustible.

ENRESA INFORMA

Relaciones exteriores

LA Empresa Nacional de Residuos Radiactivos entró en pleno funcionamiento justamente cuando España se incorporaba a la CEE. Desde entonces, no han cesado los contactos de ENRESA con los organismos mundiales, y particularmente los europeos, que regulan las actividades en el sector nuclear, con especial incidencia en el de la gestión de residuos radiactivos.

Entre los comités especializados en los cuales participa ENRESA destacan los de las Comunidades Europeas, entre ellos el Comité Consultivo de Gestión y Coordinación 6 (CGT-6), que tiene como función asesorar a la Comisión en materia de investigación y desarrollo en los campos de la energía nuclear de fisión y de la gestión de residuos radiactivos.

De este Comité dependen varios grupos de trabajo, entre los cuales destaca «Instalaciones Piloto Subterráneas» (laboratorios subterráneos), en el que se encuentran varios especialistas de ENRESA, tanto del propio Departamento de Relaciones Internacionales como del Departamento de Emplazamientos.

Técnicos de ENRESA participan en el Grupo de Trabajo «Tarea 3» sobre Garantía de Calidad e igualmente en el Grupo de Trabajo de los usuarios de las Instalaciones PETRA (Procedure of Evaluation and Testing for Radwaste Alternatives) ubicadas en el Centro de Investigación Comunitario de ISPRA, Italia.

Asimismo, ENRESA está también presente en las actividades relacionadas con la gestión de residuos radiactivos en la NEA (OCDE), tanto en el Comité de Gestión de Residuos Radiactivos (RWMG) como en el Comité del Ciclo del Combustible (FCC).

Ecologistas

DURANTE el seminario «Residuos radiactivos: un reto para el año 2000», ENRESA invitó a un coloquio ante los periodistas acreditados en el Palacio de la Magdalena a representantes de organizaciones ecologistas para debatir el problema de los residuos radiactivos y las soluciones alternativas que estos grupos pudieran plantear. Ramón Tamames, diputado en el Congreso de IU, y Rafael Grasa, miembro del CIDOB (Centro Internacional de Documentación de Barcelona), por parte del movimiento ecologista, y Juan Manuel Kindelán, presidente de ENRESA, y Felipe Mellizo, Director de Comunicación Social, expusieron sus posiciones frente a un problema de gran importancia para nuestra sociedad como es el correcto tratamiento y almacenamiento de estos residuos.

Presencia en la R. Popular China

EL presidente de ENRESA, don Juan Manuel Kindelán (a la derecha), y el director general de esta Empresa, don Alberto López (a la izquierda), se han trasladado recientemente a la R. P. China para conocer de cerca el tratamiento que este país da a los residuos radiactivos. En la imagen aparecen durante una reunión con el viceministro de Industria Nuclear, Sr. Zhao Hong.

Dirección de operaciones

LA Dirección de Operaciones de ENRESA con la activa colaboración de las Direcciones de Ingeniería, Financiera y Secretaría General, negocia en la actualidad con las centrales nucleares los contratos por los que esta empresa pasará a encargarse de la recogida y almacenamiento de los residuos generados en las propias centrales.

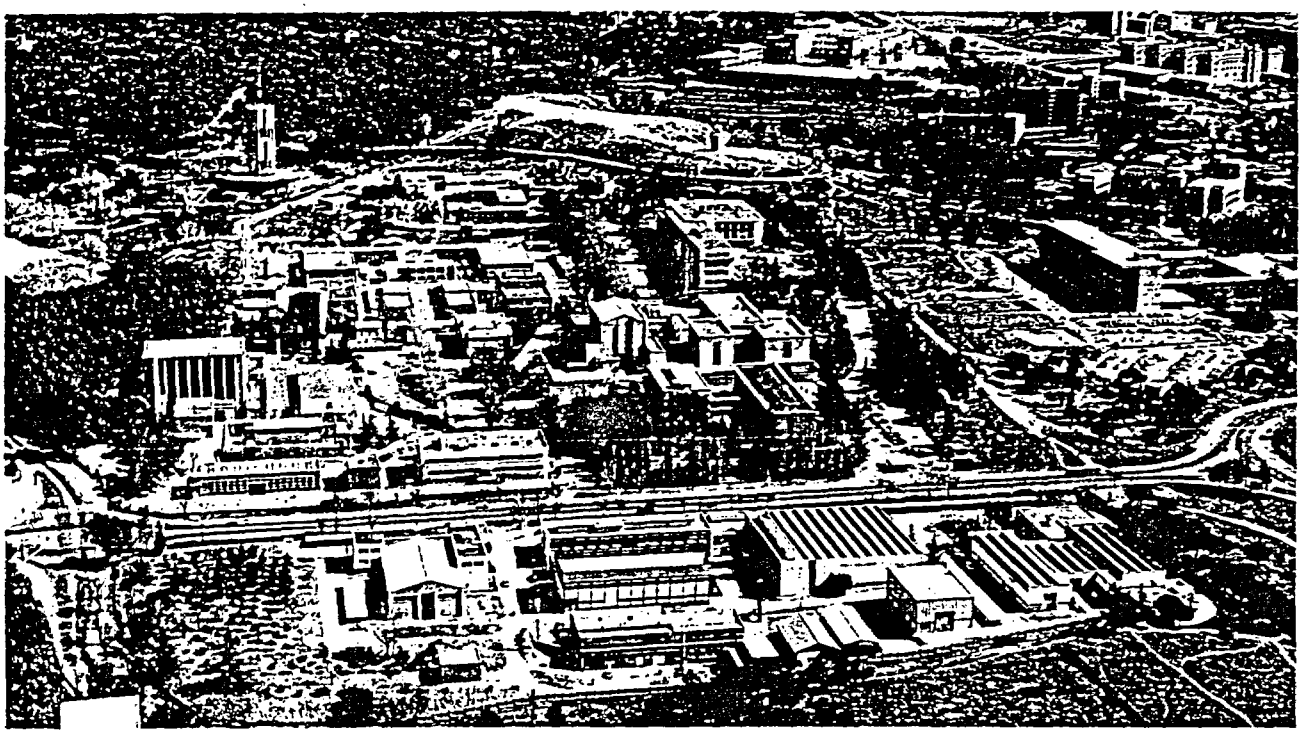
Esta Dirección negocia también con los pequeños productores de residuos, entre ellos la JEN y ENUSA, la recogida y almacenamiento de sus residuos. La documentación necesaria para su aprobación previa fue presentada recientemente al Ministerio de Industria por el Consejo de Seguridad Nuclear.

En las instalaciones de El Cabril está previsto comenzar los trabajos de extracción de los bidones almacenados en la mina BETA tan pronto como el Consejo de Seguridad Nuclear apruebe los procedimientos y el plan de actuación elaborados por ENRESA y la empresa encargada de llevar a cabo la operación.

Laboral

EL pasado mes de julio se firmaron los nuevos convenios colectivos de los centros de trabajo de El Cabril y de Andújar. En estos convenios, que afectan a un total de 89 trabajadores, se ha realizado una reestructuración de categorías laborales, definiendo nuevos cometidos para cada una de ellas.

JEN un Centro de I+D en Energía y Medio Ambiente



La JEN es un Centro de investigación y desarrollo tecnológico que actúa esencialmente en los campos de la generación de energía y de la protección del medio ambiente.

El área de la energía comprende: fisión nuclear, fusión termonuclear por confinamiento magnético y energías renovables.

Los aspectos medioambientales que se estudian principalmente son los relacionados con la generación de energía; en especial la de origen nuclear y la producida en centrales térmicas.

Asimismo, cuenta con algunas instalaciones muy específicas, que apoyan actividades diversas de investigación, tanto propia como la que efectúan otros centros o empresas y que por sus características requieren un alto grado de especialización para su manejo, entre estas cabe citar: reactores experimentales, celdas de manipulación de isótopos radiactivos, laboratorios para el desarrollo y aplicación de la metrología de las radiaciones ionizantes, etc.

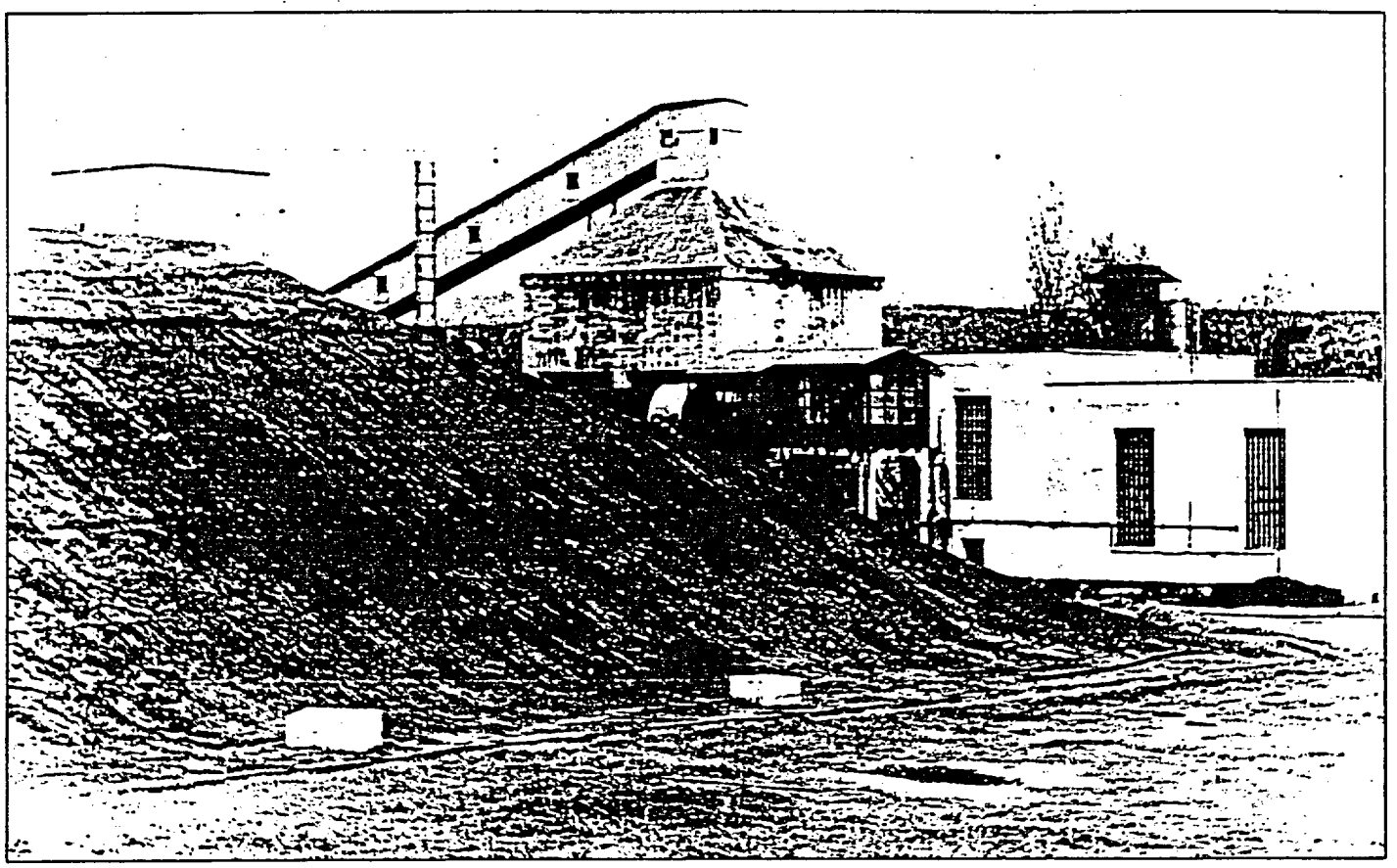
Para llevar a cabo estas actividades la JEN dispone de infraestructura de apoyo que incluye campos tales como: informática, electrónica, análisis químicos, tecnología geológica, talleres de precisión, etc.

La mayor parte de las actividades que se efectúan se llevan a cabo en colaboración con entidades y empresas para resolver necesidades reales planteadas.

JEN

CENTRO DE INVESTIGACION ENERGETICA
MEDIOAMBIENTAL Y TECNOLOGICA

Av. Complutense, 22 28040 MADRID



La fábrica de uranio de Andújar

Ha llegado el final de la vida de la instalación

Para nosotros, es la FUA. La Fábrica de Uranio de Andújar. Junto a las instalaciones de El Cabril, constituye por ahora el patrimonio «de campo» de ENRESA. Sus características y su destino son, empero, muy distintos. Hemos pedido al director de la instalación, Andrés Guerra, unas líneas que nos sirvan de información.

EL descubrimiento por parte de la Junta de Energía Nuclear de yacimientos de mineral de uranio en Sierra Morena —zonas de Cardeña, en Córdoba, y proximidades del Santuario de Santa María de la Cabeza, en Jaén— lleva a la JEN a intentar la explotación de dichos yacimientos en orden a la obtención de concentrados de uranio.

Tras un período de estudios de viabilidad técnico-económica y la confirmación a escala piloto de la validez de la tecnología propia desarrollada para el caso, se decide pasar a la fase industrial. A tal fin obedece el proyecto y construcción de la Fábrica de Uranio de Andújar (FUA), proyecto que se inicia en 1956, comenzando la explotación comercial en noviembre de 1959 y manteniéndose de forma ininterrumpida hasta el mes de julio de 1981.

A PIE DE MINA

La elección de Andújar como emplazamiento de la Fábrica se basó principalmente en la condición de minimizar la distancia media de transporte de los minerales desde los yacimientos a la instalación, junto a la satisfacción de necesidades de buenas comunicaciones, tanto por carretera como por ferrocarril; disponibilidad de agua para suministro, así como para vertido de aguas residuales; disponibilidad de energía eléctrica y facilidad de obtención y alojamiento de la mano de obra.

Ninguno de los dos yacimientos de los que la Fábrica iba a suministrarse justificaba, por sus reservas de mineral calculadas, una instalación a bocamina que, por otra parte, reduciría considerablemente las posibilidades de encontrar la infraestructura auxiliar necesaria, dada su situación en plena Sierra Morena.

Se diseñó la Fábrica con la perspectiva de una vida útil de, aproximadamente, 10 años aunque realmente, y merced a los minerales procedentes de las minas de Extremadura, su vida útil se duplicó. Durante este período se trataron en la Fábrica del orden de 1.200.000 toneladas de mineral con

una riqueza en óxido de uranio de algo más del uno por mil.

El proceso de obtención consistía en la disolución selectiva del compuesto uranífero en ácido sulfúrico en las adecuadas condiciones de temperatura y concentración. Esta disolución, que no afectaba al resto del mineral, dejaba a éste como residuo sólido o estéril del proceso de fabricación. Una vez separadas las fases líquida y sólida del proceso, se bifurcaba: por una parte, el líquido era tratado con resinas cambiadoras o con disolventes para extraer el óxido de uranio, que una vez prensado y secado era embidonado como producto final del proceso de fabricación; por otra parte, los residuos sólidos eran neutralizados y almacenados en las zonas dispuestas a tal fin y que, con el paso del tiempo y el consiguiente aumento de volumen del mineral tratado, hoy conocemos como diques de estériles.

El resultado final del proceso, a lo largo de los años de funcionamiento de la instalación, fue la obtención de 1.354 toneladas de U_3O_8. Además, en el período comprendido entre 1962 y 1967 se obtuvieron 4.214 toneladas de cobre en forma de concentrados de flotación y cementación, procedentes del tratamiento de minerales mixtos de uranio y cobre.

CLAUSURA DE LA FUA

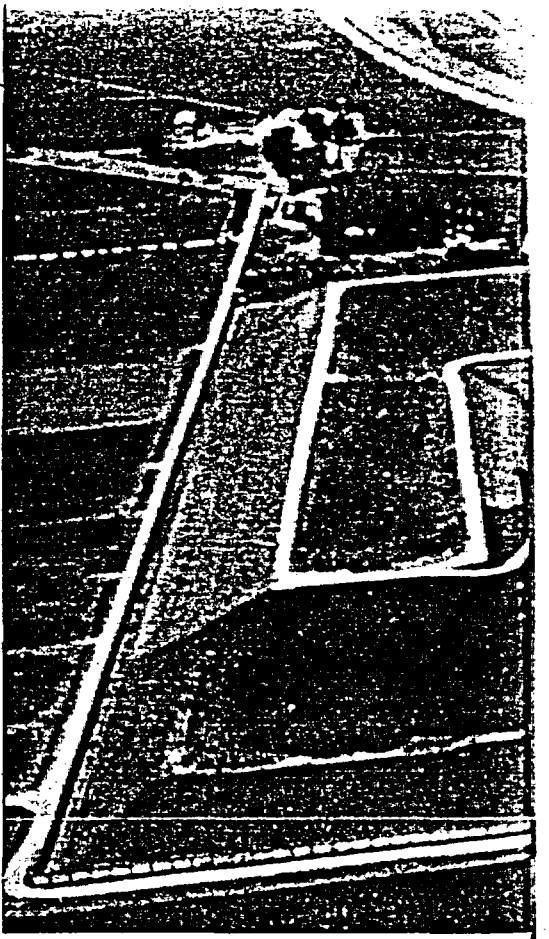
La retirada de servicio de la Fábrica se debió a que, desde el comienzo de la década de los setenta, los yacimientos de la zona, que habían dado origen a la Fábrica, estaban agotados, con lo que la mayor parte del mineral tratado procedía de los yacimientos de Extremadura, situados a más de 300 Km., con una indudable repercusión económica en el coste de extracción del concentrado. Por otra parte se produjo el envejecimiento de los principales componentes de la instalación, junto al reducido grado de automatización, aunque el procedimiento de extracción de óxido de uranio siguiera siendo válido. Estas razones fueron la base para que la Orden Ministerial de 30 de junio de 1981 dispusiera el cierre, descontaminación y desmantelamiento de la Fábrica.

Así pues, se llega al último capítulo de la vida útil de la Instalación. Se trata de conseguir acercarse lo máximo posible a una acción de rehabilitación ideal cuyos objetivos son la reducción de la exposición del público a las radiaciones al mínimo posible y la devolución del emplazamiento para libre disposición. Se pretende la limpieza de terrenos y edificios y la disposición de los estériles y demás materiales o equipos contaminados, de forma que se minimice la incidencia sobre las personas y no sea necesario un mantenimiento y vigilancia continuos en el futuro. Este es el objetivo final a perseguir en la clausura de la instalación y, en este sentido, se orientan los trabajos y estudios emprendidos a partir prácticamente de la parada de la Fábrica, y cuya misión es determinar el impacto ambiental producido en la zona tanto en el estado actual, como en el que se derive de las operaciones de clausura de la instalación. Estudios de evaluación del emplazamiento desde la perspectiva de la demografía, hidrogeología, meteorología, sismotectónica, máxima avenida probable, emplazamientos alternativos... deben aportar datos sobre el destino final de la Planta, junto a factores a tener en cuenta, como la proximidad al río Guadalquivir y la cercanía a un núcleo habitado como Andújar, de 40.000 habitantes.

CUENTA ATRAS

Y mientras los resultados de estos estudios se elaboran y se perfilan las posibles opciones a recoger en el Plan de Clausura, en la Fábrica se procede a las operaciones de limpieza y descontaminación de los edificios y equipos previsiblemente más contaminados, se refuerza el plan de vigilancia radiológica ambiental y se establece un plan de mantenimiento de la parte más problemática de la instalación: los diques de estériles.

La formación de los diques de estériles está directamente ligada al proceso de producción, de manera que a medida que se fue tratando mineral para la



Vista general de la FUA.

Ya están en marcha las operaciones de limpieza de las instalaciones, mientras se aplican nuevos procesos a los efluentes

Datos para un problema

— Volumen del dique: 1.100.000 m^3.
— Toneladas de residuos: 1.200.000.
— Fecha de incorporación a ENRESA de la FUA: 1 de marzo de 1986.

La fecha de comienzo de la operatividad de la FUA fue en noviembre de 1959, y el fin del período útil se cifró en junio de 1981.

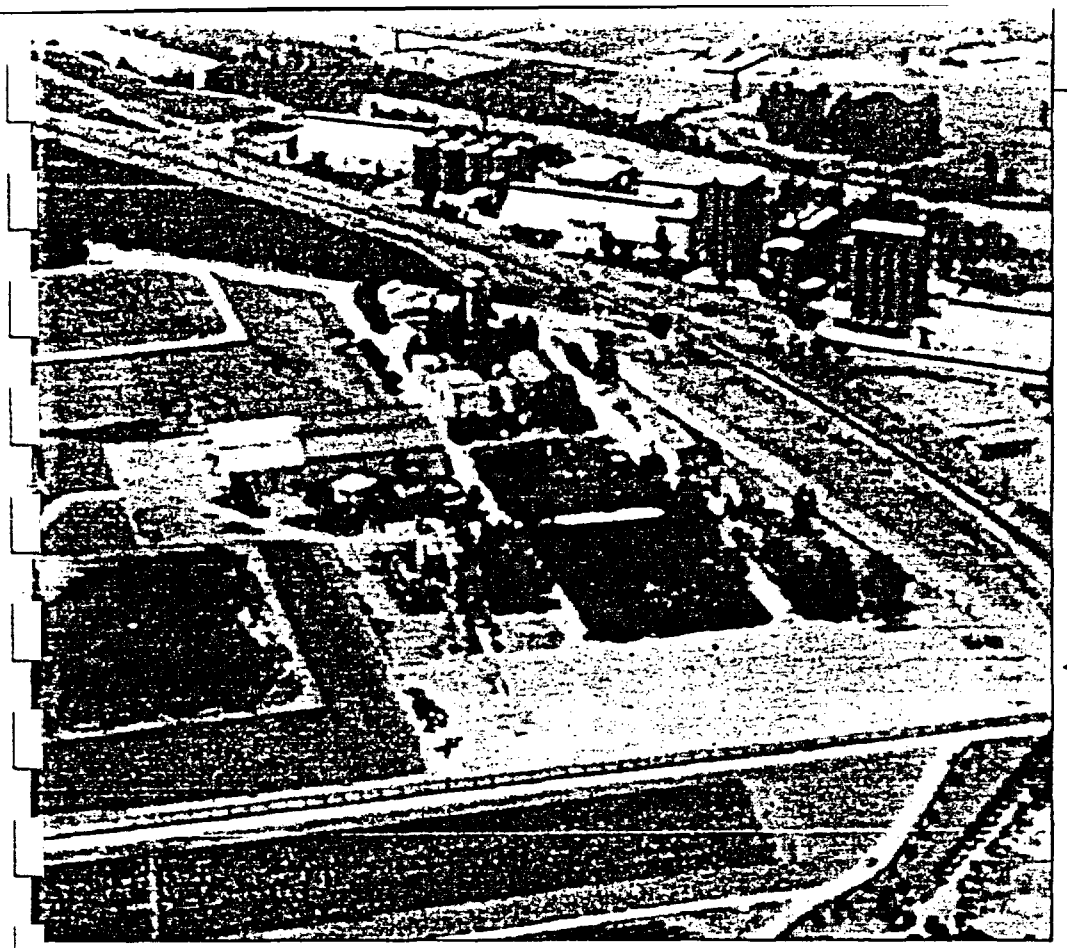
En ese tiempo se tratan, aproximadamente, unas 1.200.000 toneladas de mineral del que se obtienen 1.350 toneladas de mineral concentrado de uranio.

De cada tonelada de mineral tratado se extraía, aproximadamente, un kilogramo de concentrado de uranio, con lo que la práctica totalidad del mineral extraído está allí, formando el dique.

A partir del cierre de la fábrica, en 1981, queda un retén de personas encargadas de la vigilancia física y radiológica de la FUA. Junto a éstos permanece otro retén de mantenimiento responsable de la conservación, en perfecto estado, de la capa asfáltica que cubre las paredes de los diques y todo el sistema de drenajes de las aguas procedentes de la fábrica.

La formación de los diques es, por tanto, paralela al trabajo de la planta: a medida que se extrae el uranio del mineral recibido, el estéril se va almacenando en la parte posterior de la fábrica, formando montículos.

ESTERIL: Referido a dique. Término minero que se refiere a la ganga que queda tras la extracción del material útil.



obtención del concentrado de uranio, los diques fueron aumentando su volumen en una relación de prácticamente la unidad con respecto al mineral tratado. En efecto, hay que tener en cuenta que de cada tonelada de mineral que se procesaba, se obtenía del orden de un kilogramo de concentrado y 999 Kg. de residuos sólidos o estériles, de manera que si a lo largo de la vida útil de la instalación se trataron 1.200.000 toneladas de mineral, otras tantas toneladas, aproximadamente, han formado los diques de estériles. El número de diques construidos a lo largo del tiempo de operación de la Fábrica fue de cinco, si bien fueron adosándose unos a otros de forma que actualmente pueden distinguirse únicamente dos. La construcción, que en un principio se basó en la formación de troncos de pirámide con las paredes escalonadas, dio paso posteriormente, tras el adosamiento de los diques, al alisado del escalonamiento de las paredes de manera que la forma actual es la de dos pirámides truncadas, de paredes lisas, adosadas por uno de sus lados. La mayor, en forma de L y unos 20 m. de altura, y la menor, de forma rectangular y unos 10 m. de altura. La superficie total ocupada en planta por los diques es de unos 90.000 m^2 y la pendiente media de las paredes, de 45°.

El problema de los diques de estériles a que se aludía anteriormente proviene de la naturaleza radiactiva del mineral tratado, al que únicamente se le extraía una parte de uranio que contenía, quedando en el estéril tanto el uranio no disuelto en el proceso de obtención como los productos de decaimiento de las familias radiactivas del uranio; entre estos últimos es preciso destacar al radio y al radón. Por otra parte, la deficiente neutralización de los estériles en algunas zonas, hace que los efluentes que provienen de los diques sean marcadamente ácidos, lo que obliga a su neutralización y control.

LA EROSION, UN RIESGO CONTROLADO

Con objeto de minimizar la erosión de los diques por los agentes atmosféricos, a partir de 1978 se realizan trabajos de aislamiento y acondicionamiento provisional, consistentes en el asfaltado de las paredes laterales para evitar la posible dispersión de radionucleidos en el ambiente. En la parte superior de los diques, la vegetación espontánea generada hace innecesario el asfaltado. Asimismo, se rodea toda la periferia de los diques con una canalización continua para la recogida de las aguas pluviales que, junto a las canalizaciones interiores de los diques, establecidas durante el proceso de construcción de éstos, van a parar a la piscina de recogida de aguas residuales donde se neutralizan y precipitan los elementos radiactivos que son reintegrados de nuevo a los diques. Con objeto de aumentar la capacidad de almacenamiento y tratamiento de los efluentes procedentes de los diques de estériles, desde la parada de la instalación se utilizan como tanques de decantación cinco tanques espesadores del antiguo proceso de fabricación, capaces para un volumen de alrededor de 2.400 m^3 que, unidos a los 400 m^3 de la piscina de aguas residuales hacen un total de 2.800 m^3 de capacidad de tratamiento de agua.

En cumplimiento del Real Decreto de 4 de julio de 1984 y de la orden comunicada por el Ministro de Industria y Energía de 13 de diciembre de 1985, «ENRESA se hace cargo del acondicionamiento definitivo y seguro de los estériles sitos en las instalaciones propiedad de la Junta de Energía Nuclear (Fábrica de Uranio de Andújar)», «autorizándose a ENRESA a hacerse cargo de las instalaciones como explotador y en sustitución del explotador interesado», «debiendo ENRESA solicitar la correspondiente autorización de clausura». Asimismo, se hace cargo ENRESA del personal laboral que presta sus servicios en la instalación..

La entrada de ENRESA como explotador de la Fábrica se realiza efectivamente el 1 de marzo de 1986, continuando la labor emprendida por la JEN, tanto en las tareas de mantenimiento y protección radiológica de la instalación, como en la elaboración de estudios encaminados a la presentación al Consejo de Seguridad Nuclear del Plan de Clausura de la Planta.

Las opciones a contemplar dentro de dicho Plan se pueden resumir en dos, que parten de la demolición de los edificios contaminados: en la primera se incorporarían los restos de la demolición a los diques de estériles, procediéndose posteriormente al recubrimiento del conjunto con la capa de tierras del grosor suficiente como para minimizar la emisión de radionucleidos al ambiente. En la segunda se trataría de localizar un emplazamiento alternativo al que transportar, tanto los restos de la demolición de los edificios, como los propios diques de estériles y la zona afectada. El período de tiempo necesario para la realización de la primera de las opciones —que se considera la de más rápida ejecución— es de unos cinco años. Pero en esta cuestión será el Consejo de Seguridad Nuclear, y no ENRESA, quien decida la obra a realizar finalmente.

Andrés GUERRA

Cómo abordar la financiación de la gestión de los residuos

Cada país resuelve sus problemas a su manera, aunque cada vez las soluciones vengan más de la mano de todos. En el caso de los residuos radiactivos, existen una multitud de factores nacionales diferentes. No todos los países dotados de tecnología nuclear disponen del mismo número de centrales y del mismo tipo, del mismo volumen de residuos o del mismo presupuesto para resolver el grave problema que generan. Ofrecemos aquí una rápida panorámica de lo que hacen otros países y de las perspectivas que se abren ante el nuestro en materia de gestión de residuos radiactivos.

EL almacenamiento geológico de residuos radiactivos no es una típica operación industrial, no sólo por el volumen de la inversión que requiere sino también por la excepcional dimensión que alcanza el factor tiempo. Y es que la financiación de un programa a tan largo plazo está directamente afectada por el factor tiempo en tres sentidos. En primer lugar, debe transcurrir un intervalo de tiempo relativamente largo entre el momento en que se producen los residuos radiactivos y el de su almacenamiento definitivo, lo que origina, desde el punto de vista financiero, un intervalo similar al que media entre el ingreso de los pagos y el momento en que son efectuados estos pagos para el almacenamiento de los residuos.

En segundo lugar, los gastos necesarios para la construcción de los almacenamientos transitorio y definitivo; para el desmantelamiento de las centrales; para el acondicionamiento de los residuos; para el mantenimiento de los almacenamientos y, finalmente, para la vigilancia institucional de los emplazamientos, pueden prolongarse durante un largo periodo.

En tercer lugar, el volumen del gasto varía considerablemente entre el momento del diseño y proyecto de las instalaciones y el de su construcción y posterior operación y clausura.

EL COSTE DE LAS OPERACIONES

Es preciso señalar que no hay unanimidad entre los países en cuanto a la forma en que las organizaciones responsables de la gestión de residuos radiactivos obtienen medios para la financiación necesaria de la gestión. Por otra parte, la misma gestión es a menudo imprecisa o está en período de desarrollo.

En aras de la simplicidad, se puede considerar, en principio, que los costes de la gestión deben ser cubiertos por el productor de residuos o por la comunidad (v. gr. el Estado) mediante impuestos. En el caso de que el coste recaiga sobre el productor, pueden considerarse tres casos:

— Pago de los costes en el momento en que se producen.
— Pago mediante un canon aplicado a cada kilovatio/hora producido.
— Pago mediante un canon por cada unidad de residuos depositada.

En el caso de ser financiado por el Estado, debería serlo mediante un impuesto añadido al consumo o al impuesto de sociedades.

Está generalmente aceptado el principio de que el contaminador debe ser quien pague, por lo cual la gestión de los residuos radiactivos, lo mismo que el resto de costes de producción, debe formar parte del escandallo de costes del kWh nuclear.

En cualquier caso, es preciso prefinanciar cantidades que serán empleadas con un gran desfase temporal y en importes que necesariamente presentan una gran incertidumbre. Por todo ello las técnicas de financiación que deben usarse para determinar los desembolsos a lo largo del tiempo deben ser inevitablemente más complejas que las usuales utilizadas para cubrir un flujo estable de gastos, y deben permitir la posibilidad de corrección a lo largo del tiempo.

NO HIPOTECAR EL FUTURO

La razón principal para desarrollar soluciones especiales de financiación a largo plazo de los residuos radiactivos es la de garantizar la seguridad de la solución definitiva de tales residuos y el no imponer cargas demasiado pesadas por ellos a las futuras generaciones.

El procedimiento de financiación de la gestión de los residuos radiactivos presenta variaciones según el país de que se trate. He aquí algunos casos de países industrializados.

En **Suecia** toda central nuclear está obligada a aportar una contribución anual, proporcional a la cantidad de electricidad producida, a un fondo de control estatal. El importe se calcula en base al plan de residuos radiactivos y es diferente para cada central. El gobierno fija cada año la cantidad a pagar de forma que el importe total a cobrar en el periodo de vida del reactor cubra el total de gastos de gestión de los residuos. Los pagos anticipados se emplean en la constitución de un fondo con el que cubrir el total de los gastos necesarios para la gestión definitiva de los residuos. Lógicamente la capitalización acumulada de los intereses forma parte del propio fondo, que es gestionado por la Oficina Nacional de Combustible Gastado (NAK).

En **Estados Unidos** los productores de residuos deben realizar un contrato con la Secretaría de la Energía para transferir los residuos de alta radiactividad, para lo que deben pagar una cuota que actualmente es de una milésima de dólar por kWh producido. Esta cuota se revisa cada año en función de los ingresos obtenidos y del total de gastos que se deben cubrir. Las cuotas se pagan al Nuclear Waste Fund, que es responsable de todos los pagos relacionados con el almacenamiento de residuos.

Estos pagos anticipados (o no anticipados, en caso de residuos ya generados) proveen los fondos necesarios que precisa el Gobierno Federal para la gestión total de los residuos. El fondo es gestionado por el Ministerio de Energía, sometido al control de presupuestos (basados en planes de gastos trimestrales) y controlado por el Congreso.

En la **República Federal de Alemania** los productores de residuos deben pagar anticipadamente el coste total de la gestión mediante un impuesto que revierte al Instituto Federal de Física y Tecnología. El importe del anticipo es decidido por una estimación anual de gastos. La carga se reparte entre los productores de residuos de acuerdo con su categoría. El anticipo se determina al final de cada año fiscal en base a la estimación de los costos anuales, sin contemplar la creación de un fondo para futuros desembolsos.

En **Suiza** se está constituyendo un fondo, para cuya dotación el gobierno federal puede exigir a los productores de residuos el pago de cantidades razonables a un organismo público para cubrir los costes de almacenamiento.

En **Finlandia** los productores de electricidad nuclear deben constituir una reserva interna, deducible de impuestos, a medida que generan los residuos para cubrir el coste de su gestión. Dicha dotación se fija anualmente por el Ministerio de Trabajo e Industria.

GESTION POR ORGANISMOS PUBLICOS

En países en los que la gestión de los residuos radiactivos se lleva a cabo mediante organismos públicos, como son el ANDRA en **Francia** y ONDRAF en **Bélgica**, también existen disposiciones específicas para su financiación de forma que la mayor parte del coste de su actividad industrial es cubierta por los productores de residuos en provecho de las que actúan.

En el caso de ANDRA, los costes de operación son financiados por los operadores nucleares que entregan el residuo; los proyectos específicos son financiados por aquellos para quienes se realizan; las inversiones se financian con los recursos de la Agencia y con préstamos cuyo interés pagan los productores de residuos. Los planes financieros y las tarifas por los servicios se

Medición de dosis a la llegada a «El Cabril» de un camión cargado con residuos radiactivos.

fijan por el Comité de Dirección del ANDRA, de acuerdo con un plan plurianual.

En el caso de ONDRAF todo el gasto es sostenido por los productores de residuos. El importe de las cargas se fija por su Consejo de Dirección, pero el Ministerio de Economía puede exigir que se definan los costes considerados. ONDRAF suele concertar préstamos para financiar la inversión y puede ser autorizada por el Ministerio a crear un fondo para afrontar sus responsabilidades a largo plazo.

En resumen, tanto en Bélgica como en Francia la financiación de la operativa a largo plazo se contempla básicamente mediante una relación contractual entre los productores de residuos y un organismo público.

Este método, algo diferente al de los demás países en los que la financiación está establecida por ley, tendrá el mismo efecto práctico. Téngase en cuenta que, por ejemplo, en Francia los principales productores de residuos radiactivos son empresas públicas que dependen del mismo ministerio que el propio ANDRA.

Por último, en **Holanda**, COVRA debe actuar de forma que cubra todos sus gastos de operación, y constituir un fondo que le permita afrontar el coste del almacenamiento definitivo de los residuos de alta actividad.

CONCLUSIONES

Es importante señalar que, para garantizar la seguridad de cumplimiento de los objetivos a largo plazo, no deben, en ningún momento, segregarse las consideraciones económicas.

Por una parte, es importante que la gestión de los residuos radiactivos se lleve a cabo en las mejores condiciones económicas dentro de la seguridad necesaria. Y, por otra, desde el punto de vista de la seguridad, es preciso que las técnicas financieras sean las adecuadas para cubrir el coste total de la gestión de residuos.

De hecho, es preciso tener en cuenta que, si bien el coste total de la gestión de los residuos radiactivos, en términos absolutos, puede ser muy elevada en sí misma, no debe representar más que un pequeño porcentaje respecto al coste total de la energía eléctrica que han producido.

LA SITUACION EN ESPAÑA

En España el sistema de financiación correspondiente a las centrales nucleoeléctricas se establece en la Orden de 12 de mayo de 1983, mediante la fijación de una cuota porcentual sobre la recaudación por venta de energía eléctrica de todo el sector eléctrico, cuyo importe se destina a la creación de un fondo que cubra los costes de la gestión de los residuos radiactivos que se generen.

El Real Decreto 1.522/1984, de 4 de julio, autoriza la constitución de ENRESA, cuyo objeto social es el de llevar a cabo la gestión de los residuos radiactivos. En dicho Real Decreto se establece que las actividades derivadas de la gestión de residuos radiactivos deben ser financiadas por los generadores de dichos residuos.

En el citado Real Decreto 1.522/1984 se propone, además, que la contraprestación económica de los servicios realizados por ENRESA a los titulares de las instalaciones nucleares y radiactivas se formalizará bajo contrato en las condiciones dictadas por el Ministerio de Industria y Energía.

Dada la incertidumbre actual sobre el coste de las soluciones tecnológicas para el almacenamiento de los residuos radiactivos y las posibles aplicaciones reales de los excedentes monetarios, el propio Real Decreto prevé un mecanismo concreto al tener que presentar anualmente al Ministerio de Industria y Energía una «revisión de todas las acciones necesarias y soluciones técnicas aplicables durante el horizonte temporal de actividad de los residuos radiactivos, comprendiendo el estudio económico-financiero actualizado de coste de dichas actuaciones».

Dicha revisión se presentará cada año en el Plan General de Residuos Radiactivos. Actualmente el primer Plan en el que se fija el precio que será necesario pagar en 1987 en porcentaje sobre la recaudación por venta de energía eléctrica, ha sido presentado al Gobierno que, de acuerdo con el calendario previsto, lo aprobará antes de que finalice el año actual.

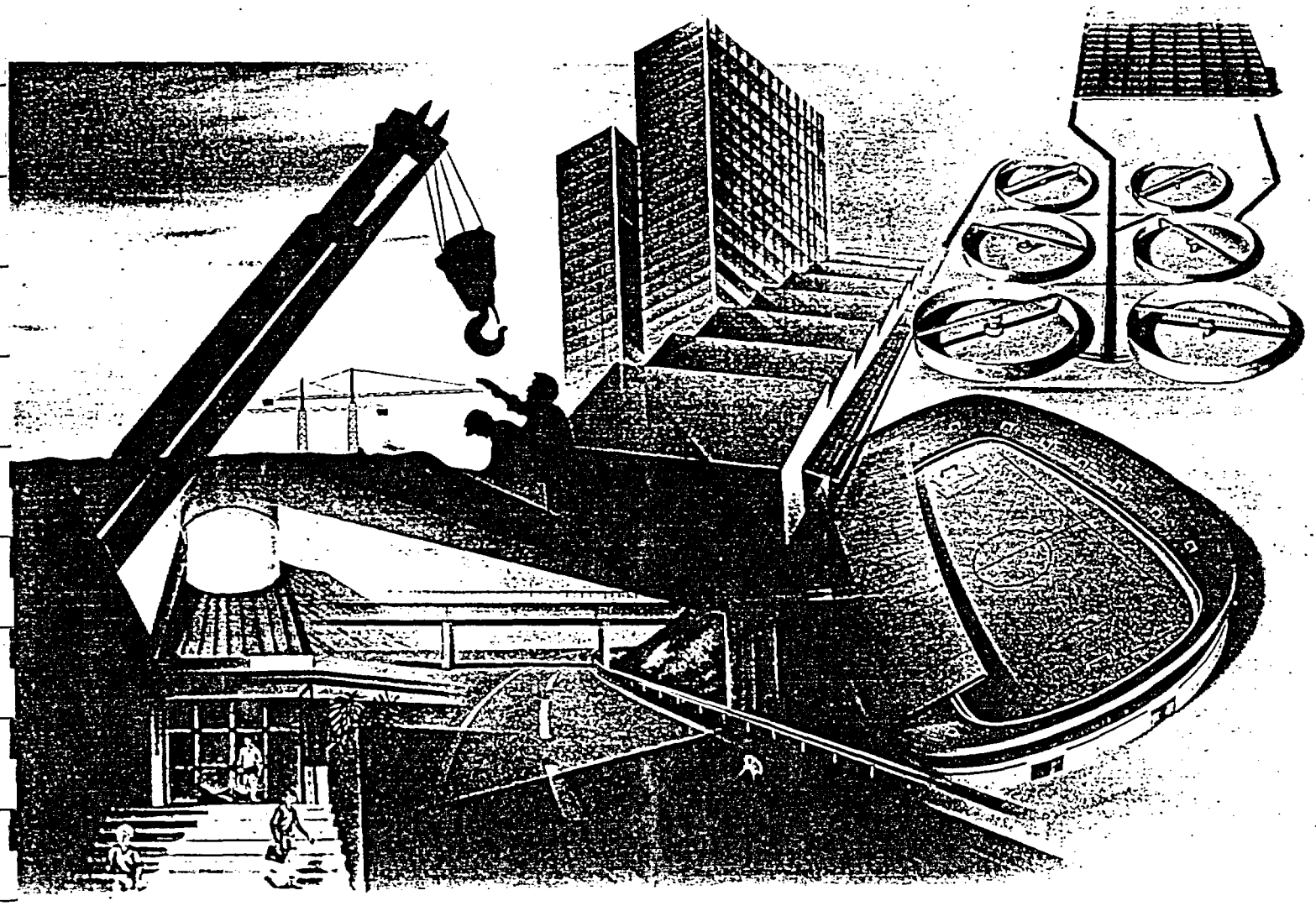
Asimismo, se encuentra en avanzado estado de negociación el contrato que deben formalizar ENRESA y las compañías productoras de energía nucleoeléctrica, estando previsto el fin de la negociación y firma de los contratos antes de fin del año actual.

Juan Pedro ZARRANZ

FOMENTO DE OBRAS Y CONSTRUCCIONES, EMPEZO CONSTRUYENDO ESTE SIGLO. (1.900-1.986)

Desde la colocación de nuestra primera piedra ya ha pasado casi un siglo. Muchas cosas han cambiado y con nuestro esfuerzo y entusiasmo deseamos haber contribuido a esa evolución. Construimos autopistas, carreteras, obras hidráulicas, hospitales, industrias, oficinas, escuelas, universidades, viviendas... En definitiva y día a día seguimos haciendo futuro, un futuro que ha nacido de la experiencia de casi un siglo.

FOMENTO
DE OBRAS Y CONSTRUCCIONES S.A.



TRIBUNA LIBRE

Reflexiones sobre la energía nuclear en nuestro país

Esta nueva Revista ofrece sus páginas a cuantos tengan algo que decir sobre este tema, cualquiera que sea su posición, lo que es algo muy de agradecer para los que firmemente creemos en el debate como elemento esencial de todo proceso racional de toma de posiciones por la sociedad en todos los problemas que le afectan.

Este debate, en nuestra opinión, es más necesario en aquellos problemas que, como éste, son muy complejos y bastante difíciles de explicar a la inmensa mayoría. Y, sin embargo, esta inmensa mayoría debe saber y conocer los hechos esenciales, las líneas fundamentales del problema, porque es ella la que, en definitiva, ha de tomar la decisión final, la que debe decidirse por el sí o el no a la energía nuclear en nuestro país. Y debe decirlo con el mayor conocimiento posible de la trascendencia de su respuesta. Para empezar a situar el problema, parece necesario recordar un elemental dato: la energía es un alimento imprescindible de toda sociedad en el estadio actual de desarrollo de la humanidad. En todos los países, consumo de energía «per cápita» y renta también «per cápita» van paralelos. Aceptado por todos este indiscutible hecho, queda por decidir cómo resuelve cada país el problema de abastecerse de la energía que necesita para seguir creciendo y continuar aumentando su nivel de vida.

CADA CASO REQUIERE SU SOLUCION

Aquí empiezan las diferencias, pues es también indiscutible que elegir la energía más adecuada en cada caso no es problema fácil. En realidad, la situación es muy complicada, porque no son únicamente los problemas económicos los que juegan, con ser obviamente éstos de mucho peso. En esta elección han jugado siempre un papel primordial los recursos energéticos de que cada país dispone. El azar ha jugado aquí un papel importante que ha condicionado la historia en un grado decisivo y aún no suficientemente estudiado.

En los dos últimos siglos, y especialmente en el XIX, hay que resaltar que en esta caprichosa distribución de los recursos energéticos, algunos países europeos como Francia, España e Italia han resultado claramente perdedores, y en cambio Inglaterra, Alemania y Estados Unidos recibieron el premio gordo de esta lotería al encontrar en su subsuelo grandes reservas de carbón, combustible rey y protagonista de la primera revolución industrial, revolución que prácticamente inauguró el período histórico todavía no terminado, ni mucho menos, en el que la energía se convierte en ingrediente básico e imprescindible para desarrollar y sostener los procesos posteriores de transformación de las sociedades humanas.

PRIMERA MEDIDA: AHORRO

Si la energía nos es imprescindible, y no disponemos de la suficiente en nuestro suelo, la primera medida a tomar es evitar el despilfarro, lo que explica la loable atención dedicada a este tema en el último P.E.N. Pero el camino en esta dirección, aunque necesario e importante, tiene sus límites, y las siguientes cuestiones a resolver son muchas: Qué clases y cantidades de energía comprar en el exterior; cuáles son las cantidades de divisas que cada clase de energía requeriría en los años inmediatos, evaluar el peso de estas compras en plazos más largos; qué perspectivas ofrece la oferta exterior de cada una de ellas en cuanto a estabilidad de sus precios y seguridad de abastecimiento. Y, finalmente, y quizá la cuestión de más peso, qué cantidad total anual de divisas puede permitirse gastar el país en comprar al exterior todas las clases de energía que precise.

Desgraciadamente, en el año 85 las compras de gas, carbón, petróleo y electricidad sumaron aproximadamente un tercio de todas las divisas consumidas en importaciones. No hace falta ser doctor en ciencias económicas para comprender que este capítulo es demasiado gravoso y debe reducirse. La energía nuclear de fisión no es ningún regalo, esto es algo obvio y patente a todo el mundo. Es una medicina dura, que tiene riesgos, muy presentes en la opinión pública, y tiene problemas de costosa y difícil solución y, para colmo, tiene color político en numerosos países occidentales. Por todas estas razones, en nuestra opinión, esta medicina sólo debe recetarse a aquellos enfermos que verdaderamente no tengan otras opciones, y esto es lo que previsiblemente va a ocurrir. Los países que puedan permitirse este lujo, pasarán de ella, al menos durante varias décadas, porque a la larga prácticamente todos tendrán que administrarse la medicina.

LA ENERGIA DE FUSION TARDARA EN LLEGAR

Esto es así porque, lamentablemente, en lo que respecta a clases de energía disponibles, el panorama no es muy esperanzador. La energía nuclear limpia, es decir, la de la bomba de hidrógeno o energía de fusión, no estará a nuestra disposición precisamente mañana. Las optimistas previsiones de los expertos en este tema han sido siempre desmentidas por los hechos. Hace 30 años nos decían lo mismo que hoy, que en 25 ó 30 años podríamos disponer de ella. Algunos incluso dudan de que sea realidad algún día, y lo que todo el mundo sabe es que los combustibles fósiles, salvo el carbón, se agotan rápidamente y que probablemente este agotamiento irá acompañado de unas

Federico Goded.

subidas temibles de precios y de problemas para asegurar el abastecimiento. La reciente crisis nos ha hecho aprender algo sobre esto. Los combustibles fósiles, salvo el carbón, se acabarán pronto, y éste, por muchas razones, no se podrá utilizar en gran escala, pues es el causante de la lluvia ácida y del denominado «efecto estufa» que aquí no podemos comentar.

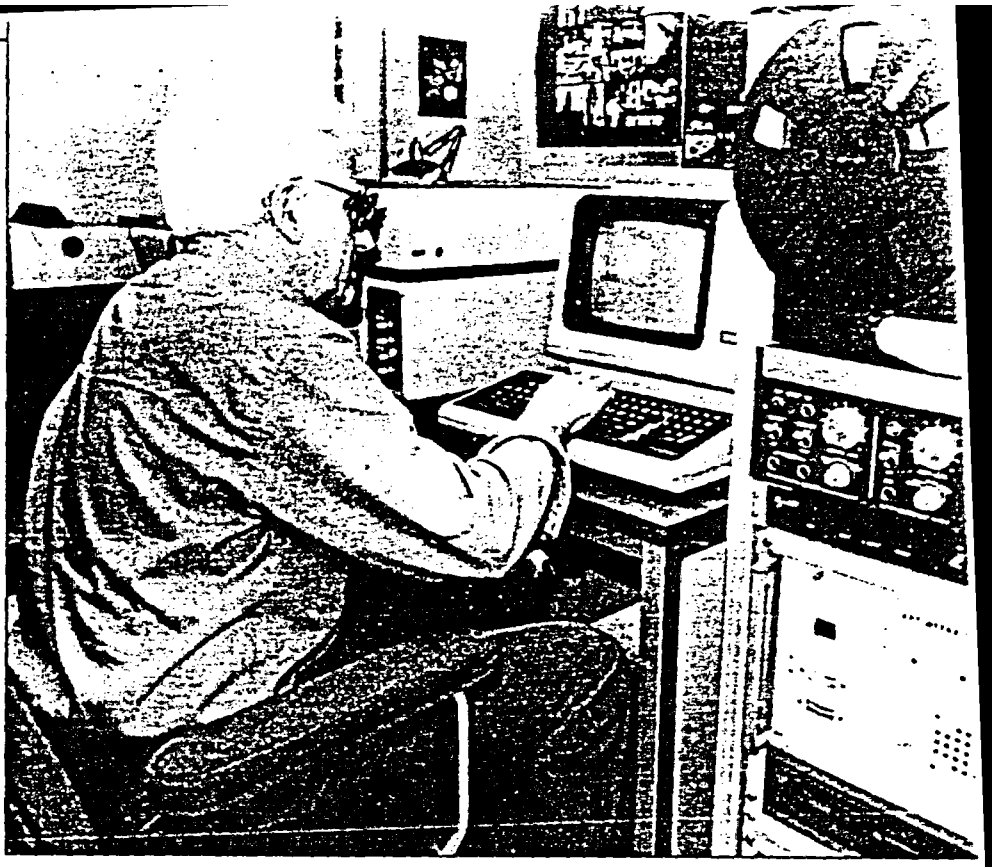
Y el hambre de energía de las sociedades industrializadas como la nuestra es grande y no parece que, por el momento, puedan calmarla ni las energías renovables disponibles en nuestro país, ni otras energías en desarrollo que, por ahora, no suponen más que un verdaderamente magro aperitivo para un apetito como el que ya tenemos, y menos aún para el que se nos despertaría en el próximo futuro si una nueva etapa de crecimiento empieza.

Aquellos que conocen de verdad las respuestas a las preguntas anteriormente expuestas, saben que, desgraciadamente, el nuestro es de los países europeos que no tienen más medicina a mano que la nuclear hoy día disponible; es decir, la sucia, problemática y politizada energía de fisión. Esta es la triste, antipática y desagradable realidad.

Terminaremos con dos notas que quizá hagan menos penosa la píldora: Una es que no seríamos, ni mucho menos, los únicos ni los primeros en tragarla. La otra, decir que, desde hace años, está un proyecto en marcha para conseguir un reactor nuclear de fisión que no pueda, en ningún caso, ni en ninguna clase de accidente, liberar productos de fisión; es decir, producir una nube radiactiva. Este reactor no es ninguna promesa. Ya ha sido probado y existen prototipos en funcionamiento desde hace años, pero no se comercializará hasta finales de la próxima década.

Y acabaremos con una simple pregunta. ¿Podremos esperar sentados hasta ese momento?

Federico GODED
Consejero del C.S.N.



España, país mediterráneo, está expuesto a sufrir periódicas catástrofes con un origen meteorológico. Sin embargo, los efectos de tales embestidas de la Naturaleza van a poder prevenirse con mayor anticipación que hasta ahora gracias al SIVIM, un sistema cuyos objetivos quedan ampliados en este reportaje.

Sistema Integral de Vigilancia Meteorológica: España podrá prevenir las catástrofes

LA Peninsula Ibérica es, por sus peculiaridades características, escenario natural de fenómenos meteorológicos violentos de consecuencias a veces catastróficas. Para prevenir y anticiparse en lo posible a situaciones como las vividas no hace mucho en el País Vasco, Levante y Cataluña, el Instituto Nacional de Meteorología pone en marcha el Sistema Integral de Vigilancia Meteorológica (SIVIM), que supone una inversión de 5.000 millones de pesetas.

Gracias al SIVIM, cuya definitiva instalación está previsto se complete en abril de 1987, España contará con una docena de nuevos y avanzados radares meteorológicos, que permitirán conocer en todo momento y de forma detallada la situación meteorológica en todo el país en general y en cada una de las diversas zonas en particular.

El amplio programa de predicción y análisis que supone el SIVIM contempla, además de los radares, la adquisición de un sistema de elaboración de datos recibidos vía satélite, aunque, sin duda, son aquéllos lo más destacado del programa, ya que, además de cubrir prácticamente toda España, permitirán medir instantáneamente las precipitaciones y predecirlas con una anticipación de hasta seis horas.

La importancia y necesidad de un sistema integral de vigilancia como éste para nuestro pais, radica en que al encontrarse la Península Ibérica en una «encrucijada» meteorológica, afectada por la influencia conjunta de las circulaciones subtropical y polar, del mar Mediterráneo y de una complicada orografía, la hace ser escenario natural de una serie de fenómenos meteorológicos violentos de consecuencias a veces catastróficas, lo que hace más necesario el desarrollo y explotación de un óptimo sistema de vigilancia meteorológica.

Aunque la coordinación y soporte básico del SIVIM residirá en el Centro Nacional del Instituto Nacional de Meteorología, en Madrid, su explotación completa se llevará a cabo en cada uno de los ocho Centros Zonales de Vigilancia de Santander, Valladolid, Zaragoza, Madrid, Sevilla, Murcia, Palma de Mallorca y Las Palmas de Gran Canaria.

RED NACIONAL DE RADARES

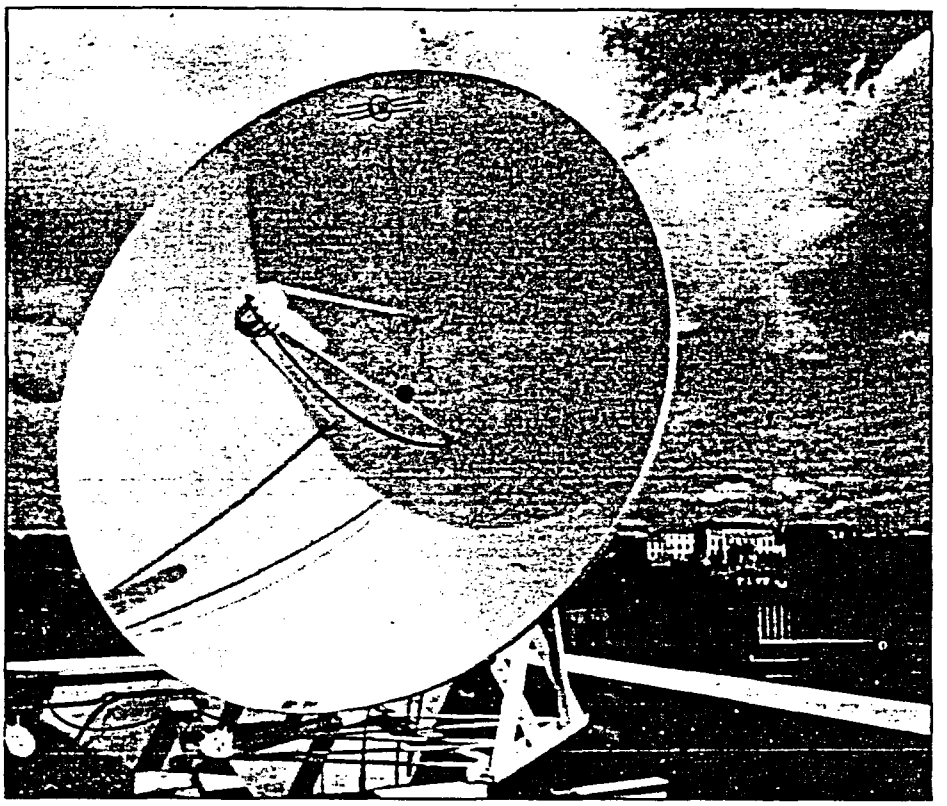
Una red de radares meteorológicos es una herramienta básica en el desarrollo de cualquier sistema de vigilancia meteorológica y es el complemento adecuado y eficaz de los satélites meteorológicos, ya que permite un estudio detallado de las estructuras atmosféricas que están produciendo precipitación y que el satélite sólo puede observar parcialmente y con menos detalle.

El establecimiento de esta red nacional de radares meteorológicos permitirá vigilar y detectar los sistemas de precipitación, mejorar la predicción a muy corto plazo en combinación con las imágenes procedentes de los satélites y suministrar información hidrológica y climatológica.

Esta red estara formada por un minimo de diez a doce radares, cada uno de los cuales tendrá un alcance de 200 Km., con lo que se obtendrá una cobertura de la mayor parte del territorio nacional. Los radares serán operados automáticamente y por control remoto desde los centros meteorológicos regionales. Cada diez minutos el radar tomará muestras volumétricas de datos que serán enviados desde la estación al centro meteorológico por línea telefónica o por enlace de microondas.

Con los datos suministrados por los radares se podrán obtener mapas ins-

La rapidez de transmisión de datos meteorológicos, será un factor decisivo en la puesta en marcha del SIVIM.



tantáneos de intensidad de precipitaciones en el área de alcance del radar, así como generar mapas de precipitaciones previstas para períodos cortos de tiempo, tanto para toda un área como para puntos concretos de interés. Estos productos serán enviados por los centros regionales a los usuarios locales de la zona (aeropuertos, bases militares, oficinas hidrológicas) y al Centro Nacional de Predicción de Madrid.

SISTEMA DE INTEGRACION DE RADARES METEOROLOGICOS (SIRAM)

Los datos de radar procedentes de los Centros Meteorológicos Regionales se concentrarán en el Sistema de Integración de Radares Meteorológicos (SIRAM) con objeto de obtener un mapa global de radar a nivel nacional y combinarlo con las imágenes procedentes de los satélites meteorológicos.

Mediante este sistema se podrán realizar predicciones a muy corto plazo para distintos períodos de tiempo así como generar mapas de acumulación de precipitaciones en períodos específicos de tiempo. De esta forma, al llevar un control periódico sobre la intensidad de las precipitaciones, si éstas alcanzasen cotas elevadas que se pudieran considerar críticas para el normal desarrollo de la vida en una zona, se podrían establecer medidas de seguridad para la población con anterioridad a las posibles catástrofes.

Dentro de la configuración funcional del SIVIM, el sistema SAIDAS será el encargado de procesar y analizar, en tiempo real y simultáneamente, las informaciones directas procedentes de los satélites meteorológicos y de la Red Nacional de Radares (SIRAM), con las que producirá imágenes compuestas, lo que constituye la única cobertura global de información.

La flexibilidad y rapidez de este sistema en la gestión y análisis de datos meteorológicos lo convierte en base fundamental del SIVIM, formando una configuración autónoma del resto de los sistemas de predicción, dado que constituye un sistema de muy alta prioridad y no puede estar sujeto a modalidades donde haya que compartir recursos con otros sistemas de predicción.

UN SISTEMA PARA EL SIGLO XXI

Hasta ahora las predicciones meteorológicas habían avanzado especialmente en cuanto a los fenómenos de mayor dramatismo como tornados, tormentas, etc. A partir de ahora comenzará a ser posible la prevención de fenómenos como las riadas, inundaciones y otros sucesos meteorológicos que, debido a su incontrolabilidad han venido causando graves daños y destrozos en vidas y haciendas. Con el Sistema Integral de Vigilancia, España comienza a situarse en los umbrales de la civilización tecnológica del siglo XXI.

Jorge FERNANDEZ
(Texto y fotos)

Cómo se clausura una central nuclear

El mundo se enfrenta ya al problema que planteará el «gran residuo»: las centrales nucleares desmanteladas. De momento, serán los alemanes los primeros en dar el paso cuando desaparezcan las instalaciones de Niederaichbach y la naturaleza recupere el lugar ocupado hasta ahora por la central. Los técnicos se mantienen a la expectativa, y los poderes públicos de otros países se disponen a seguir el proceso en detalle. Entretanto, no pocos de estos países industrializados perfeccionan ya la normativa vigente en ellos sobre clausura de centrales nucleares. Este es también el caso de España.

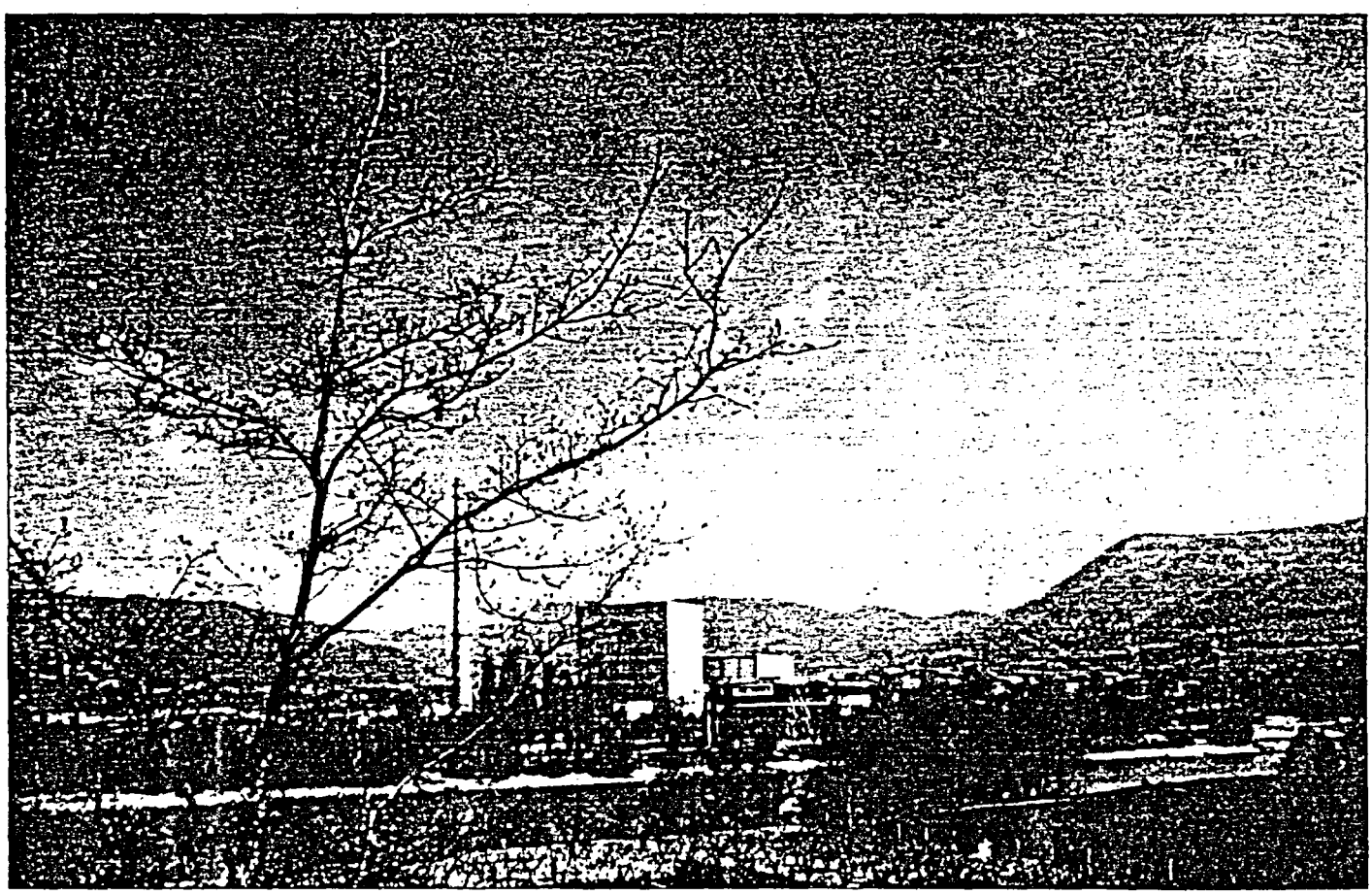
EL término «clausura» en la industria nuclear equivale a puesta fuera de servicio de una instalación mediante las necesarias operaciones de descontaminación, desmantelamiento y manipulación de material radiactivo, incluyendo medidas para evitar riesgos indebidos a los trabajadores, población y medio ambiente.

Muchas instalaciones construidas en el mundo con propósitos experimentales y de investigación, durante los años del desarrollo de la energía nuclear, ya han sido desmanteladas, por haber quedado obsoletas o al haberse cambiado los objetivos para los que fueron creadas. Por el momento no se ha completado aún un proyecto de clausura de una gran central de potencia; sin ánimo de cuestionar la calidad y el valor del conocimiento adquirido, será necesario continuar los esfuerzos para mejorar y perfeccionar la tecnología existente con vistas a esta operación, crear nuevas técnicas y desarrollar a escala industrial procesos que se han probado experimentalmente.

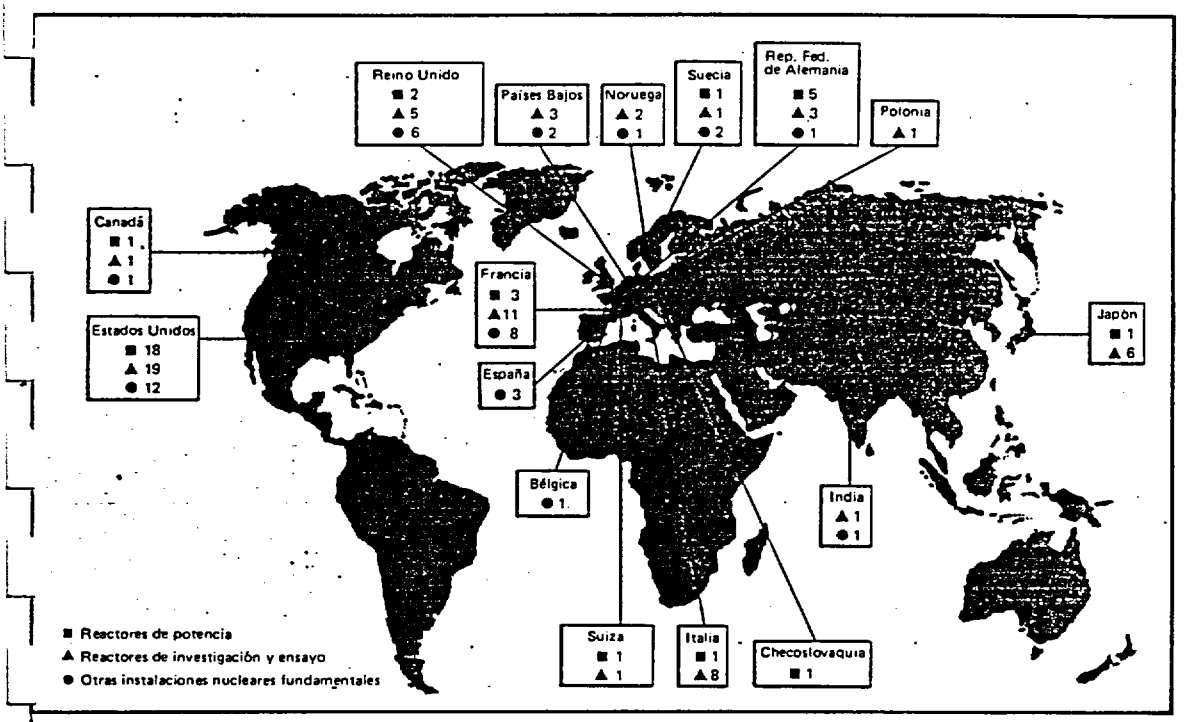
Respecto al caso español, no se espera por ahora que cesen las operaciones de ningún reactor de potencia antes del año 2000, por lo que es un problema que se plantea a largo plazo. En este sentido, la experiencia adquirida por otros países va a ser de gran utilidad para incorporarla a la planificación y realización de nuestros propios programas.

CLAUSURA EN ETAPAS

Existen tres posibilidades, niveles o etapas de clausura. Ello no implica necesariamente un orden de actuación, así como que se deban cumplir los tres niveles, ya que se puede contemplar la clausura de una central



Santa María de Garoña, la segunda central nuclear española en antigüedad, construida en 1969. Si se tiene en cuenta que la vida media prevista de un reactor es de 25 años, esta central podría ser desmantelada a partir de 1994.

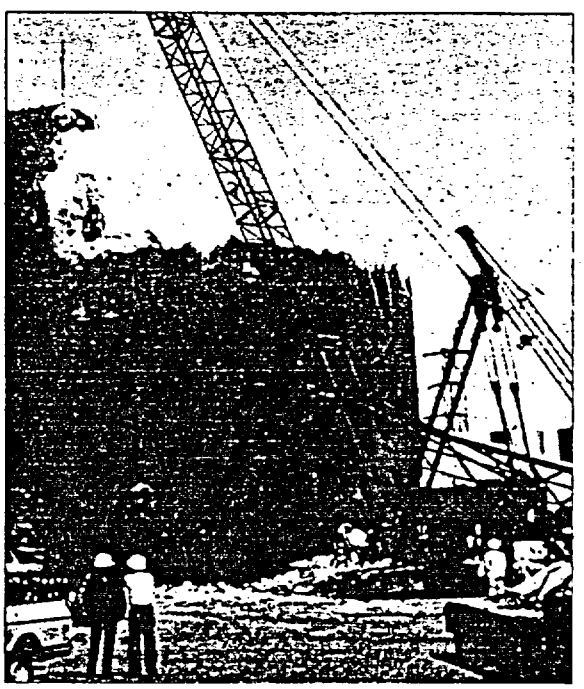


Instalaciones nucleares o radiactivas de próxima desaparición, según la OIEA. Las españolas incluidas son los reactores experimentales de las universidades de Bilbao y Barcelona, y la Fábrica de Uranio de Andújar (FUA), sobre la que se incluye un informe en este número de «ESTRATOS».

Según la OIEA, en los últimos 35 años se ha adquirido una considerable experiencia en materia de clausura y desmantelamiento de instalaciones nucleares. En la foto inferior podemos ver la demolición, mediante técnicas convencionales, del edificio de contención de la central norteamericana de Elk River, tras la retirada de todos los componentes radiactivos.

nuclear con cualquiera de las etapas o con distinto grado de vigilancia, entendiéndose que con la etapa 3 se dispone ya del emplazamiento para otros usos sin restricciones.

La etapa 1 define el período inmediatamente posterior a la parada final de la central. Se supone que esta etapa se contempla como una operación planificada y no dependiente de una forma precipitada debido a accidente. Se excluye la retirada del combustible que está incluido en la fase de parada. La etapa cubre el proceso de dejar la planta en condiciones seguras, retirar los residuos sólidos, barros y resinas de operación, incluyendo los que resulten de la descontaminación del circuito primario, generadores de vapor y otros edificios de la planta y auxiliares que no se necesiten en adelante.



La etapa 2 tiene el objetivo de desmantelar los edificios y plantas radiactivas y no radiactivas exteriores al blindaje biológico que está constituido por una barrera física destinada a reducir la exposición de los organismos vivos a las radiaciones. Se retira el material residual radiactivo para almacenamiento fuera del emplazamiento, y el reactor se sella hasta que comience la etapa 3. Las partes contaminadas que se retiran en la etapa 2 incluyen, en los reactores PWR (agua a presión), los generadores de vapor, bombas de refrigerante, tuberías del circuito primario y el presionador. En los reactores BWR (agua en ebullición), el sistema principal de tubería, la turbina y el sistema de calor de alimentación del condensador.

RECUPERAR EL ENTORNO

La etapa 3 comprende la retirada del reactor con su blindaje biológico y la rehabilitación final del emplazamiento, dejándolo en condiciones seguras para un futuro uso. Esta etapa es la más difícil, ya que la actividad fija del reactor obliga al empleo de sistemas especiales de control remoto, pues la radiactividad asociada con estas estructuras representa el 90 % del inventario total radiactivo entre los 10 y 100 años después de la parada final del reactor.

El material radiactivo producido por las operaciones de descontaminación, desmantelamiento y manipulación de estructuras, componentes y sistemas de los reactores incluyen material activado, material contaminado y residuos radiactivos.

Todos los *materiales activados* por bombardeo neutrónico provienen de la vasija, sus componentes y estructuras internas y el blindaje biológico que la rodea dentro del contenimiento primario. La principal característica de este material es la presencia de radioisótopos como Ni-59, Ni-63 y Nb-94.

El material contaminado incluye la mayoría del equipo y tubería del edificio de contención y otros edificios de la planta que se contaminan superficialmente mediante el agua de circulación que transporta partículas metálicas y elementos disueltos activados neutrónicamente, así como por los productos de fisión liberados a través de fallos en las vainas de los elementos combustibles. Además, se deben considerar las superficies de hormigón de dichos edificios. La radiactividad depositada consiste principalmente en radiación gamma procedente de los isótopos de vida corta Co-60 y Cs-137.

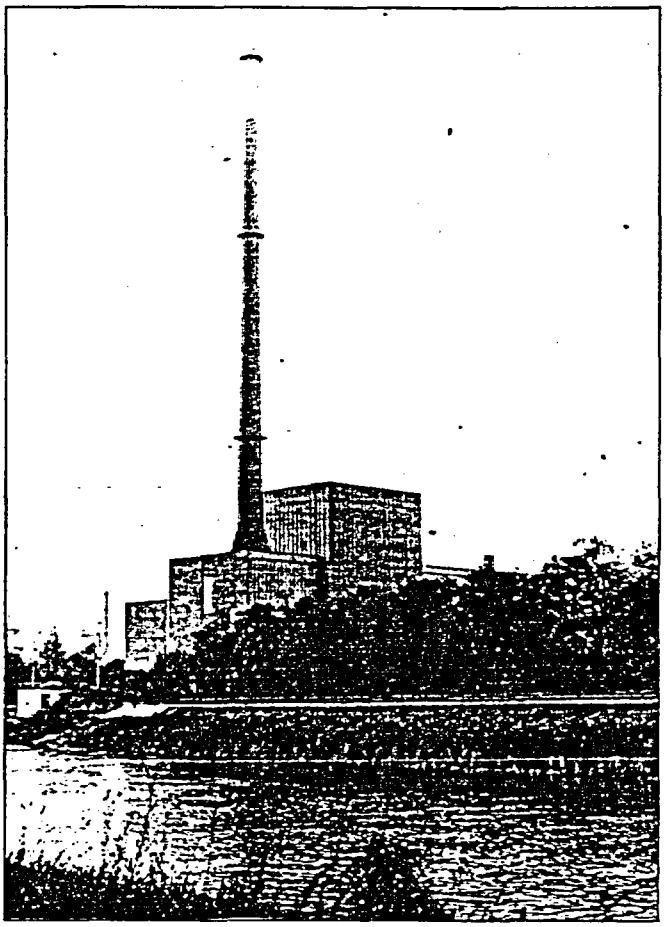
Los *residuos radiactivos* generados en las operaciones se pueden clasificar en residuos sólidos húmedos y residuos sólidos secos. Los residuos sólidos húmedos proceden del agua contaminada y de los reactivos empleados en la des-

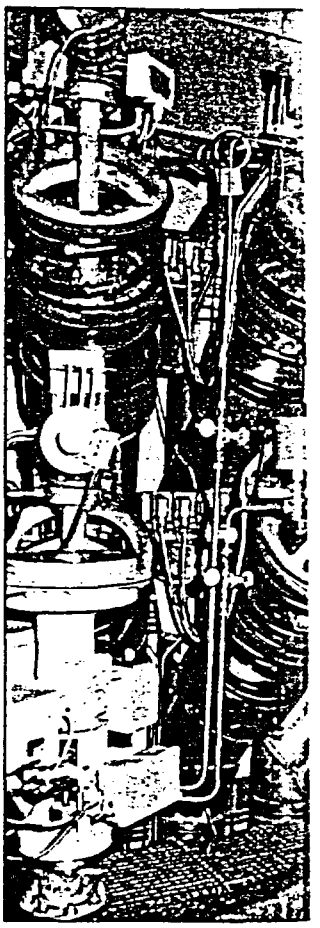
contaminación química; es decir, fondos del evaporador, barros de filtros, resinas de cambio de ion y disoluciones químicas neutralizadas, que se incorporan en cemento. El radioisótopo más abundante es el Co-60. Los residuos sólidos secos son plásticos, papeles, trapos, ropas de protección, etc., y los radioisótopos principales son el Co-60 y el Cs-137.

La cantidad de residuos depende, lógicamente, de la etapa de clausura considerada y del tiempo que se mantenga el reactor en «almacenamiento protector» después de la parada, o entre etapas, para decaimiento de la radiactividad.

Si se contempla, a efectos de cálculo, un desmantelamiento total (etapa 3) e inmediato, hipótesis que conduce a una mayor producción de residuos, el volumen estimado para los 7,8 Gwe del Plan Nuclear Base español podría ser de unos 130.000 m^3 de residuos de baja y media radiactividad.

Carlos PEREZ ESTEVEZ





Niederaichbach

Primer permiso que se otorga en el mundo para la clausura de una central nuclear

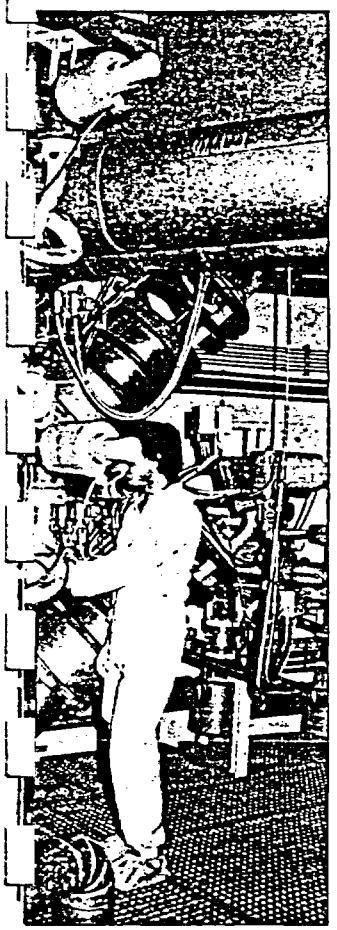
EL Centro de Investigaciones Nucleares, de Karlsruhe, República Federal de Alemania, recibió el 13 de junio de 1986 del ministerio bávaro de Desarrollo Rural y Medio Ambiente la correspondiente licencia para el desmantelamiento de la central nuclear de Niederaichbach. Es la primera vez que se llevará a cabo en todo el mundo un trabajo de estas características, con una duración de seis años y un costo de unos ochenta millones de marcos (algo más de cinco mil millones de pesetas). Durante su desarrollo se confía en poder adquirir un bagaje importante en materia de experiencia para ulteriores desmantelamientos. Los expertos confían en poder llevar a cabo los trabajos sin que se ocasionen daños al medio ambiente.

La central de Niederaichbach fue construida durante los años 1966 a 1972 por Siemens, por encargo del Centro de Investigaciones Nucleares, como instalación experimental. La central, con capacidad de producción de cien megavatios, lleva en su centro un reactor de presión refrigerado con dióxido de carbono y moderado con agua pesada. Ello presenta la ventaja de emplear como combustible uranio natural en combinación con turbinas convencionales de vapor. Como consecuencia de determinadas dificultades de tipo técnico surgidas en la fase de la entrada en servicio, la instalación fue desconectada en 1974. El proyecto quedó abandonado en atención también a la nueva técnica de agua ligera que ya entonces empezaba a concitar la atención de los técnicos. Los costes de construcción y entrada en servicio de la instalación se elevaban ya a 232 millones de marcos (unos 15.200 millones de pesetas). Al final, la instalación hubo de ser puesta «a buen recaudo», para lo cual se retiraron de ella los elementos combustibles y determinadas piezas de maquinaria, mientras las partes activadas y contaminadas quedaron almacenadas en la vasija del reactor. Tras la puesta en práctica de estas medidas se estableció un nivel inferior a un milirem por hora en la zona más frecuentada por el personal técnico.

EL PRECIO DE LA INACTIVIDAD

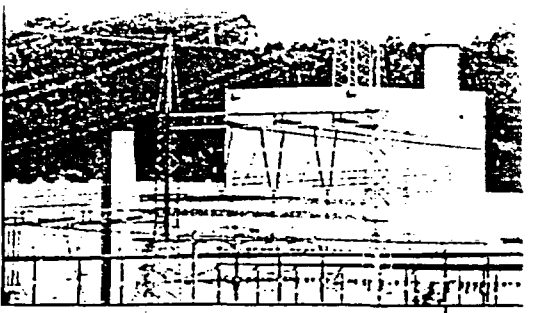
Los costos adicionales que generó la situación posterior a este momento, destinados a mantener las instalaciones en un régimen de seguridad —pruebas a cargo del TUV (Asociación de Control Técnico), control de protección radiológica, medidas de conservación, reparaciones y mantenimiento— han alcanzado los cuatrocientos mil marcos al año.

En 1979 el Centro de Investigaciones Nucleares de Karlsruhe encargó a la empresa Noell, de Würzburg/Hanau, la solicitud de las correspondientes licencias de actuación y la planificación general, base del permiso ya concedido para llevar a cabo el desmantelamiento. Según el proyecto, las partes radiactivas del reactor habrían de desmontarse mediante la utilización de un brazo articulado de 14 metros, activado en una «celda caliente» construida delante de este lugar en la central. Esta «celda» debía estar protegida por una capa de hormigón de 80 centímetros. Los componentes contaminados podrían ser desmontados manualmente sin más problemas debido a su escaso nivel de contaminación. Las piezas metálicas serían cortadas simplemente por procedimientos convencionales. La capa de hormigón del llamado «blindaje biológico» sería destruida por sectores mediante un procedimien-



Central nuclear de Niederaichbach, primera instalación nuclear de importancia que será desmantelada en el mundo. Hasta su desconexión, estaba moderada por agua pesada y refrigerada por anhídrido carbónico. A la derecha, válvulas para la desconexión rápida del reactor en la misma central. Este «parón» se produjo en su momento mediante la liberación controlada del moderador (agua pesada).

El león dormido



«Una fábrica convertida en Bella Durmiente». Con estas escuetas palabras describía un técnico el estado en que se encontraba, desde el 31 de julio de 1974, la central nuclear de Niederaichbach, en la República Federal de Alemania, cuyas instalaciones están sometidas actualmente a los trabajos de desmantelamiento. En poco tiempo, según palabras de otro técnico participante en el proyecto, «este lugar podrá ser de lo más adecuado para instalar en él una granja avícola», indicando con ello que los procedimientos a aplicar permiten un alto grado de seguridad. El desmantelamiento de una central obliga previamente a un largo período de reposo de las instalaciones desde el «apagón», que, en el caso de Niederaichbach se produjo hace doce años.

Por primera vez, una central de grandes proporciones entra ahora en la fase de desmantelamiento: «Europa y su industria nuclear vuelven los ojos hacia nosotros», han dicho los técnicos del proyecto. El director de la operación, el físico Ulrich Löschhorn, se muestra notablemente seguro sobre las condiciones en que se van a culminar los trabajos y afirma que «si entrase una gallina en lo más recóndito de la central y pusiese un huevo, sería el primero en comérselo». Sin embargo, queda un margen no pequeño de expectación en torno a la operación de eliminar con garantías este «superresiduo» que es una central nuclear de gran potencia.

Como Niederaichbach, otras 134 instalaciones nucleares, según la OIEA, o 229, según el Instituto Worldwath, de Estados Unidos, quedarán fuera de servicio en el mundo antes de que concluya el presente siglo. No existe un pleno acuerdo entre ambas instituciones sobre si se dispone o no de suficientes conocimientos técnicos para garantizar una plena efectividad de los procedimientos que se apliquen en este tipo de operaciones, aunque la OIEA asegura que así es. Lo que si es cierto es que las miradas de los expertos se dirigen hacia el doloroso capítulo de la historia de la energía nuclear que lleva por título el nombre de Chernobyl y esperan de los soviéticos máximas facilidades para hacer un seguimiento de las tareas de clausura y descontaminación del lugar.

Julio SIERRA

to de explosiones controladas. Los sistemas de ventilación quedarían preparados para impedir que a través de ellos pudiese emitirse a la atmósfera aire radiactivo. El «inventario» de radiactividad del reactor se elevaba a unos 2.000 curios y procedía fundamentalmente de materiales estructurales pertenecientes al núcleo del reactor.

RESIDUOS

Durante el desmantelamiento se producirán los siguientes residuos radiactivos: unas 500 toneladas de acero contaminado radiactivamente y procedente del núcleo del reactor, introducidas en unos mil bidones destinados a un almacenamiento definitivo, así como unas quinientas toneladas de hormigón ligeramente contaminado procedentes de una capa de unos 40 centímetros perteneciente al «blindaje biológico», un volumen recogido en unos mil contenedores standard destinados al almacenamiento definitivo. A efectos de valoración de lo que significa este volumen de residuos, baste decir que por el Centro de Investigaciones Nucleares de Karlsruhe pasan al año unos cinco mil de estos bidones.

Un procedimiento diferente es el reservado a las 1.700 toneladas de acero —ligeramente contaminado— procedente de circuitos cuyas mediciones den una media aceptada por la normativa de protección radiológica. Se trata de un material de chatarra que apenas da algunos curios de media y que será sometido a una operación de fundido en instalaciones ya construidas al efecto en el propio Centro de Investigaciones Radiactivas de Karlsruhe. Por lo demás también se producirán unas 130.000 toneladas de escombros convencionales provenientes del derribo del edificio. Estos escombros se destinarán a ser material de relleno en la construcción de autopistas.

TRECE DIAS DE VIDA ACTIVA

El carácter prototípico de esta operación con vistas al demantelamiento de reactores con mayor capacidad de producción y similar generación de residuos queda patente en este caso a partir de los siguientes puntos de vista: La técnica empleada para el control remoto, protección blindada y ventilación es directamente transferible. La reducción a partículas, la trituración, del «blindaje biológico» puede ser optimizada en una estructura afectada por un nivel relativamente bajo de actividad del estilo de la de Niederaichbach bajo la óptica de la protección radiológica y de la economía. Con vistas a ulteriores licencias de clausura de instalaciones con un inventario de actividad sensiblemente superior podrán reunirse experiencias muy significativas, tanto en relación con las empresas participantes como con las autoridades que realicen la supervisión.

En relación con la desconexión de Niederaichbach, a menudo se mencionan los costos, hasta de una forma dramática, que supusieron la construcción de una central que tan sólo llegó a funcionar a pleno rendimiento 13,3 días. En este contexto hay que tener en cuenta, sin embargo, que con este prototipo de central se puso a prueba un modelo que entonces prometía, bajo el punto de vista del momento, una serie de ventajas en cuanto a combustible y en cuanto a técnica convencional de instalaciones. Si se establece un parangón entre los costos del proyecto, 232 millones de marcos, y la venta de kilovatios por las empresas eléctricas alemanas en 1974, unos 24.000 millones de marcos, queda patente que la construcción y entrada en servicio de esta instalación experimental, aunque aquel sistema quedase superado por ulteriores desarrollos de tipo técnico o económico, tenía un verdadero carácter de prima de seguros.

Dr. Klaus KÖRTING
Jefe de Información Pública.
Centro de Investigaciones Nucleares de Karlsruhe

OPINION

La mano izquierda de Dios

Una nota sobre el «síndrome de Chernobyl»

Sorprendente verano, el que acaba de fenecer, para todos aquellos que leen los periódicos con algún sentido y se interesan por el sonoro conflicto de la energía nuclear. ¿Se podrá hablar de esto con justeza, cuando tanta pasión —que a veces es cegadora— mueve los molinos?

Chernobyl, en primer lugar. Una meditación sosegada nos llevaría sobre todo a juzgar la humilde y poco presentable utilización política que se hizo del desastre, para gozo de militantes. Se nos ha olvidado, pero se dijo que miles de personas habían muerto, se habló de situaciones caóticas, dantescas, en torno a Kiev, se derivó en el acto el discurso hacia la condena reaganiana de la Unión Soviética y no faltó quien vinculara graciosamente la cosa con Afganistán, Cuba, el problema del alcoholismo en Moscú y el sexo de los ángeles. Toda esa descarga no provenía de los cañones ecologistas, que disparan de otro modo, sino de todos aquellos que, a veces por una fe ciega en la técnica, a veces por un respeto religioso a los intereses económicos, defienden a capa y espada la energía nuclear. Los «verdes» fueron considerablemente más inteligentes: Chernobyl, como Harrisburg, era para ellos una señal más, dolorosa, de que, como en la Dinamarca de Hamlet, algo huele a podrido en todas las centrales nucleares de este mundo.

Pero el verano nos dio otras sorpresas: el SPD alemán propone a los electores un plan para acabar con esa energía; informes oficiales alemanes aseguran que ningún daño económico irreparable se causaría; hay conflictos en Ascó y medio mundo parece haberse puesto en marcha para, por fin, saber algo que se parezca lo más posible a la verdad. Todas esas son consecuencias del «síndrome de Chernobyl» y debieran servir, si el mundo fuese razonable y modesto, para, por lo menos, pensar. Aceptar a pies juntillas como el Evangelio la predicación del horror nuclear sería —es— apresurado y «emocional». Pero desestimar, en nombre de lo que sea, que algo ocurre, que eso que ocurre es feo, que la razón es universal y no exclusiva de unos pocos y que, le parezca bien o mal a la gente, la energía nuclear está siendo sometida a un juicio lícito e implacable, es adoptar la posición altiva de los imbéciles.

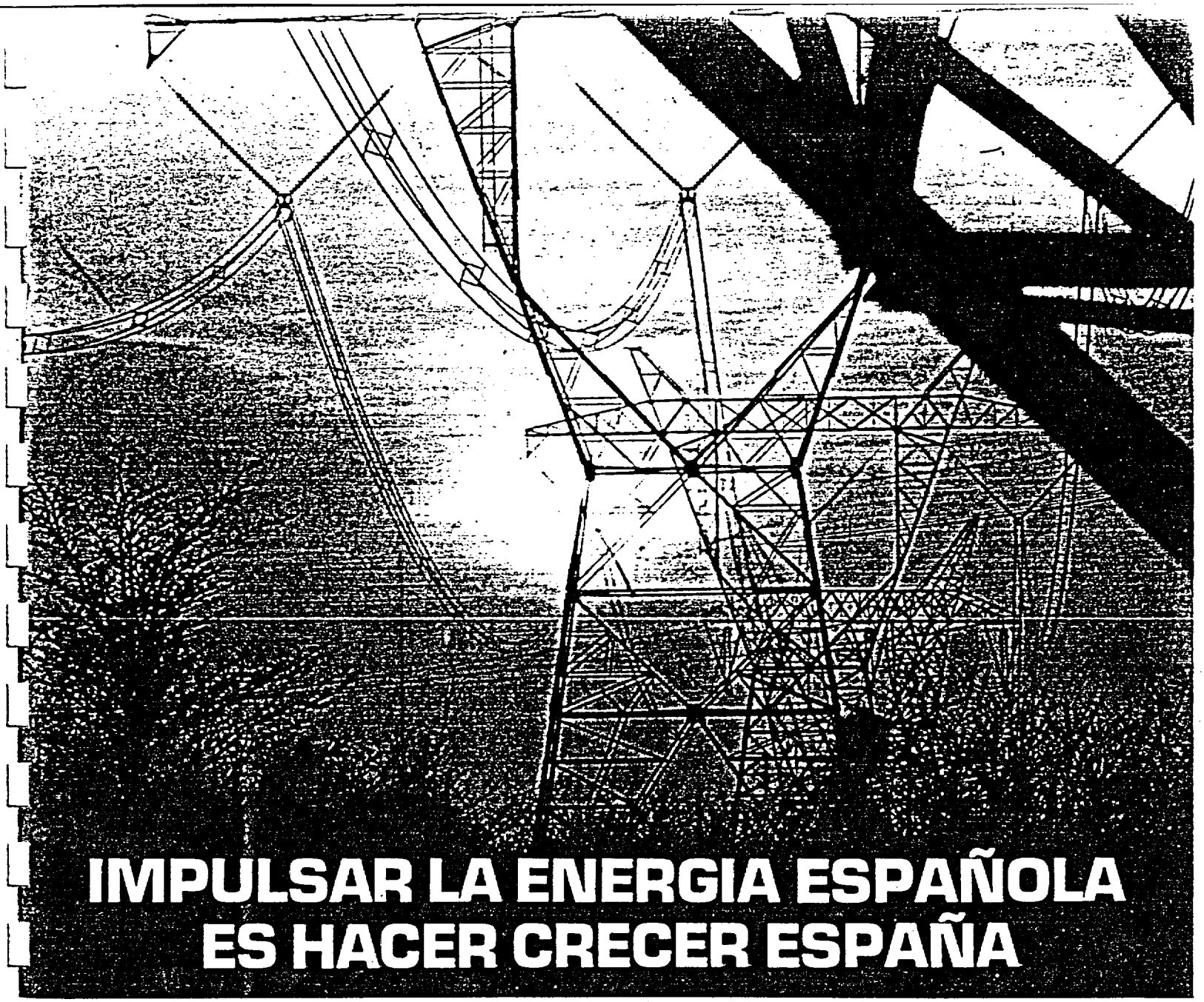
A todo esto, el verano nos ha traído también a los que trabajamos en esta Revista otras experiencias. Una, sobre todas, una experiencia vivida en cursos, reuniones, ruedas de prensa y conversaciones privadas: lo difícil que resulta explicar que la tarea de la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos es gestionar, por mandato del Gobierno, esos residuos de manera que no hagan polvo a nadie ni a nada. Ni es de nuestra incumbencia el futuro de la energía nuclear, ni es de la incumbencia de nadie, salvo de la decisión que tome nuestro pueblo —que es un pueblo de hombres libres— a través de los cauces legítimos establecidos por las instituciones. De manera que no deja de sorprender el empeño en confundirnos, un empeño que, incluso, puede llegar a la molestia personal, porque es mucho suponer que a mí, o a los que están conmigo, nos gusta la energía nuclear hasta el punto de pasarnos la vida de rodillas ante cualquier artilugio que huela a uranio.

Incluso para los agnósticos es bueno que haya designios divinos. Algunos de esos designios los escribe Dios con la mano derecha pero, en ocasiones, utiliza la mano izquierda y tarda uno un poco en darse cuenta de lo que significan. Chernobyl se escribió con la mano izquierda, hubo muertes, desasosiego, dolor. Pero ha servido para que entren en acción resortes oxidados y para que muchos, convencidos siempre de que la verdad está sólo de una parte, empiecen a mirarse en el espejo. No todo lo que uno ve en el espejo cuando se mira es divertido.

Felipe MELLIZO

La aún no perfilada sombra de Chernobyl: trabajadores de la central se someten a medidas de dosis a la salida de una zona altamente contaminada.

(Foto cedida por Novosti.)



Las centrales eléctricas, hidráulicas, térmicas o nucleares son una de las principales especialidades de OCISA*.

Desde las primeras plantas hidroeléctricas hasta las más recientes: reversibles —récord de potencia—, subterráneas y nucleares. En estas últimas, se han realizado incluso trabajos de remodelación con la central en funcionamiento.

OCISA construye, además, estructuras especiales, chimeneas, torres de refrigeración, etc., aplicando las técnicas más modernas. Oleoductos y otras conducciones especializadas, construcción de subestaciones y líneas de conducción eléctrica de alta y baja tensión, etc.

Más de 37 centrales eléctricas, con una potencia instalada de 3.000 MVA, son buenas razones a favor de OCISA.

Buenas razones que OCISA seguirá dando a España y a los españoles.

OCISA. Obras son razones

OBRAS Y CONSTRUCCIONES INDUSTRIALES, S.A.

Princesa, 3 7º, Tel.: 242 40 00 - Telex: 42211 OBYC E - 28008 MADRID.

*OCISA es una empresa del Banco Urquijo Unión

INTERLAS DM&M

ENERGIA

Al sol que más calienta

Hasta ahora, nuestra civilización ha vivido básicamente de la explotación intensiva de las «energías fósiles», cuyas materias primas fueron acumulándose a lo largo de las edades geológicas. De esta forma, más del 85 % de la energía consumida hoy se obtiene del carbón, petróleo, gas natural, uranio... La velocidad de reposición de estas energías es prácticamente nula en la escala de la vida humana. De ahí que, en cierto modo, nuestro porvenir dependa del uso que el hombre sepa hacer de las «energías flujo», también llamadas fuentes de energías renovables o alternativas.

DE ellas, la principal es la energía solar, cuyo flujo si bien es aleatorio e intermitente en cuanto que depende de que el cielo esté despejado o cubierto o de que sea noche o día, su continuidad está garantizada, constituyendo por ello una fuente de energía inagotable.

Junto a ésta, la fuerza del viento, el calor interno de la Tierra, el aprovechamiento de los residuos urbanos, forestales, agrícolas y ganaderos o la fuerza de las olas componen el arco de energías alternativas llamadas a coexistir, o sustituir, en un futuro más o menos próximo, a las actuales en uso. Son formas de energía que adquieren especial interés en momentos como los de hoy, en los que los niveles de contaminación medioambiental y el deterioro de los sistemas ecológicos han alcanzado en ciertas zonas del planeta niveles altamente preocupantes, al tratarse de formas energéticas de mínima incidencia medioambiental y escasa vulnerabilidad ante accidentes potenciales.

APUESTA POR LAS ENERGIAS RENOVABLES

«Las energías renovables constituyen una clara apuesta para un país como España —afirma Luis Crespo, director del Instituto de Energías Renovables del CIEMAT-JEN—, ya que posee una sobreabundancia de recursos en este terreno y está situada en primera línea tecnológica en algunas formas de su aprovechamiento.»

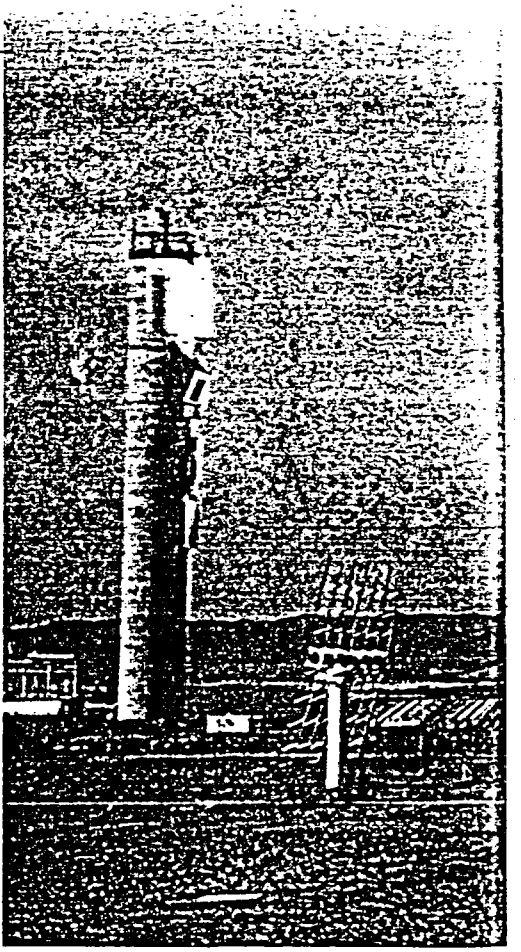
El Instituto de Energías Renovables, dependiente del CIEMAT-JEN, es el organismo estatal encargado de realizar proyectos de investigación en este área, así como coordinar proyectos de investigación y desarrollo (I + D) emprendidos por la industria y los centros de investigación españoles, y la ejecución de algunos proyectos propios.

Para llevar a cabo esta labor de coordinación y desarrollo, el IER presentó recientemente el Plan de Energías Renovables, cuyo objetivo es conseguir que estas energías contribuyan a diversificar el abastecimiento energético haciendo uso en mayor medida de los recursos naturales. Este objetivo se concreta en un incremento de la participación de éstas en el abastecimiento total de energía primaria en torno a un 1 % en 1988, y a un 3 % en 1992 sobre la participación actual.

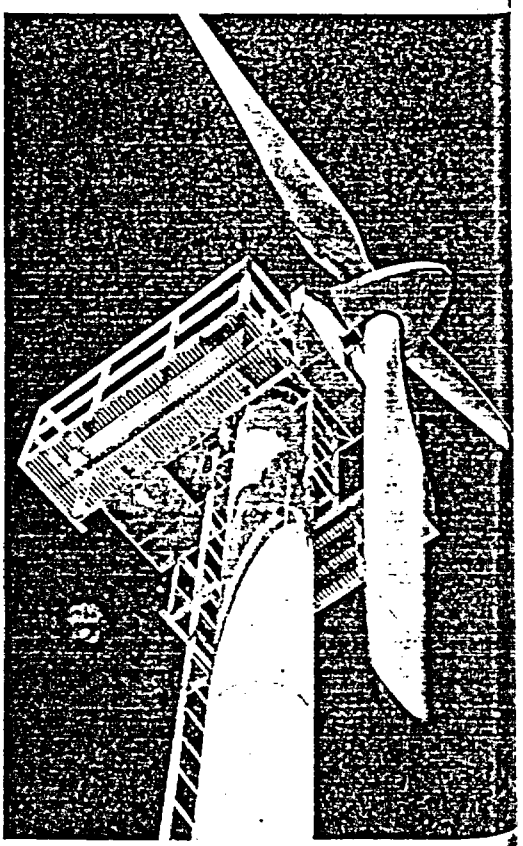
ENERGIA PARA PEQUEÑOS CONSUMIDORES

Sin embargo, para el desarrollo de estas formas energéticas las reducciones en los precios de los crudos y sus derivados, drásticas en los últimos meses, podrían suponer un marco desfavorable a corto plazo para las energías renovables. A pesar de ello, Luis Crespo se muestra optimista ante el futuro de estas fuentes de energía: «He podido constatar en reuniones con responsables de la política energética, no sólo de nuestro país sino también de otros países, como Alemania o Estados Unidos, que todos opinan que esta bajada de los crudos es absolutamente coyuntural. Creo que, a medio plazo, yo diría que de aquí a cinco años, aunque el combustible siguiera al mismo precio que ahora, los esfuerzos en investigación y desarrollo de nuevas fuentes de energía no se van a ver disminuidos».

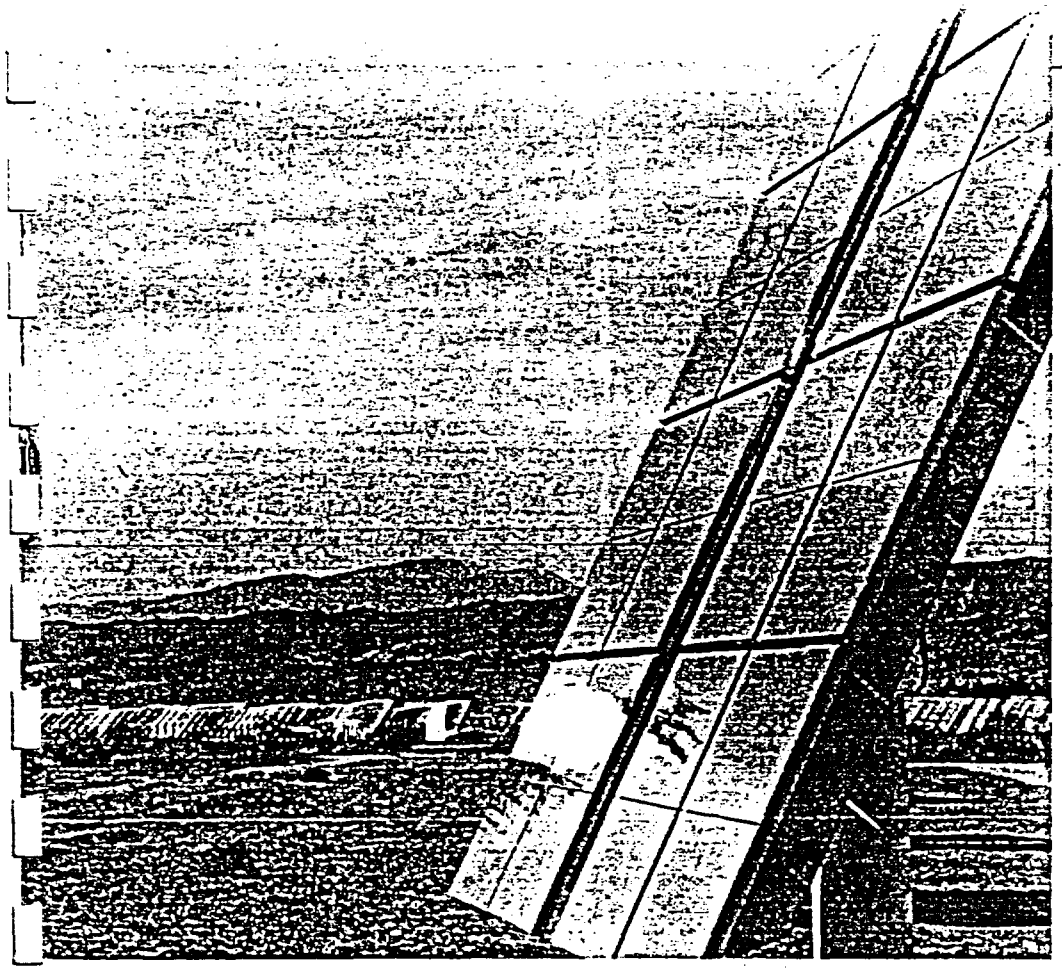
«Dependiendo de la energía que consideremos, somos un país en primera línea de desarrollo, aunque en otros, en cambio, somos conscientes de que tenemos una etapa todavía que recuperar para ponernos en línea con los países más avanzados —añade el director del IER—. Por ejemplo, en energía solar de alta temperatura tene-



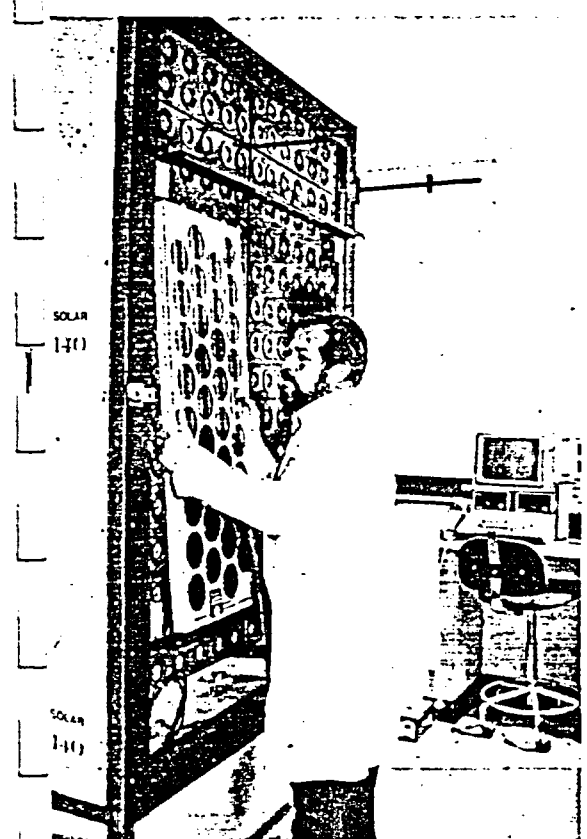
Los heliostatos reflejan la luz del Sol hacia una t



Aerogenerador del parque eólico de Granadillas (Tenerife). Este parque consta de diez aerogeneradores con una potencia conjunta de 300 Mw.



e de captación en la que se transforma la radiación solar.



Laboratorio de homologación fotovoltaica. La energía fotovoltaica puede suponer la independencia energética de un pequeño usuario.

mos, quizá, los heliostatos más competitivos a nivel mundial, mientras que en energía eólica llevamos un cierto retraso en el desarrollo de máquinas de gran potencia, que son las que a nivel de generación masiva de electricidad han de tenerse en cuenta; retraso que estamos intentando solventar con un proyecto financiado por la CEE.»

En este sentido, nuestro país se ha integrado también en un proyecto común junto con dieciséis instituciones europeas que intentará recuperar, en el plazo de tres años, el retraso que tiene Europa frente a Estados Unidos en el campo de la energía fotovoltaica y cuyo objetivo final sería la posibilidad de implantación de la fotovoltaica en sitios remotos a bajo coste.

La idea de complementariedad, más que la de sustitución, es la que preside los trabajos de los técnicos que en la actualidad desarrollan los programas de investigación y desarrollo (I + D) de estas fuentes energéticas.

Para Luis Crespo, director del IER, «a corto plazo, es evidente que las renovables deben concebir su penetración como energías complementarias». «Las renovables —añade— pueden suponer la autonomía energética de un pequeño usuario, pero a nivel de porcentajes importantes de penetración en la estructura de consumo nacional, es más difícil. Hay tantos factores, no sólo técnicos y económicos sino también geopolíticos y estratégicos, que es difícil pensar que en un futuro inmediato se pueda hablar de independencia energética a través de las energías renovables».

El Plan de Energías Renovables pretende conseguir que estas energías contribuyan a diversificar el abastecimiento energético nacional.

EL SOL SALE PARA TODOS

En contraposición con las energías fósiles, el Sol es inagotable a escala humana, a pesar de que su masa disminuye alrededor de cinco millones de toneladas por segundo. La Tierra capta alrededor de una diezmillonésima parte de la energía que irradia, lo que representa anualmente de cinco a diez veces el total de las reservas fósiles conocidas.

Por encima de las nubes una superficie plana horizontal de un metro cuadrado, recibe de promedio 1.300 vatios; al nivel del suelo esta potencia varía de 0 a 1.100 vatios. Por tanto, la radiación solar que absorbe la Tierra es 20.000 veces mayor que el consumo de energía en el mundo: con la energía que se recoge en una superficie de 22.000 m^2 de zona desértica se obtendría energía suficiente para cubrir el consumo mundial.

El problema radica en cómo captar esta energía con el menor coste y el mejor rendimiento, así como su almacenamiento una vez recibida. La captación puede ser directa o indirecta: la captación directa se realiza bajo la forma de luz y calor, como consecuencia de las reacciones de fusión que tienen lugar en el núcleo solar, la captación indirecta se hace por vía mecánica o química.

La energía solar puede ser aplicada en tres direcciones:

Pasiva: En forma de ahorro energético en calefacción y climatización mediante un adecuado aislamiento y orientación de los edificios.

Térmica: Aprovechamiento de la radiación solar para el calentamiento, con o sin concentración, de un fluido a baja, media o alta temperatura que se emplea para producir agua caliente, vapor o energía eléctrica.

Fotovoltaica: Transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica.

La energía solar es una energía limpia y gratuita, después de la inversión en instalaciones de captación y almacenamiento.

En nuestro país, el IER-JEN cuenta con una central electro-solar en el paraje de los Retamares, en el término municipal de Tabernas (Almería), actualmente en período de evaluación y estudio.

La central es de tipo torre, con un funcionamiento que es esencialmente un campo de 300 heliostatos (espejos) que, con una superficie total de 11.800 m^2, reflejan la radiación solar a un punto situado encima de una torre donde se instala el receptor cuya misión es transformar la radiación solar en energía térmica.

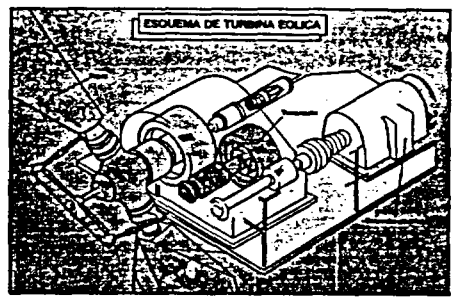
Esta transformación se hace a vapor de agua, que es el encargado de accionar una turbina que, acoplada a un alternador, genera corriente eléctrica, con una potencia bruta de unos 1.200 Kw.

VIENTO DEL ESTE, VIENTO DEL OESTE

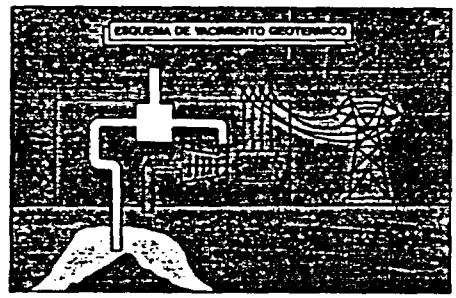
La captación de la energía del viento procede de técnicas muy antiguas. La propulsión náutica fue el primer ejemplo. Posteriormente apareció el molino de viento, en época desconocida. Mucho más recientemente se utilizó el viento en la propulsión de vehículos terrestres (trineos, carros a vela, etc.) y, ya en nuestros días, el vuelo sin motor (planeador).

Esta energía presenta las ventajas y los inconvenientes de la energía solar: es inagotable, no contaminante y resulta gratuita después de la inversión en instalaciones de captación, pero al mismo tiempo está dispersa, es intermitente y aleatoria, por lo que la instalación de una máquina eólica en un cierto lugar debe ir siempre precedida de un estudio de los datos meteorológicos y de una serie de medidas que se toman con unos aparatos llamados anemocinemógrafos que miden la energía recuperable.

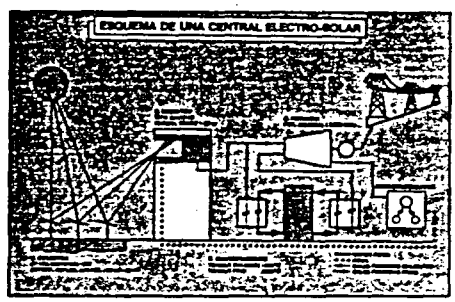
Los receptores más utilizados actualmente pueden ser de eje vertical o de eje horizontal. Entre los primeros los hay que giran a todos los vientos sin necesidad de orientación; aunque su rendimiento es más bien mediocre, este inconveniente es parcialmente compensado por su sencillez. Del tipo de eje horizontal existen actualmente comercializados dos tipos: el molino holandés, que tiene de dos a cuatro palas, y el americano, que es de multipala. De los dos tipos, el primero es el que se presta mejor a la producción de electricidad.



Esquema de un aerogenerador eólico.



Esquema de un yacimiento geotérmico.



Esquema del funcionamiento de una central electro solar.

Estos aerogeneradores precisan de una zona de seguridad para evitar ruidos e interferencias con las ondas de televisión y comunicaciones. En el caso de un generador de un megavatio, esta zona sería, aproximadamente, de unos 120.000 m^2, que no quedarían desaprovechados, ya que se pueden utilizar para fines agrícolas y ganaderos.

El primer parque eólico en España ha comenzado a funcionar recientemente en Granadilla (Tenerife). El parque está integrado por diez aerogeneradores que, con una potencia conjunta de 300 Kw., podrán abastecer de energía a unas 300 familias. La inversión, superior a los 100 millones, la han realizado conjuntamente el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), el Gobierno autónomo canario y la Unión Eléctrica Canaria. Cuenta, además, con la colaboración del IER, que será el encargado de la supervisión científica.

En los próximos meses se inaugurarán nuevos parques eólicos en Canarias (Arinaga), Aragón, Castilla-La Mancha, Galicia y Andalucía. Estos nuevos parques supondrán una inversión que rondarán los 3.600 millones de pesetas.

EL CALIDO CORAZON DE LA TIERRA

El calor interno de la Tierra es susceptible de ser explotado para su aplicación económica en calefacciones, industria, agricultura o bien para su conversión en energía eléctrica.

El método se fundamenta en la extracción, mediante perforaciones, del agua almacenada en las rocas, agua que alcanza altas temperaturas producidas en el interior de la corteza terrestre. Las técnicas empleadas para localizar estos yacimientos son muy complejas, y se basan en estudios y análisis geológicos, además de sondeos mineros.

Una vez localizado el yacimiento, se determina, a través de un estudio geoquímico, la temperatura del agua. Sin embargo, hay que puntualizar que no toda el agua de los yacimientos tiene la misma temperatura, que es lo que, en definitiva, determina la capacidad energética del recurso.

Los yacimientos geotérmicos pueden ser de dos tipos: de baja entalpia, es decir, con temperatura inferior a los 100 grados centígrados; de media, entre 100 y 150 grados centígrados, y de alta entalpia, que tienen una temperatura media superior a los 150 grados centígrados y son los que se pueden utilizar para obtener energía eléctrica.

España es el segundo país de Europa con mayores recursos geotérmicos de baja y media entalpia, con importantes yacimientos en Cataluña, la cordillera Bética, Aragón, Madrid y Galicia.

Los únicos yacimientos geotérmicos de alta entalpia se encuentran en las islas Canarias, una de las primeras zonas europeas en este tipo de recursos.

Actualmente se producen en el mundo cerca de 6.000 megavatios. Hoy es posible hacer rentable a escala comercial la energía geotérmica.

Las perspectivas de esta fuente energética en España son realmente halagüeñas, en opinión de los expertos, aunque su puesta en producción no se puede prever para antes de tres años.

El Plan de Energías Renovables concentra especialmente su atención, durante el bienio 86-88, en la utilización de los recursos de baja temperatura para su empleo directo en aplicaciones para viviendas, agricultura e industria, entre otras.

Jorge FERNANDEZ

Santander, UIMP: Curso sobre residuos radiactivos

Dirigido por el profesor Agustín Alonso, con gran concurrencia de alumnos y periodistas

«Residuos radiactivos: un reto para el año 2000». Bajo este título se ha celebrado el pasado verano, del 28 de julio al 1 de agosto, en Santander, un seminario realizado conjuntamente por la Universidad Internacional «Menéndez y Pelayo» (UIMP) y ENRESA. Era el primer contacto académico de nuestra empresa con la institución universitaria, en un clima propicio a la discusión abierta en torno al problema que polariza las actividades de ENRESA. En total, unos ochenta alumnos de diversas facultades y posgraduados provenientes de toda España siguieron el transcurso de conferencias y mesas redondas con esporádicas escapadas a la playa. El profesor Agustín Alonso, de la Universidad Politécnica de Madrid, actuó como director del seminario.

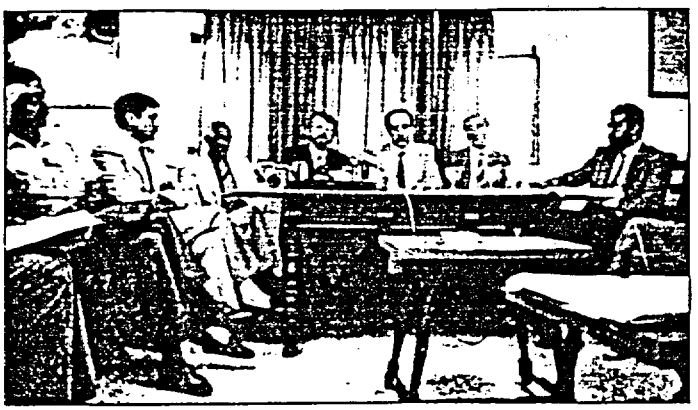
EN total se programaron catorce actos académicos, cuyos ponentes y temas reproducimos: Francisco Mingot, Director del Departamento de Protección y Medio Ambiente de la JEN, ofreció, el lunes 28, una introducción metodológica del curso; Alberto López García, Director General de ENRESA, se refirió al «planteamiento general del problema»; Eugenio Vela, Secretario General del CSN, expuso el tema «Seguridad: problemas técnicos y jurídicos»; A. Barthoux, Director General de Andra, K. Bragg, de la OCDE, y Lars Nilsson, Director General de SKB, se refieron, el martes, al problema de los residuos radiactivos en Francia, Estados Unidos y Suecia, respectivamente. Los tres expertos extranjeros desarrollaron el mismo día una mesa redonda conjunta. Al día siguiente, se inició la jornada con el tema «Voz crítica: Ecología», a cargo de Juan Carlos Galván Sierra, miembro de AEDENAT. Por la tarde de la misma jornada, miércoles 30, el Presidente de ENRESA, Juan Manuel Kindelán, amplió el tema fundamental del seminario por lo que incluía de presentación de nuestra empresa a los participantes en el curso: «El plan español: ENRESA». «Aspectos jurídicos en España» fue el capítulo que le tocó tratar al Secretario General de ENRESA, Alfonso Arias; a él siguió otro punto considerado conflictivo: «Las comunidades autónomas y locales ante el problema», a cargo del Director General de la Agencia del Medio Ambiente de Andalucía (AMA), Tomás Azcárate Ybang. Aurelio Ulibarri Arechabala, Director de Ingeniería y Proyectos de ENRESA, se refirió a «La problemática técnica en España», y, finalmente, Felipe Mellizo, Director de Comunicación Social de ENRESA, amplió el epígrafe «Comunicación Social». El seminario concluyó con una intervención de Martín Gallego, entonces Secretario General de la Energía en el Ministerio de Industria.

RESIDUOS RADIACTIVOS; COMPETENCIA DE TODOS

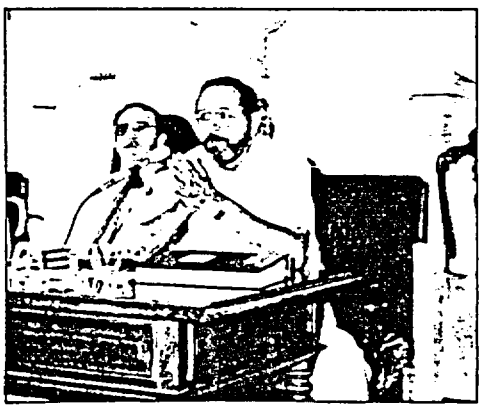
A la hora de centrar el problema de los residuos radiactivos ante un auditorio tan especializado como el del seminario de la UIMP, **Francisco Mingot** puso el acento en que la gestión de estos residuos exige una actividad pluridisciplinar. Esta es la razón de que los ponentes del curso proviniesen de los más variados campos de la actividad profesional implicados todos ellos, por una razón u otra, en la búsqueda de soluciones al problema. **Alberto López** se ocupó posteriormente de especificar una serie de aspectos de orden económico, legal, social, de información al público, así como un análisis global de las diversas formas de generación de estos residuos y sistemas de gestión.

Un aspecto básico en esta gestión es el del control técnico de modo que se evite todo daño a la población y al medio ambiente. **Eugenio Vela** se ocupó precisamente de analizar las barreras que requiere un aislamiento adecuado de los residuos radiactivos a la luz del Plan Energético Nacional de 1983.

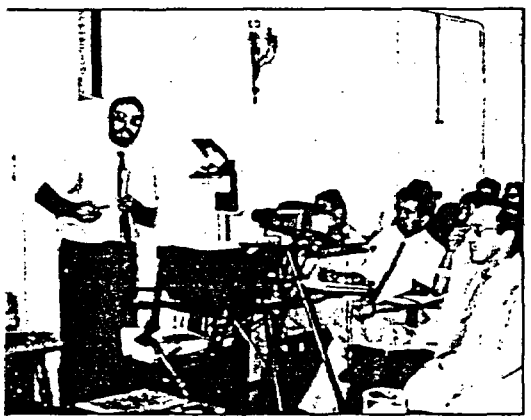
El aún abierto futuro del problema de los residuos radiactivos pende sobre todos los países provistos de energía nuclear para usos industriales y son todos los países en colaboración los encargados de encontrar soluciones válidas. Para ello es conveniente un inter-



Conferencia de prensa con los señores Nilsson, Bragg y Barthoux.



Juan Manuel Kindelán.



Alberto López.

Martín Gallego.

cambio de experiencias nacionales y eso fue lo que hicieron en Santander los señores **Bragg, Nilsson y Barthoux.** Hay que reseñar la importancia de los organismos en los que cumplen funciones de responsabilidad los tres representantes, justamente en momentos difíciles: Suecia ha entrado en fase de «despegue» de la energía nuclear de fisión, Francia tiene problemas fronterizos con la República Federal de Alemania por causa de unas instalaciones y los organismos internacionales, OCDE incluida, afrontan en detalle las consecuencias de Chernobyl.

«VIVIR» CON LOS RESIDUOS

En el seminario sobre residuos radiactivos era obligado que también estuviera presente la voz de la Ecología, en tanto que conciencia social de la actuación de los expertos. **Juan Carlos Galván**, de AEDENAT, se ocupó de ofrecer documentadamente la posición de los antinucleares. En general, el movimiento ecologista valora con precisión el problema que suponen los residuos radiactivos, aunque a la hora de ofrecer apoyo moral lo condiciona a una renuncia generalizada a la energía de fisión para usos industriales. Juan Carlos Galván se refirió en su intervención, en la que también analizó las características del reprocesamiento del combustible, al riesgo que conllevaría para generaciones futuras una inadecuada gestión de los residuos radiactivos.

Precisamente para evitar, o reducir al máximo, este riesgo se ha elaborado ya un amplio Plan General de Residuos Radiactivos, tema que ocupó globalmente la intervención del Presidente de ENRESA, **Juan Manuel Kindelán**. Este Plan, que será el marco para la actividad futura en este campo, ya está a punto y tendrá una gran trascendencia económica y ecológica. Kindelán puso de relieve el factor de la prolongada vida activa de algunos de estos residuos, lo que significa la aplicación de una alta tecnología que sea operativa durante centenares y hasta miles de años. ENRESA es la entidad encargada, precisamente, de alcanzar estos objetivos sin renunciar a una verdadera transparencia informativa.

AL AMPARO DE LA LEY

Cuando se va perfilando en detalle el contorno del llamado «delito ecológico», ENRESA presta una especial atención al cumplimiento de lo que establecen las leyes u otras disposiciones jurídicas en materia de residuos radiactivos. La puesta en marcha de ENRESA y el ingreso de España en la CEE, con la obligada acomodación de nuestra normativa a la comunitaria, se han producido casi simultáneamente. **Alfonso Arias**, Secretario General de ENRESA, se ocupó de exponer ante los alumnos del seminario las bases legales que avalan la actuación de la Empresa Nacional y dan pie a un control público sobre esta actuación.

De control público, aunque a nivel autonómico y local, habló también el Director General del AMA de Andalucía, **Tomás Azcárate**. Es justamente Andalucía la región más sensibilizada ante el problema —como se sabe, las instalaciones para residuos radiactivos de baja y media actividad se encuentran en la provincia de Córdoba— y al tiempo es la Comunidad Autónoma con un mayor compromiso ecológico en tanto que cuenta con la mayor extensión de España dedicada a espacios naturales protegidos. Azcárate subrayó que, lejos de limitarse a ser un problema técnico, las instalaciones nucleares son al tiempo un hecho político, con ramificaciones en diversos campos del saber y el hacer humanos. La democratización de los ayuntamientos y la vertebración autonómica del Estado español sitúa estas instalaciones en un nuevo plano a efectos de implicar a todas estas instituciones en una búsqueda común de soluciones.

PRODUCTORES DE RESIDUOS

Entre las actuaciones de ENRESA, tema asignado a **Aurelio Ulibarri**, se incluye la de mantener un estrecho contacto con los pequeños y grandes productores de residuos radiactivos. La selección de emplazamientos para ubicar futuros almacenes y la demostración de su validez mediante cálculos, estudios, experimentación, mediciones, modelos matemáticos, etc., son las tareas inmediatas que tiene ENRESA por delante.

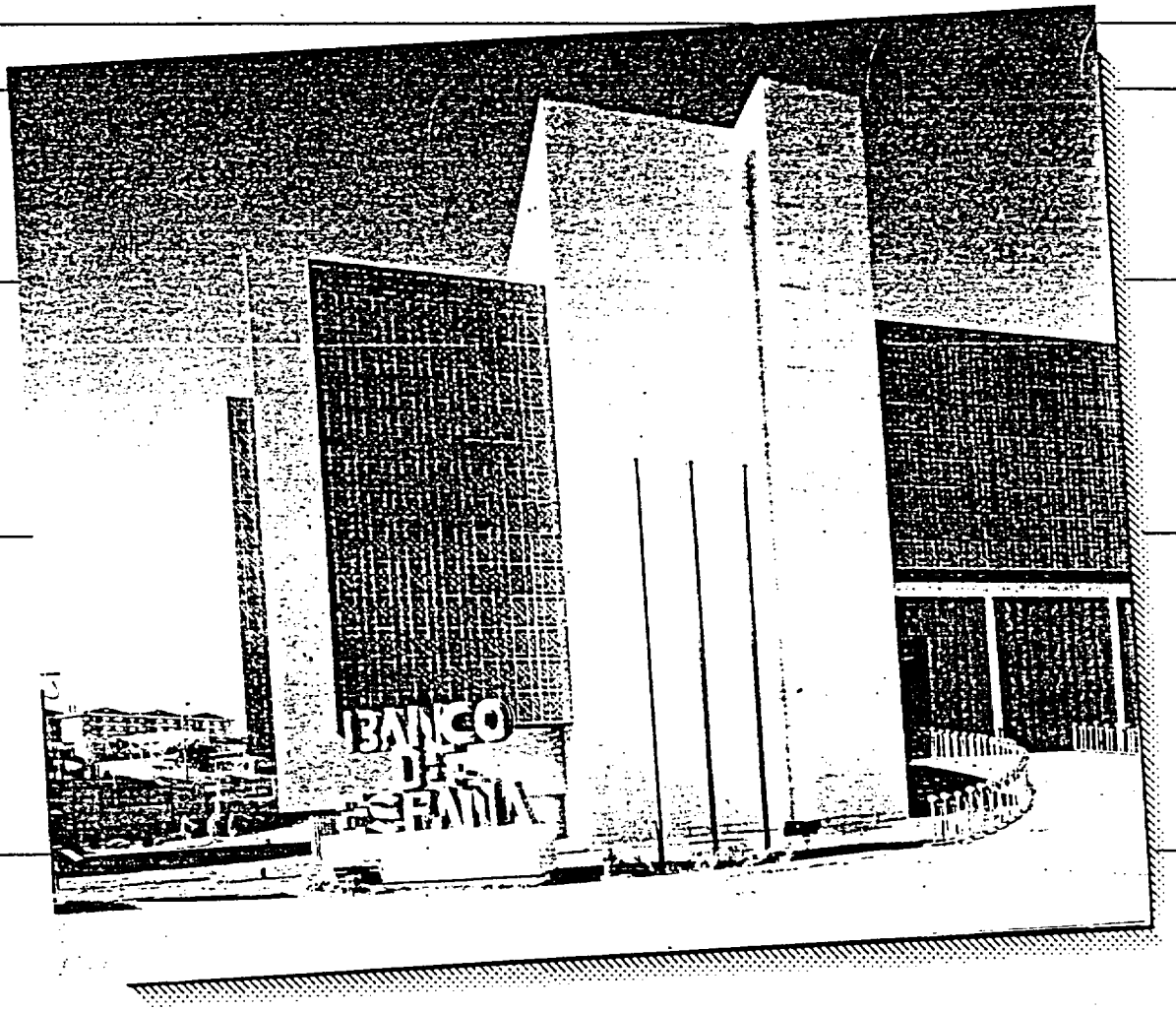
La transparencia informativa deberá otorgar carta de legitimidad a la puesta en práctica de estas actuaciones. **Felipe Mellizo** se refirió a tres graves obstáculos que, en su opinión, oponen resistencia a la ordenación de un sistema informativo coherente y veraz en torno a los residuos radiactivos: la mala historia originaria de la energía nuclear (Hiroshima y Nagasaki); cierta habitual vanidad entre los técnicos nucleares frente a los legos en la materia, y la tendencia de los informadores en su mayoría a suplir la falta de información en las fuentes habituales con trabajos carentes de seriedad y de base documentada. Mellizo recalcó que sólo la verdad estricta podrá cambiar este estado de cosas, sin consideración para con determinados intereses creados de signo económico o político.

Rafael Martín Gallego, entonces Secretario General de la Energía, intervino en el acto de clausura asegurando que España ha evolucionado, al igual que la mayor parte de los países industrializados, atemperando el programa nuclear inicialmente previsto a una demanda eléctrica más reducida (con el consiguiente efecto beneficioso sobre la situación financiera de las empresas).

Con respecto a la aprobación de nuevas centrales nucleares, Martín Gallego aseguró que, por el momento, no es necesario adoptar de inmediato decisiones para incrementar la potencia eléctrica.

El Director del Curso, Prof. Agustín Alonso, cerró el Seminario pronunciando, a modo de resumen, una charla titulada «Hechos y paradojas en torno a los residuos radiactivos». Destacó que la tierra puede ser considerada como un cementerio radiactivo cósmico, a pesar de lo cual ha surgido en ella la vida. Se refirió también al ejemplo que nos da la naturaleza al reciclar sus propios residuos, para indicar que un proceso similar debería realizarse con los radiactivos, para lo cual se dispone de los principios científicos y se ha desarrollado gran parte de la tecnología, en especial en el campo de la reelaboración y separación de transuránidos y, en menor escala, la transmutación. Concluyó diciendo que no es válida la oposición a la energía nuclear arguyendo que los residuos radiactivos son indeseados.

Nos gustan las buenas obras.



Trabajamos allí donde nos necesiten.
Grandes o pequeñas obras que no se medirán jamás
por su magnitud, sino por los beneficios que
aportan a la sociedad.
Hospitales, colegios, polideportivos, universidades...
Estamos haciendo hoy, lo que será útil toda la vida.

ferrovial

Construimos futuro.

ALAS

Hablamos con Donato Fuejo

Donato Fuejo Lago, veterano médico gallego, con vetas sentimentales asturianas, ha sido muchas cosas en su vida, que comenzó el año 1926. Desde profesor de anatomía hasta fumigador de DDT, desde médico de buque —a bordo del «Explorador Iradier»— hasta cirujano del tórax. Pero, sobre todo, ha sido y es un hombre tolerante, irónico y amable. Ahora tiene que lidiar un toro difícil: la Vicepresidencia del Consejo de Seguridad Nuclear. Hemos charlado con él en su despacho sobre las cuestiones que en estos momentos son de su competencia.

—¿Por qué, según tu juicio de veterano, este constante desasosiego psicológico en torno a todo aquello que, directa o indirectamente, tiene que ver con la energía nuclear?

—Hombre, yo, por mi profesión, que he ejercido durante muchos años, y porque tengo cierta sensibilidad para preocuparme por los problemas de los demás, creo que dispongo ya de cierto rodaje en esto de entrar en los sentimientos de las personas, en su forma de pensar, en su forma de sentir. A esta pregunta que tú me haces de por qué esta inquietud, por qué este desasosiego de la gente, yo creo que el caldo de cultivo, el ambiente general, es un ambiente de incertidumbre general también. Nos estamos preguntando a dónde vamos, qué es lo que queremos, para qué tenemos las cosas... Son muchos interrogantes que el ciudadano medio se hace y yo creo que éste acerca de «lo nuclear» es uno más de los interrogantes que nos hacemos en la vida. ¿Para qué queremos la energía?, ¿qué energía necesitamos y de dónde la sacamos? Y entonces, bueno, pues la gente se pregunta si, verdaderamente, la energía de origen nuclear nos facilita progresar, avanzar, alcanzar metas mejores, aumentar la calidad de vida y elevarnos en nuestra forma de vivir o, a lo mejor, nos tenemos que arrepentir, y esa incertidumbre, ese interrogante, creo, es lo que constituye la inquietud, el desasosiego, la preocupación.

—Que, por supuesto, tú también sientes como un ciudadano más.

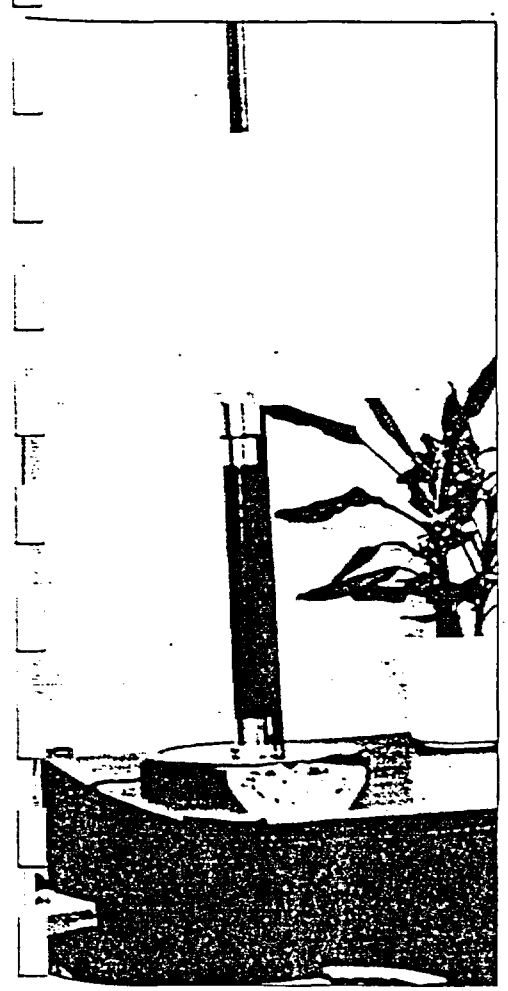
—Yo siento como un ciudadano más y ahora doblemente como ciudadano y como responsable, en una cierta medida, de controlar este tipo de instalaciones.

—¿No crees que, en parte, aunque luego hablaremos de algunas razones objetivas, este desasosiego y esta desconfianza tienen su origen en la desinformación, incluso en la escrupulosa mala información que en años pasados se ha dado a la opinión pública en torno a estas materias?

—Sí, yo ahí estoy muy de acuerdo contigo. Yo creo que una de las cosas más difíciles es explicar las cosas. Parece algo sencillo en una primera aproximación, pero después no es tan fácil y, de hecho, los que tenemos que hacer un esfuerzo por explicar las cosas cada día nos damos cuenta. No puedo aislarme del hecho de ser médico. Uno de los compromisos de una profesión como la de médico es que hay que saber explicar al enfermo, concienciarlo de su enfermedad, cuando la tiene, o de sa-

«El ambiente general está desasosegado...».

lud cuando la tiene y cree que la ha perdido y no la ha perdido. Es una explicación mucho más gratificante cuando le dice uno a una persona: está usted preocupado, cree usted que tenía algo, usted no tiene nada, esté usted tranquilo, viva usted feliz y tal; pero otras veces tiene uno que decir otras cosas mucho más desagradables, y entonces, ¿cómo se explica?, ¿cómo se presenta? Qué lenguaje utilices es algo complicado y es algo importante, importantísimo. Si algo ha deteriorado la profesión médica, el ejercicio de la profesión médica, es la ruptura de la relación con el enfermo; es gravísimo, y esta ruptura, creo, está constituida en algunos casos porque el médico no se cree en la obligación de explicar hasta el último extremo cualquier cosa que le preocupe al paciente. Entonces, yo traslado este compromiso a mi puesto, ahora de responsabilidad política y técnica porque, en el fondo, eso es lo que yo tengo que hacer en el CSN, es ese el esfuerzo que tenemos que hacer para informar al ciudadano, un esfuerzo que viene marcado hasta hoy por una información torcida, sesgada, por una información, y no hay por qué ocultarlo, intencionadamente inclinada en un lado o en otro, y en esto abarco a todo el mundo, a los pro y a los antinucleares. Tampoco se puede ocultar que en la información se manejan muchos intereses y tenemos, primero, que conseguir capacidad de independencia; segundo, tenemos que adquirir conciencia de que sólo se debe decir la verdad, respetar la verdad; tenemos que encontrar la forma de comunicarnos; yo soy de los que creen que el ciudadano tiene que conocerlo todo, absolutamente todo, porque si creemos en la democracia y en la libertad, está claro que el ciudadano es el tope del protagonismo de la historia, de los pueblos y de los países. Hay que decirlo todo; no hay nada que no se pueda decir, es posible que haya que buscar una forma de decirlo de determinada manera, una forma que no agreda a nadie, que no moleste a nadie, pero yo creo que se debe decir todo, se puede decir todo...



—Se debe; no se puede tratar a la sociedad como un papá a un niño y contarle que los juguetes los traen los Reyes Magos.

—Esto no es tan fácil. Creo que los profesionales de la comunicación y de la información son, se ha dicho mucho, el cuarto poder, personas muy importantes, yo lo creo sinceramente, pero lo creo en el sentido de que tenéis una misión en una sociedad que pienso que es de tal trascendencia y de tal compromiso que difícilmente yo puedo pensar que alguien puede pretender hacer intrusismo, diría yo aventurerismo en la práctica de la información, en una política informativa; yo creo que es fundamental que las instituciones como a la que yo pertenezco tengan una estructura, tengan unos expertos, tengan unos profesionales de la comunicación y de la información...

—...Y, ¿la tienes? Vamos a hablar de eso un poco, ¿tienes ya esa estructura montada?

—No tengo más que un intento, un embrión, ¿por qué? pues porque lo primero que hay que conseguir es que en la propia institución se tenga conciencia de que esto hay que hacerlo, porque si no es muy vano el esfuerzo de una persona que cree en esto pero que la institución que representa o a la que pertenece no lo crea. No digo en toda la globalidad de la institución pero sí en una proporción alta. Quizá el primer esfuerzo es decir que esto es importante, que es una meta, un objetivo que tenemos que marcarnos, que lo tenemos que alcanzar entre todos, que tenemos que creer en él, pues, mayoritariamente, y entonces se empiezan a sentar las bases para poder llamar a alguien profesional, alguien que conozca la ciencia de la información, de la comunicación, para pedirle que empiece a organizar cómo hay que llevar este tipo de relación con el ciudadano, con el público en general. Y yo creo que estamos en el Consejo en esta fase de intentar abrirlo, de hacerlo más accesible a la opinión pública, más transparente, perder el miedo a decir las cosas, y en ese primer estadio estamos ahora...

«En el tema nuclear se implican muchos intereses; hay que conseguir capacidad de independencia»

—Dice el profesor Neel, un físico francés, que, verdaderamente, hay tres átomos, los llama en broma los átomos del recelo, para justificar el miedo a todo lo que tiene que ver con el mundo nuclear. Dice que hay, en primer lugar, un átomo histórico que, quiera que no, huele mal y es desagradable, es un átomo militar y asesino con el que se exterminaron cientos de miles de vidas de seres humanos y que sigue existiendo y que en buena parte subyace a gran parte de las tensiones colectivas, incluso individuales, en el mundo moderno: el miedo a la guerra nuclear. Pero hay otro átomo, un átomo social, porque parece ser que incluso para sus usos pacíficos a lo largo del tiempo hemos dado en pensar algunos, dice, que esto es una sabiduría especial, una especie de sacerdote y de religión cuya liturgia sólo pueden oficiar unos cuantos listos menospreciando la capacidad para la comprensión de los legos que son la mayoría y eso, naturalmente, resulta un insulto y la gente insultada reacciona con desconfianza y recelo. Y aún hay un tercer átomo y es que, dada la compleja maquinaria de carácter financiero y tecnológico que implica el uso de la energía nuclear en general, se ha ido localizando al servicio de los intereses centrales de los estados y de los intereses centrales de las grandes empresas privadas lo cual ha hecho que se produzca una reacción de carácter político: el odio, que por otra parte es un odio antiguo, del pobre ante el rico, el odio del que vive en un pueblo contra el que vive en la capital, el odio del que está en conocimiento de los secretos y del que tiene que estar con

el arado madrugando. Ese tercer átomo, que es un átomo de carácter social, es extraordinariamente grave y ni siquiera con una buena información se puede vencer, ¿estás tú de acuerdo en ese esquema?

—Estoy de acuerdo y además me parece que la referencia que has traído del físico nuclear francés es una preciosidad. Bueno, yo creo que personas que hablen así y que analicen así, que reflexionen es de una... posiblemente —yo no le conozco a este señor— pero es de una categoría indudable. Yo creo que como los grandes hombres, está impregnado de humildad, lo que dice va impregnado de sensatez y compromiso, al mismo tiempo, con el pueblo, con los ciudadanos que, bueno, ya de por sí esta forma de analizar y de expresar las cosas le da un aval de credibilidad impresionante. Yo estoy totalmente de acuerdo; creo que esa descripción de los tres átomos es realmente una síntesis perfecta de la realidad. Estoy totalmente de acuerdo. Yo creo que es muy difícil, pero creo que es al mismo tiempo es una especie de reto que para todos los que nos comprometemos en la vida al nivel que sea pues tiene un cierto atractivo.

«Dos curas de humildad: la Unión Soviética y los Estados Unidos. ¡Qué casualidad!»

—Vamos a derivar un poco la charla hacia un aspecto más filosófico, además tiene que ver mucho con tu propio oficio, con el noble oficio de la medicina. Es patente el hecho de que los descubrimientos, los progresos de carácter técnico, de carácter científico, sobrepasan la capacidad del hombre y llega un momento en el cual, como en el caso del Aprendiz de Brujo, el artilugio se hace con su inventor. Es verdad que la energía nuclear, desde el punto de vista intelectual, fue en su día un hallazgo emocionante y también es verdad que después de la tarea de los científicos, la agilidad y la inteligencia activa de los ingenieros consiguieron convertir eso en un chisme prodigioso y magnífico, pero también es verdad que en aquella época, de la que han pasado ya varias décadas, no se previó, en absoluto, que el artilugio iba a ser como la escoba del aprendiz, que termina por barrernos. ¿No crees tú que eso que acababas de decir antes de la humildad es algo que fundamentalmente debería ser dictado a los técnicos y los científicos superiores y no a nosotros los humildes legos?

«Hay que decirlo todo. No hay nada que deba ocultarse».

—Yo, bueno, has tocado una tecla que realmente es muy importante, yo creo que muy importante y he dado vueltas sobre ello con mi poco conocimiento. Pues he pensado en ello, ¿no?, y la verdad es que viendo la historia que tú has escrito y la que uno conoce, mejor o peor, de cómo ha ido introduciéndose este invento maravilloso, este descubrimiento maravilloso y cómo se transformó este invento y se aplicó y a qué tiempo récord se consiguió sacar utilidad práctica de él... Te hablo de la utilidad que podríamos decir civil, la utilidad beneficiosa si se quiere considerar así la energía que se ha producido por este chisme maravilloso. Yo creo que alguno vislumbró, algunos de los científicos vislumbró —porque era un científico más humilde, más sensato— que, como casi todos los descubrimientos que tienen interés para la humanidad en principio y que pueden ser bien utilizados, había ya sectores, grupos, intereses que iban a utilizarlo mal y ellos hicieron advertencias más con su valor que con su

prestigio. Cuidado a dónde vamos, cuidado cómo utilizamos esto, cuidado que nos puede explotar en las manos. Yo, en general, creo que hay un castigo, un castigo que lleva inherente en sí mismo cualquier tipo de avance que se pueda considerar revolucionario y en el cual a lo mejor depositamos excesiva confianza y excesivas ilusiones. Esto hace que, sectores bastante amplios, yo creo que importantemente amplios, de los técnicos, de los promotores, de los explotadores, o sea, en el sentido positivo de la palabra, los empresarios, los que facilitan que estos descubrimientos vayan a dar fruto, se llenan de soberbia, se llenan de vanidad, ven en sus manos algo que les va a dar un poder que ellos nunca han sospechado que iban a tener y, bueno, pues un poco esa historia tan conocida del público, el «Titanic», es un buque insumergible, es un buque seguro, va a batir el récord de la travesía del Atlántico, va a llevar todo lo que en aquel momento representaba el poder, el lujo, la cultura, la inteligencia y en el primer viaje se fue a hacer puñetas. Primero es una lección de humildad que hay que aceptar, ¿no?, y ese caso del «Titanic» fue tan espectacular... Creo que se repite en la historia y creo que en este invento del que ahora estamos tú y yo hablando, creo que ha tenido dos curas de humildad, una en Norteamérica y otra en la Unión Soviética, ¡qué casualidad! Las dos grandes potencias, los dos líderes de los imperios que hoy existen en el mundo y quizá parece que ese Ser Supremo que existe por ahí vagando en el Universo señaló con el dedo a los dos grandes productores: vais a pasar vuestro Calvario, vais a tener vuestra desgracia...

—Hay, además, otras dos cosas que tú vas a desarrollar ahora aquí, para nosotros. Una vez me contó Pedro Laín Entralgo, y creo que lo he citado en alguna ocasión, que en la época grande de la escuela de medicina de Alejandría, políticamente una tiranía, dos médicos ilustres, dos médicos, Heráclito y Herasístrates, recibieron la autorización de aquellas autoridades tiránicas para poder disecar en vida los cuerpos de los condenados a muerte y aquellas dos personas que, por todo lo que sabemos de ellos eran, además, dos excelentes caballeros, dos buenos médicos honrados, incapaces de hacer mal a nadie, se prestaron gustosos por razones meramente de curiosidad científica a ejecutar en la mesa de disección a los condenados a muerte y gracias a eso progresó el conocimiento de la anatomía y de la fisiología. ¿No necesitarían nuestros estudiantes en las facultades de ciencias y en las escuelas de ingeniería algún «curriculum» distinto y algún conocimiento de las humanidades y de la moral para aprender a valorar su trabajo?

—Sí, yo creo que estamos un poco de vuelta ya; por fortuna estamos un poco de vuelta de eso. Yo creo que hemos pasado una etapa inducida, creo, yo no sé, inducida por un tipo de planes de estudio, de planes de investigación, yo creo que con origen fundamentalmente anglosajón, de pragmatismo, y de aquella ciencia o aquél conocimiento enciclopédico se pasó a la fragmentación de cualquier disciplina en múltiples especialidades, después superespecialidades. En cualquier actividad científica o técnica se disgregaba de tal manera el conocimiento que, bueno, pues había especialistas en medicina de la nariz y del dedo pulgar que es, como todos sabemos, quizá el origen de la cultura. Fragmentaban de tal manera que había superespecialidades y la gente se deslumbraba por llegar hasta los últimos conocimientos de la válvula tal o del tornillo tal o del elemento tal. Que efectivamente ha permitido progresar y progresar muy rápidamente pero que ha llevado consigo un castigo también y el castigo es la deshumanización de todo el progreso técnico y científico. ¿Por qué? Porque en el fondo los estudiantes se orientaban ya de una forma tan precoz hacia un determinado sector del conocimiento que olvidaban todo lo demás y al final pues era, yo diría, me permitiría decir, analfabeto en el conocimiento. Creo que hay un movimiento de vuelta a decir, bueno, cómo un señor puede llegar a desentrañar los secretos últimos de la vida y la convivencia del mosquito de Africa central y su tipo de vida y su alimentación y su propio organismo en sí y cómo se relaciona. Perfecto, pero, claro, ese hombre tiene también que saber para qué estudia eso, a dónde conduce eso y qué consecuencias tiene en otros campos del conocimiento. Lo que dices tú es muy importante. Yo creo que se puede ser un buen ingeniero, se puede ser un buen arquitecto, se puede ser un buen médico, se puede ser un buen periodista, en cualquier oficio se puede ser y desarrollarse con perfección y con eficacia, pero al mismo tiempo tiene que ir acompañado de un conocimiento humanístico de lo que hace.

—Una última cuestión. Ya el otro día —el día de la presentación de «ESTRATOS»—, Carmen Mestre dijo que, en cierto modo, los ecologistas nos están sirviendo, a todos los que de una u otra forma andamos metidos en esta historia, de conciencia permanente. ¿Cómo se lleva el Consejo con ellos y cuál es tu actitud personal respecto a todos esos grupos?

—Yo creo que llevo un año y pico aquí, en noviembre próximo hará dos años. Yo pienso que no había pasado un mes que dejé de ser diputado para venir aquí y tuve una reunión con los ecologistas, les invité a venir aquí para tener una charla. Después yo he tenido contactos con ellos y se hizo al poco tiempo de yo estar aquí, un acto, cómo podríamos decir, un coloquio, una mesa redonda porque no se podía definir como una conferencia, donde yo intervine y lo habían organizado ellos y yo. En todas las actividades del Consejo, en relación con los informes semestrales que reglamentariamente tenemos que presentar al Congreso de los Diputados y al Senado, hemos mantenido un acuerdo con ellos para que, inmediatamente después de presentar el informe al Parlamento, tuviéramos una reunión para discutir ese informe semestral. En fin, qué es lo que ellos opinaban y qué es lo que ellos veían. Yo no suelo presumir de nada pero, en cierta manera, si me lo permites, en un gesto meramente vanidoso, puedo decir que me llevo bien con ellos. Habría que preguntárselo a ellos, no lo sé. Yo creo que, para mí, y puede que esté equivocado, constituyen un motivo y son un síntoma de salud cívica; son síntomas de que vivimos y de que la sociedad vive, y creo que además juegan un papel en la sociedad que por desgracia la sociedad establecida no es capaz de asumir y de fomentar y de darles un cauce. Quizá a lo mejor el cauce que se le puede dar sería perjudicial para estos mismos movimientos y para la propia sociedad. Quizá no deban moverse en ámbitos y con hábitos tan anárquicos. Yo creo que ese papel es un papel importante.

«Hay un castigo que lleva inherente en sí mismo cualquier tipo de avance»

—Gracias, Donato Fuejo, y suerte.

—A ti.

F. MELLIZO

MEDIO AMBIENTE

Aquellos inútiles vigías del tejado

Sobre nuestras cabezas, en determinados puntos de nuestras viviendas o edificios oficiales, hay un número no determinado de estos pararrayos radiactivos instalados en su día como el no va más de efectividad frente al rayo. No hay un censo de estos elementos, pero algunas fuentes creen que, en toda España, su número rondará los setenta mil. Su silueta es bien conocida: sobre el mástil, una pequeña corona en cuyo centro suele estar el componente radiactivo que, supuestamente, produce una mayor ionización e induce una mejor conductividad eléctrica del aire. Un sistema que, antes de enjuiciar, nos obliga a repasar en qué consiste ese fenómeno natural que es el rayo.

El rayo es una descarga eléctrica de origen atmosférico, que se produce entre partes de distinta polaridad de una misma nube o de nubes vecinas (relámpago), o entre una nube cargada y el suelo (rayo). En este caso la nube cargada induce en el terreno una carga eléctrica de sentido contrario.

Fue **Franklin** quien en 1753 describió el primer pararrayos cuyas características básicas han sido utilizadas en los pararrayos instalados actualmente. En esencia, el pararrayos de Franklin no es más que una torre terminada en punta, de modo que la descarga de la punta permita al rayo discurrir por un camino conductor, en lugar de hacerlo por la zona que precisamente se pretende proteger.

Al parecer, es el sistema óptimo para proteger las edificaciones donde la altura predomina sobre la superficie.

En contraposición a los sistemas denominados activos (pararrayos) los sistemas pasivos de protección contra el rayo (jaulas de Faraday) dan mayores garantías, si bien su coste es más elevado, por lo que son poco utilizados en nuestro país.

En 1914 el físico húngaro **Szilland** comunicó a la Academia de Ciencias de París sus experiencias con un pararayos Franklin al que se le adicionó en la punta sales de Ra-226, creando el primer pararrayos con elementos ionizantes.

Posteriormente no se han desarrollado pararrayos radiactivos mientras los precios de las cápsulas incorporadas no han sido lo suficientemente bajos para hacerlos rentables.

Existe discrepancia entre los técnicos sobre los efectos de las radiaciones ionizantes en la mejora de la efectivi-

El día 11 de julio de 1986 se publicó el Real Decreto 1.428/1986, por el que se prohíbe en España la fabricación e instalación de pararrayos radiactivos. Esta disposición obliga también al desmantelamiento de todos aquellos cuyos propietarios no quieran darlos de alta como instalación radiactiva.

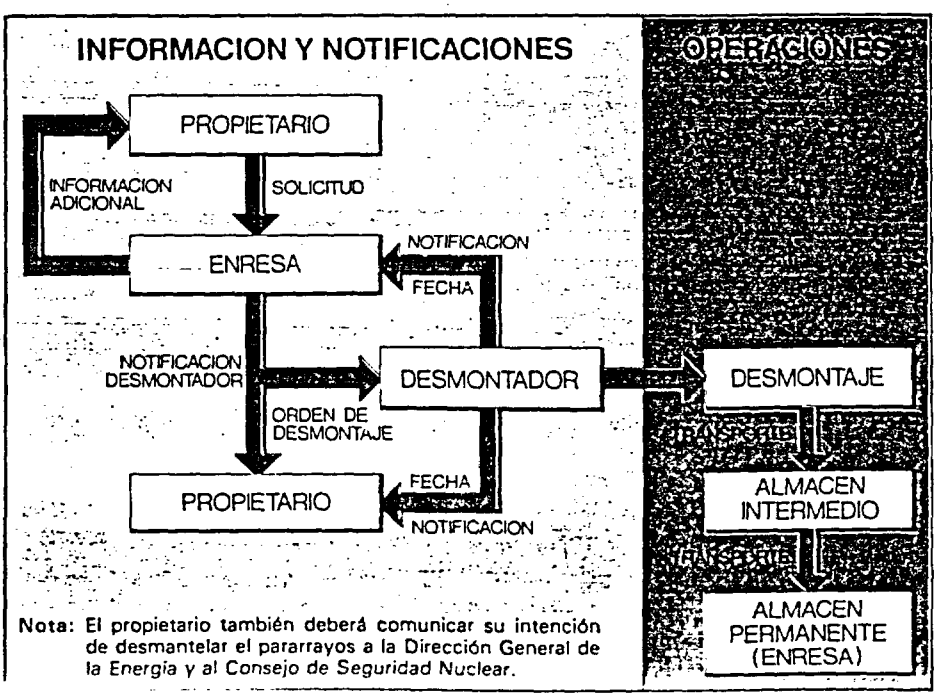
dad que la corriente de descarga se inicia a menor tensión en un pararrayos ionizante, cuando aumenta la diferencia de potencial no existe diferencia de comportamiento entre ambos. En el documento 81/7 de la Comisión Electrotécnica Internacional se indica: «la presencia de materia radiactiva en los terminales aéreos de una instalación de protección contra el rayo no aumenta la efectividad de dicha protección». El doctor **Müller-Hillebrand**, de Suecia, en sus estudios sobre la eficacia de los pararrayos radiactivos, concluye: «las descargas corona emitidas por puntas elevadas pueden influir en el camino del rayo. Las corrientes emitidas por pararrayos radiactivos son, sin embargo, demasiado débiles como para crear las cargas atmosféricas necesarias para tal efecto».

La realidad demuestra que existe, en general, bastante desconocimiento sobre el rayo y sus causas. Si no, ¿cómo se pueden entender descargas sobre árboles situados al pie de la torre Eiffel siendo ésta un pararrayos gigante, o bien el rayo que cayó sobre la columnata de Bernini, el día 6 de marzo de 1976, a pesar de estar protegida con un pararrayos radiactivo de radio de acción teórico adecuado.

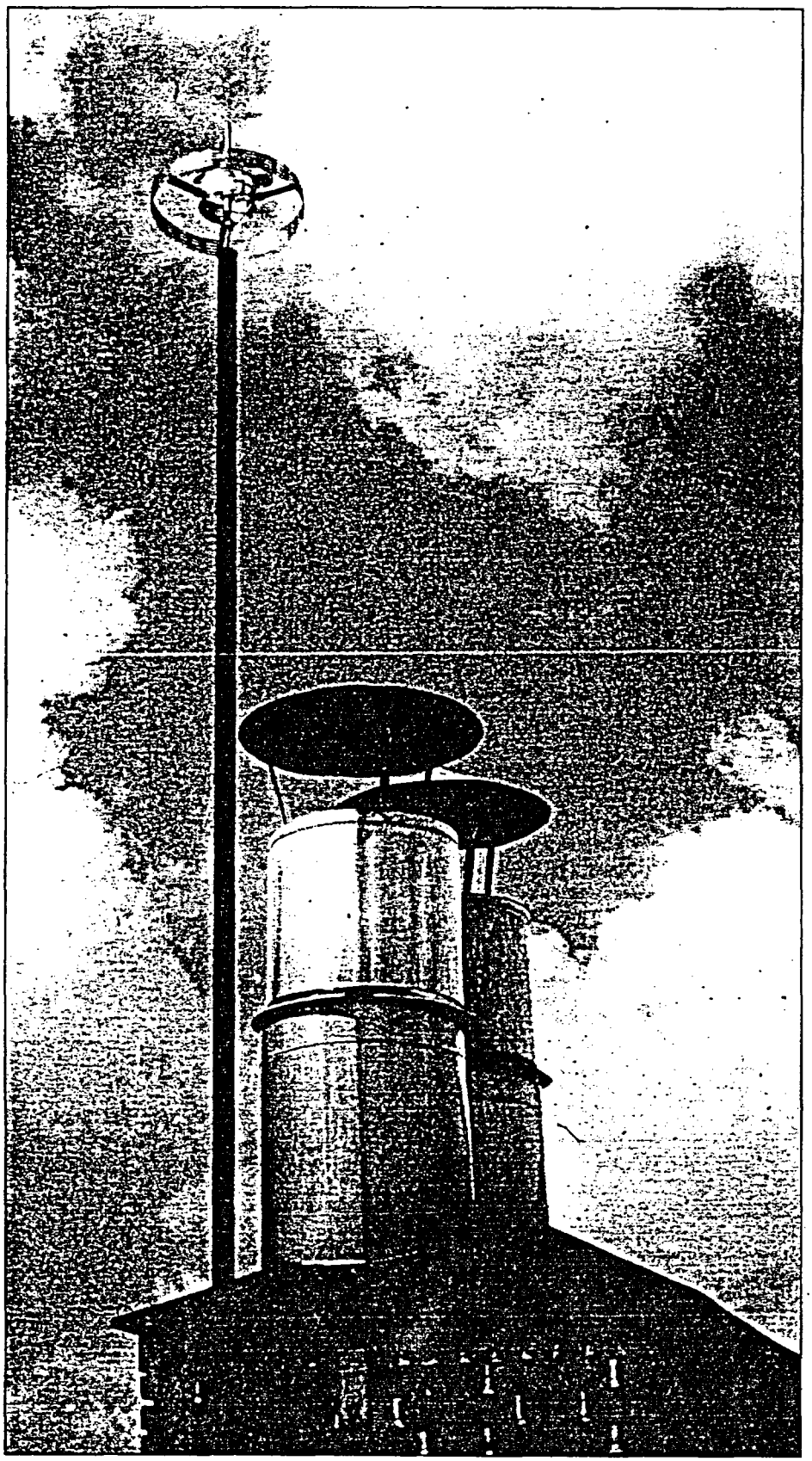
UNA INSTALACION RADIACTIVA AL ALCANCE DE LA MANO

A partir de 1975, y con motivo de la publicación de la Orden Ministerial de 20 de marzo de 1975 por la que se aprobaron las normas legales de homologación de aparatos radiactivos, los fabricantes de estos elementos han solicitado dicha homologación, denegada recientemente para todos ellos. Sin embargo, en la norma de edificación del Ministerio de la Vivienda NTE-IPP/1973 se consideran los para-

PARARRAYOS RADIACTIVOS



Nota: El propietario también deberá comunicar su intención de desmantelar el pararrayos a la Dirección General de la Energía y al Consejo de Seguridad Nuclear.



ENRESA gestionará su retirada, en virtud de un Real Decreto que prohíbe su fabricación e instalación

rayos radiactivos adecuados a su función y se los equipara en mantenimiento a los pararrayos convencionales.

En su informe al Congreso, de fecha 30 de junio de 1985, el Consejo de Seguridad Nuclear manifestaba:

— No es posible la homologación de los pararrayos radiactivos.

— Los pararrayos radiactivos deben ser considerados como instalación radiactiva a todos los efectos.

— Los riesgos de radiación directa para el público en general en condiciones normales de funcionamiento son escasos.

— Los riesgos de contaminación a causa del deterioro del sistema de contención, en condiciones normales, de los radioisótopos empleados son apreciables.

— Los riesgos, en caso de accidente, son considerables y el elevado número de fuentes radiactivas implicadas es un factor de riesgo que asume la población en su conjunto.

Esta toma de postura clara por parte del CSN ha tenido como consecuencia el Real Decreto de prohibición de pararrayos ionizantes.

COMO DESMONTAR UN PARARRAYOS

ENRESA, como única empresa autorizada para la gestión de los residuos radiactivos se verá obligatoriamente inmersa en la retirada de los cabezales a que hace alusión el Real Decreto, para lo cual ha previsto la organización adecuada que recogemos en el cuadro sinóptico adjunto.

El propietario sólo deberá contactar con ENRESA, con quien deberá formalizar un contrato de servicios.

ENRESA actuará a través de contratistas que tengan autorización como instalación radiactiva. En su nombre, éstos realizarán las labores de desmontaje, transporte y almacenamiento intermedio. Al cabo de un cierto tiempo y cuando los almacenes estén saturados, ENRESA efectuará los transportes al denominado almacén permanente.

Este tipo de organización y plan de actuación deberá ser autorizado por la Dirección General de la Energía, así como la tarifa que ENRESA cobre a los propietarios, para lo cual se ha convocado un concurso público solicitando ofertas a cuantas empresas se consideren capacitadas para el desmontaje de pararrayos lo que permitirá, por una parte, seleccionar a los mejores contratistas y, por otra, conocer los costes de la gestión no efectuada directamente por ENRESA.

José Luis GONZALEZ

LA VOZ CRITICA

Conversación con Juan Carlos Galván, de AEDENAT

Consumimos demasiada energía

El accidente ocurrido en la central nuclear de Chernobyl ha supuesto, además de las consecuencias directas del mismo, el resurgimiento del movimiento ecologista que, si bien nunca ha cesado en su oposición a este tipo de energía, ahora lo hace con más fuerza. La Asociación Ecologista de Defensa de la Naturaleza (AEDENAT) es uno de los grupos ecologistas más veteranos con un amplio campo de acción que, por

supuesto, incluye la lucha antinuclear y una manifiesta preocupación por el problema de los residuos radiactivos. Juan Carlos Galván, químico, es miembro de AEDENAT desde su fundación y forma parte de la comisión de Energía Nuclear donde, más concretamente, coordina todo lo relacionado con residuos radiactivos. Tímido, pero contundente, no duda en definir a AEDENAT como un grupo ecologista radical.

AEDENAT es el resultado de diez años de lucha en el campo de la defensa de la Naturaleza, y nos consideramos un grupo ecologista radical porque ante un hecho concreto intentamos llegar al fondo de las causas que lo producen. Es decir, se intenta llegar a la raíz de los problemas, con la idea de ayudar a cambiar los fundamentos del modelo actual de sociedad. En este aspecto nos diferenciamos de algunos ecologistas que piensan que la solución del problema energético podría ser la sustitución de las actuales fuentes de producción de energía por otras alternativas. AEDENAT no comparte esta opinión, nos parece una postura conformista y pensamos que el problema no está sólo en cambiar unos megavatios nucleares por otros solares, sino en el consumo tan excesivo de energía del que hace gala nuestra sociedad. Ahí, precisamente, está la raíz del problema.

—¿Cómo se organiza internamente AEDENAT?

—Nuestra estructura básica de funcionamiento son las Comisiones de Trabajo. Todas tienen carácter autónomo y abierto y se dedican, cada una, a temas específicos que, fundamentalmente, giran en torno a tres aspectos: energía y recursos naturales, medio ambiente natural y urbano, y, por último, educación ambiental.

—¿Qué relación mantiene AEDENAT con otros grupos ecologistas u otro tipo de colectivos?

—Somos conscientes de que los ecologistas no representan una alternativa global al modelo de sociedad en que vivimos, por ello nos planteamos la necesidad de confluir en la práctica con aquellos sectores o movimientos sociales más radicales y consecuentes que, al igual que nosotros, se plantean un cambio en profundidad de la sociedad como, por ejemplo, los colectivos pacifistas, feministas, etc.

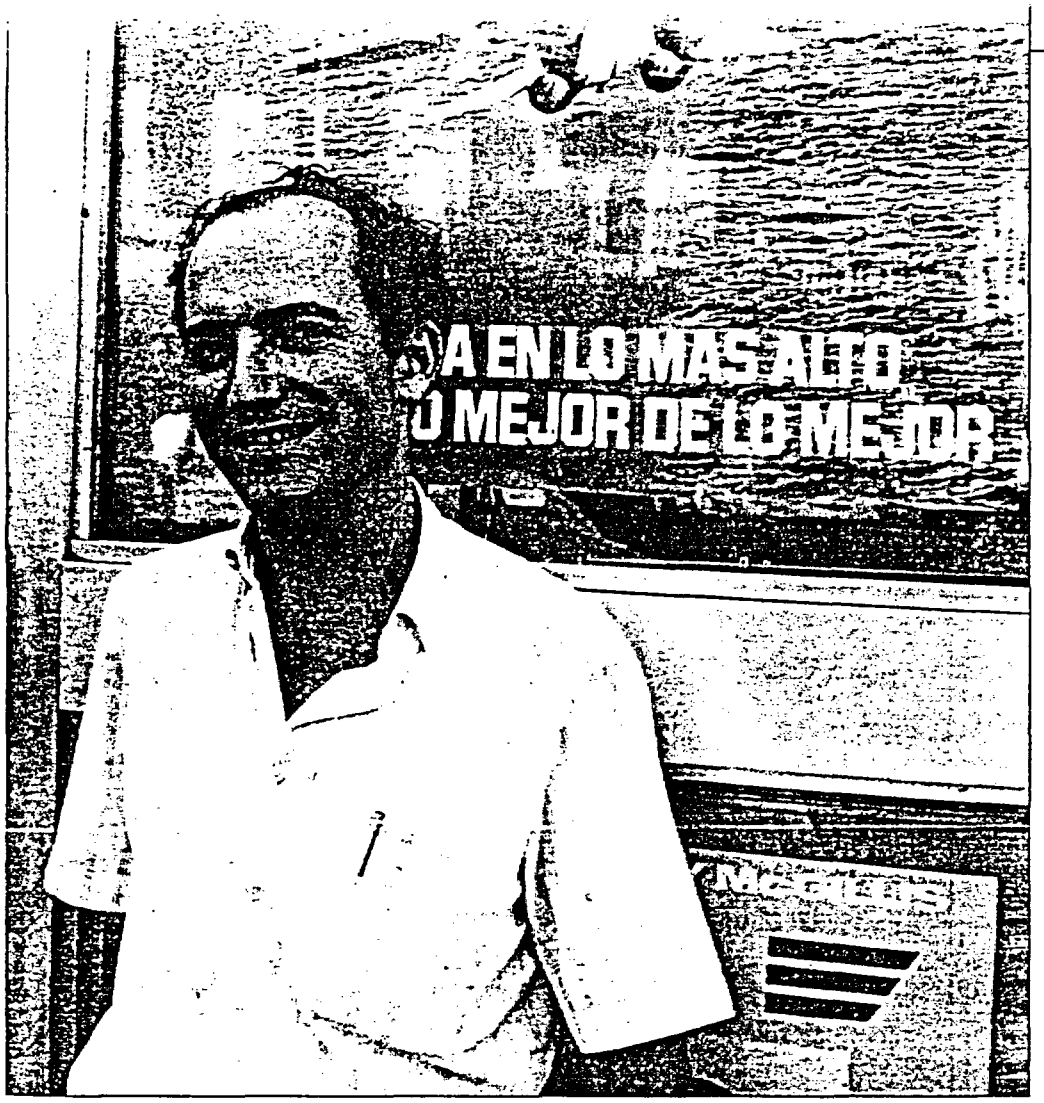
CHERNOBYL: ANTES Y DESPUES

—El accidente ocurrido en la central nuclear de Chernobyl ha sido calificado en algunos medios como un punto de inflexión en la historia de la energía nuclear civil en el mundo entero. Para un grupo ecologista como AEDENAT, ¿se puede hablar de un antes y un después de Chernobyl?

—La energía nuclear de fisión está tocada de muerte, pero no sólo por lo de Chernobyl, sino por todos los accidentes ocurridos anteriormente. Ahí está el caso de la planta de reprocesado de Sellafield (Gran Bretaña) donde han ocurrido ya cuatro accidentes en lo que va de año. Sin duda, el accidente de Chernobyl ha sido el más grave de la historia de la industria nuclear civil y puede significar la puntilla para este tipo de energía, pues el impacto ha sido enorme a todos los niveles: social, político, etc. Sin ir más lejos, tenemos el ejemplo de la decisión tomada por el Partido Socialdemócrata alemán, que se ha comprometido a paralizar el programa nuclear de su país en caso de ganar las próximas elecciones. Aunque es duro lo que voy a decir, pues están por medio todas las muertes ya ocurridas y las que se producirán en los próximos años, el accidente de Chernobyl ha servido para abrir de nuevo los ojos a la sociedad ante el peligro que encierra la energía nuclear, y en particular para los ecologistas ha supuesto una reactivación de nuestra lucha.

—Hay sectores de la sociedad que ven en el movimiento ecologista unas posturas imposibles de llevar a la práctica, o que, en caso de serlo, supondrían un freno para el desarrollo de los países. Más concretamente, en el caso de la energía nuclear, prescindir de la energía de fisión y en un futuro de la fusión, significaría, en opinión de dichos sectores, y concretamente en el caso español, una mayor dependencia exterior.

—El movimiento ecologista no es utópico, sino realista. Lo que queremos dejar muy claro es que detrás del derroche de consumo de energía hay unos intereses muy concretos de bancos, empresas privadas, etc., que han llevado a una construcción indiscriminada e innecesaria de centrales nucleares. Cuando en 1983 el PSOE presentó el PEN nosotros elaboramos y le entregamos un dossier, «Planificar sin energía nuclear», en el que manifestábamos nuestra postura en contra de seguir manteniendo un sistema basado en el consumo de energía eléctrica, y por ende la consolidación de toda una serie de industrias ruinosas para todos nosotros, que hacía «inevitable» el uso de la energía nuclear. De todos esos faraónicos planes de construcción se deriva un endeudamiento de las industrias eléctricas que ahora quieren enjugar sus gastos a costa del consumidor subiendo las tarifas de forma injustifi-



cada. En estos momentos AEDENAT está en plena campaña contra dicha subida porque consideramos que los consumidores no deben pagar la mala gestión de unas empresas que no socializan sus ganancias.

Por otra parte, en caso de que se paralizara totalmente el programa nuclear no sucedería absolutamente nada, pues el carbón y otras fuentes de energía, fundamentalmente la hidroeléctrica, podrían cubrir con creces las necesidades de electricidad del país. Vuelvo a insistir en la decisión tomada por el SPD alemán como ejemplo, y también quiero hacer hincapié en el caso sueco que ha sido el primer país en fijarse una fecha tope para prescindir totalmente de la energía de origen nuclear y en el año 2010 desmantelará su última central. Teniendo en cuenta que en 1985 el 42 % de la electricidad de Suecia fue de origen nuclear, se demuestra que no es tan utópica nuestra postura.

ENERGIA Y DEPENDENCIA

—¿Y en lo que se refiere a la dependencia exterior?

—Eso es otro tópico, pues, evidentemente, es un contrasentido calificar la energía nuclear de nacional cuando las reservas minerales de uranio aprovechables en España son insuficientes para cubrir las previsiones del PEN. Y no sólo eso sino que distintas fases de la producción no se pueden realizar en nuestro país o sin recursos provenientes del exterior. A todo ello se une que la mayoría de la tecnología de las centrales nucleares españolas es también extranjera.

«El problema no está sólo en cambiar unos megavatios nucleares por otros solares, sino en que nuestra sociedad consume excesiva energía».

Por otro lado, relacionado con la cuestión de la dependencia exterior, está el tema de la energía de fusión. Los pronucleares ven en ella una futura panacea y se vuelcan en su defensa con el argumento de que dentro de cuarenta años tendremos una fuente de energía inagotable y menos contaminante. Ninguno de los dos argumentos es falso, pero para los ecologistas no es suficiente, primero porque también es una fuente de energía de origen radiactivo, con riesgos de contaminación. Y, en segundo lugar, porque la «inyección» de energía inicial que se precisa para producir la reacción de fusión se consigue con una sofisticada tecnología con el rayo láser como protagonista, y hoy por hoy este tipo de tecnología está implicada directamente con las investigaciones en el terreno militar, o sea, la llamada «guerra de las galaxias». Está claro que el país que consiga una aplicación civil de este tipo de energía no va a ser transparente ni va a regalarla a terceros países, con lo que la dependencia de las grandes potencias será la misma o incluso mayor.

MEDICINA NUCLEAR SI, PERO SEGURA

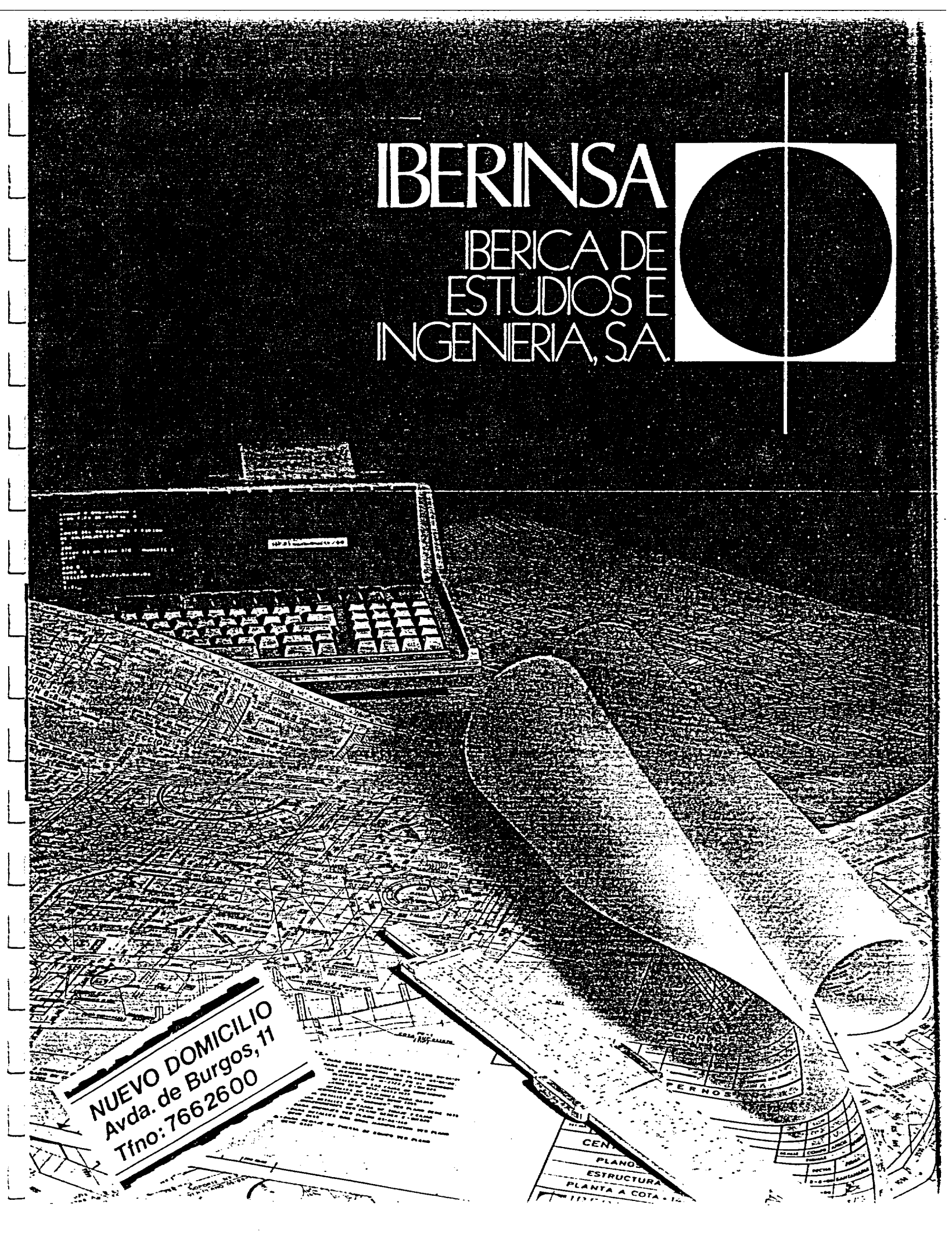
—Existe otro tipo de aplicaciones de la energía nuclear en el campo de la medicina, la investigación, etc. ¿Qué postura sostiene AEDENAT ante este hecho?

—Nosotros no nos oponemos a la aplicación de la energía nuclear en estos casos, pero, eso sí, siempre que las instalaciones radiactivas ofrezcan total garantía de seguridad. En estos momentos estamos llevando a cabo una campaña relacionada con este tema, pues, aunque parezca increíble, en España sólo existen veinte instalaciones radiológicas con el visto bueno del CSN. Este tipo de instalaciones, que en numerosos casos se encuentran en inmuebles de vecinos, supone un riesgo para todas las personas que trabajan en ellas y para las que les rodean. El hecho de que no nos opongamos al uso clínico, etc., de la energía nuclear, no acaba ahí, ya que consideramos que es necesario un control riguroso por parte del CSN y la consiguiente gestión, por parte de ENRESA, de los residuos radiactivos que estas actividades generen.

—Entrando en el tema de los residuos radiactivos. ¿Qué valoración hace de ENRESA un grupo ecologista como AEDENAT?

—Nuestra premisa mayor es: no a la energía nuclear y sus consecuencias. Sin embargo, en principio no nos oponíamos al Consejo de Seguridad Nuclear o a Protección Civil. Aplaudimos la constitución de ENRESA y a los miembros que la componen porque son neutrales. De todas formas también tenemos nuestras reservas, pues, probablemente, los miembros actuales de ENRESA no serán los responsables de la empresa durante todo el tiempo necesario hasta la apertura del primer depósito de residuos de alta actividad.

Sonia ORTEGA


IBERINSA
IBERICA DE
ESTUDIOS E
INGENIERIA, S.A.
NUEVO DOMICILIO
Avda. de Burgos, 11
Tfno: 7662600
PLANOS
ESTRUCTURA
PLANTA A COTA

Durante las pocas semanas que han transcurrido desde la presentación del primer número de «ESTRATOS» y primera entrega de las historias de ***Enrina y Floro,*** *las comunicaciones escritas de nuestros jóvenes lectores se han multiplicado. Hay que atribuir a los maestros una parte importante en el interés suscitado hacia el problema de los residuos radiactivos, porque nos consta que se han preocupado de distribuir en sus clases el «cómic» remitido por ENRESA como punto de partida para una discusión amplia sobre los residuos radiactivos. No resistimos la tentación de reproducir aquí algunas de las cartas enviadas por chicos y chicas de toda España, aunque hemos de hacer notar que ha sido en Andalucía donde el problema ha*

¡Hola!
Soy Silvia Corrido Madrid tengo nueve años soy una niña muy interesada en el colegio, desde que nos enseñaron aquellos libros tan interesantes he estado pensando que les iba a escribir pero solo ahora he tenido tiempo.
Quería que me mandaran información de ENRE los libros que he escrito un poco tarde pero yo creo que todavía me lo pueden mandar no voy a perder una ocasión tan importante como esta.
Los libros además de ser interesantes eran muy divertidos con sus dos personajes. Por favor no he tenido otra oportunidad interesante para dar información.

¡GRACIAS! Quiero saber mas sobre Enresa ó Enrina y Floro.

9-4-86
Hola, soy una niña llamada Miriam Lovillo Galán, tengo 10 años, y pertenezco del colegio Santa Joaquina y me gustaría que me mandarais información sobre la energía nuclear, y la física.
Muchas gracias
Miriam Lovillo Galán

GRACIAS A TODOS

Queridos señores:
yo, luis fernando estuve estudiando en mi colegio cuál es el tema y quisiera saber algo más sobre Enresa y los problemas radiactivos.
Me gustaría que me respondieran, y les estaría muy agradecido.
Que no tengan problemas con sus financiadores, de Ciencias a España
11-6-86

Hola: 11-6-86
Soy Miguel Angel Cabrián Baigorri, quiero dar un gran saludo a todos los campamentos de Cronera. Yo estudio 8º egb. y tengo 12 años. Recibí un folleto del profesor de Floro, y me gusto mucho. Por eso os escribo porque deseaba mucha más información de los residuos radiactivos.
M. Angel Cabrián
C/ Navarlas, Nº 61
Cortes (Navarra)

Contestadme, por favor.
Quiero saber algo mas, sobre los Residuos Radiactivos.
Mando con Jotin
Seminario Menor la Inmaculada
Zaragoza (Zaragoza)

Sevilla a [illegible]
Estimados Señores:
Deseo que me envíen información sobre Enrina.
Dándoles las gracias por anticipado les saluda
Encarnación
España

Madrid. 19-IV-86

Estimado Sres.
Soy un estudiante de tercer curso en la ETS de Ingenieros de Minas de Madrid que visitando la pasada edición de la Expo Minas encontró un pequeño folleto (sin duda dedicado a público infantil) sobre el problema de los residuos radiactivos.
Dado que se habla de un tema que me interesa tanto como ciudadano ~~como~~ y que como futuro profesional, me gustaría recibir una mayor información tanto del funcionamiento y actividades de ENRESA como del problema de los residuos radiactivos, si ello es posible.
Dandoles las gracias anticipadamente, se

Irene Prieto

CALAHORRA 11-6-86

Hola: Soy Javier García Cambra saludo a todos los componentes de ENRESA. Yo estudio 6º E.G.B tengo 12 años. Recibí por parte de mi profesor un folleto de los residuos radiactivos me interesaría más información. Se despide con un saludo

GRACIAS

C/ Gato Figueroa nº 20 (NAVARRA)
Calahorra

Córdoba a 23 de Abril de 1986

Estimado Sr.
Le escribo para pedirle información acerca de problema de los residuos ~~xxxx~~ radiactivos.
Es que al leer el folleto de "LAS RAZONES DE RO" me trajo bastante interés el tema de los residuos radiactivos.
Y sin más que ponerle les doy las gracias por su atención prestada.

Diego Estepa Morente

10 de abril de 1986

Estimados señores:

En relación con el folleto divulgativo que hace unos días han distribuido Vds. desearía me enviaran información acerca del problema de los residuos radiactivos y de la empresa ENRESA y sus métodos para solucionar el problema.
Les anticipo las gracias por la atención prestada.

Atentamente

11-6-1986 Cadreita

Hola, yo os escribo porque estoy interesado en el Tema de los Residuos Radiactivos. Quedría saber algo más del Tema, para eso os escribo. Si Podeis mandarme alguna otra información o lo agradecería mucho. Yo Tengo 11 años.

Guillermo García

Guillermo García Ochoa.
C/ General Urrutia
Nº 37
Cadreita (NAVARRA)

HOLA SOY PACO Y YO ME HE INTERESADO SABER MÁS ACERCA DE ENRESA Y SOBRE TODO POR LOS RESIDUOS RADIACTIVOS.
BUENO HASTA PRONTO
ADIOS
PACO

suscitado una mayor atención. Juzguen nuestros lectores adultos a través de estas cartas infantiles si no existe ya entre los más jóvenes una conciencia clara del alcance del problema de los residuos radiactivos.

SUS EJECUTIVOS NO TIENEN PRECIO. HAGALES UN SEGURO DE VIAJE DE 25 MILLONES SIN COSTE PARA SU EMPRESA.

Ahora los viajes de negocios con Banco Atlántico Oro son más seguros, pero no más caros. Ni una peseta más. Por el simple hecho de pagar los billetes de cualquier transporte público con nuestra Tarjeta de Empresa, el viajero queda asegurado, en 25 millones, contra eventuales accidentes, sin coste alguno para él o la empresa.

Y, por supuesto, pagar todo tipo de gastos, sin otra limitación que la que determina la legislación vigente en materia de divisas.

Acceso a la red de cajeros electrónicos ServiRed.

Con 300 cajeros repartidos por toda España las venticuatro horas del día, todos los días del año.

Y eso no es todo, porque la Tarjeta Banco Atlántico Oro ofrece, además, las siguientes ventajas para la Empresa y titulares de la Tarjeta:

Cuentas claras y precisas.

La Tarjeta Banco Atlántico Oro acaba de una vez con lo más tedioso de los viajes de negocios: la justificación posterior de gastos. Cada mes la Empresa recibe:

— Un extracto general con el movimiento de los gastos efectuados por todas las Tarjetas.

— Extracto individual de los gastos efectuados por cada una de las Tarjetas.

Elimina la necesidad de anticipos.

Termina también con el latoso trámite de los anticipos. Los titulares de Banco Atlántico Oro no necesitan efectivo en el bolsillo. Podrán disponer de dinero local, en el país que se encuentren, con sólo presentar su Tarjeta en cualquiera de las 120.000 oficinas bancarias adheridas a Visa en todo el mundo y en los Cajeros Automáticos Visa Internacional.

Seguro de pérdida o extravío de equipaje.*

Hasta 100.000 pesetas en cualquier transporte público, sin coste alguno.

Seguro opcional de accidentes aéreos.*

Otros 25 millones, acumulable al anterior y servicio de asistencia sanitaria de Mondial Assistance en cuaquier lugar del mundo, por un reducido coste anual.

Capacidad ilimitada de compra.

De un millón de pesetas como mínimo para pagar hoteles, restaurantes, compras, etc.

Reserva garantizada de hoteles españoles y extranjeros.

Sin importar la hora a la que se llegue.

Servicio de Asistencia Internacional Visa.

En caso de robo o pérdida de su Tarjeta este Servicio proporciona hasta 5.000 $ en cualquier lugar del mundo.

Viajar por todo el mundo sin cambiar divisas.

* Todos los seguros, suscritos con Fenix Peninsular, S. A.

Su tarjeta del Atlántico le da mucho más.

Si está interesado en las ventajas que la Tarjeta Banco Atlántco ofrece a su Empresa, le rogamos nos remita este cupon con sus datos. Señale con un X en que fórmula está interesado:

☐ Recibir una visita de Vds. para ampliar esta información. ☐ Recibir su folleto "Banco Atlántico Oro de Empresa"

Nombre _____ Apellidos _____

Empresa _____ Cargo _____

Dirección _____ Ciudad _____ Tel _____

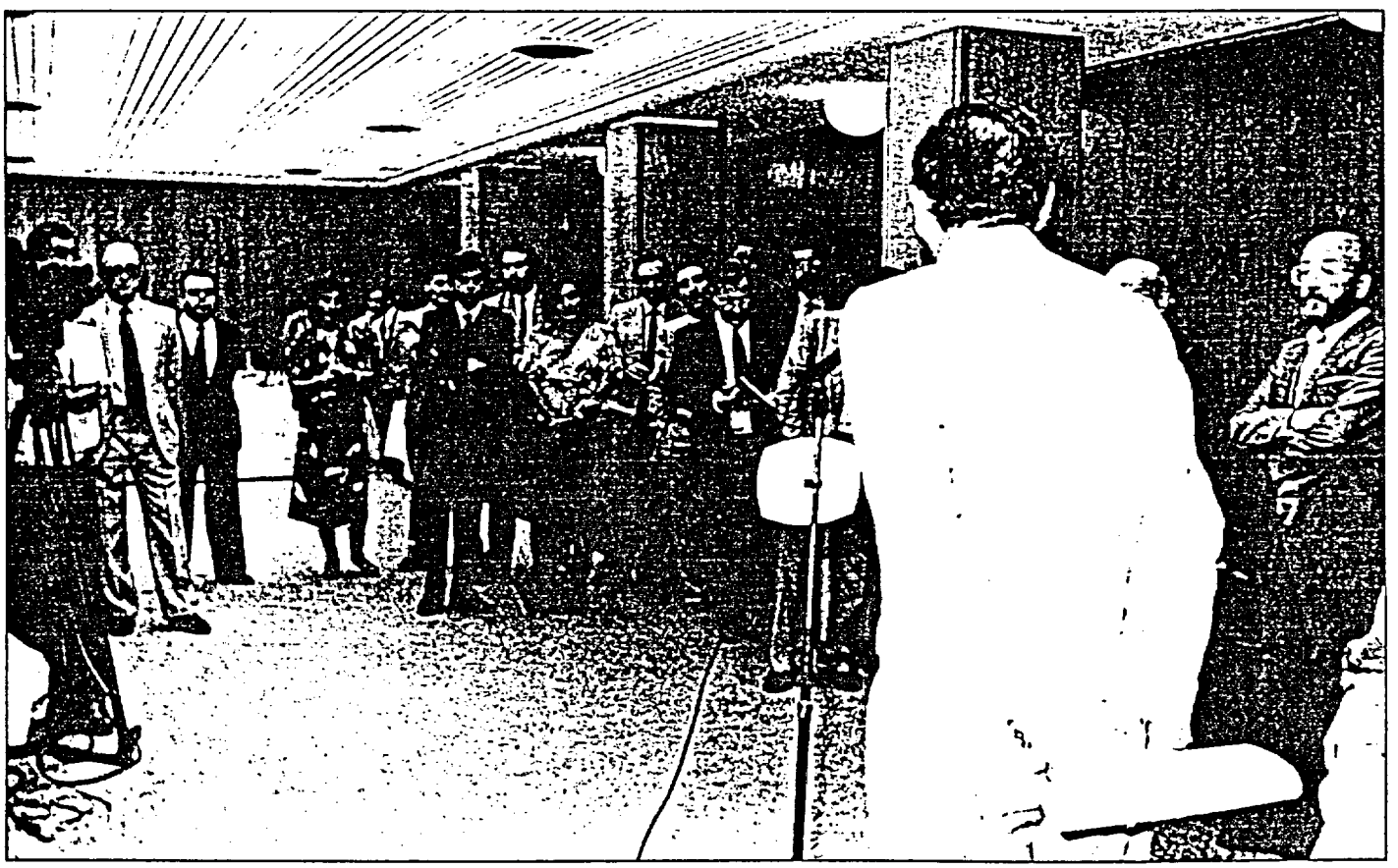
Banco Atlántico
A toda vela.

Banco Atlántico. Apartado de Correos 53053, 28080 Madrid. Rio M.D.

Presentación de «ESTRATOS»

Periodistas y técnicos asistieron al acto, primer paso público de nuestra Revista

EL pasado 4 de julio ENRESA presentó oficialmente el número uno de «ESTRATOS», cuyo segundo número tiene usted ahora en sus manos. El acto fue en realidad una ocasión de reflexión en torno al problema de los residuos radiactivos como factor clave del largo o corto futuro que tiene ante sí la energía nuclear de fisión. El presidente de ENRESA, **Juan Manuel Kindelán**, que inició el acto de presentación, centró el problema en estos términos: «Cuarenta años de experiencia en la fisión nuclear han demostrado que, como en otros campos de desarrollo tecnológico rápido, los expertos han fallado en la predicción de muchos problemas que iban a plantearse». **Kindelán** se refirió a una serie de riesgos que los científicos entrevieron en los orígenes de la aplicación pacífica de la energía nuclear, pero también citó



YA - SÁBADO

Transparencia para un problema

Además de los millones y de los trabajos de investigación en marcha, la Administración parece decidida a que, por primera vez en España, haya transparencia informativa sobre el problema, para que la opinión pública conozca lo que se hace y se asegure, durante los muchos años que va a durar el problema, una versión actualizada de la situación y las perspectivas. Ello, sin duda, dará lugar a un debate real.

Con esa intención ha nacido la revista «Estratos», editada por Enresa. Dirigida por Julio Sierra, incluye en este número artículos y reportajes sobre ANDRA (la Enresa francesa), el Cabril, lugar de Sierra Morena donde Enresa almacena los residuos de media y baja actividad; Chernobil, y una entrevista con la directora general de Medio Ambiente.

«El Ministerio —asegura Kindelán— nos ha creado con la consigna de que hagamos las cosas bien, seamos transparentes e informe dar le de que parte demas garantizar te de cara equivocar dad.»

...sobre residuos radiactivos, fue presentada ayer en Madrid en un acto al que asistieron varios directores generales relacionados con la industria y con el medio ambiente. La publicación, la primera de estas características que se edita en España y en Europa, está patrocinada por la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (Enresa), presidida por Juan Manuel Kindelán.

La revista tiene como objetivo general, según su director, Julio Sierra, informar sobre el problema de la eliminación de los residuos radiactivos tanto en España como en el extranjero. "Ante todo vamos a practicar la transparencia informativa, pero vamos a ir más lejos por medio de la autocrítica y la crítica. La revista va a ser muy crítica con la energía nuclear".

En su primer número, *Estratos*, que aparecerá trimestralmente precio de 120 pesetas, in... ...ículos y repor...

CIENCIA

10 de julio-86/Diario 16

«Estratos», Revista de la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (Enresa). Madrid, junio de 1986, número 1.

Esta publicación trimestral, con un precio de 120 pesetas, incluye en su primer número artículos y reportajes de indudable interés, con abundante información sobre la gestión de residuos, y en general sobre el tema de seguridad ambiental, residuos e impacto medioambiental.

Muy bien escrita y editada, destaca en este número el texto de *Felipe Mellizo* sobre la imagen pública de la energía nuclear y residuos un artículo de *Tony Benn*, ex ministro británico de Energía e Industria una entrevista a la directora general del Medio Ambiente, *Concha Sáenz*, e información sobre *Enresa* y sobre la empresa equivalente de Francia.

Sobre todo, resulta importante desde la perspectiva trata *Mellizo* en su traba... ausencia de informa... marginación del ...

un hecho insoslayable: entre los problemas no intuidos hace tan sólo quince años se incluye el gravísimo de los residuos radiactivos.

«Este problema —señaló el presidente de ENRESA— de evidente envergadura económica, política y ecológica, constituye un aspecto sombrío más sobre el futuro del desarrollo de la energía nuclear. Hay que decir, sin embargo, que existen soluciones técnicas para él.» Precisamente a partir de esta confianza es posible la actuación de ENRESA, empresa nacional que cuenta entre sus pilares con el de la transparencia informativa. La revista «ESTRATOS» viene a cumplir justamente la función de canal de esta transparencia informativa en torno al problema de los residuos radiactivos. Las informaciones que aparezcan en sus páginas serán —así se pretende— elementos de juicio para los ciudadanos españoles que quieran, llegado el caso, exigir cuentas a ENRESA, destinataria de unos recursos económicos necesarios para cumplir un fin de amplio alcance: gestionar adecuadamente unos residuos cada vez más numerosos.

«ENRESA —recordó Kindelán— ha sido creada precisamente con la consigna de intentar explicar a la opinión pública todo lo que se refiere a la problemática de la eliminación segura de los residuos radiactivos y de lo que tiene que ir haciendo para que el objetivo no dañe al medio ambiente.»

En el mismo acto de presentación de «ESTRATOS» intervinieron también, por este orden, **Felipe Mellizo**, director de Comunicación Social; **Julio Sierra**, director de «ESTRATOS»; **Luis Apostua**, presidente de la Federación de Asociaciones de la Prensa, y **Carmen Mestre**, entonces Directora General de la Energía.

BOLETIN DE SUSCRIPCION

D. ....., desea suscribirse a la revista ESTRATOS por 1 año (4 números).

Domicilio: calle ....., n.º ..... ciudad .....

D.P. ..... Fecha: .....

Firma: .....

El importe de la suscripción (600 ptas.) se transferirá a la c.c. Estratos, núm. 11-833670.00.58, Banco Atlántico, P.º de la Castellana, 135. 28046 MADRID.

El cine de la bomba

EN 1944 la guerra del Pacífico se encontraba estancada. El avance de las tropas norteamericanas era lento, sangriento y costoso. La conquista del Pacífico, isla tras isla, hacía que el horizonte de la paz se viese muy lejano.

Por aquellas fechas, en Los Angeles, **Alfred Hitchcock** preparaba su película *Notorius*. Una producción de la *Universal* en la que el director inglés ponía su meticuloso talento. Todos los días, **Ben Hetch** se reunía con el director en una oficina de la *Universal* para redondear una historia que tenía bastante clara: **Ingrid Bergman** se casaba con un hombre al que no quería con el fin de desmantelar una importante red de espionaje alemán. **Gary Grant** era el agente del F.B.I. que veía cómo la mujer a la que amaba se arrojaba en los brazos de un **Claude Raims** transformado en espía dominado por su madre.

Pero el director no estaba contento. A la historia le faltaba el *Mac Guffin*, especie de *truco narrativo* que **Hitchcock** elevó a categoría dramática. Había que encontrar algo que fuese atractivo para el público y que hiciese creíble el matrimonio de **Ingrid Bergman** y, también, el consentimiento de **Gary Grant**.

Una tarde, **Hall Wallis**, productor de la película, invitó a comer al director y en el transcurso del almuerzo le contó una historia curiosa. Hacía dos días que había estado en su casa la esposa de un íntimo amigo, catedrático de la Escuela Politécnica de Pasadena, que se encontraba desde hacía meses en el desierto de Nuevo México trabajando en algo tan secreto que estaban prohibidas las llamadas telefónicas. A pesar de tanta incomunicación la amiga de **Hall Wallis** sabía que el trabajo de su marido estaba relacionado con el uranio.

Ben Hetch se enteró de la anécdota al día siguiente y al instante tuvo el convencimiento de que habían encontrado el *Mac Guffin*. Comenzó por enterarse qué era aquello del uranio.

MEJOR OLVIDAR EL URANIO

Al cabo de unos días le asaltó una sensación extraña. Para empezar, no había averiguado gran cosa. La documentación escrita que había conseguido no aclaraba mucho y las entrevistas que tuvo con algunos científicos y catedráticos le resultaron frustrantes: todo el mundo respondía con evasivas. Así se lo comunicó a **Hitchcock**, pero a éste no le importó la ausencia de datos. Según su teoría, el *Mac Guffin* no necesitaba ser verificable sino inquietante. Poco importaba la utilidad del uranio y las investigaciones de Nuevo México. Introducirían el uranio en el guión.

Durante la preparación de sus películas, **Hitchcock** hacía una vida con horarios absolutamente regulares: a las ocho de la mañana dejaba su casa para acudir a los estudios en donde permanecía hasta la cinco de la tarde. Al cabo de unos días su chófer le comunicó que un Cadillac negro le seguía constantemente. Nada más llegar al estudio comunicó el hecho a la dirección y esa misma tarde se presentaron en sus oficinas dos agentes y le preguntaron el por qué de su interés por el uranio. Alfred contestó que pensaba utilizarlo en una película. Terminaron recomendándole que sería mejor que hablase de diamantes. **Hall Wallis** le dijo que dejase en paz al F.B.I. y que los diamantes eran tan buenos como el uranio, puesto que al fin y al cabo nadie sabía para qué diablos se utilizaba el dichoso mineral. **Hitchcock**, que tenía un terror patológico a la policía, no se lo pensó dos veces y transformó el guión. Dos meses después de estrenarse la película comprendería el valor del uranio. Una bomba atómica había sido lanzada sobre Hiroshima.

UNA NUEVA FUENTE DE INSPIRACION

Para la inmensa mayoría de la gente, Hiroshima y Nagasaki no significaron en un primer momento nada más que el fin de una guerra horrible que había durado seis años. Hacía falta reponerse del impacto, tomarse un tiempo para reflexionar sobre las consecuencias de la energía atómica. En agosto de 1945 se inició un nuevo período histórico marcado por el miedo al holocausto nuclear. La posibilidad de la desaparición de la vida en el planeta supuso una nueva fuente de inspiración para los cineastas que comenzaron a reflexionar sobre lo que pasaría si un día se desataba un conflicto nuclear. Así nació un género que aunó el antiguo terror a los monstruos con la ciencia ficción: *El Cine y la Bomba*. King Kong ya no era tan sólo una metáfora. La imagen del monstruo destruyendo a su paso los rascacielos de Manhattan se convertía en una realidad dramática. Mr. Hyde no ponía en peligro su

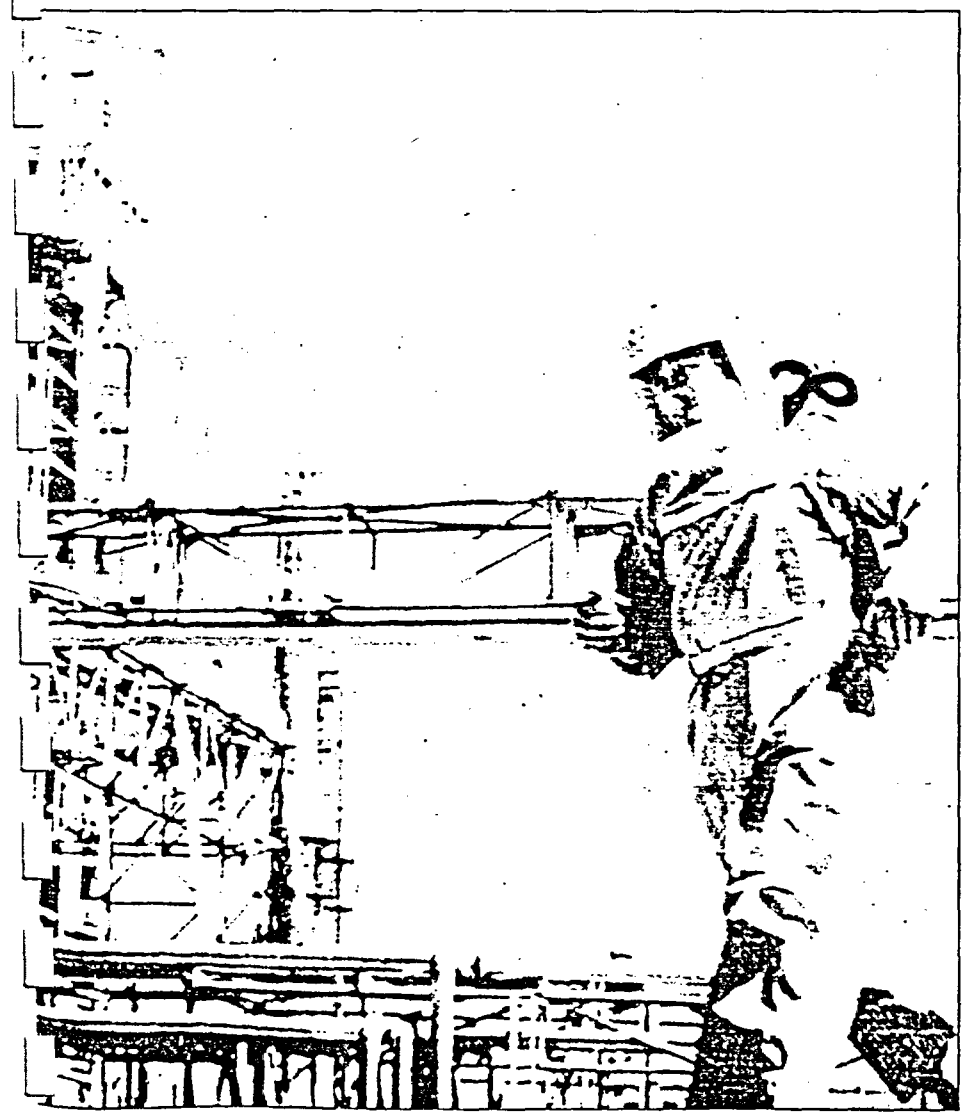
vida y la de algunos conocidos sino que jugaba con toda la humanidad. Las películas de la UFA alemana ya no necesitaban del expresionismo para acentuar los rincones oscuros del alma. El discurso sobre el bien y el mal se convirtió en un relato realista. El terror de los años treinta había dado paso al de los cincuenta. El primero necesitaba de la imaginación, el segundo del realismo.

Es este realismo de anticipación el que, tal vez, ha contado más claramente la visión apocalíptica de la aniquilación de la vida en la Tierra. Desde ángulos diversos, entre los que el político no es el menos importante, el cine ha reflexionado sobre el hombre enfrentado a su destrucción y a la responsabilidad moral de la carrera de armamentos. El *Cine de la Bomba*, aunque se enmarca dentro de la ciencia ficción, presenta características distintas y absolutamente definidas. Ya no son los marcianos de **Orson Welles** los que siembran el pánico entre los pacíficos habitantes de New Jersey. Lo que nos aterroriza es el «*Teléfono Rojo, volamos hacia Moscú*».

LA CATASTROFE FINAL

En *Doctor Strangelove, or how I learned to stop worring and love the bomb*, **Stanley Kubrik** se enfrenta al problema desde el humor negro. La historia de un general loco que desata un conflicto nuclear, el retrato de un científico nazi trabajando ahora como asesor del presidente de los Estados Unidos, y la parodia de la política de bloques, envuelven la película del director de *La naranja mecánica* en un tinte de comedia amarga. Sin embargo, no por ello es menos patente el terror. Cuando el espectador contempla cómo ya es imposible detener ese avión que vuela sobre Siberia con su carga mortífera, pasa de la risa al miedo. En la sala de mandos del Pentágono reina la consternación y tan sólo se puede pensar en la supervivencia. Una supervivencia que se plantea a lo largo de miles de años.

Otros directores, como **Jean Luc Godard**, dejan de lado el tema de la supervivencia para centrarse tan sólo en el aspecto filosófico. En *Il nuovo mondo*, el director francés analiza meticulosamente la posible sociedad futura, y **Ray Milland**, en *Panic year zero*, apunta la idea de que el nuevo mundo tendrá, a pesar de la oposición de los protagonistas, las mismas lacras que el actual. La película que causó más impacto en los años cincuenta fue *On the beach (La hora final)*, de **Stanley Kramer**, en la que los últimos supervivientes esperan en Australia a que les alcance la ola de radiactividad. Narrada con una maestría indudable, la obra de **Kramer** alcanza sus momentos más dramáticos cuando nos muestra San Francisco y San Diego totalmente desiertos. Distinto es el planteamiento de **Sydney Lumet**, que en *Fail Safe* muestra cómo una avería puede desatar un ataque ruso. Para evitar la guerra total, el presidente norteamericano ofrece destruir la ciudad de Nueva York con sus propios cohetes.

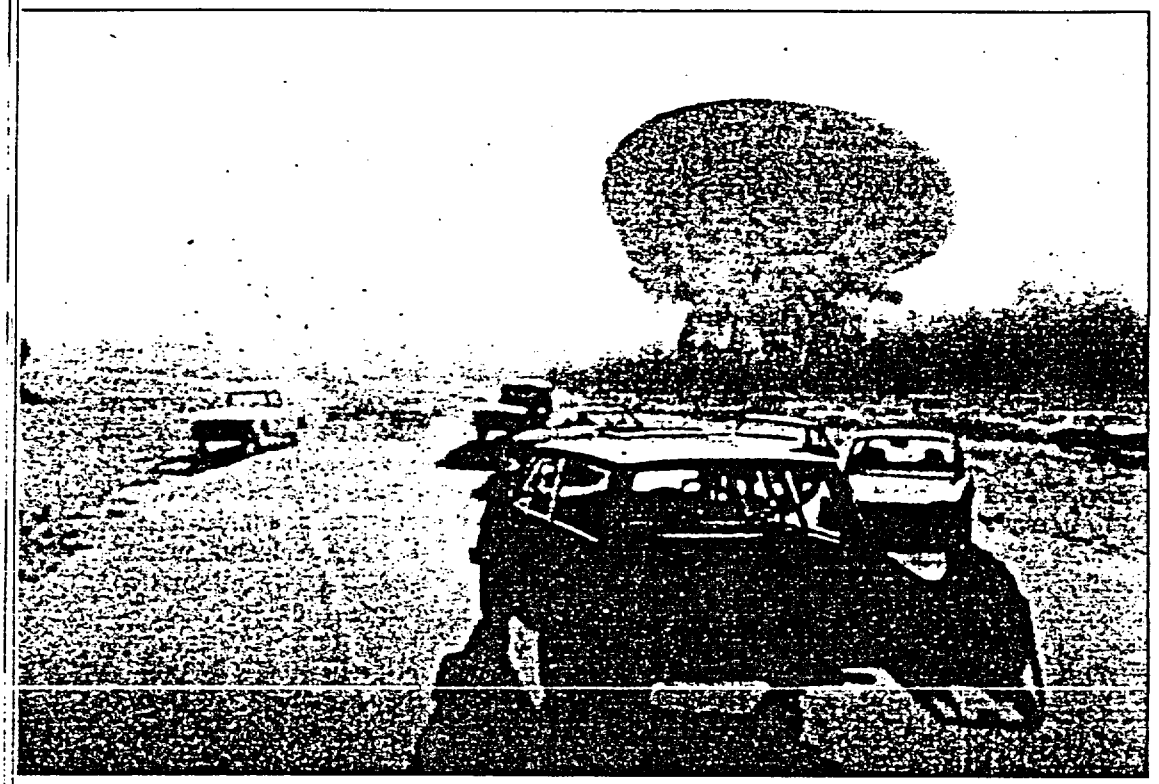


STANLEY KRAMER, en «La Hora final» (1959), película de gran presupuesto y actores famosos, describe las horas postreras de un grupo de hombres y mujeres antes de que les alcancen los efectos de una explosión nuclear.

LA SUPERVIVENCIA

La supervivencia del género humano tras la hecatombe ha dado lugar a buen número de películas. Los guiones colocan a los supervivientes en situaciones límites, casi al borde de la extinción, en las que la Naturaleza, rotas sus leyes, se convierte en enemigo añadido. Este es el caso de *The day the world ended*, de **Roger Corman**.

Pero en este apartado, sin duda, los films más interesantes son: *El juego de la guerra*, de **Peter Watkins**; *Fin de otoño en el Hotel Ozon*, del checo **Jan Schmidt**, y *Estos son los condenados*, de **Joseph Losey**. En la primera se nos muestra lo que ocurriría en Gran Bretaña, sin ningún tipo de concesiones, en caso de un ataque atómico. Las precaucio-



«El día después», de MIKE NICHOLS, provocó un gran impacto en la sociedad norteamericana por el patético realismo de sus escenas. NICHOLS mostró al pueblo americano en su película los efectos directos de un ataque nuclear en su propio entorno, algo que nunca se pudieron imaginar. (Foto archivo: A. García Rayo.)

nes defensivas son totalmente inútiles, los muertos se cuentan por millones y los supervivientes son un ejército de desesperados para los que la muerte supondría una liberación. La película está rodada como un documental, con una puesta en escena cuidadísima, que refuerza la credibilidad de la narración. En su momento se prohibió su pase por la BBC, alegando que era demasiado terrible y cruel.

El punto de vista checo supuso, en su momento, una visión original del tema. Aquí las supervivientes son ocho muchachas que vagan por una tierra desierta. Encuentran a un viejo y lo matan, pues no sirve para la procreación. Se ha desarrollado en estas muchachas el sentido animal de supervivencia de la especie y todo el film transcurre en torno a la búsqueda de algo que ya no existe.

Losey trata el problema de la supervivencia antes de que ocurra el desastre. Para ello se somete a una serie de niños a emisiones radiactivas con el fin de estudiar su supervivencia y reacciones ante un medio hostil. Como gran parte de las películas de este director, *Estos son los condenados* está contada con gran efectividad, sobriamente, sin concesión alguna a la comercialidad.

Naturalmente estos son tan sólo algunos ejemplos del tratamiento que ha dado el cine al tema nuclear. Por falta de espacio quedan algunos aspectos interesantes sin reseñar: El cine de monstruos realizado en el Japón a partir de 1950 —metáfora del bombardeo atómico—, y la extensa producción inglesa sobre el tema de las mutaciones genéticas. No son sino dos ejemplos de una extensa producción que comenzó el día que estalló la Bomba.

- El repentino interés de Alfred Hitchcock por el uranio.
- Los nuevos monstruos surgidos de la retorta.
- Mister Hyde entra y sale del Pentágono.
- La voz de la especie y «La hora final».

Miguel GATO

LIBROS

El mundo en el año 2000

Este libro, editado por Tecnos, es obra de cabecera de no pocos responsables de la vida política norteamericana. Se trata de un informe elaborado por el Consejo sobre la Calidad Ambiental y el Departamento de Estado de los Estados Unidos. El destinatario principal del estudio era el propio Presidente de este país. En el prólogo a la edición española, elaborado por el director del estudio y físico especializado en energía de fusión, Gerald O. Barney, explica los motivos por los que un tan amplio informe, 986 páginas, destinado en un principio a la Casa Blanca, pasó al poco a ser de dominio público. Hasta el momento se han vendido más de un millón de ejemplares traducidos a seis idiomas. El mensaje central del informe es, según Barney, el de que la prosecución de las actuales políticas en todo el mundo acarreará una serie de graves problemas generales que llegarán a serlo aún más el año 2000. Esta obra ofrece las claves para no incurrir en este grave error histórico. No se trata de una profecía, sino de la base científica y técnica que nos facilite la tarea de legar a nuestros sucesores un mundo más ordenado, más libre, más rico, mejor protegido, menos expoliado.

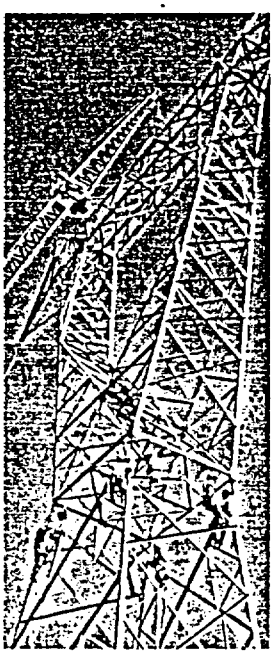
INTEC

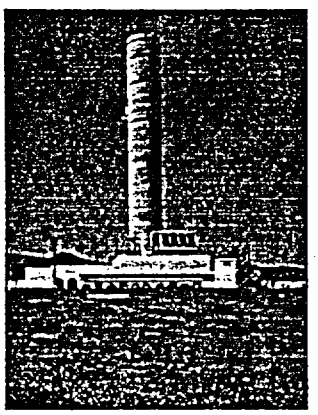
GRUPO INI

Ingeniería Energética.

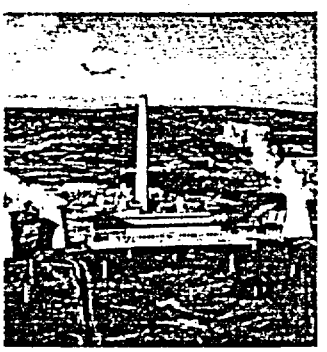
Sus actividades, apoyadas en la más avanzada tecnología, incluyen, dentro del Sector Energético:

- Centrales térmicas
- Centrales nucleares
- Centrales hidroeléctricas
- Subestaciones
- Plantas duales
- Diesel y turbinas de gas
- Líneas transporte energía eléctrica
- Ahorro energético
- Estudios e informes
- Energía solar y alternativas





2.000 Técnicos altamente cualificados en los diferentes campos de la Ingeniería, desarrollan todo tipo de trabajos, desde estudios y proyectos en el sector de Ingeniería Civil, hasta las más modernas realizaciones en Plantas de Producción de Energía e Industriales, así como realizaciones "Llave en mano".

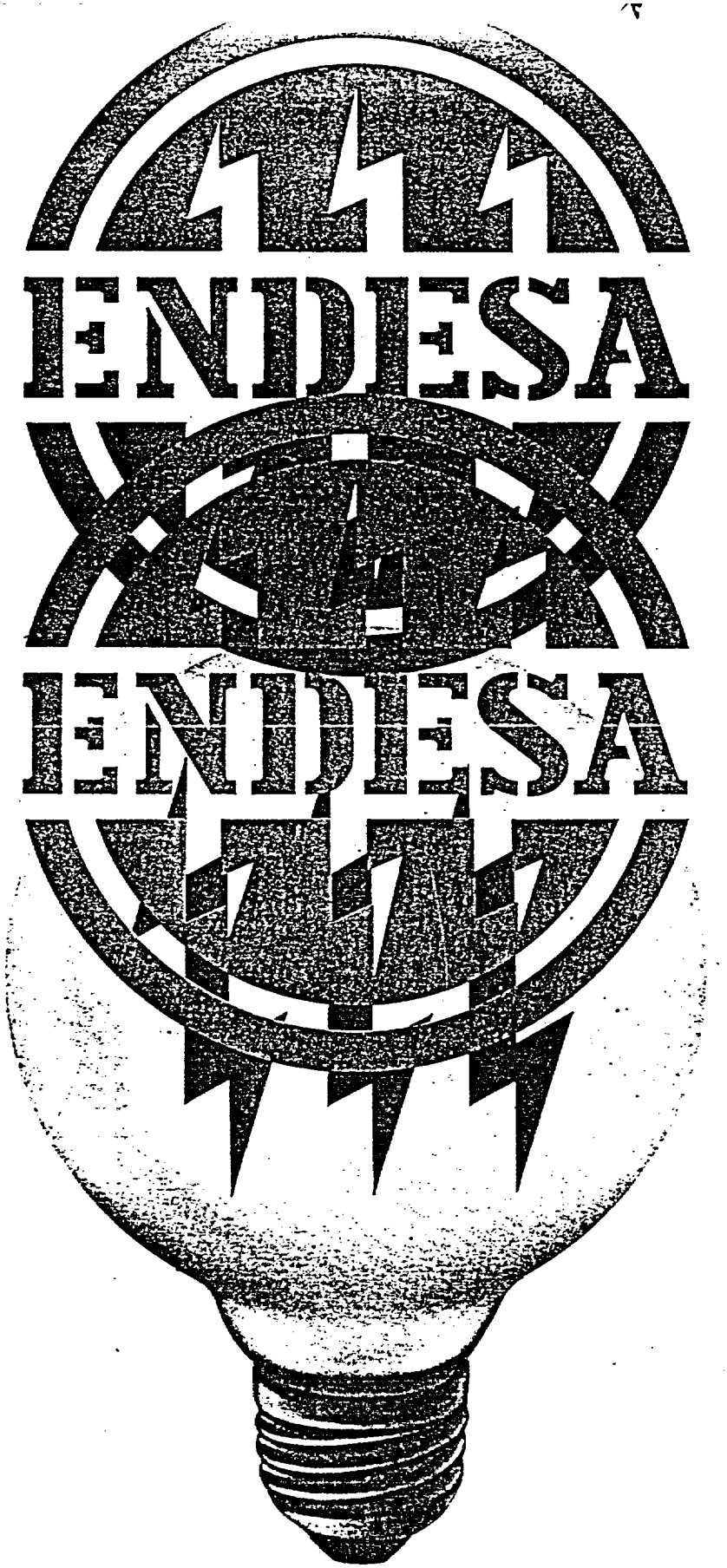


INTEC

APORTA ALGO MAS QUE EXPERIENCIA.

Padilla, 17 Tel.: 447 01 00.
Telex: 22995 AUXIE E
MADRID-6

EMPRESA NACIONAL DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA, S. A.



EMPRESA NACIONAL DE ELECTRICIDAD, S. A.

AYUDAMOS AL PAIS
CON TODA NUESTRA ENERGIA

3.4.1

IMPACT OF THERMOMECHANICAL BEHAVIOR OF SALT ON REPOSITORY DESIGN AND ANALYSIS

PAPER PRESENTED BY

KEN BEALL

IMPACT OF THERMOMECHANICAL BEHAVIOR OF SALT ON REPOSITORY DESIGN AND ANALYSIS

KENTON BEALL

OFFICE OF NUCLEAR WASTE ISOLATION
BATTELLE PROJECT MANAGEMENT DIVISION
COLUMBUS, OHIO 43201

TO BE PRESENTED AT THE ENRESA WORKSHOP
ON MATHEMATICAL MODELING FOR
RADIOACTIVE WASTE REPOSITORIES

DECEMBER 10-12, 1986

MADRID, SPAIN

FOREWORD

The National Waste Terminal Storage Program was established in 1976 by the U.S. Department of Energy's predecessor, the Energy Research and Development Administration. In September 1983, this program became the Civilian Radioactive Waste Management (CRWM) Program. Its purpose is to develop technology and provide facilities for safe, environmentally acceptable, permanent disposal of high-level waste (HLW). HLW includes wastes from both commercial and defense sources, such as spent (used) fuel from nuclear power reactors, accumulations of wastes from production of nuclear weapons, and solidified wastes from fuel reprocessing.

The information in this paper pertains to the conceptual design studies of the Salt Repository Project of the Office of Geologic Repositories in the CRWM Program.

DISCLAIMER

This report was prepared as an account of work sponsored by the United States Government. Neither the United States nor the Department of Energy, nor any of their employees, nor any of their contractors, subcontractors, or their employees, makes any warranty, expressed or implied, or assumes any legal liability or responsibility for the accuracy, completeness, or usefulness of any information, apparatus, product, or process disclosed, or represents that its use would not infringe privately owned rights. Reference herein to any specific commercial product, process, or service by trade name, mark, manufacturer, or otherwise, does not necessarily constitute or imply its endorsement, recommendation, or favoring by the United States Government, any agency thereof, or any contractor or subcontractor. The views and opinions of the author expressed herein do not necessarily state or reflect those of the United States Government, any agency thereof, or any contractor or subcontractor.

ABSTRACT

The U.S. Department of Energy's Salt Repository Project (SRP) is investigating bedded salt as a possible site for the disposal of high-level commercial and defense nuclear waste. One of the major advantages of salt as a host rock for nuclear waste disposal is its capacity to creep. Under load, it deforms and flows into openings resulting in a uniform low permeability medium that is highly resistant to liquid flow. However, this property, creep, that makes salt an attractive medium for waste disposal also results in technical challenges associated with (1) underground opening stability during operations, (2) maintaining the ability to retrieve waste, and (3) analysis of salt deformation under thermal and mechanical loads imposed by waste disposal activity. This paper treats the considerations of geology, repository design, retrieval, and the thermomechanical analyses as they are affected by salt creep.

During the site selection process for a nuclear waste repository, the impact of the local geology on repository design must be carefully evaluated. Selecting a repository site where the geology is uniform and predictable is important for generating a design that will be suitable for licensing. Salt purity, salt thickness, number of interbeds, uniformity of the geology, rock temperatures, depth, etc., all have an impact on the repository thermomechanical analyses and the resulting repository design.

The impact of salt creep on design approach is examined closely. Designs associated with the waste package, ventilation, room and pillar design, underground layout, repository development, and repository operations are all sensitive to increased creep of salt with increasing temperature. These factors must be carefully integrated into the repository design such that a balanced design is achieved.

A number of the characteristics that make salt an excellent medium for nuclear waste disposal also provide some technical challenges for retrieval design. The Nuclear Regulatory regulations require any or all of the waste to be retrievable for up to 50 years after emplacement. Studies are in progress on how best to accommodate the retrievability requirements; moreover, retrieval must be accomplished in a safe working environment using state-of-the-art equipment and technology. An overview of this major design requirement is provided along with emphasis on the impact of salt creep on retrieval design.

Thermomechanical analyses are an important aspect of repository site selection and design. For a licensed facility, one must be able to analyze and predict the behavior of the host rock. The thermal analysis of salt is relatively straight-forward; however, the nonlinear, inelastic response (creep) of salt has been more difficult to predict. Significant resources in time and money have been devoted to trying to understand and analyze the creep phenomenon. Test data taken from at-depth test rooms show that deformations and creep rates are significantly higher than originally predicted. Additional work needed in this area is discussed along with the verification and validation requirements for thermomechanical computer codes.

TABLE OF CONTENTS

	PAGE
FOREWORD	ii
DISCLAIMER	iii
ABSTRACT	iv
LIST OF FIGURES	vii
INTRODUCTION	1
1.0 SITE SELECTION	3
2.0 IMPACT OF SALT CREEP ON THE DESIGN APPROACH	7
3.0 RETRIEVABILITY	11
4.0 THERMOMECHANICAL ANALYSES	13
5.0 COMPUTER CODE VERIFICATION AND VALIDATION	16
6.0 CONCLUDING REMARKS	18
REFERENCES	19

LIST OF FIGURES

FIGURE	TITLE	PAGE
1	Complex Geology	4
2	Simple Geology	6
3	Repository Layout	8
4	Waste Emplacement Package	10

INTRODUCTION

The discussion in this paper is based on eight years of experience on three different nuclear waste repository projects, two in bedded salt and the other in densely welded tuff. The bedded salt projects are the Waste Isolation Pilot Plant (WIPP) Project in New Mexico and the Salt Repository Project (SRP) in Texas. The densely welded tuff is the potential host rock being studied by the Nevada Nuclear Waste Storage Investigations Project. All activities on these projects were associated with designs from the concepts or conceptual level to designs released for construction. In the last 20 years of my professional experience, all major projects have proceeded through construction except the last two repositories. As a result, my current participation in review or development of a repository design comes from the practical design engineer's perspective. This includes being intimately concerned about safety in the underground environment, proper interpretation and application of codes and regulations, adequacy of the design, licensability, application of quality assurance requirements, constructibility and operational considerations, and economics. The design engineer knows the day will always come when one must be able to state the design is good, it meets all of the requirements, and now let's build it. It is from this perspective that the following discussion is provided on the impact of thermomechanical behavior of salt on repository design and analysis.

Rock salt was identified 30 years ago by the National Academy of Science as being a potentially suitable host rock for the disposal of nuclear waste. Salt has a number of characteristics that make it attractive for disposing of nuclear waste:

- Salt deposits are available that are sufficiently deep, laterally extensive, and geologically stable.
- Many salt formations have remained water free for millions of years.
- Salt has adequate radiation-shielding properties.
- Fractures at repository depths will tend to close plastically and seal themselves.
- Salt has a high thermal conductivity compared to most other host rocks.

Heat is generated by the nuclear waste, and the thermomechanical response of the rock salt to this heat is a major design issue. Increased salt

temperatures result in higher creep rates. Accelerated creep enhances the closing and sealing of fractures in the salt. On the other hand, the higher creep rates impact the retrievability and underground repository designs.

Understanding the nature and magnitude of the thermomechanical response of the host rock is important throughout the site selection and design process. It is imperative that the performance assessment specialist, geologist, hydrologist, and design engineers work closely together during the evolution of a repository design to be sure the performance and design requirements are integrated effectively. For a repository in salt, scoping calculations should be performed at the early stages of site selection to allow objective comparisons of any differences in the thermomechanical behavior of salt at different sites or in different salt formations at the same site.

This paper is organized into six sections that discuss considerations of the influence of salt creep on geology, repository design, retrieval, and thermomechanical analyses. The first section includes a discussion on site selection and the role of thermomechanical analyses in this process. The second section covers the impact of salt creep on some of the design features of the repository. Section three contains a discussion of the retrievability issue. The fourth section discusses thermomechanical analyses and associated uncertainties. Section 5 discusses verification and validation of computer codes, and Section 6 provides concluding remarks.

1.0 SITE SELECTION

Selecting a nuclear waste repository site is a long and involved process in the United States. The thermomechanical response of the host rock is only one of a multitude of issues that must be considered in the site selection process. It is not the purpose of this paper to discuss this involved process; however, it is important to emphasize the significance of thermomechanical analyses in the site selection process for a nuclear waste repository in bedded salt. As the site screening process narrows from regions to areas and finally to sites, the thermomechanical calculations become more important.

Because uncertainty in thermomechanical calculations already exists (as will be discussed later), sites should be selected with simple geology, when possible, to keep the thermomechanical calculations as simple as possible. Within the repository area, the geology should be uniform and predictable. Depositional features such as barrier reefs, river channels, solutioning fronts, etc., should be avoided. In selecting a good repository site, one should strive for cleaner salt, salt thickness of hundreds of feet, minimum number of interbeds, low formation dips, low in situ rock temperatures, and a minimum depth consistent with performance assessment and regulatory requirements. In general, the purer the salt, the higher the strength and thermal conductivity. Salt is the material that forms the cocoon around the nuclear waste and forms one of the barriers that isolates waste from the accessible environment. The number of interbeds should be minimized to reduce the complexity of the thermomechanical model and increase the confidence of thermomechanical calculations. It is more desirable to have a repository site with in situ temperatures of 25°C than to have a site with 50°C. Since significant quantities of heat must be accommodated in the disposal of high-level nuclear waste, lower in situ rock salt temperatures will result in a smaller nuclear waste repository with lower creep rates.

This can be summarized in two examples, a complex geology and a simple geology. Figure 1 is an example of the type of geology that should be avoided for a nuclear waste repository in salt. The geology shown is complex. Formation thicknesses vary significantly and there are a large number of interbeds and clay seams occurring on a regular basis. The formations have a significant dip, the in situ rock temperature is relatively high (example is 50°C), and the salt beds are thin. Independent of the other implications

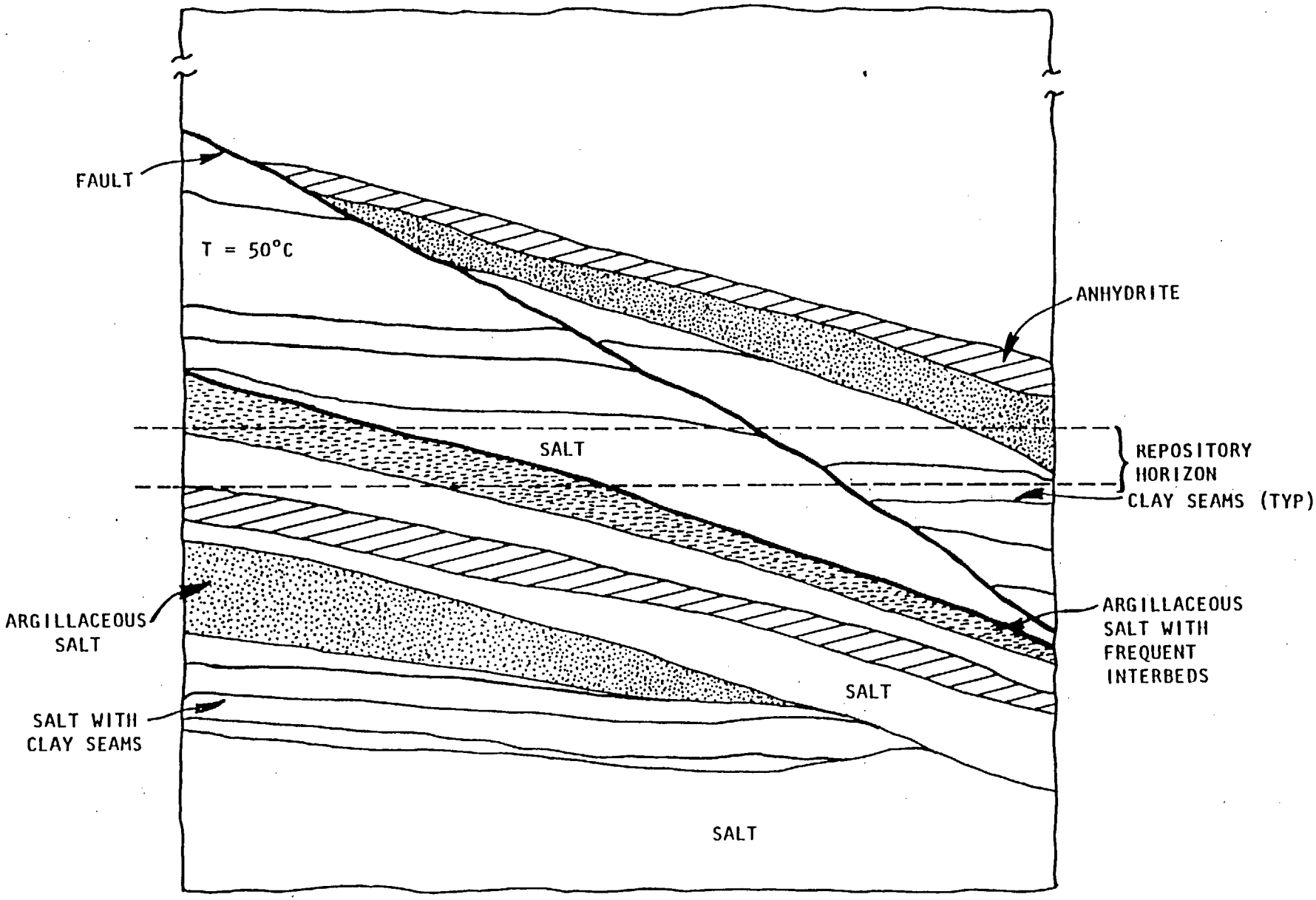


Figure 1. Complex Geology

associated with the geology shown in Figure 1, developing an accurate thermomechanical model of the formation shown would be, at best, difficult and expensive.

Figure 2 is an example of a simple geology for a nuclear waste repository. The formations are uniform with salt beds that are very thick. The dip is low, and there are only a few clay seams. The in situ rock temperature is low (example is 25°C), and the purity of the salt is higher. The thermomechanical model in this formation will be less complex, and the confidence in the results will be higher.

The simplified situation of a complex or simple geology is, of course, not the real world. For most sites, the geology is somewhere between the two geologies described. The point is, for thermomechanical analyses, a site tending toward the simple geology is more desirable. It is also obvious that this is not, and cannot, be made an absolute requi ment.

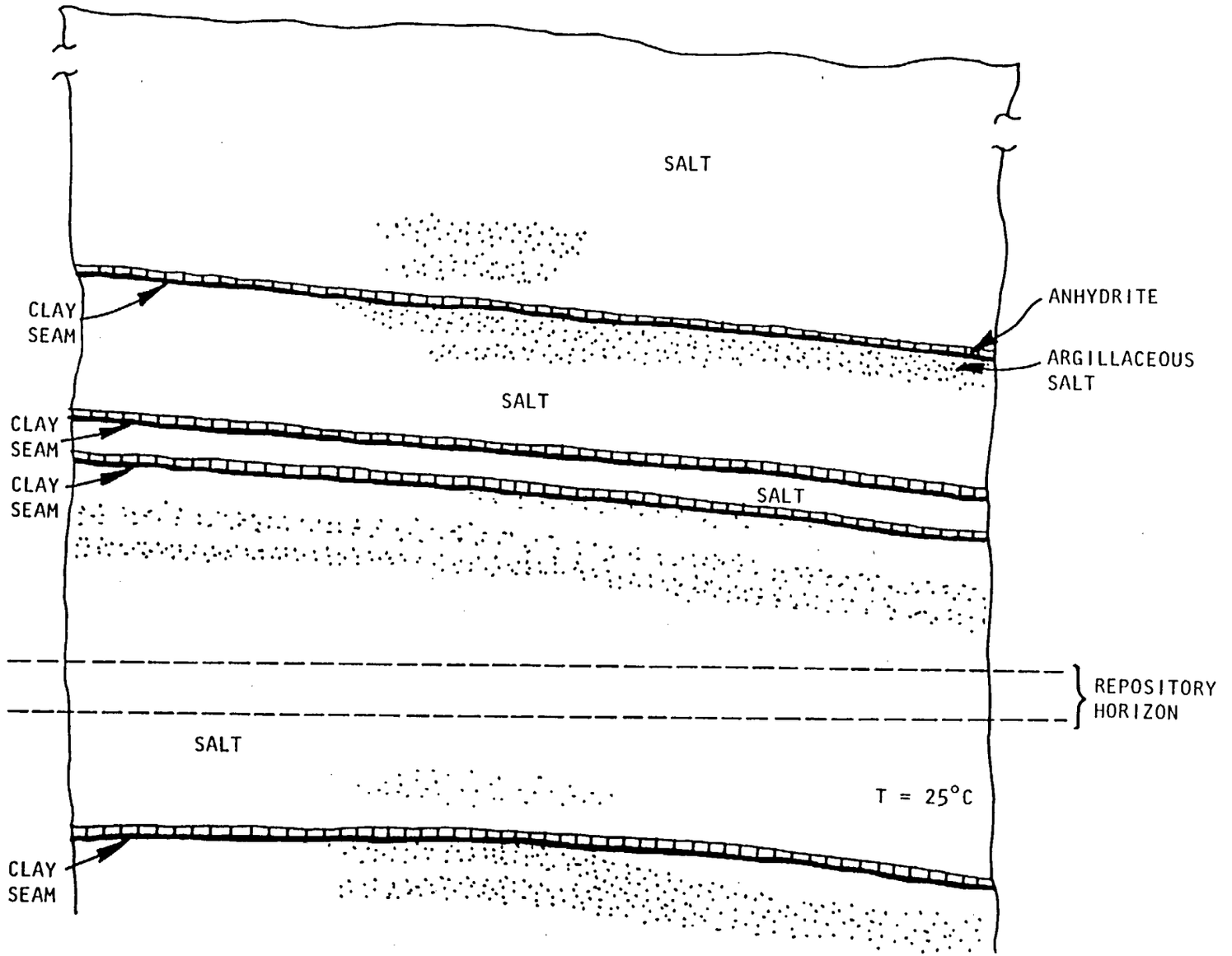


Figure 2. Simple Geology

2.0 IMPACT OF SALT CREEP ON THE DESIGN APPROACH

Salt creep is one of the major design issues that is ever present with the design engineer, and the importance of accurate thermomechanical calculations to the design approach cannot be overemphasized. The thermomechanical response of the salt to the underground excavations and emplacement of nuclear waste has an impact on many aspects of repository design such as the overall underground repository layout, underground ventilation, room and pillar design, and the waste package.

Ideally, one would like to stop salt creep during the operational and retrievability time periods. Then after operational and retrieval requirements have been fulfilled, start, and perhaps even accelerate, creep. Several things can be done in developing the underground repository layout so that this ideal condition can be approached. First, the extraction ratios should be kept low, preferably 20% or less. Low extraction ratios keep the deviatoric stresses lower and result in reduced creep rates. Next, the waste-generated heat per unit of disposal area should be kept low. The Salt Repository Project is presently using an areal heat load of 10 W/M^2. This areal heat load results in lower host rock temperatures and in reduced creep rates. In addition, excavation of emplacement rooms should not be completed far in advance, but only immediately before the waste is emplaced. Finally, the waste emplacement rooms should be backfilled with a crushed salt or reconstituted (brick) salt to reduce the total creep and to enhance final closure of the room.

An underground conceptual layout for the SRP is shown in Figure 3. This figure is based upon current work being performed by the SRP repository architect engineer. The shop area, main entries, and ventilation return drifts should have an operating life of about 100 years. The rooms will continue to close during this time period as a result of creep. The amount of creep closure must be known so the ventilation system can be designed for the higher pressure drops associated with smaller and rougher underground drifts. Eventually the creep closure will be large enough to require remining of the ventilation drifts to maintain adequate cross sectional areas and smoothness. The amount and frequency of the remining will be estimated from the thermomechanical analyses for many areas under varying conditions. The drifts that contain operating equipment will also have to be remined periodically to maintain adequate clearances.

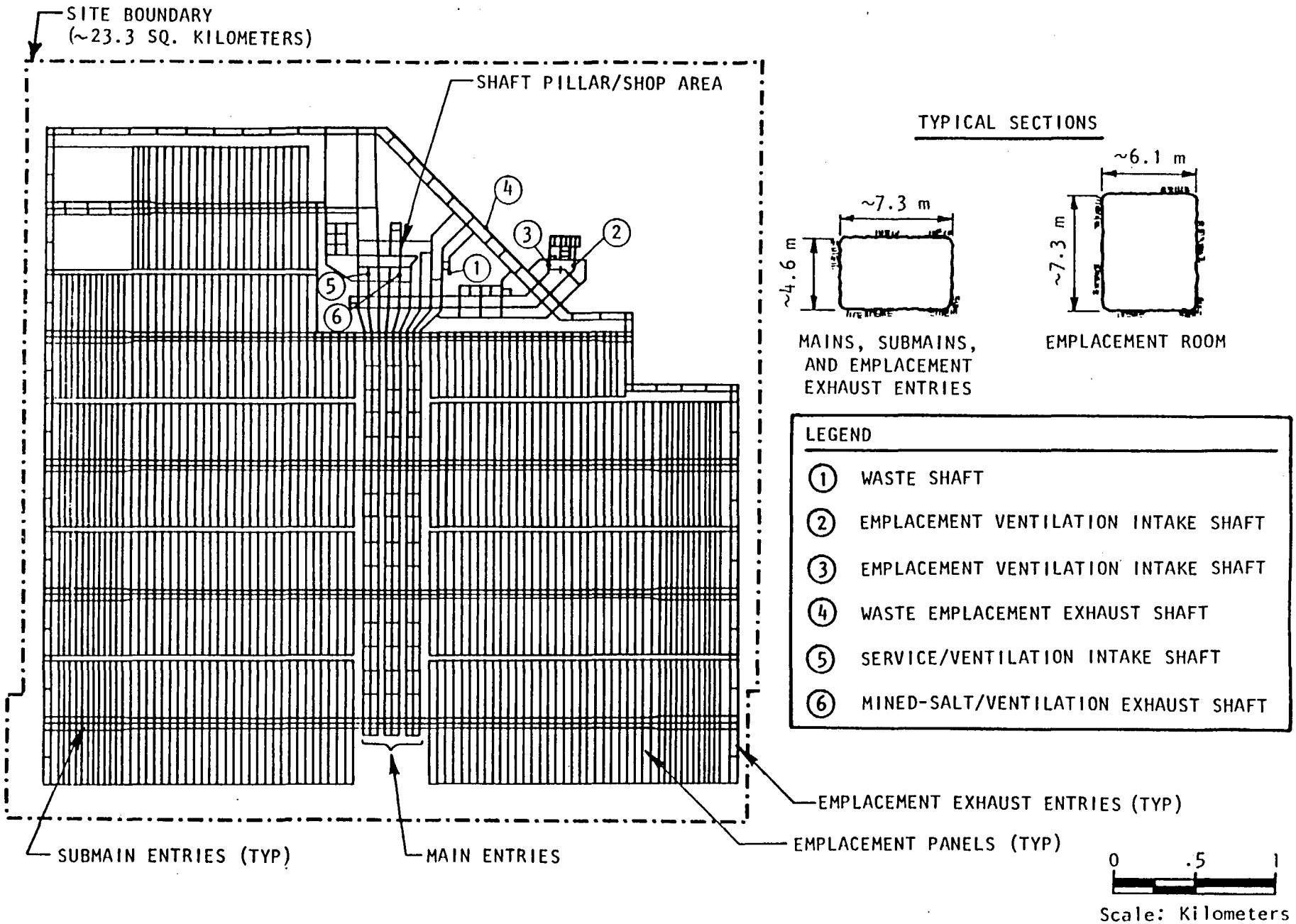


Figure 3. Repository Layout

On the Salt Repository Project, the conceptual design of the waste package for consolidated spent fuel is about 85 cm in diameter, and about 450 cm long. Figure 4 shows a cross section of the emplacement package with an outer container (ASTM 216 steel) designed for the temperature, pressures, and corrosion conditions. In salt, the container must be designed for lithostatic pressures; however, higher pressures can be induced by the local thermal expansion of salt around the container if inadequate void space around the container is provided. Also, the corrosion of the container is sensitive to temperatures at the salt/container interface. It is important that analytical methods are available to accurately predict the waste package container design environments of pressure and temperature. Accordingly, salt creep strongly affects the design conditions in the vicinity of the waste package. These design conditions must be accurately bounded.

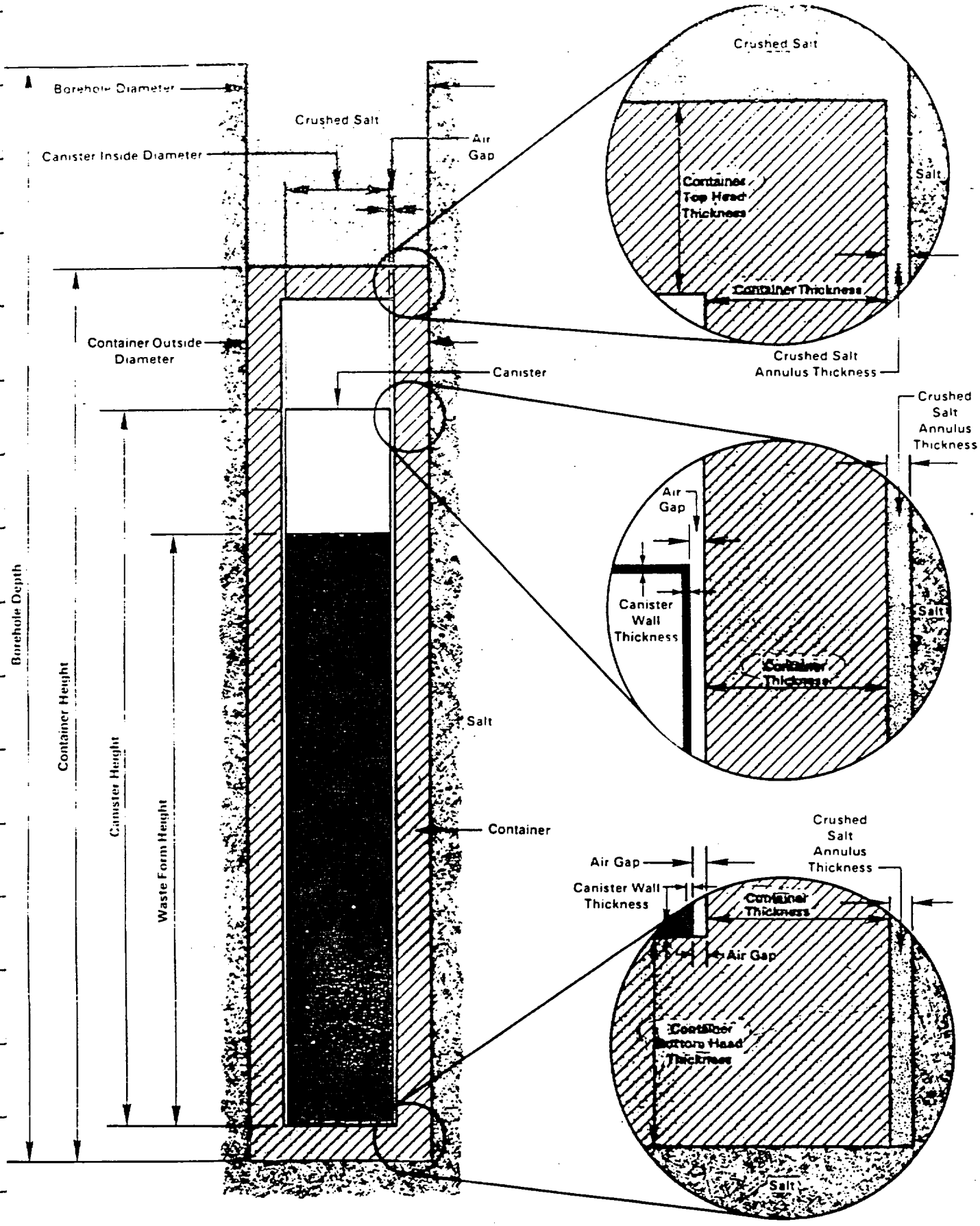


FIGURE 4

WASTE EMPLACEMENT PACKAGE

12 86

3.0 RETRIEVABILITY

In the United States, retrievability is an important requirement that increases the importance of thermomechanical modeling and analyses for nuclear waste repositories disposing of high-level nuclear waste. In the Code of Federal Regulations, the U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC) requires that any or all of the emplaced waste be retrievable for up to 50 years. The emplaced nuclear waste must also be retrieved in approximately the same time period as it took to emplace it. Since the operational time period to emplace all of the 70,000 MTU of nuclear waste is estimated at about 25 years, all of the nuclear waste will be emplaced before the 50-year retrievability requirement expires. Reasonable assurance must be provided to the NRC that retrieval of any or all of the waste will be possible during the 50 years. Retrieval must be conducted in a safe working environment using state-of-the-art equipment and technology. However, this requirement does not preclude new engineering development or designs to meet the requirements.

And so, salt creep, one of the major advantages of salt as a host rock, becomes a major design issue with respect to long-term retrievability. Battelle, in support of the Salt Repository Project, started a retrieval compliance study a few months ago. This study will establish a plan which will ultimately provide the retrieval and proof-of-principle details necessary to support repository advanced conceptual design and facility licensing. The objectives of this study are as follows:

- Develop an interpretation of the retrievability/retrieval issue.
- Define key circumstances that may ultimately call for retrieval.
- Define the approach to retrieval system design.
- Establish an approach to licensing as it applies to retrieval.
- Develop and define the SRP interpretation and approach to testing for prototype equipment and retrieval demonstrations.

In most of these objectives, the thermomechanical response of salt to the excavated opening and emplaced waste will be very important. Thermomechanical models will be developed, and calculations will cover time periods of up to 100 years. These models must include accurate representations of the geologic formations and the response of these formations to varying room and pillar designs and thermal environments. In addition, the emplacement rooms will be backfilled with crushed salt. Over time, this salt will be reconsolidated as a

result of room closure pressures and increased temperatures from the emplaced waste. Hence, the thermomechanical codes will need to have the capability to analyze rooms backfilled with crushed salt.

Long-term retrievability is, therefore, a requirement that places new demands upon the geotechnical and design engineers. The challenges are complicated and multiple. As the design requirements and designs become more sophisticated, the associated thermomechanical analytical methods must be expanded to meet these challenges.

4.0 THERMOMECHANICAL ANALYSIS

Thermomechanical analyses, therefore, play an important role in the design of a nuclear waste repository. The Salt Repository Project must comply with the requirements defined by the Nuclear Regulatory Commission in 10 CFR Part 60, and those systems and components important to safety or waste isolation will be reviewed by the Nuclear Regulatory Commission. To meet the requirements for a licensed facility, one must be able to analyze and predict the behavior of the host rock, and the analyses must provide reasonable assurance to the NRC that the repository will perform as designed.

In addition, work on a nuclear waste repository is performed under constant public scrutiny; public confidence and trust are very important to such projects. All project work is available to the public, and it is subject to multiple internal and external reviews by the U. S. Department of Energy, other project participants, other Federal agencies, state and local governments, and other interested organizations and citizens. As a result, the thermomechanical analyses will be reviewed thoroughly by many organizations.

Analyses of the repository host rock usually fall into one of three categories. First are the thermal calculations of increased temperatures of the host rock resulting from the heat being produced by the nuclear waste package. These temperatures are used to help establish the local waste package environment, the spacing of the nuclear waste packages, and the thermal environment of waste disposal rooms during retrieval.

Next are the mechanical calculations (isothermal) of the host rock at ambient temperatures. These calculations are used in establishing the underground design of drifts not subject to heat from the waste packages. Shaft pillar areas, where the shops and warehouses are located, are in this category. Also included are the main entries and ventilation return drifts.

In the third category are the thermomechanical analyses of emplacement rooms which are heated by nuclear waste packages which act as transient heat sources. These calculations are used to evaluate the response of the waste disposal rooms to the emplaced waste and to evaluate the creep response of the heated salt during waste retrieval.

Initial indications are that the thermal calculations and associated codes of the first category are relatively straightforward, and the comparison of results between different codes is quite good. Specifically, thermal

calculations on the same problem have been compared at Battelle using HEATING6 and SPECTROM41 (Ref. McNulty, Scott, 1985). Results from these codes for the same problem usually are within 10%-20%. In the second Waste Isolation Pilot Plant (WIPP) benchmark problem (Morgan, 1981), the calculated salt temperature histories at the three locations were quite similar for seven of the nine codes tested. In addition, test results reported by Molecke and Beraum (1986) showed good correlation with the calculated temperatures, except for the first few days after the heater startup.

The salt creep phenomenon of the second category has been studied for many years. The last eight years have provided many opportunities for addressing and resolving design issues associated with the repository underground designs. At the start of the WIPP preliminary design, salt creep and the associated room and pillar designs were identified as major design issues. Since most of the nuclear waste scheduled for disposal at WIPP is non-heat producing, the WIPP salt creep design issue is not nearly as involved as the salt creep issue for a repository disposing of spent fuel. Eight years ago, it seemed obvious that the salt creep phenomenon would be solved, but data to date from WIPP indicates a solution has not been found. The WIPP quarterly geotechnical field data report (WIPP-DOE, 1984) indicates the measured vertical closure is almost twice that predicted. Other investigators (Morgan et al. 1985) analyzing WIPP data, indicate that measured closure data are 2 to 4 times larger than calculated. Numerous calculations were performed to try to understand the difference between the calculated and measured closures. The results of this work are summarized in the following quote from the work by Morgan, et al. 1985:

> "In fact, even when the most promising salt property variations are combined with the most promising non-salt parameter variations, the computed and measured closures are still significantly different. This seems to imply that some important phenomenon or phenomena, yet to be identified, are missing from the model."

In a series of reports on the pretest reference calculations for various heated room tests at WIPP, Morgan and Stone expect the unresolved discrepancies observed in the south drift to also appear in the measured data from the heated room tests.

With test data to date indicating calculated closure rates may be low by a factor of 2 to 4 or more, it seems our ability to perform thermomechanical calculations on bedded salt exceeds our ability to accurately predict actual in

situ room response. This doesn't mean we should stop performing these calculations. However, design engineers should use the results with caution and with an understanding of the associated uncertainties. The codes are still a valuable tool for performing tradeoff studies and for making comparisons of alternate designs. Likewise, they should not take closure rates as absolutes, but use them only as relative indicators.

A new generation of thermomechanical codes is needed to support the design engineer. How the codes should be modified is not necessarily obvious, nor will it be easy. Several areas look promising for improving code accuracy. Consideration should be given to modifying the constitutive equations to account for multiple load paths. Additionally, large strain codes need to be developed to handle large deformations in salt.

5.0 COMPUTER CODE VERIFICATION AND VALIDATION

The SRP is also required to meet the quality assurance requirements as defined in 10 CFR Part 50, Appendix B, NQA-1, and other DOE orders. These requirements result in a series of formal rigorous procedures, some of which place specific procedural requirements on the design and on verifying and validating computer codes. Verification is required for all codes, whereas validation is only required for codes used in support of a license application.

Verification is the process which assures that the mathematical calculations are performed correctly in the numerical model. Verification can be accomplished by comparing the results with hand calculations, with other analytical solutions or approximations, or with the results of a verified code that performs the same type of analysis (benchmarking).

Computer code validation is the process which assures that the results of the computer code are a correct representation of the actual process or system. Validation is usually achieved by comparing the computer code results with physical data or with the results from another validated computer code that performs the same type of analysis (validation benchmarking). In addition, code validation can be achieved with a peer review when it is the only means available for validating the code.

At Battelle, for code verification, a verification plan is prepared. Included in the verification plan is the computer code version number, a description of the verification process, and a definition of the documentation required in the verification report to assure that the verification has been completed. The plan is subject to an internal review, and all comments to the plan are resolved. At least one of the individuals involved in the details of the verification process must be independent of the code development effort.

The results of the verification process are included in a verification report. If the verification is unsuccessful, recommended modifications to the code are described for correcting the error(s). If the verification is successful, the conditions under which the verification was completed are described. This includes the ranges, options, and any appropriate restrictions. In either case, the verification report is subjected to an internal review, and the review comments are resolved. The approved verification plan and verification report become part of the permanent record for that particular code.

A similar process is used for computer code validation with one possible exception: a validation panel may be established which includes one or more members who are independent of the code development effort. The validation panel participates in the review of the validation plan and validation report. Again, the approved validation plan and validation report become part of the permanent record for that particular code.

The thermal and thermomechanical codes being used by Battelle have been verified. When the codes are transferred to Battelle's computer, they are reverified by comparing the results of verification problems obtained on the new system to the results obtained during the external verification process. Again, this process is documented in the verification plan and report.

The Salt Repository Project is in the site characterization phase. Part of the work to be accomplished during this phase is the construction of the Exploratory Shaft Facility (ESF). The ESF will consist of two 3.66 M diameter shafts constructed to the repository depth and approximately 1500 meters of test rooms. Data obtained from these test rooms will be used as part of the validation process, if required. Also, peer reviews may be used for validation of the long-term (100 years) thermomechanical response of the repository rooms.

6.0 CONCLUDING REMARKS

An overview from a design engineer's perspective has been provided on the need and importance of thermomechanical analyses in repository site selection and design in bedded salt. Computer codes are available that accurately calculate temperature distributions around emplaced nuclear waste. Initial in situ test results have confirmed the accuracy of these analytical methods. However, the actual thermomechanical response (creep) of excavated rooms has been significantly higher than the calculated creep rates.

With the published differences between calculated and measured creep data, more emphasis should be placed on the importance of early site characterization and in situ testing. Early creep data from the actual repository host rock formation will be valuable to both the geotechnical and design engineer. In addition, efforts should continue on developing analytical methods that correctly describe the creep response of excavated rooms in salt. While this work is continuing, the design engineer should use the results of thermomechanical calculations cautiously. Thermomechanical calculations can and should be used for comparing relative differences between sites and design options. However, the calculated closures and creep rates cannot be used as yet to set absolute values. In fact, actual closures and creeps may be significantly higher. So where does this leave the design engineer who must develop a design?

If possible sites should be selected where the geology is simple, uniform, and predictable. The repository horizon at a given site should be selected where the geology near the underground openings has minimal bedding and discontinuities. Simple designs should be developed with reasonable flexibility for adjusting the design for unforseen circumstances. Extraction ratios for the underground excavations should be kept below 20%, and the initial areal heat load should be kept low to accommodate retrievability requirements.

Even if the uncertainties in the thermomechanical calculations are not resolved in the near future, repository designs in bedded salt can and will be generated. These uncertainties can be accommodated by including reasonable conservatism in the repository design. This will provide flexibility, if required, to adjust the designs in the future.

REFERENCES

Ashworth, E. 1985. "Research & Engineering Applications in Rock Masses," Proceedings of the 26th U.S. Symposium on Rock Mechanics, Vol. 2 (June 26-28, Rapid City, South Dakota).

McNulty, E. Gregory and Leslie A. Scott, 1985. "Evaluation of Temperatures for a Nuclear Waste Repository in Salt," High-Level Nuclear Waste Disposal, Battelle Press, Edited by Harry C. Burkholder.

Miller, J. D., C. M. Stone, and L. J. Branstetter, 1982. Reference Calculations for Underground Rooms of the WIPP, SAND82-1176, prepared for the U.S. Department of Energy by Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM.

Molecke, M. A., and R. Beraun, 1986. "WIPP Simulated DHLW Tests: Status and Initial In Situ Backfill Thermal Conductivities," SAND86-0489C, Proceedings of the Waste Management '86 Meeting (March 3-6, Tucson, Arizona).

Morgan, H. S., C. M. Stone, R. D. Krieg, and D. E. Munson, 1986. "Thermal/Structural Modeling of a Large Scale In Situ Overfest Experiment for Defense High Level Waste at the Waste Isolation Pilot Plant," SAND85-1926C, Proceedings of the 2nd International Symposium on Numerical Models in Geomechanics (March 31-April 4, Ghent, Belgium).

Morgan, H. S., and C. M. Stone, 1985. Pretest Reference Calculation for the 18-W/m^2 Mockup for Defense High-Level Waste (WIPP Room A In Situ Experiment), SAND85-0807, prepared for the U.S. Department of Energy by Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM.

Morgan, H. S., R. D. Krieg, and R. V. Matalucci, 1981. Comparative Analysis of Nine Structural Codes Used in the Second WIPP Benchmark Problem, SAND81-1389, prepared for the U.S. Department of Energy by Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM.

Quarterly Geotechnical Field Data Report, 1984, prepared for the Waste Isolation Pilot Plant, WIPP-DOE-200, Carlsbad, NM.

U.S. Department of Energy, 1986. Environmental Assessment, Deaf Smith County Site, Texas, Vol. 1, DOE/RW-0069, prepared for the Office of Civilian Radioactive Waste Management, Washington, D.C.

Westinghouse Electric Corporation, 1986. Waste Package Reference Conceptual Designs for a Repository in Salt, BMI/ONWI-517, prepared for Office of Nuclear Waste Isolation, Battelle Memorial Institute, Columbus, OH.

3.4.2

COPY OF PRESENTATION SLIDES

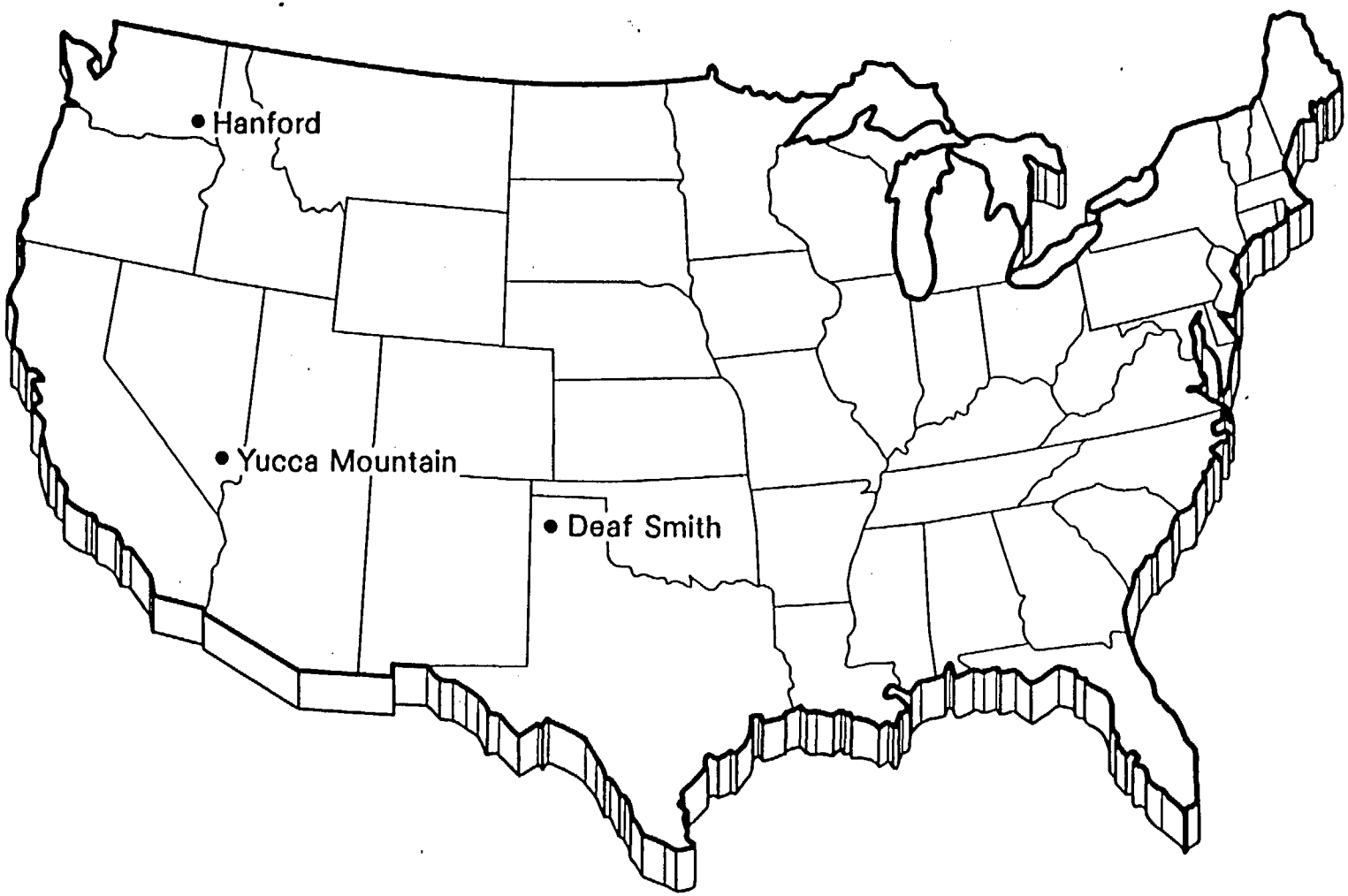
Impact of Thermomechanical Behavior of Salt on Repository Design and Analysis

by

Kenton Beall

Battelle Project Management Division

Sites for Characterization



Impact of Thermomechanical Behavior of Salt on Repository Design and Analysis

- Site Selection
- Impact of Salt Creep on Design Approach
- Retrievability
- Thermomechanical Analyses (T/M)
- Code Verification and Validation

Objective

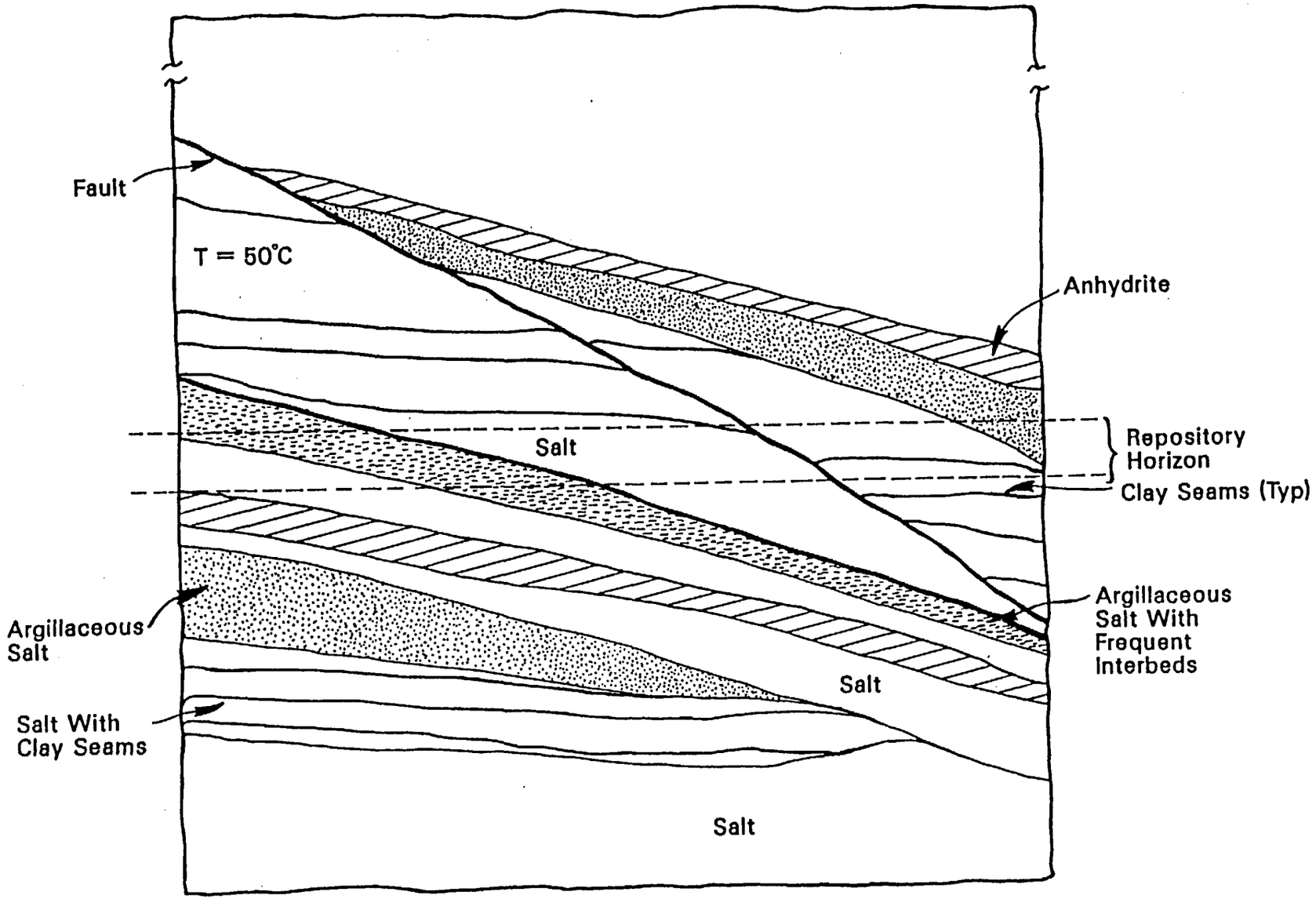
- Importance of T/M Analyses
- Uncertainties in T/M Analyses
- Accommodation of the Uncertainties

Site Selection

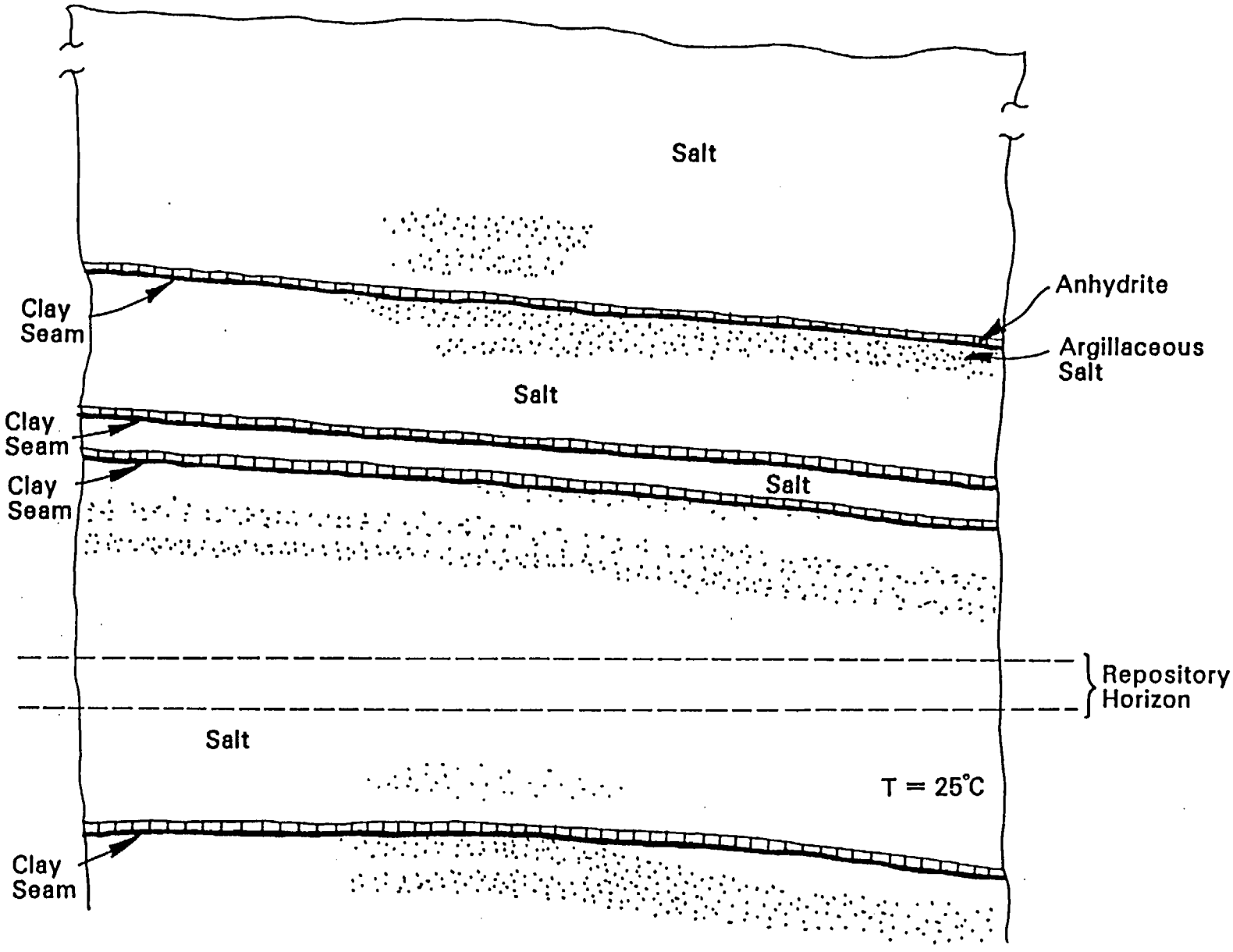
Site Selection

- Complex Geology
- Simple Geology

Complex Geology



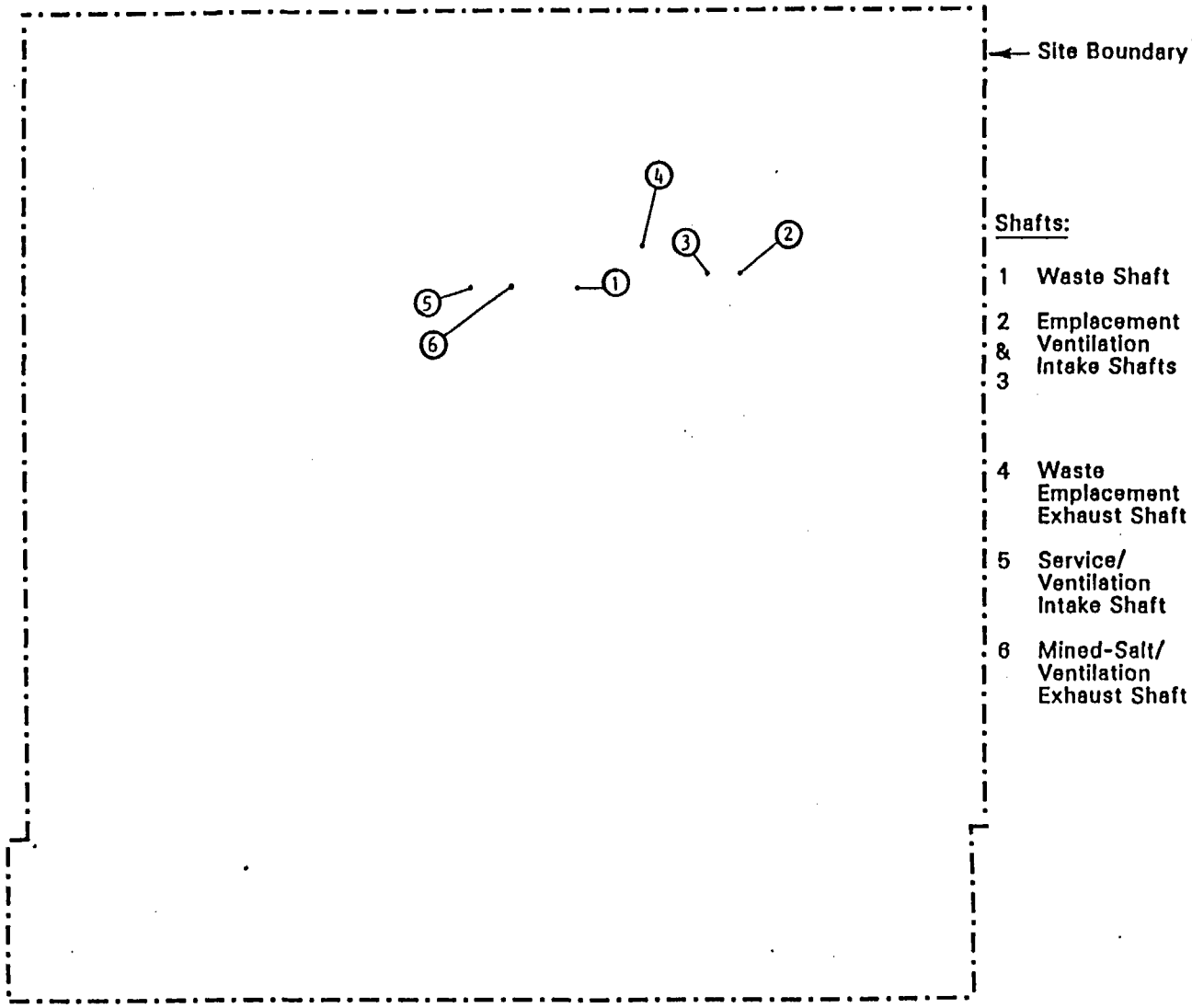
Simple Geology

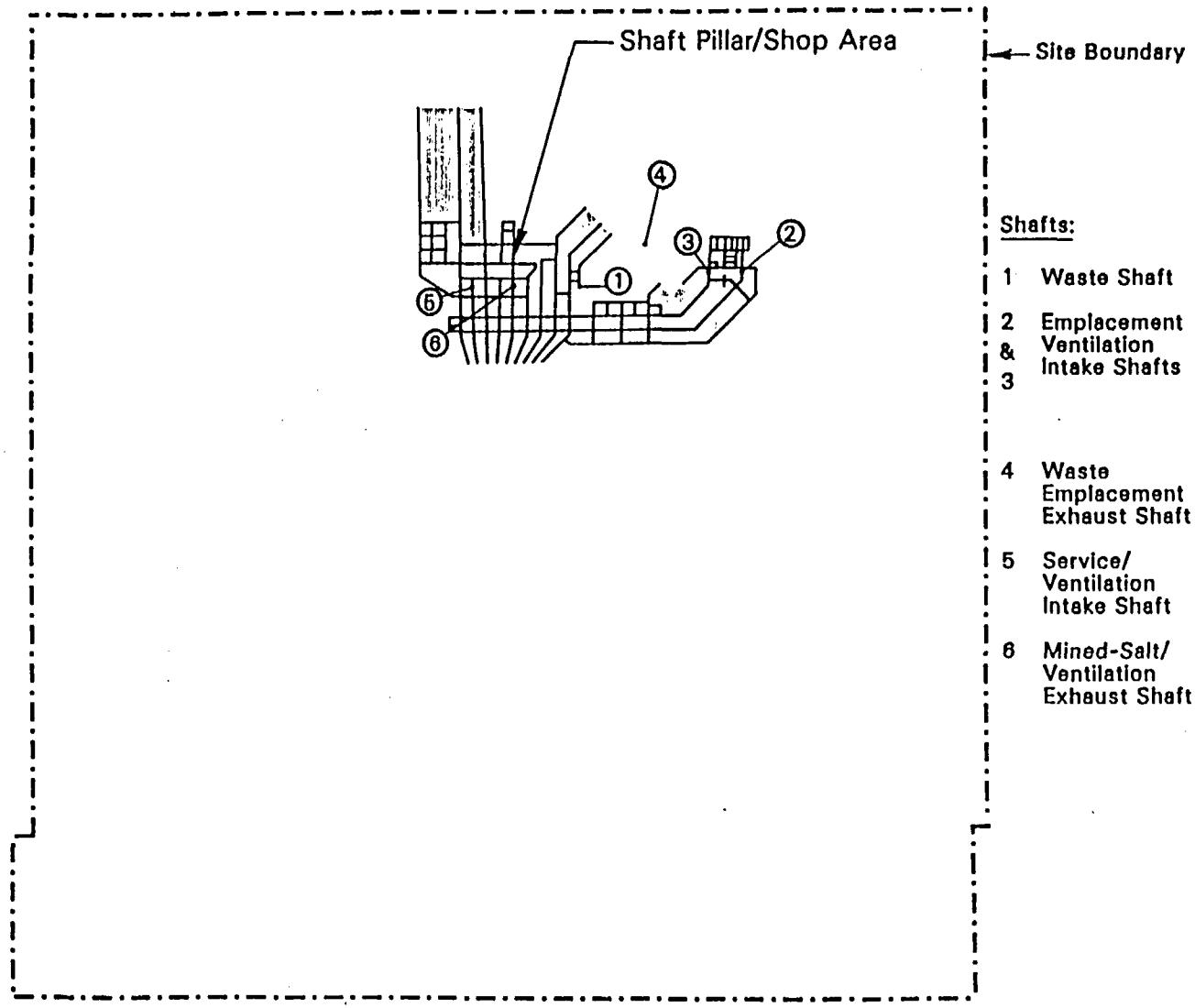


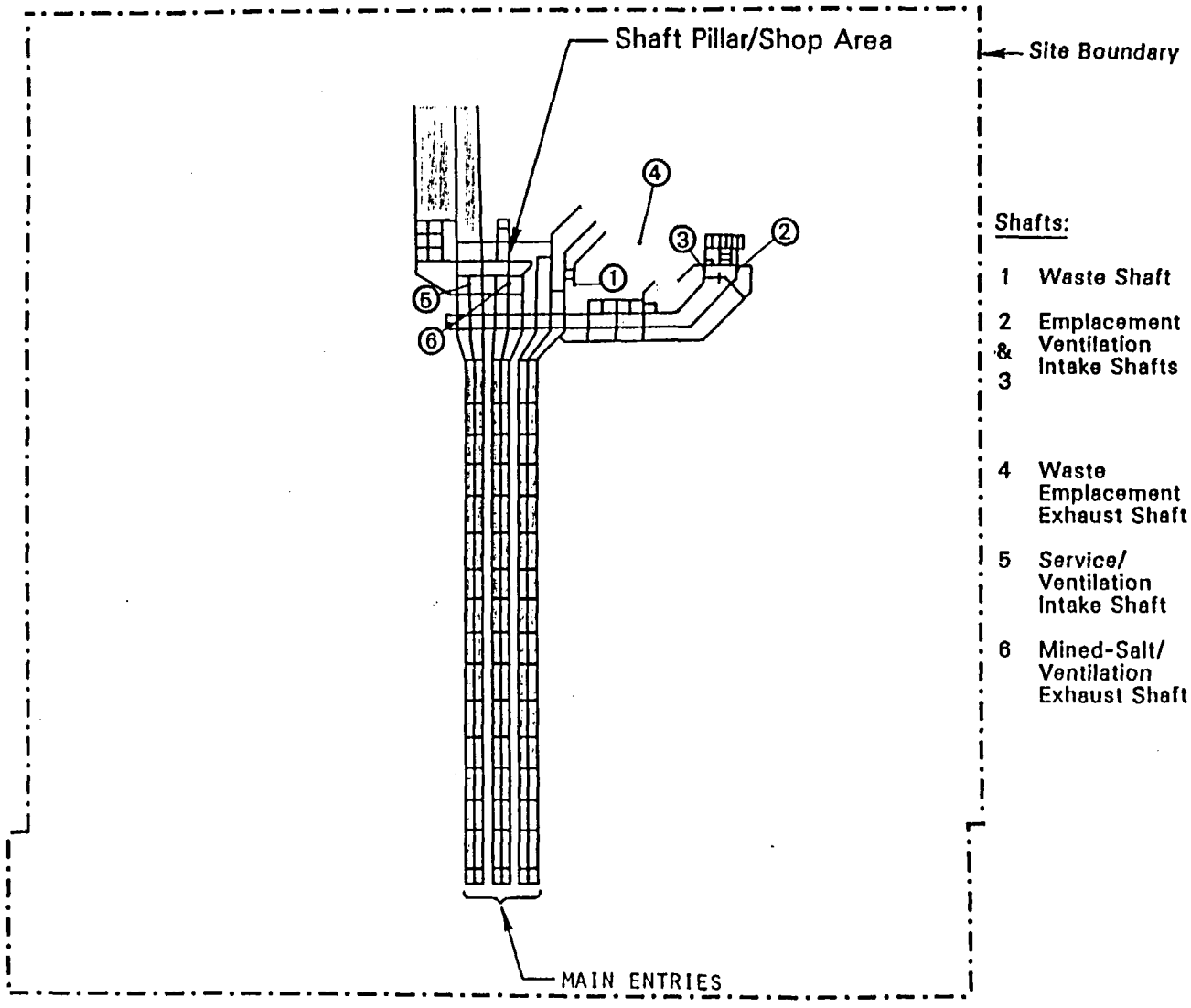
Impact of Salt Creep on the Design Approach

Impact of Salt Creep on the Design Approach

- Repository Layout
- Ventilation
- Room and Pillar Design
- Waste Package


Site Boundary
1
2
3
4
5
6
Shafts:
1 Waste Shaft
2 & 3 Emplacement Ventilation Intake Shafts
4 Waste Emplacement Exhaust Shaft
5 Service/ Ventilation Intake Shaft
6 Mined-Salt/ Ventilation Exhaust Shaft


Shaft Pillar/Shop Area
Site Boundary
1
2
3
4
5
6
Shafts:
1 Waste Shaft
2 & 3 Emplacement Ventilation Intake Shafts
4 Waste Emplacement Exhaust Shaft
5 Service/ Ventilation Intake Shaft
6 Mined-Salt/ Ventilation Exhaust Shaft



Shafts:

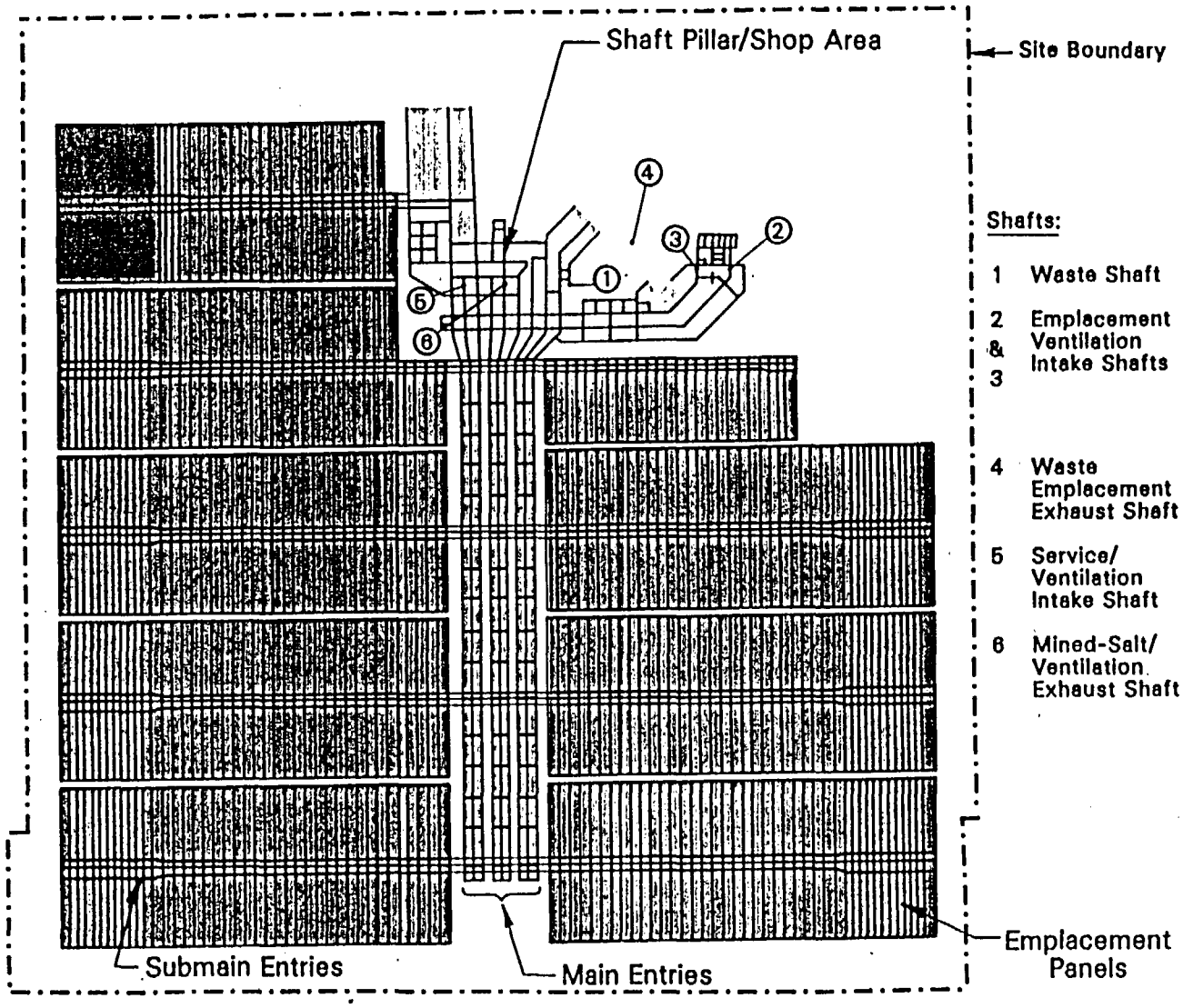
1 Waste Shaft

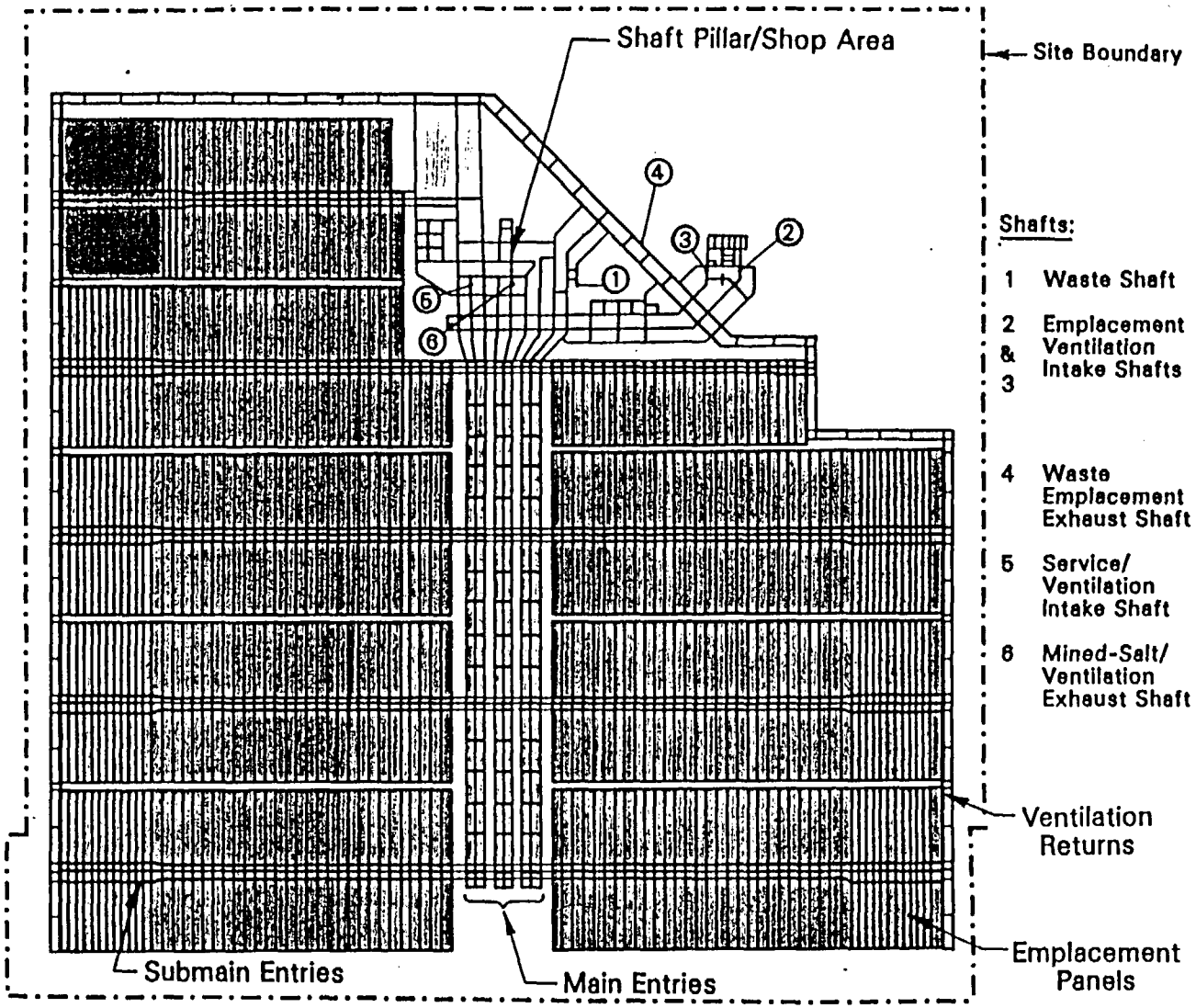
2 & 3 Emplacement Ventilation Intake Shafts

4 Waste Emplacement Exhaust Shaft

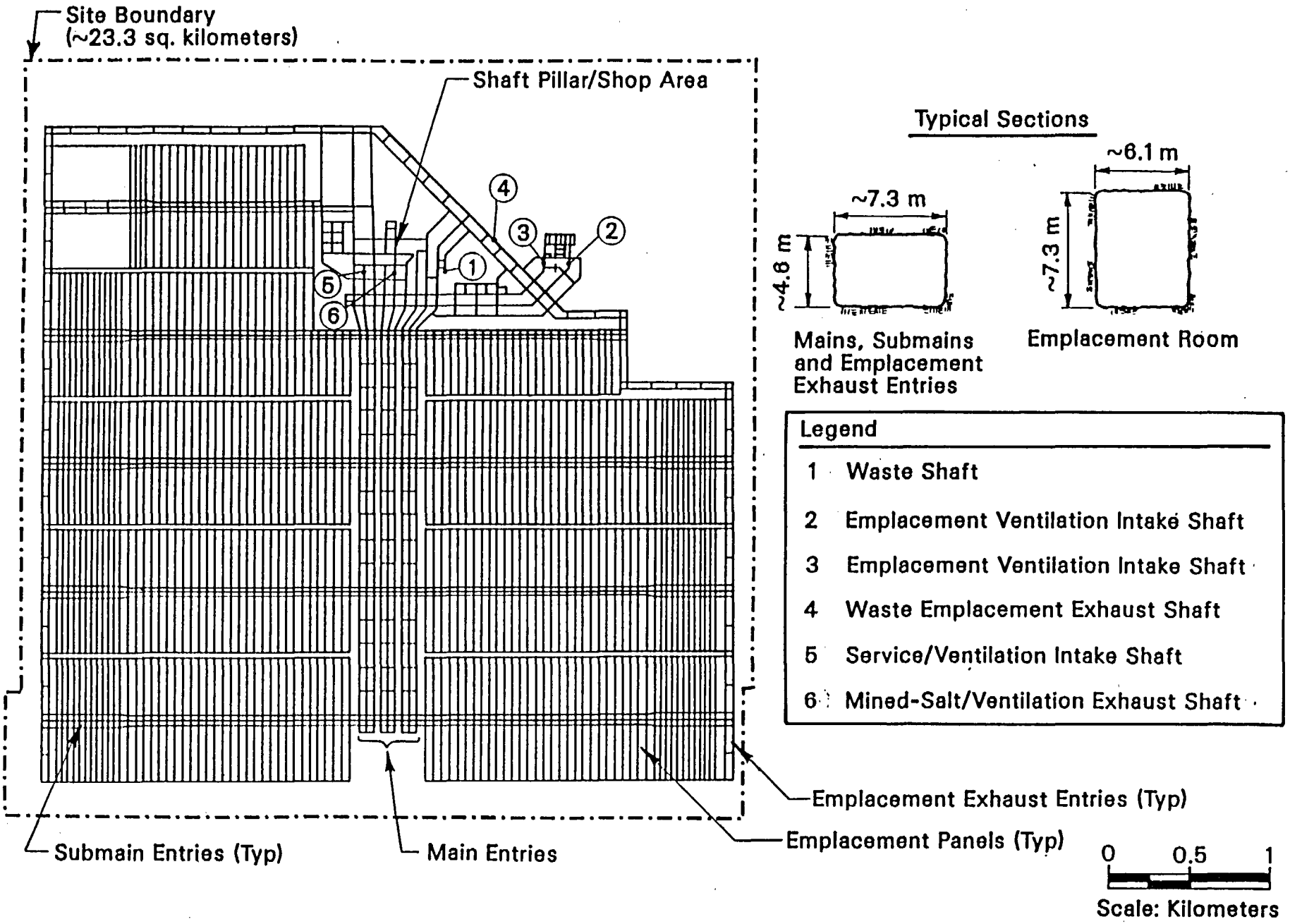
5 Service/ Ventilation Intake Shaft

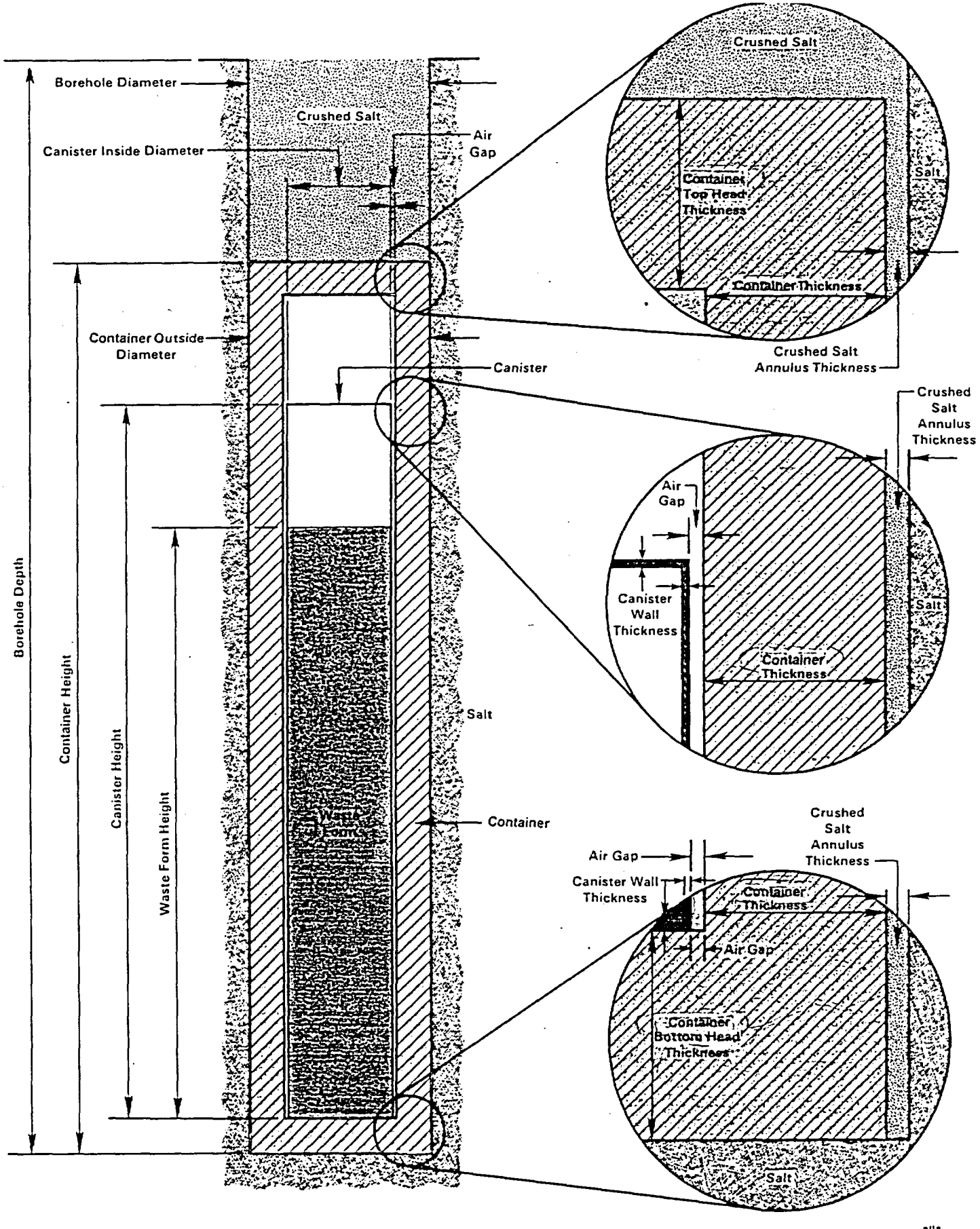
6 Mined-Salt/ Ventilation Exhaust Shaft


Shaft Pillar/Shop Area
Site Boundary
Shafts:
1 Waste Shaft
2 & 3 Emplacement Ventilation Intake Shafts
4 Waste Emplacement Exhaust Shaft
5 Service/ Ventilation Intake Shaft
6 Mined-Salt/ Ventilation Exhaust Shaft
Submain Entries
Main Entries
Emplacement Panels


Shaft Pillar/Shop Area
Site Boundary
Shafts:
1 Waste Shaft
2 & 3 Emplacement Ventilation Intake Shafts
4 Waste Emplacement Exhaust Shaft
5 Service/ Ventilation Intake Shaft
6 Mined-Salt/ Ventilation Exhaust Shaft
Ventilation Returns
Emplacement Panels
Submain Entries
Main Entries

Repository Layout





SCHEMATIC DRAWING OF GENERIC WASTE PACKAGES
EMPLACED IN BOREHOLE IN A SALT REPOSITORY

12/86

Retrievability

Retrievability

- Any or All Waste
- Up to 50 Years
- State-of-the-Art Technology
- Retrievability Compliance Study

Thermomechanical Analyses

beall/temp

Thermomechanical Analyses

- Thermal
- Mechanical
- Thermomechanical

Computer Code Verification and Validation

Computer Code Verification and Validation

- Definitions
- Procedures
- Peer Reviews

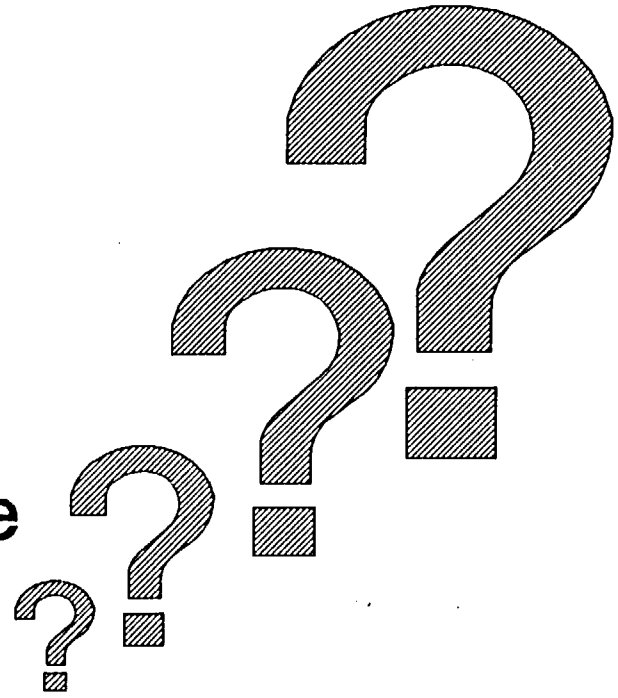
In Conclusion . . .

Objective

- Importance of T/M Analyses
- Uncertainties in T/M Analyses
- Accommodation of the Uncertainties

In Conclusion . . .

So where does this leave the design engineer who must develop a design?



In Conclusion . . .

When Possible –

- Use Simple Geology
- Minimize Bedding and Discontinuities
- Maintain an Extraction Ratio Below 20%
- Establish a Low Areal Heat Load
- Keep the Design Simple

3.5

PAPERS PRESENTED AT WORKSHOP

VOLUME II

STABILITY DEMONSTRATION CONCEPT AND PRELIMINARY DESIGN CALCULATIONS FOR THE GORLEBEN REPOSITORY

Manfred Wallner

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
Hannover, Federal Republic of Germany

ABSTRACT

Geological investigations have been carried out in order to determine the suitability of the Gorleben site for the construction of a final repository for all kinds of radioactive wastes. As part of the necessary safety analysis, a practical concept for demonstrating geotechnical stability is presented. The essential point of this concept is proper geomechanical modeling to evaluate barrier efficiency. The stability demonstration concept therefore must consist of an interrelated effort of engineering-geological and geotechnical investigations, laboratory and in situ-testing, computations, and in situ monitoring, integrating experiences in mining. Validation of the geomechanical model is necessary. Preliminary design calculations are oriented towards problem identification and trend indication. Some characteristic results are presented.

1. INTRODUCTION

In the Federal Republic of Germany the objectives valid for the operation of a repository mine for radioactive wastes are specified by the atomic-law and the radiation protection regulation. According to these objectives the final disposal of radioactive wastes in a geological medium should guarantee the protection of man and environment from harm caused by ionizing radiation of these wastes during the operation of the repository. After the completion of the operational phase the total repository must be closed off securely from the biosphere.

Criteria which guarantee these objectives have been developed by the Reactor Safety Commission and have been published as notification of the Federal Minister of the Interior Dec 17, 1982 [1]. The main feature of this notification is the statement, that no generally valid quantitative safety criteria can be established, because the engineering concept for the repository mine design and the requirements for the disposal products result from the existing, nonstandardized, total geological situation. The necessary safety of a repository mine in a geological formation consequently must be demonstrated by a site specific safety analysis, considering the specific geological situation, the repository mine design, and the waste product/package within the total system, also taking into account coupled processes in the near-field and far-field of the emplaced waste.

Especially the temperature increase, resulting from the decay heat of high level waste, will cause geomechanical and geochemical reactions which may be of extremely important influence on the barrier integrity. Within a R+D-Project, the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), Hannover, is developing a realistic and acceptable concept for geotechnical stability demonstration. These investigations will lead to suitable design criteria for the repository mine and a practical procedure to validate long-term stability of the final repository [5] .

2. MULTI-BARRIER PRINCIPLE AND SAFETY ANALYSIS

Final disposal is considered to be a maintenance-free, time-unlimited, safe storage of particular harmful materials. A final repository design for radioactive waste therefore has to fulfill the requirement of isolating this waste from the biosphere until it no longer prevents an environmental risk.

In principle, all final disposal concepts should be safeguarded by a system of parallel or interlocking natural and technical barriers (multi-barrier principle), although the effectiveness of such technical and natural barriers may receive different weighting in different disposal concepts (Fig. 1)

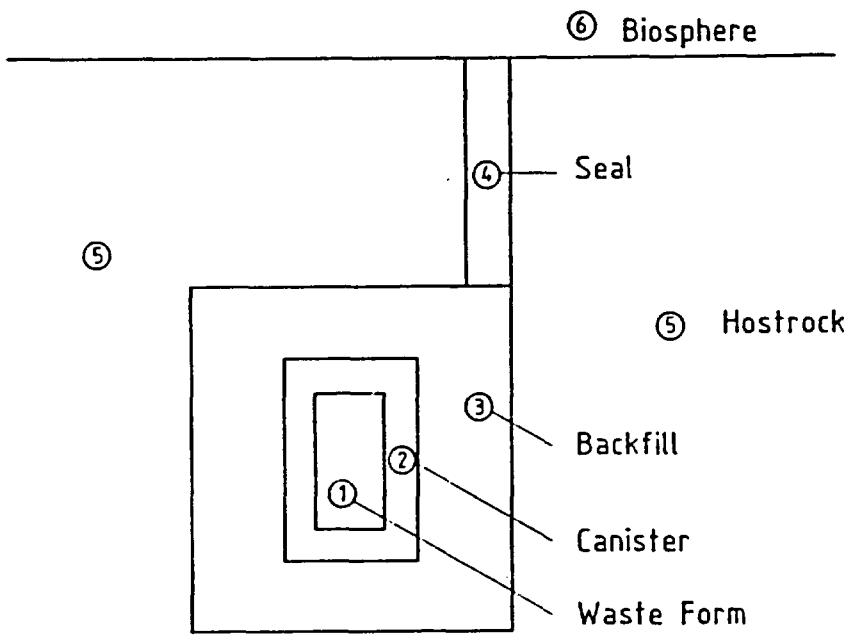


Fig. 1: Schematic Multi-barrier System

Technical barriers are the packaging of the waste products, and any artificial sealing materials. The natural barrier is provided by the rock formation surrounding the repository. From a rock mechanics point of view, a final repository in a salt formation can be constructed as an encapsulated system which is not the case in other host rock formations, showing jointing. The favorable barrier function of rock salt originates from the mechanical properties, as insignificant permeability, high ductility, and good heat conductivity.

The suitability of a particular geological formation for final waste disposal can only be demonstrated after a comprehensive safety analysis has shown that the interaction of the whole system "waste product/ disposal facility/overall geological situation" can maintain the pre-determined protection aims.

A safety verification concept (fig. 2) should include the following main features [6]:

a) Separate analysis of the effectiveness of individual barriers from the technical point of view (type of waste, package, sealing), rock-mechanical systems (boreholes, drifts, repository mine) and geological systems (hydrogeology, tectonics) using methods appropriate to each case, e.g.:

- statistical risk analysis in the case of the technical system,
- proof of geotechnical stability in the case of the rock-mechanical system,
- prediction of future geochemical, hydrogeological and tectonic processes in the case of the geological system.

b) Analysis of the physical and geochemical processes which may result form the mutual interaction of the barriers of the various systems with evaluation of their significance for the undesired transport of harmful materials, both in the near-field and the far-field, e.g.:

- investigation of the corrosion of waste package and sealing materials in a natural environment,
- evaluation of the geomechanical long-term processes in soil and rock,
- calculation of the thermally induced stresses and deformations with respect to the heat potential of the disposed waste and the characteristics of the formations in the vicinity of the repository.

c) Comprehensive safety analysis of the final repository by identifying and evaluating the mutual interaction of all barriers for the case of particular theoretically possible events (accidents, failure) which could lead to a risk of the release of radionuclides, e.g. judgement of the possible paths of release, and the thereby ensuing damage (scenario analysis, failure analysis).

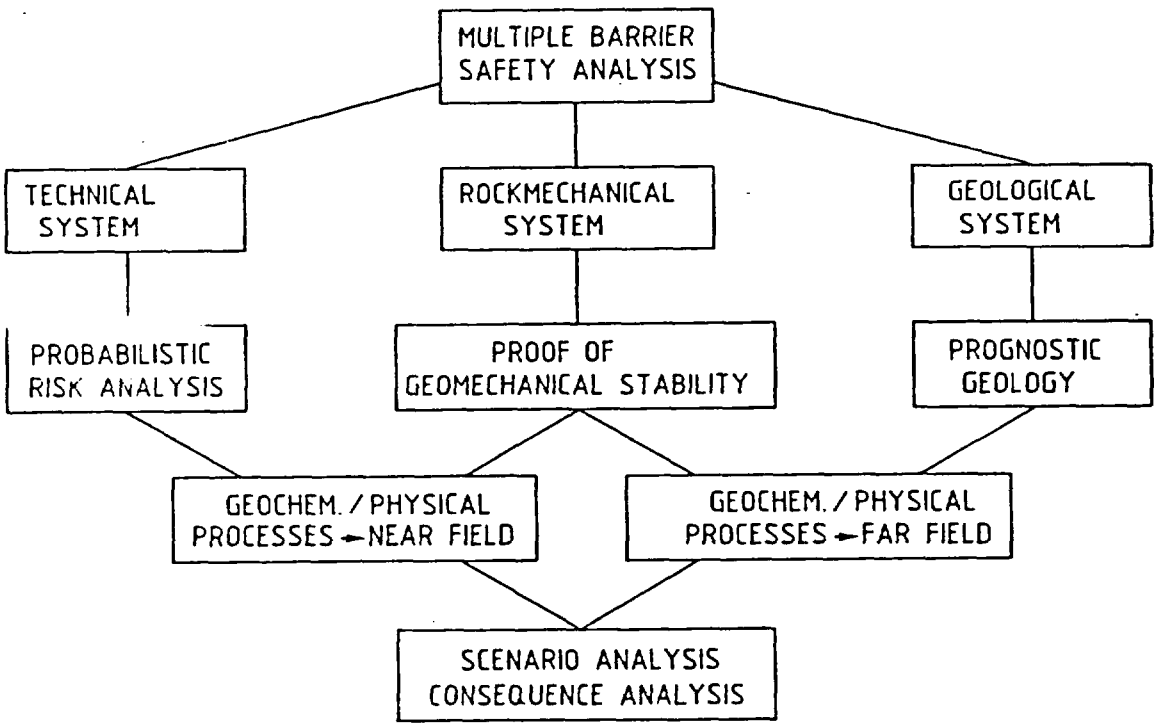


Fig. 2: Safety Analysis Concept

- statistical risk analysis in the case of the technical system,
- proof of geotechnical stability in the case of the rock-mechanical system,
- prediction of future geochemical, hydrogeological and tectonic processes in the case of the geological system.

b) Analysis of the physical and geochemical processes which may result form the mutual interaction of the barriers of the various systems with evaluation of their significance for the undesired transport of harmful materials, both in the near-field and the far-field, e.g.:

- investigation of the corrosion of waste package and sealing materials in a natural environment,
- evaluation of the geomechanical long-term processes in soil and rock,
- calculation of the thermally induced stresses and deformations with respect to the heat potential of the disposed waste and the characteristics of the formations in the vicinity of the repository.

c) Comprehensive safety analysis of the final repository by identifying and evaluating the mutual interaction of all barriers for the case of particular theoretically possible events (accidents, failure) which could lead to a risk of the release of radionuclides, e.g. judgement of the possible paths of release, and the thereby ensuing damage (scenario analysis, failure analysis).

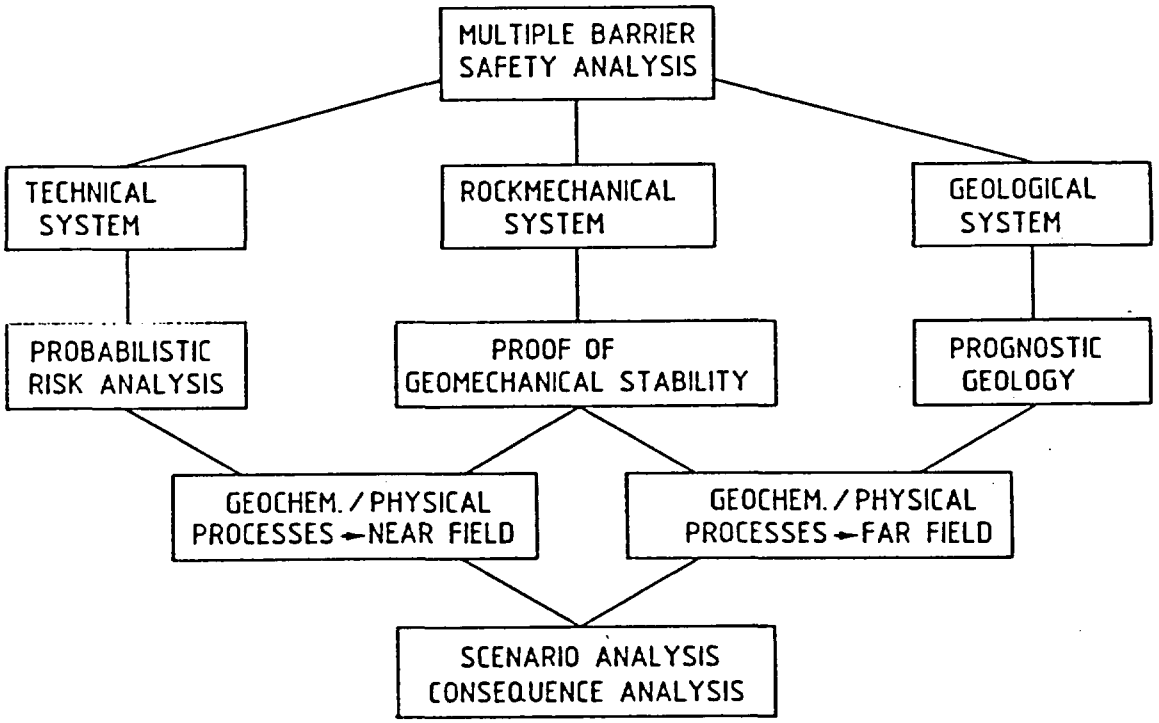


Fig. 2: Safety Analysis Concept

3. GEOMECHANICAL MODELING

3.1 Geotechnical Stability

Although the radionuclide release, namely solubility, nuclide transport, barrier permeability, and retardation behavior, are first order characteristics in a safety analysis, it can be realized from the above mentioned items that the mechanical stability of a barrier is a prior necessary condition for the barrier efficiency.

In this context, stability of the mining openings can be defined as the ability to withstand additional loads or stress redistribution due to excavation or thermal loading to an extend that transient stresses do not lead to fractures or inadmissible large deformations.

Related to the different stages in the repository life, different geotechnical stability problems have to be considered:

- for the construction and operation phase:
  stability of the mine (rock bearing capacity, convergency, usability) to guarantee safe construction and operation,

- for the post-operation phase:
  long-term integrity of the salt formation and the technical barriers (backfill and seals) to prevent or localize the release of radionuclides.

Beside that, the assessment of rock mechanical impact on possible or hypothetical events is questioned The resulting reference loading is of particular interest as design criteria for sealing structures.

Common engineering methods are not sufficient or even inadequate for evaluating the entire geotechnica problem, due to the complexity of geotechnical factors and processes which have to be considered.

The practical demonstration of the stability of the final repository can only be carried out by a combination of various investigations and computations. Engineering-geological and geotechnical investigations, rock-mechanical measurements, computations, in situ-monitoring, and mining experience must receive equivalent consideration. [7]

3.2 Objectives of computations

Numerical calculations are of particular significance, because the licensing procedure requires a prior reliable and convincing demonstration of safety. Thermally induced deformations, stresses, and resulting stability problems, however, are neither covered by previous mining experience nor have they been subject of practical applications.

Therefore, computations on the thermomechanical behavior have the following objectives:

- analysing thermo-mechanical processes by calculations shall lead to a proper assessment of consequences;
- experience-based conclusions can be extended by computations;

- rock-mechanical criteria for a stable mine design can be developed from computational parametric studies;
- the long-term assessment on the salt barrier integrity can not be evaluated from experiments alone but is only possible by computations.

3.3 CONSTITUTIVE MODELING

The proper idealization of the repository mine in the salt formation into a computation model is the basis for a realistic calculation. The geolocial environment has to be considered with complex properties, as internal structure, thermo-mechanical behavior, and initial conditions. Thereby, the correct description of the thermo-mechanical behavior of rock salt within a constitutive model is of fundamental importance.

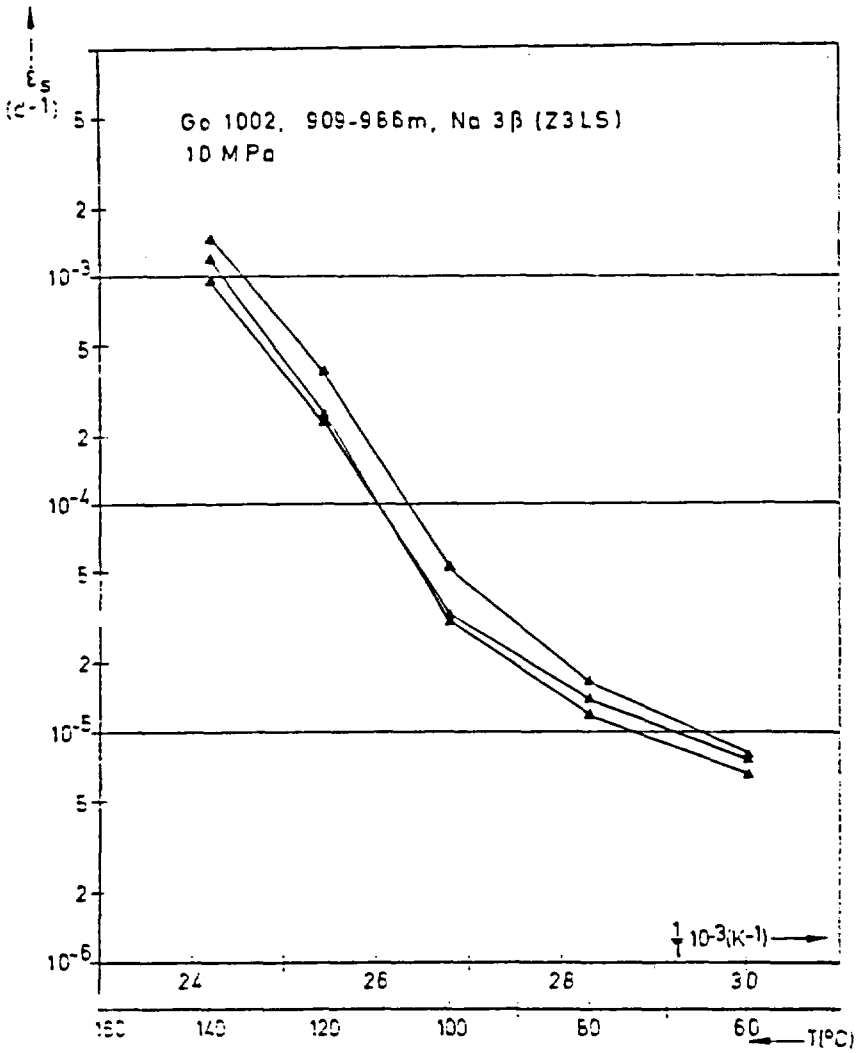


Fig. 3: Steady State Creep Dependence on Temperature, Gorleben Rock Salt

In the last two decades, world-wide an extensive laboratory testing program on rock salt under well-defined test conditions has been carried out. Within the salt program in Germany, the BGR has performe: a comprehensive test program.

Based on numerous test results, it became evident that the mechanical behavior of rock salt is highly nonlinear dependent on e.g. stresses, temperature and time [9]. Beside an elastic response, rock salt deformation behavior is characterized by long-term creep deformation under any deviatoric loading. Under constant test conditions (stresses, temperature, humidity) these creep deformations converge against a steady state. As an example, test results from variable-temperature creep experiments on Gorleben rock salt showing the temperature dependence on steady state creep are plotted in fig. 3 [3].

Although deviatoric stresses are reduced by creep deformations, fracture phenomena also occur at relatively high loading rates or under almost uniaxial stresses. Strain rate controlled triaxial tests under various confining pressure conditions are particularly suitable to define stable creep deformation against failure, as shown in fig. 4. In this evaluation failure is characterized by peak strength and residual strength as well as dilatency, the samples showing one or more shear fractures. The transition from failure to creep may also be defined as long-term strength [11].

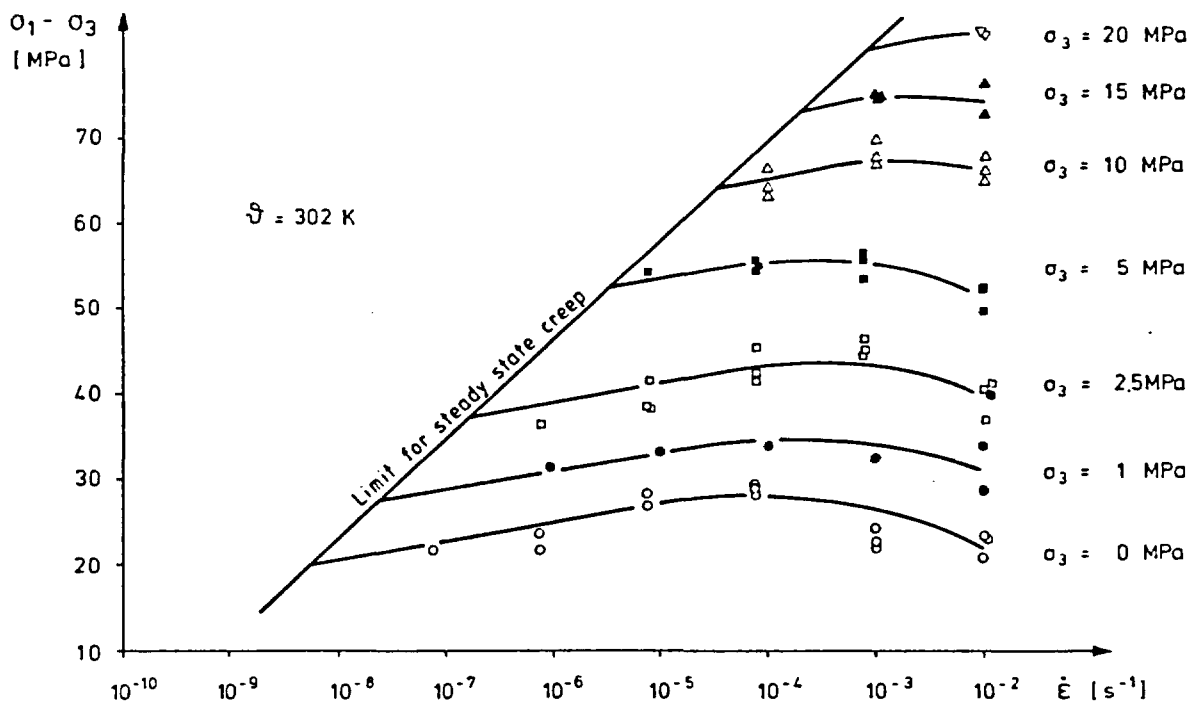


Fig. 4: Strength Dependence on Strain Rate and Confining Pressure, Asse Rock Salt

From the laboratory test evaluation point of view the thermo-mechanical behavior of rock salt seems to be well understood. Nevertheless, one has to confess that, up to now it is still discussed whether all aspects of the mechanical behavior are formulated consistently. The requirement of consistency originates from the necessity to predict rock response to thermal loading far ahead of time. From the numerical modeling viewpoint it is certainly possible to consider any mathematical description for the stress/strain behavior within a computation. However, it seems to be necessary, at least from an engineering point of view, to simplify the complexity of the entire stress/strain behavior to an extend at which only dominant parameters (with respect to the geotechnical problem in question) are involved.

In this context it should be mentioned that concerns pertaining to testing and constitutive modeling cover the following items [13]:

- What is the relative importance of time-independent plasticity (fracture model), transient and steady-state creep in (1) short-term studies and (2) long-term predictions?
  What experiments should/can be used to determine these components?
- How many and what different typs of measurements are needed to evaluate model parameters independently?
- What is the magnitude in natural data scatter and what are both causes and consequences?
- Are there still errors/inefficiencies in generalizing creep models to constitutive models?
- In principle, credible rationale for extrapolation involves correlations between models and physical processes controlling steady state creep. How will establishment of "true" steady state creep be demonstrated? What criteria should be met to demonstrate satisfactory correlation between creep data creep laws and deformation mechanisms?

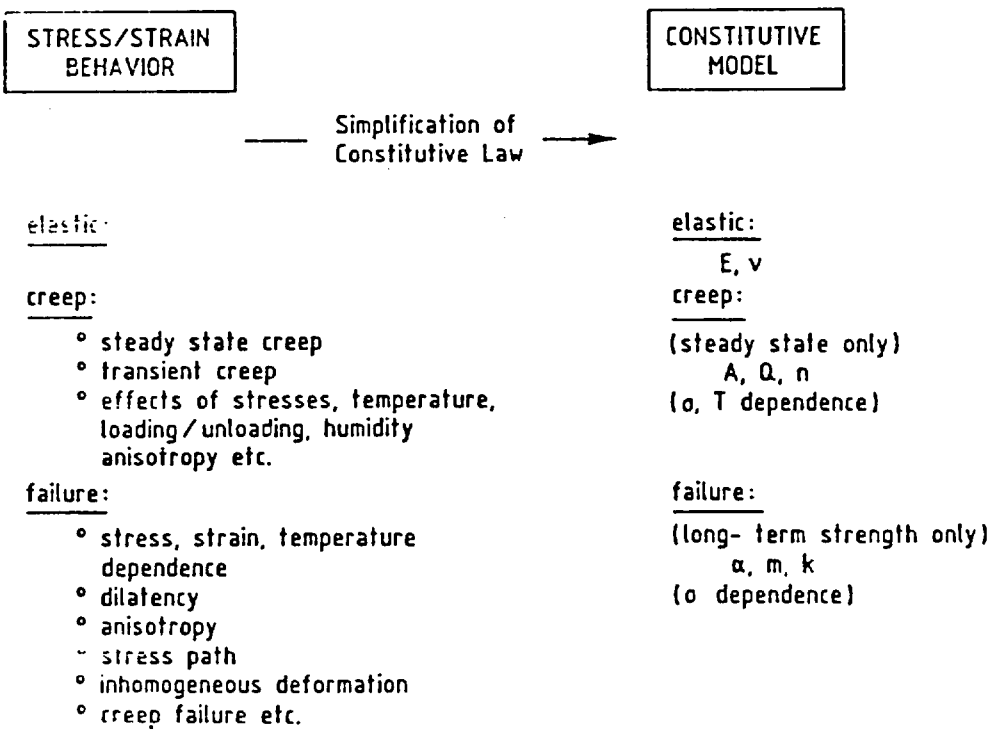


Fig. 5: Principle of Constitutive Modeling

Without any doubt it is necessary to consider the complex constitutive behavior of rock salt in order to calculate, predict and interpret salt rock response correctly. But I think it is also evident that every complex constitutive model has to be investigated with respect to consistency or inconsistency, respectively.

It is my strict conviction that the most possibly simplified but consistent constitutive model is not only the most efficient one with respect to computation time but also gives the right basis for necessary parametric studies, which are necessary from an engineering point of view. The principle of constitutive modeling is schematically illustrated in fig. 5.

The equivalent BGR Reference Constitutive Model is summarized in eq. 1-5, saying that the total strain rate is composed of an elastic, a thermal, a creep, and a fracture strain rate part. The elastic part (eq. 2) and the thermal part (eq. 3) are standard formulations.

The steady state creep formulation (eq. 4) is based on a multi-mechanism creep model, suggested by Munson and Dawson [8]. Transient creep is not incorporated because up to now the consistency of transient creep formulations are still discussed.

As a first rough approximation, fracture deformation due to long-term strength is described by a viscoplastic model (eq. 5) using an extended (curved) Drucker/Prager criterion and an associated flow rule:

$$\dot{\varepsilon}_{ij} = \dot{\varepsilon}^{el}_{ij} + \dot{\varepsilon}^{th}_{ij} + \dot{\varepsilon}^{cr}_{ij} + \dot{\varepsilon}^{f}_{ij} \qquad (1)$$

$$\dot{\varepsilon}^{el}_{ij} = -\frac{\nu}{E}\,\dot{\sigma}_{kk}\,\delta_{ij} + \frac{1+\nu}{E}\,\dot{\sigma}_{ij} \qquad (2)$$

$$\dot{\varepsilon}^{th}_{ij} = \alpha_t\,\dot{T}\,\delta_{ij} \qquad (3)$$

$$\dot{\varepsilon}^{cr}_{ij} = \frac{3}{2}\,\frac{\dot{\varepsilon}^{cr}_{eff}}{\sigma_{eff}}\,s_{ij}\,, \qquad \dot{\varepsilon}^{cr}_{eff} = \sum_{i=1}^{3} {}^{i}\dot{\varepsilon}^{cr}_{eff}\,(S, \sigma_{eff}, T)$$

$${}^{1}\dot{\varepsilon}^{cr}_{eff} = A_1 \exp(-Q_1/RT)(\sigma_{eff}/\sigma^{*})^{n_1}$$

$${}^{2}\dot{\varepsilon}^{cr}_{eff} = A_2 \exp(-Q_2/RT)(\sigma_{eff}/\sigma^{*})^{n_2}$$

$${}^{3}\dot{\varepsilon}^{cr}_{eff} = 2[B_1 \exp(-Q_1/RT) + B_2 \exp(-Q_2/RT)] \times \sinh\left(D < \frac{\sigma_{eff} - \sigma^{0}_{eff}}{\sigma^{*}} >\right) \qquad (4)$$

$$\dot{\varepsilon}^{f}_{ij} = \frac{1}{\eta} < F > \frac{\partial F}{\partial \sigma_{ij}}$$

$$F = \alpha \left(\frac{|I_\sigma|}{\sigma^{*}}\right)^{m-1} I_\sigma + \sqrt{II_s} - k \qquad (5)$$

3.4 NUMERICAL MODELING

It is quite evident that geotechnical problems related to the storage of heat-producing radioactive waste can only be numerically solved. Moreover, the finite element method is a technique particularly suitable to solve those highly nonlinear transient geotechnical problems.

In order to provide an efficient tool for the solution of thermomechanical response of rock salt in a nuclear waste repository, BGR in close cooperation with Control Data, Hamburg, developed the Special Purpose Code for Analysis of Nonlinear Thermomechanical Response of Rock Salt ANSALT [10].

The ANSALT code mainly consists of 4 modules with interactive data flow as schematically shown in fig. 6.

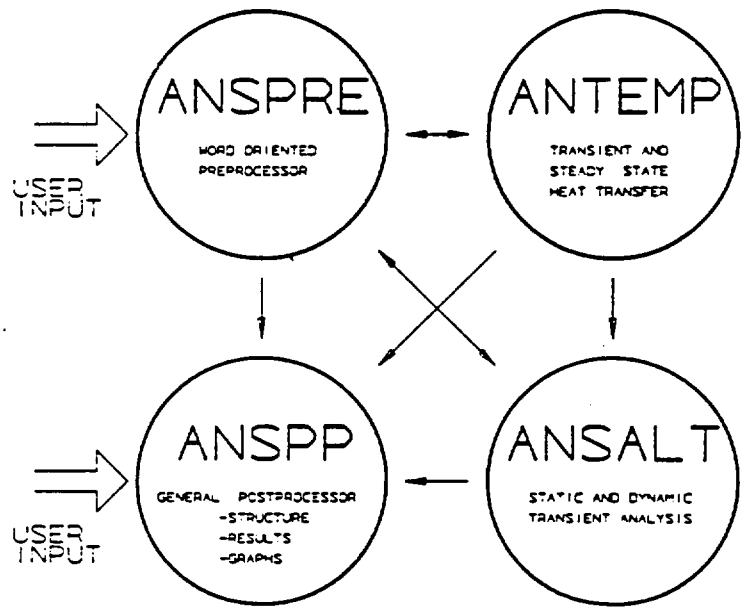


Fig. 6: ANSALT Data Flow

ANSPRE is a word-oriented preprocessor for both finite element codes ANSALT and ANTEMP with simplified keyword - oriented input. ANSPRE includes different generation and check capabilities as diagnostic error or warning informations.

ANSALT is a nonlinear finite-element-program to solve coupled thermomechanical problems.

ANTEMP is a nonlinear finite-element-program to solve steady state or transient heat flow problems.

ANSPP [illegible] graphical display and result processor which provides capabilities to plot the structure, its different materials, boundary conditions, element types etc. It displays or prints selected results in user specified ways, e.g.: deformed structure or parts of the structure, time history plots, line data as result display at user defined structure intersections.

Due to the modularity of ANSALT, well defined interfaces allow to incorporate new code capabilities, such as new finite elements, new constitutive laws etc. by adding a few subroutines, without changes to the existing code. Different solution algorithms and strategies with respect to computational efficiency are available. ANSALT has a library of material laws for elastic, viscoelastic, visoplastic, strain- and temperature-dependent material laws. The structure of this library allows the implementation of user-defined material laws in an easy and well defined procedure.
A summary of the features, material laws, geomechanical model description, solution strategies, and special geomechanical conditions is shown in fig. 7.

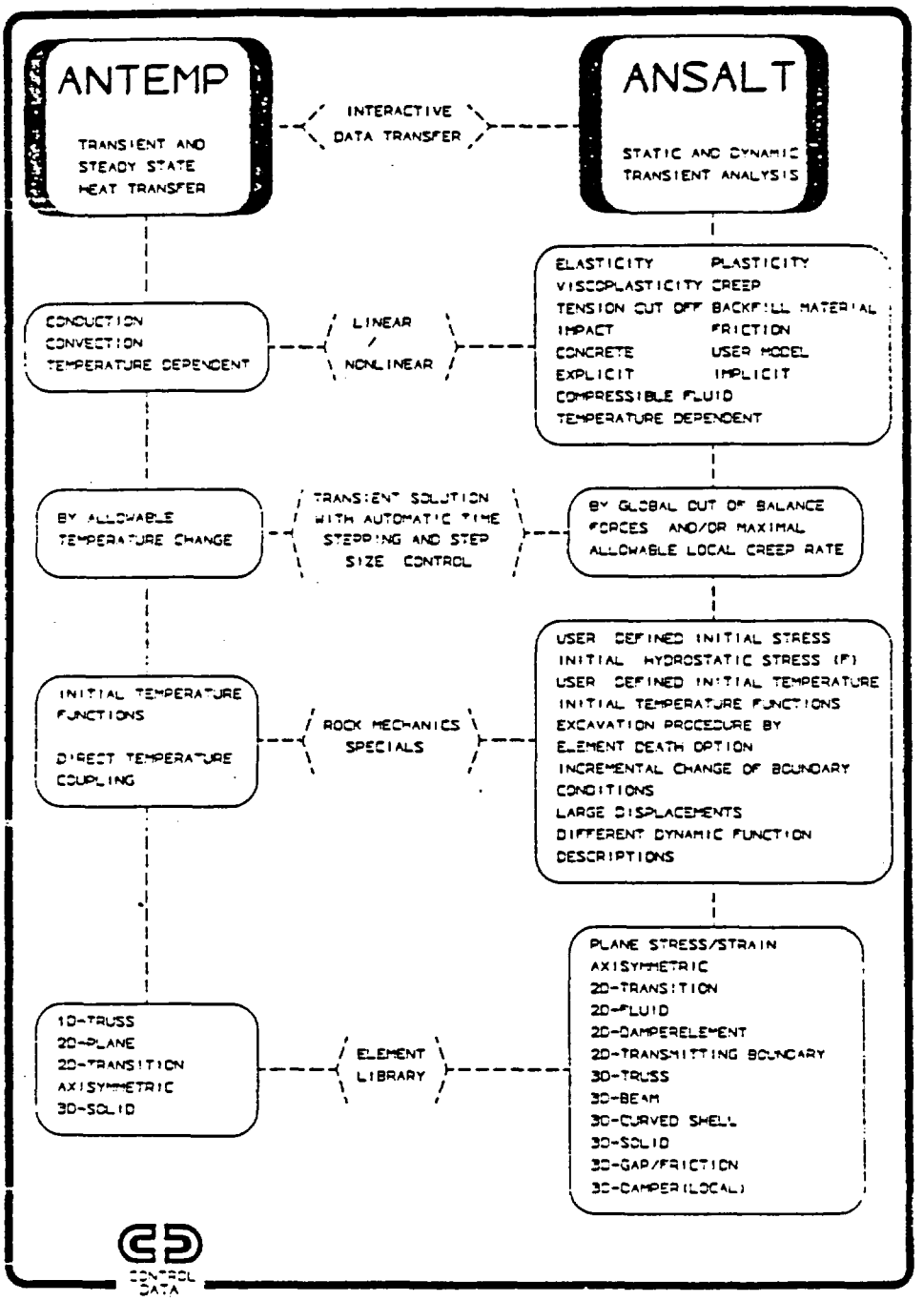


Fig. 7: ANSALT Code Capabilities.

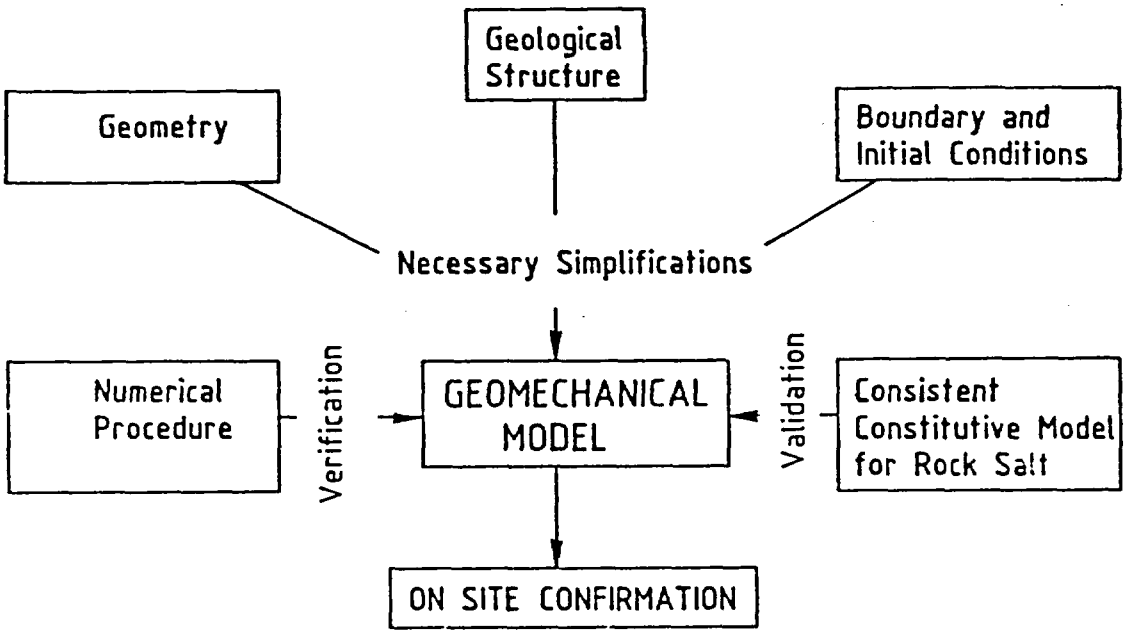


Fig. 8: Validation of Geomechanical Model

3.5 Model Validation

It is obvious that geomechanical modeling can only reach a certain level of accuracy, because the real thermo-mechanical behavior of a complex geological structure will always remain unknown up to a certai extend.

The scientifiely based engineer's approach, to overcome this general difficulty, is a continuous improvement of the model, appropriate to the improved knowledge of the input data. The main features of this approach are the establishment of a consistent constitutive relationship for the mechanical behavior, validation of this model, and quantification of site relevant input data. The principle of geomechanical model validation is sketched in fig. 8.

Developing a realistic geomechanical model, one has to bear in mind, that in a first step this already means necessary simplifications with respect to:

- geometry (determination of load-bearing behavior represented in spatial, plane, or axisymmetric models)
- geological structure (discretization of strata into zones of the same kind, namely the same geotechnical behavior)
- boundary and initial conditions (determination of stresses, temperatures, displacements, loads etc. at the boundary of the geometric model as well as their initital states or their changes through time).

Often these basic assumptions will not be clearly realized or at least will not be very well justified. Nevertheless, it is of crucial importance to represent those factors as realistically as possible.

Model validation itself has to follow a strict scientific procedure:

- Prior to validation the numerical code, used for computation, has to be verified. This means, it has to be proved that the code gives mathematically correct answers.

Analytical solutions can verify portions of various numerical procedures. As a part of verification, benchmarks among various codes will be applied. However, benchmarks do not verify but can only resolve why discrepancies occur.

- Model validation is achieved through successful predictions for laboratory test results or in situ results, taking into account a consistent constitutive model, proper boundary conditions, and initial conditions. Model validation in this sense is not curve fitting process by back-analysis, but a demonstration to what extend a particular consistent model is able to describe the thermo-mechanical response of the host rock, although the constitutive model perhaps does not take into account the entire mechanical behavior.

Model validation mainly means validating the consistency of the constitutive model. From this viewpoint laboratory testing can impose better well defined and controlled conditions than field testing because we can better isolate and validate aspects of the constitutive model by carefully designed laboratory test than we can in situ.

- A validated constitutive relationship for rock salt is than the proper basis for geomechanical modeling of the site specific geological situation. However, site specific units of equal mechanical behavior and related mechanical parameters have to be determined and are to be confirmed by field tests.

4. SALT BARRIER INTEGRITY COMPUTATIONS

4.1 Gorleben Salt Dome

The Gorleben salt dome has been investigated from a geological point of view since 1980 in order to determine the suitability for the construction of a final repository for all kinds of radioactive wastes. In 1980 and 1981, four exploratory boreholes were drilled from the surface down to a depth of 2,000 m as well as 31 boreholes down to the caprock. With respect to this information, two shaft pilot boreholes were drilled in the center of the Gorleben salt dome in 1982. Until 1985, 13 additional caprock boreholes have been drilled to investigate the transition zone between salt dome and caprock. Moreover, 150 km of seismic reflection data have been obtained. With that data, exploration from the surface is almost finished. The underground exploration started in 1984 with extensive preparations for shaft sinking. [4]

At present the excavation of the first shaft has reached a depth of about 100 m. At the second shaft location freezing of the overlying strata down to the caprock and the top of the salt dome has been almost finished.

Complex structures have been recognized in all boreholes, thus showing an intensive folding. Up to now, the structure of the salt dome can only be roughly described. The Gorleben salt dome has a length of almost 14 km. In the vertical direction it extends from 250 into 3,100 - 3,300 m below surface. The width of the salt dome reduces with depth and amounts to about 3 km at the repository level. A representative geological profile of a cross-section of the Gorleben salt dome is shown in fig. 10 [9].

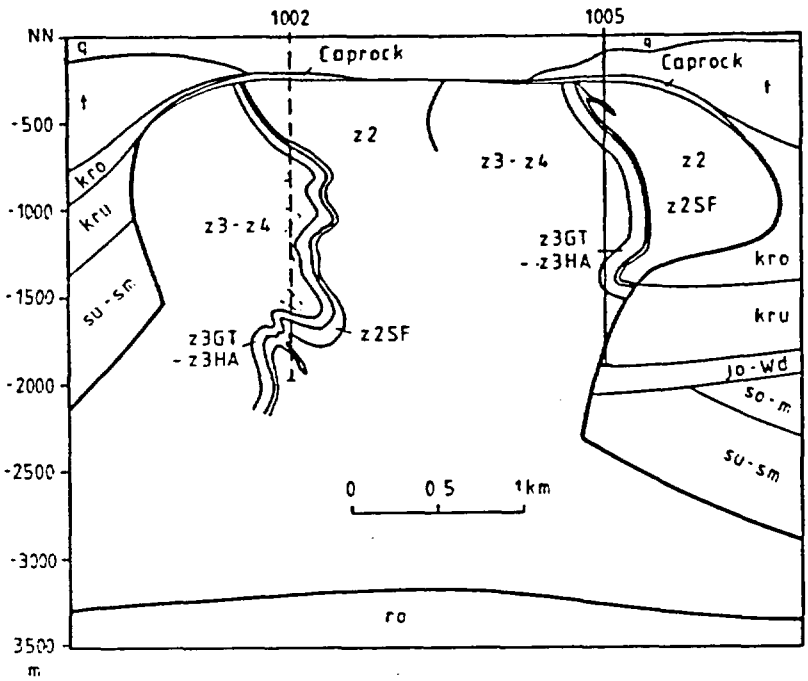


Fig. 9: Geological Profile at the Gorleben Salt Dome

The question, how good the salt formation is capable of sustaining thermal loading, was rised early and has been subject of many investigations. From the geomechanical point of view, thermally induced deformations and related stresses, as well as their influence on the barrier integrity, have been regarded.

Heat generation, due to radioactive decay, decreases with time. Therefore, in the beginning temperatures are increased in the vicinity of the repository, causing thermal expansion. This, however, results in thermally induces stresses because the rock mass builds up a transient resistance to deformation. Along with decreasing temperatures in later times, the rock mass then tends to contract and stresses are reduced in the repository area.

Assessment of the integrity of the geological barrier can only be based on coumputations. Preliminary [illegible] calculations are oriented towards problem identification and trend indication, since final input data for the computational model are not sufficiently available at the present stage of exploration of the Gorleben salt dome.

The numerical calculations, presented in the paper, are performed with the ANSALT code.

	Salt dome	Overburden	Adjacent rock
Thermal conductivity (W/mK)	$\frac{6.1}{0.0045T-0.229}$	2.1	2.6
Specific heat (Wd/m^{3}K)	22.0	22.0	22.0
Coeff of linear thermal expansion $\times 10^{-5}$ (1/K)	4.0	1.0	1.0
Elastic constants: E (MPa) ν (-)	25 000 0.27	250 0.3	15 000 0.27
Steady state creep (s. eq. 4) A (d^{-1}) Q (kJ/mol) n (-)	$A_1 = 0.18$ $Q_1 = 54.0$ $n_1 = 5.0$	—	—

Table I: Thermal and Mechanical Input Data, 3-D-Computation

4.2 3-D-Computations

From thermal calculations it is known that for long-time ranges a 2-D-model becomes invalid because it does not any more represent proper boundary conditions. Therefore, it is necessary to assess the effect on the thermo-mechanical response, resulting from the three-dimensional behavior.

For the computation, a simplified 3-D-model, representing only one quarter of the repository in the Gorleben salt dome, was considered. The geometric configuration is shown in fig. 10. Salt dome (1), overburden (2), and adjacent rock (3) were assumed to be homogenous. Thermal properties and mechanical behavior, taken into account, are listed in table 1.

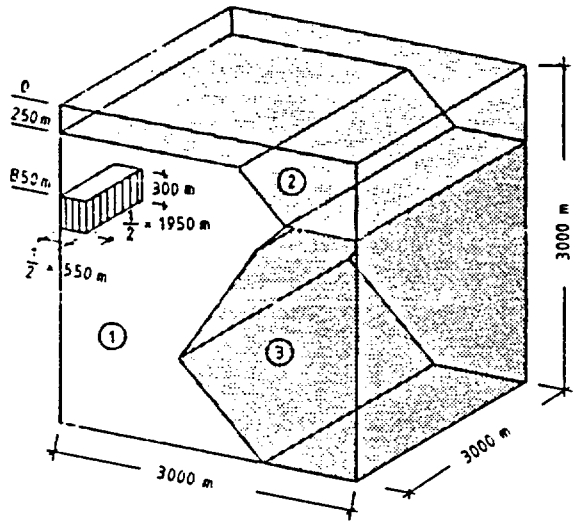
The initial heat generation in the repository corresponds to 0.24 W/m^3. The FE-Model consists of 592 20-node elements with a total number of degree of freedom of 7,862. Temperature, deformation, and stresses are calculated over a time range of 10,000 years.

Fig. 10: 3-D Gorleben repository model

(1) Salt Dome

(2) Overburden

(3) Adjacent Rock



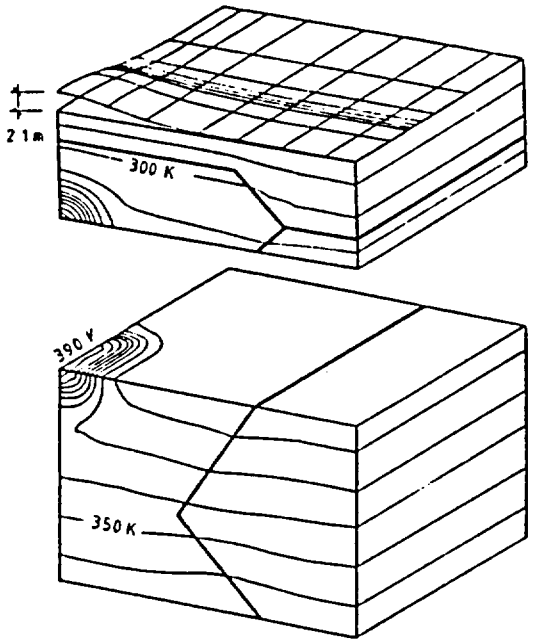


Fig. 11: Temperature Distribution and Surface Lifting after 1,000 years

4.3 2-D-Computations

The geological situation can only be modeled at a somewhat higher resolution at reasonable costs within a two-dimensional computation. The speculative cross-section of the Gorleben salt dome, as plotted in fig. 12, was assumed taking into account 15 separate homogenous layers.

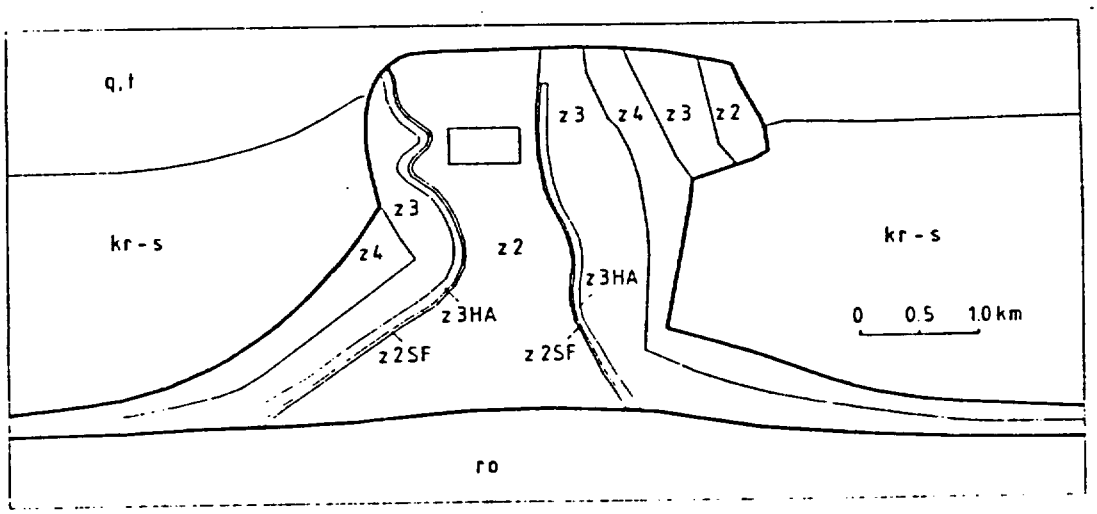


Fig. 12: Cross-section of the Gorleben Salt Dome as Assumed for Computation

	Zechstein salt z2	z3	z4	z2 SF (carnallitic)	z3 HA (anhydritic)	Quaternary Tertiary q,t	Cretaceous Bunter kr-s	Rotliegendes ro
Thermal conductivity (W/mK)	90%*)	80%*)	70%*)	0 6	100%*)	2.1	2 4	2 7
Specific heat (Wd/m³K)	22 0			23 0	22 0	22 0	22 0	22 0
Coeff of linear thermal expansion x 10⁵ (1/K)	4 0			2 5	1.6	1 0	1 0	1 0
Elastic constants E (MPa)	25 000			16 000	60 000	500	18 000	17000
Elastic constants ν (-)	0 25			0 27	0 23	0 33	0 25	0 25
Steady state creep (s eq 4) A (d⁻¹)	A_1 = 0 05	A_2 = 2 1 x 10⁶		A_1 = 1 8				
Q (kJ/mol)	Q_1 = 58 6	Q_2 = 113 0		Q_1 = 54 0	—	—	—	—
n (-)	n_1 = 5 0	n_2 = 5 0		n_1 = 5 0				

*) $\lambda = 6.1/(0.0045T - 0.229)$

Table II: Thermal and Mechanical Data, 2-D-Computation

Finite Element discretization is shown in fig. 13 consisting of 1,028 elements or 6,534 unknown, respectively. Due to the current state of site specific data evaluation, all thermal and mechanical parameters, as summarized in table II, are still assumed values. They are based on engineering-geological judgement. Especially the steady state creep behavior of all salt layers is uniformly considered to be at a lower bound. The heat loading in the repository corresponds to an initial heat generation of 0,219 W/m³.

Temperature distribution after 1,000 years (fig. 14) and the related far field deformations (fig. 15, deformations are scaled by a factor of 100) illustrate the computed results. A maximum temperature of 455 K was calculated after 150 years. After 2,000 years, the maximum surface lifting amounts to 3,3 m.

The main objective of these computations was to ascertain whether fracturing due to thermal loading may occur within the salt dome. Of course, this could not be determined by a single computation but only within a parametric study. Computations of this kind will be continued taking into account improved knowledge of the existing geological situation and the mechanical properties of the different layers. The computations carried out up to now indicate that thermally induced fractures will occur in the anhydrite layers. The salt layer between the repository mine and the anhydrite, however, will remain unfractured. Moreover, the top of the salt dome is likely to be fractured. The extend of these thermally induced tensile fractures depend, self-evident, on the integral thermal loading but also on the ductility of the salt and the geometry of the disposal field.

Characteristic results of a parameter-study within a very simplified computational model are shown in fig. 16. Tensile stresses or fractures only occur within a relatively small time scale (100 years). A high ductility (high creep capability) enables the salt rock to decrease the potential for fracturing while low ductility encourage the development of tensile fractures. With respect to possible creep parameters of domal salt these fractures, however, do not propagate too deep into the salt dome.

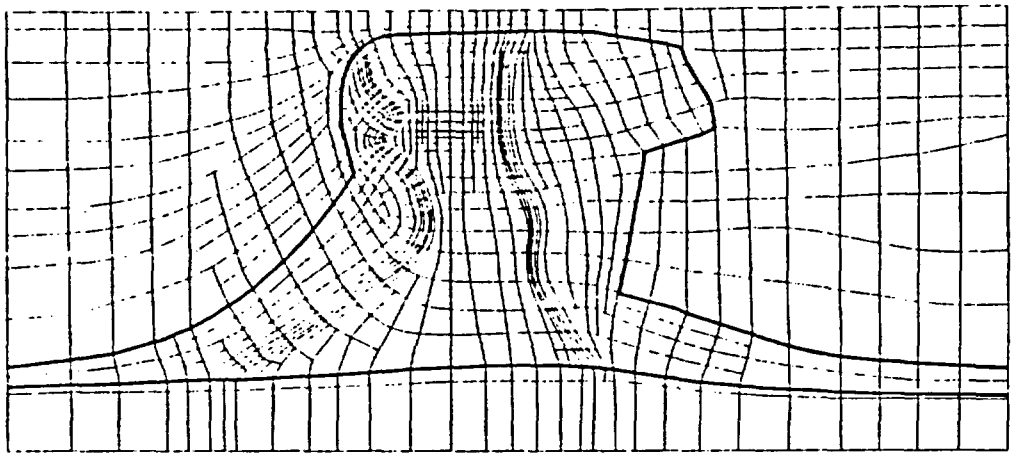


Fig. 13: Finite Element Mesh.

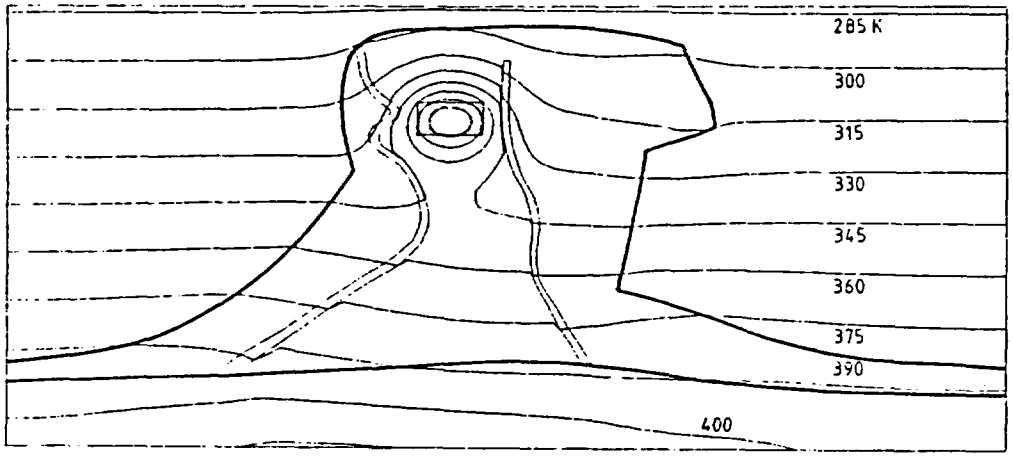


Fig. 14: Temperature Distribution 1,000 Years After Waste Implacement

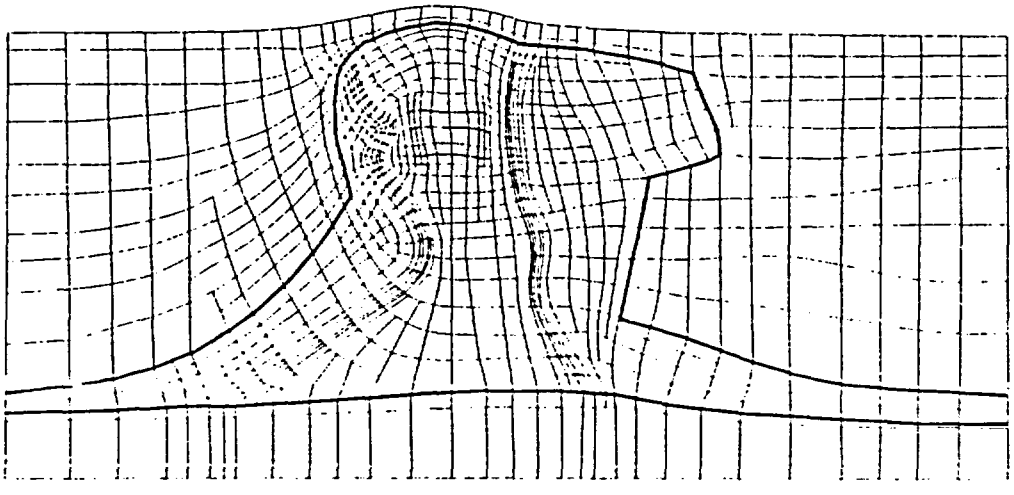


Fig. 15: Deformations 1,000 Years After Waste Implacement, Scaled by a Factor of 100.

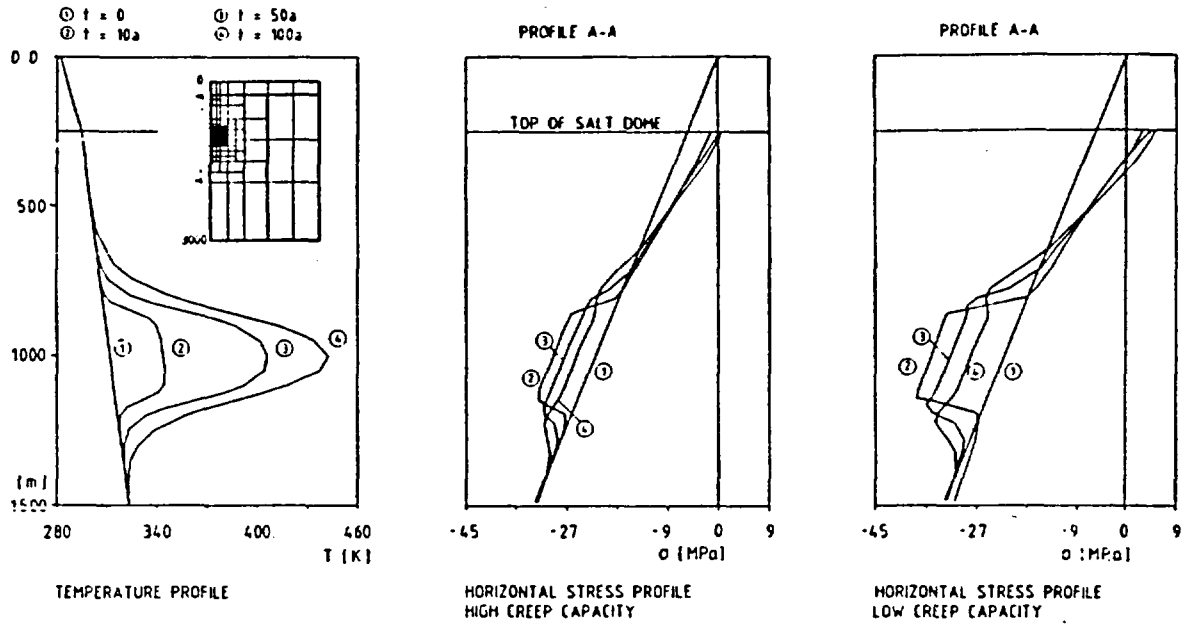


Fig. 16: Temperature and Horizontal Stress Distribution with Depth

5 CONCLUDING REMARKS

This paper presents some fundamental ideas with regard to demonstrating structural stability of a fina repository. Although tightness of the multi-barrier system is the first objective, mechanical stabilit of the barrier is a prior condition. Therefore, reliable predictions on the efficiency of the various barriers, based on numerical calculations, are of particular interest.

In a salt formation, the rock mass itself naturally provides the main barrier function. Proper geo-mechanical modeling and validation of the geomechanical model is necessary in order to be able to assess the long-term geotechnical stability of the geological formation.

Some computed results on the thermo-mechanical response, resulting from the final disposal of high radioactive waste, are presented as application case examples. Still highly idealized, the model for the Gorleben repository is able to characterize the thermo-mechanical effect, sufficiently.

The existing modeling technique provides a useful tool to compute barrier integrity calculations. Due to the present state of exploration, assumptions still have to be made, concerning the internal structure of the Gorleben salt dome and the definite repository configuration. However, the importance of various parameters, like thermal loading, ductility of rock salt, geometric configuration of the repository, etc., to the integrity of the salt barrier can be evaluated in a sensitivity study. Thereby, the non-occurance of tensile stresses within the salt-barrier is considered to be a criterion for a efficient and safe disposal mine layout.

Along with the underground exploration of the Gorleben site, further development of the model must attempt to consider the internal structure of the salt dome in more details. Further computations will be carried out with the intention to adapt a preliminary repository design to the explored internal structure of the Gorleben salt dome.

REFERENCES

[1] RSK (Reaktorsicherheitskommission): Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk. Bundesanzeiger, Jhrg. 35, 2, 1983

[2] BORNEMANN, O., GIESEL, W. & JARITZ, W.: Geoscientific Investigation of the Gorleben Site, Germany, IAEA Int. Symp. on the Siting, Design and Construction of Underground Repositories for Radioactive Wastes, Hannover, F.R. Germany, March 3-7 (1986)

[3] DIEKMANN, N., HUNSCHE, U. & MEISTER, D.: Geomechanische Untersuchungen an Steinsalz unter erhöhten Temoeraturen (Geomechanical Investigations on Rock Salt under Elevated Temperatures). Zeitschr. dt. Geol. Ges. (in preparation)

[4] JARITZ, W.: Das Konzept der Erkundung des Salzstocks Gorleben von übertage und die Festlegung von Schachtstandorten (The Concept of Exploration of the Gorleben Salt Dome from the Surface and the Determination of Shaft Locations), N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 166, 1, p. 19-33 (1983)

[5] LANGER, M. & VENZLAFF, H.: Sicherheitsnachweis und Störfallanalyse für ein Endlagerbergwerk im Salzgebirge. Geol. Jb. A 75, Hannover, p. 627-633 (1984)

[6] LANGER, M.: Safety Criteria Required for Waste Disposal. Proc. Interdisciplinary Expert Meeting o Geoenvironment and Waste Disposal, Vienna, Austria, March 21-23, 1983, p. 203, UNESCO (1985)

[7] LANGER, M., PAHL, A. & WALLNER, M.: Engineering-Geological Methods for Proving the Barrier Efficiency and Stability of the Host Rock of a Radioactive Waste Repository. IAEA Int. Symp. on the Siting, Design and Construction of Underground Repositories for Radioactive Wastes, Hannover, F.R. Germany, March 3-7 (1986).

[8] MUNSON, D.E. & DAWSON, P.R.: Constitutive Model for the Low Temperature Creep of Salt (with Application to WIPP), SAND 79-1853, Albuquerque, N.M., Sandia National Laboratories (1979).

[9] WALLNER, M.: Analysis of Thermo-Mechanical Problems Related to the Storage of Heat-Producing Radioactive Waste in Rock Salt. Proc. 1st. Conf. on the Mechanical Behavior of Salt, The Penn sylvania State University, University Park, Pennsylvania, Nov. 9-11, 1981, p. 739-763, Trans Tech. Publications (1984).

[10] WALLNER, M. & WULF, A.: Thermomechanical Calculations Concerning the Design of a Radioactive Wast Repository in Rock Salt, Int. Symposium Felsmechanik in Verbindung mit Kavernen- und Druck-schachten, Aachen 1983, Bd. 2, p. 1003-1012

[11] WALLNER, M.: Stability Calculations Concerning a Room and Pillar Design in Rock Salt, 5th Int. Congress on Rock Mechanics, Melbourne, Australia, 1983, DA-D15

[12] WALLNER, M.: Stability Demonstration Concept and Preliminary Design Calculations for the Gorleben Repository. Proc. "Waste Management", Tucson 1986, Vol II, p. 145-151

[13] WAWERSIK, W.R.: Personal Communication

Rock mechanics modelling for radioactive waste disposal in hard rocks and salt

Bernard COME

Commission of the European Communities, Brussels

Rock mechanics modelling studies are a key component of geological radioactive waste disposal investigations, in order to build stable repositories and to predict the long-term behaviour of the host medium. Examples of Community research in this field are given about hard rock and salt, particularly :

- "admissible thermal loading" in granite and salt;
- repository design studies, and modelling of in-situ thermo-mechanical tests in granite and salt.

Demonstration activities and benchmarking of computer codes will contribute to improving the reliability of these analyses.

1. Introduction

Among the numerous studies relating to geological disposal of radioactive waste, rock mechanics investigations are of paramount importance. Firstly, one must be able to design and construct stable and safe repositories before they are backfilled, i.e., during the "operational" phase of waste deposition; and secondly, the large-scale and long-term mechanical behaviour of the host formation must be reliably predicted, as a contribution to the total safety assessment of the disposal concept on a specified site. For this kind of analyses, computer codes mainly using the finite-element method are the most adequate tools /1/. A specific feature of such calculations for high-level waste is that the heat emission from the waste has to be considered. Although the "instantaneous" thermal power of a typical vitrified waste container is not very high (fig. 1) the total heat output, emitted between burial time and infinity, is about 2.10^{12} J. This heat quantity propagates in the surrounding rock and brings about two inter-related kinds of effects : (a) stresses and strains due to the thermal expansion of the rock, and (b) possible changes in the geological properties of the host medium, e.g., drop of strength, enhanced creep and/or creation of fractures. Several studies /2/, /3/ have already addressed this "thermal loading" of the geological formations, i.e., the density of thermal energy released per unit volume of host rock, and the associated effects. The present paper will concentrate on examples of Community research in this field, and will be limited to granite and salt host formations. Further details can be found for instance in the proceedings of the first and second Community Conferences on Radioactive Waste Management /4/, /5/.

2. The Concept of Admissible Thermal Loading

The geological host formation and the surrounding terrains will have to play the fundamental role of "geological barrier" to ensure retardation and/or confinement of disposed radionuclides even after the eventual degradation of the engineered barriers. Therefore, the favourable properties of this geological barrier (e.g., imperviousness, stability, continuity) must be preserved during and after the operational phase of a repository. As a consequence, any disposal system (i.e., waste + engineered barriers + repository) must be designed and constructed so that the thermo-mechanical effects of heat emission from the waste do not lead to early and irreversible degradation of the geological barrier. Particularly, thermally induced stresses and strains must be kept at an acceptable level, preventing excessive deformation, and possible fractures, of the rock. This is achieved by controlling the temperature increase in the repository area, a direct result of the heat density deposited in the rock. Evaluating the "admissible thermal loading" of the host formation is therefore a key element of any safety study related to a specific site and disposal concept.

A first attempt at deriving numerical values of the admissible thermal loading in various host media (granite, plastic clay, salt) was the subject of a Community study performed in 1980 /2/. It must be noted that many aspects of the influence of heat were considered, particularly the behaviour of waste glass and engineered barriers, rock-mechanics problems, and also the influence of heat on induced and/or modified groundwater flows and associated radionuclide migration. For the purpose of this paper, only the most important rock-mechanics items investigated are recalled here :

- behaviour of the rock (and possible buffer material) in and around disposal holes, i.e., close to the waste canisters;
- stability of repository galleries, either open or backfilled, when subjected to the heat emanating from the underlying wastes;
- behaviour of the entire host rock in the repository area;
- behaviour of terrains in the vicinity of the host formation (e.g., sedimentary sequences near a salt dome).

The study showed that adequate design solutions were available so that no excessive disturbance was brought about in the rock in any of these "compartments". Furthermore, the disposal concepts identified were "admissible" not only from a rock-mechanics point of view, but also as regards the durability of the other barriers (waste glass, metal overpacks), due to the low temperature rises involved. It is the purpose of the following paragraphs to describe these concepts developed for granite and salt, the associated computer modelling, and also the back-up experimental programmes now being performed.

3. Repository Design, Modelling and Associated Experiments for Granite

3.1. Repository Concept

The design was elaborated in the framework of a conceptual study carried out by GEOSTOCK and SGN /6/. Following a preliminary phase, a deep repository was designed for 30,000 high-level waste

containers emplaced after 30 years' cooling time in a "notional" granite batholith. The system consists of 82 parallel galleries, each 2.2 km long, at 26 m distance between centre lines, 1,000 m deep, connected to the surface via 6 large diameter shafts. In the floor of the galleries, 100 m deep vertical disposal holes are machine-drilled at 30 m pitch. These 6,000 disposal holes accommodate each 5 waste canisters separated by 20 m vertically (fig. 2). The galleries are excavated by drill and blast techniques. Once 3 galleries are excavated, the disposal of wastes can start and continues per groups of 3 galleries. The total operation of the repository, including backfilling with clay/sand mix, and shaft sealing, extends over 81 years.

All calculations for this concept were carried out at the Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Paris, using the general purpose code ROSALIE /7/.

Table 1 puts together the rock properties used for calculations.

3.2. Thermal Calculations

Prior to the thermo-mechanical study, the evolution of the temperature field in the vicinity of the containers, and in the surrounding rock, was calculated. It was assumed that all heat sources were placed in the repository at the same time, each emitting about 935 watts at disposal time. Fig. 3 gives a typical temperature evolution curve at the centre of the repository area; the maximum global temperature rise of 22°C above the 40°C ambient is obtained 65 years after repository closure. Close to the heat sources, the total temperature does not exceed 115°C, 2 years after deposition.

The thermal stresses induced by the heating were then superimposed to the initial stresses of geostatic origin, the ratio between horizontal and vertical stresses (Ko) being assumed to be 0.7 then 1.3.

3.3. Mechanical Calculations - Disposal Hole

In normal operation phase, a dense clay-based buffer material is supposed to fill any void between containers and host rock. Therefore, the rock near the containers is in a confined triaxial state of stress so that no failure can take place there. However, a "worst-case" calculation was performed assuming that empty disposal holes are subjected to the full geostatic and thermal stresses. Given the strength of the granite (compressive strength 150 MPa), it could be shown that the disposal hole would remain stable except at the bottom of the hole, where higher stress concentration would take place. This favourable situation would allow to consider retrievability of the waste for 50 years after deposition.

3.4. Mechanical Calculations - Open Galleries

Open galleries were calculated in plane strains, assuming that mid-planes between galleries were planes of symmetry and of nil horizontal deplacement. At the level of the galleries, the maximum temperature rise was about 15°C. There were two kinds of mechanical phenomena affecting stability : (a) a vertical upwards translation of the whole gallery, amounting to about 1.5 cm at the

time of the maximum heating; and (b) an additional horizontal stress of 6 MPa maximum value. The resulting deformed shape of a gallery cross-section, compared to the initial contour, is given in fig. 4 for the case Ko = 1.3, i.e., the worst situation. Even in this case, there still remains a large margin between the maximum compression stress at the wall of the gallery (105 MPa at the bottom corner) and the compressive strength of the rock.

3.5. Mechanical Calculations - Host Formation

The temperature curves presented in § 3.2 were used to calculate the stresses and displacement at the scale of the entire batholith, assuming the rock to be perfectly elastic and continuous. With these hypotheses, an additional horizontal compressive stress of 8.5 MPa develops at the time of highest temperature rise, then decreases slowly. On the other hand, the rock cover above the repository is subjected to a horizontal tensile stress, which comes in deduction of the initial geostatic stress. This horizontal tension does not vanish at ground surface and culminates at 0.6 MPa after 60 years. Similarly, the maximum ground surface uplift at this time is about 2 cm. Fig. 5 shows an (exaggerated) picture of these effects. Similar studies /8/ have shown the magnitude of the thermal horizontal tensile stresses to be strongly dependent upon the depth and shape of the repository. A deep, flat repository like the one considered here induces only a small amount of tensile stresses. Any risk of deep cracks being initiated and/or propagated through the rock cover, in this case, is virtually negligible. This is a favourable aspect of this concept compared with others /9/.

Parallel studies in /2/ also considered the possibility for heat-induced convective currents to appear in the water of large, thin, vertical fractures within the granite. More realistic works based on field data, for which an initial regional groundwater flow was introduced, have shown that the heat emission from the repository would only slightly disturb the original groundwater regime /10/.

3.6. Summary of Preliminary Parameters for "Admissible Thermal Loading" in Granite

It must be stressed here that the figures given below must be considered as indicative only, as they were obtained from a "generic" study /2/. For any specific site and disposal concept, all calculations should be resumed with the actual site features.

Canister diameter (cm) : 35
height (cm) : 150
volume (l) : 150

Heat output at disposal time (W) : 935
Elementary rock cell (m^3/kW) : 15,000
Specific surface (m^2/kW) : 150
Cooling time prior to disposal : 30 years minimum

Table 1. Thermal and mechanical data for granite calculation

Thermal conductivity	2.5 W/m/°C
Specific heat	825 J/kg/°C
Specific gravity	2,650 kg/m^3
Thermal expansion coefficient	8.10^{-6} °C^{-1}
Young's modulus	45 GPa
Posson's ratio	0.25
Compressive strength	150 MPa
Tensile strength	7.5 MPa

Table 2. Thermal and mechanical data for salt calculations
(values mainly derived from the ASSE salt mine)

Thermal conductivity	5 W/m/°C (20°C), 3.5 W/m/°C (200°C)
Heat capacity	$1,9.10^6$ J/m^3/°C (20°C)
Thermal expansion coefficient	4.10^{-5} °C^{-1}
Young's modulus	24 GPa (20°C)
Posson's ratio	0.27 (d°)
Secondary Creep law	$\dot{\varepsilon}_{cr} = A \cdot \sigma_{eq}^{n} \cdot \exp\left(-Q/_{RT}\right)$
with	$A = 0.18$ day^{-1}
	$n = 5$
	$Q = 54.10^3$ J/mol
	$R = 8,32$ J/mol/°C = gas constant

3.7. In-situ Experiment and Calculations to Back-up the Concept

An in-situ experiment in a test room of the FANAY-AUGERES uranium mine near Limoges, France, is being prepared by the Commissariat à l'Energie Atomique (CEA-IPSN). The aim of the test is to heat a large volume of rock at the floor of the room by means of heaters inserted from another gallery nearby /11/. Fig. 6 shows a cross-section of the test arrangement. It is anticipated that some scaling between time and space for heat propagation (t/l^2 being the governing ratio, with t = time and l = length scale) would make it possible to - at least partly - simulate, by this experiment, the behaviour of a granite mass with a real scale repository. Particularly, the influence of thermal stresses on existing fractures will be monitored by strain and permeability measurements. Fig. 7 gives the predicted deformation of the floor surface for the maximum temperature of 92°C.

4. Repository Design, Modelling and Associated Experiments for Salt

4.1. Repository Concept

The favourable properties of salt as regards heat propagation (high thermal conductivity) and mechanical behaviour (enhanced creep deformability under heating) were considered for repository design studies in the Federal Republic of Germany and in the Netherlands /4/ /5/. As disposal should take place in a salt dome, with restrictions as regards lateral space available, repositories are of a "compact type" and waste canisters are to be piled up in deep boreholes (300 m deep, and even more), widely spaced, dry-drilled from galleries excavated by point attack machines. A typical lay-out for such a repository was considered in the framework of a Community study about "cost and financing of radioactive waste disposal" /12/, and is consistent with the thermal calculations reported in /2/. The access galleries are 840 m deep, with 50 m between centrelines; the 310 m deep disposal holes are dry-drilled also at 50 m pitch (fig. 8). This would allow a "safety distance" of 200 m minimum to be kept between the boundary of the host salt dome and the repository area itself.

Typical properties for salt from Northern Germany are listed in Table 2 /2/.

4.2. Thermal Calculations

Several sets of calculations were performed by the Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung (GSF) and its sub-contractors, using the finite element computer codes ADINAT, FAST-BEST, then ANTEMP /13/. Considering 30 years old high-level waste containers, the maximum global temperature in the repository area should reach 200°C, 40-50 years after disposal. Close to the waste containers themselves, a maximum temperature of 230°C should be obtained.

A notable complication caused by heating of salt is the slow migration of small liquid inclusions (e.g., brine), contained in the salt, towards the hot waste containers. This problem was studied extensively by the GSF both in the laboratory and by in-situ tests in the ASSE salt mine /14/. It was shown that, even with extreme assumptions, the total volume of brine collected by one linear meter of disposal hole should not exceed 2-3 litres /2/.

4.3. Mechanical Calculations - Disposal Holes

These "near-field" studies were performed e.g., by the Kernforschungszentrum Karlsruhe (KfK) using the ADINA finite element computer code /15/.

If a void annulus is left initially between the wall of the disposal hole and a waste canister, then it will tend to close due to the enhanced creep deformation of the heated salt. Calculations showed that a 5 cm annulus in a 40 cm diameter disposal hole would take 6 to 12 months to close so that the salt would flow onto the container (fig. 9). This would result in a relatively high radial pressure of 24 MPa applied to the container surface.

Additionally, the influence of a small anhydrite block or layer upon the deformation behaviour of a disposal hole was investigated in a preliminary, parametric way. It was assumed that the hole was drilled perpendicularly to a small anhydrite block with perfect friction between anhydrite and salt. It was shown that the influence of such a feature was noticeable only close to the anhydrite block and could not endanger the stability of the disposal hole (fig. 10).

4.4. Mechanical Calculations - Backfilled Galleries

Crushed salt from repository mining operation is the most commonly advocated material for backfilling galleries after disposal of waste in salt.

Due to the compressibility of crushed salt, there is a complex mechanical interaction between the backfill compaction and the convergence of the gallery due to creep. Preliminary investigations in this field were carried out by the KfK using a specially designed finite difference computer code, KOLA /15/. The constitutive laws of crushed salt are of two types :

(a) for instantaneous compaction : $$\frac{\Delta V}{V} = K_P = C_1 \cdot \mathrm{Log}\left(1 + \frac{P}{C_2}\right)$$

P = pressure in MPa; C1, C2 constants obtained experimentally

(b) for creep compaction : $$\left(\frac{\Delta V}{V}\right)^{\cdot} = \dot{K} = C_3 \cdot P^{C_4} \cdot (\eta_0 - K)^{C_5} / (K - K_P + C_6)^{C_7}$$

C3, C4, C5, C6, C7, η_0 = constants obtained experimentally

Figure 11 depicts a typical curve of backfilled gallery convergence as a function of time, for realistic crushed salt parameters. It must be borne in mind that further research, both experimental and theoretical, is still necessary in order to obtain a satisfactory description of these phenomena.

4.5. Mechanical Calculations - Host Formation

In this case, the whole salt dome behaviour is calculated together with overlying formations. An interesting calculation was performed by the Rheinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen

(FRG) using the MAUS computer code, and quantifying the large-scale influence of the galleries by locally modifying elastic parameters of the salt. With the realistic values chosen, it was shown that the existence of the galleries could be neglected for the calculations of stress changes due to temperature evolution within the salt dome /16/.

Structural analyses were also performed in France at the Ecole Polytechnique using the finite element code ASTREA /17/. The salt dome was supposed to be surrounded by an elastic overburden with Young's modulus 12.7 GPa, 250 m thick. Calculations showed that the ground surface uplift would be 1.2 m, about 40 years after repository closure for a global temperature of about 180°C. In practice, this would imply the development of such high tensile stresses in the overburden that this latter would not remain continuous, so that the resulting uplift would probably be higher. The consequences of such disturbances are yet to be addressed.

Most of the above calculations were performed using the usual creep law given in Table 2, with n = 5 as power exponent for the equivalent stress. Additional investigations performed at the University Utrecht (NL) have shown that this description could not be correct for very low stresses and creep strain rates (fig. 12). The effects of this phenomena, in terms of stress redistribution after heat emission in a salt dome, still need to be assessed /18/.

4.6. Summary of Preliminary Parameters for "Admissible Thermal Loading" in Salt Domes

Here again, it must be stressed that the values quoted here are only suitable for conditions prevailing in north German (and Dutch) salt domes. Any assessment on a specific site anyway would necessitate that the whole series of investigations and calculations be carried out using the site specific data. Particularly, the picture may be completely different if bedded salt is considered as potential host medium.

For "compact" repositories in salt domes, the main parameter is the number of kilowatts per unit volume of rock salt, or its reciprocal in terms of rock volume per initial deposited kilowatt. From the investigations described above, it appears that a unit rock cell of 1,000 to 2,000 m^3 per initial deposited kilowatt would be an adequate figure in terms of near-field effects, although the far-field effects depicted in paragraph 4.5. above still require some consideration.

4.7. In-situ Experiments and Models to Back-up the Concept

A first aspect to be demonstrated was the feasibility of dry-drilling deep disposal holes with large diameters to accommodate waste canisters. For this purpose, a pilot borehole, 310 mm diameter, 300 meters deep, was dry-drilled from an existing room in the Asse salt mine at the -750 m level. This work was carried out in 1980 by the ECN (NL) in cooperation with the GSF in the framework of the Community Programme /19/. The crushed salt powder produced by the drilling tool was transported upwards by compressed air. Given the satisfactory performance of the dry-drilling system, it was decided to extend this work by drilling a larger and deeper borehole in the same mine. The experiment is being planned; GOLIA and other codes are used for modelling.

Near-field phenomena induced by electric heaters in salt were the subject of a series of in-situ tests in the Asse mine operated by the GSF within the Community programme /4/, /5/, /14/. Temperature Tests 3 and 4 were mainly heat transfer experiments, whereas Temperature Test 5 aimed at quantifying the release of liquid and gas components from the heated salt with impurities such as polyhalite /20/. An additional result was obtained concerning the time necessary to close the annular gap between salt and heater. The 4 cm annulus closed in about 6 months for a temperature of 250°C, and subsequently the heater tube buckled and collapsed due to the high pressure applied by the creeping salt. Another heater test, No. 6 "Hexagone", was prematurely shut down due to failures of the high-power electric heaters; however, temperatures in excess of 250°C could be produced /14/. All these tests were modelled using the codes ADINA, MAUS, ANSALT /14/.

5. Conclusions and Perspectives

From the above-mentioned research, it can be seen that rock-mechanics computer modelling for radioactive waste disposal has undergone a substantial development and improvement during the last years; in parellel, large-scale experiments were - or are being - performed in underground laboratories so that the reliability of the numerical predictions can be assessed. All these efforts should lead to improved evaluations of the "admissible thermal loading" of geological formations.

Next steps towards the validation of rock-mechanics computer codes, including thermal phenomena, will be carried out within the third Community Programme (1985-1989) in two directions.

5.1. "Demonstration" Facilities

Underground installations are being planned and/or constructed, in which emplacement of simulated or real high-level waste forms will be carried out, followed by long-term monitoring of the host rock behaviour subject to radiation, heat and effects of excavation. Computer calculations will of course be performed for this purpose; periodical comparison of predictions and experimental results will allow better validation of the codes. This so-called "Part B" of the 3rd Community programme comprises the following facilities /21/ :

a. the HAW project in the Asse salt mine, in which doped waste glass canisters are to be inserted very soon in the floor of mined galleries;
b. the HADES project in the Boom clay at Mol, for which the construction of the underground gallery should start in 1987;
c. the ATLAS project in France, in a formation to be specified;
d. the IPES project in a granite formation in Spain near the Portuguese border. The latter is now the subject of a research proposal from the ENRESA (the spanish waste management agency) to the Community.

5.2. Benchmarking of Rock-Mechanics Computer Codes

In 1984, the CEC launched the Community project COSA (Comparison of Computer Codes for Salt) aimed at giving a snapshot of the current capabilities in numerical modelling of salt, at European scale. Ten computer teams of the Community participated in the project, under the impartial coordination of the British engineering firm ATKINS R&D, Epsom. The Technical University Delft joined the project by providing an experimental case which was the subject of a preliminary "validation" exercise /22/. Results of the first phase of the project are covered by another paper in this Workshop /23/. It is now intended to continue with a second phase, in which an in-situ, long-term test in salt, akin to repository design, would be modelled by the participants. This COSA II project should run for 2 years, starting end of 1986.

References

/1/ CEC, 1984
"Computer modelling of stresses in rock"
Proceedings of a CEC technical session, Brussels, 6-7 December 1983
CEC report No. EUR 9355, Luxembourg.

/2/ CEA-IPSN (F), CEN/SCK (B), GSF (D) and BGS (UK), 1982
"Admissible thermal loading in geological formations" (4 vols.)
CEC report No. EUR 8719, Luxembourg.

/3/ IAEA Technical Committee, 1984
"Effects of heat from high-level waste on performance of deep geological repository components"
IAEA report TECDOC-319, Vienna.

/4/ Simon, R. and Orlowski, S. (editors), 1980
"Radioactive Waste Management and Disposal - Proceedings of the First European Community Conference, Luxembourg, May 1980"
EUR 6871 - Harwood Academic Publishers, London.

/5/ Simon, R. (editor), 1986
"Radioactive Waste Management and Disposal - Proceedings of the Second European Community Conference, Luxembourg, April 1985"
EUR 10163 - Cambridge University Press, U.K.

/6/ GEOSTOCK and SGN, 1982
"General conceptual design study for a high-level radioactive waste repository in a granite formation" (2 vols.)
CEC report No. EUR 7620, Luxembourg.

/7/ Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Paris, 1976
"ROSALIE : Système de calcul des massifs et des structures - Notice de présentation"
Rapport FAER 109146.

/8/ Hodgkinson, D.P.; Bourke, P.J., 1980
"Initial assessment of the thermal stresses around a radioactive waste repository in hard rock"
Annals of Nuclear Energy, vol. 7, pp. 541-552.

/9/ Douat, Ch.; Millard, A., 1985
"Influence d'une faille majeure sur l'évolution thermo-mécanique d'un stockage de déchets radioactifs dans le granite"
CEA report DEMT 85/347, Saclay.

/10/ Coblet, P., 1986
"Simulation de la vie d'un site à différents stades de son évolution. Volume 2 : Influence de la charge thermique"
Under publication as CEC report.

/11/ Barbreau, A., et al., 1985
"Experiments performed on granite in the underground research laboratory at Fanay-Augères, France"
Proceedings of a Symposium on "Coupled processes affecting the performance of a nuclear waste repository", Berkely, September 1985.

/12/ Venet, P. et al., 1985
"Costs and ways of financing of the geological disposal of radioactive waste"
Proceedings of the Second European Community Conference, Luxembourg, 1985.

/13/ GSF and KfK, 1984
"Trial storage of high-level waste in the Asse II salt mine"
CEC Report No. EUR 8796, Luxembourg.

/14/ GSF, 1986
"Versuchseinlagerung hochradioaktiver Abfälle im Salzbergwerk ASSE"
CEC report No. EUR 10489, Luxembourg.

/15/ Pudewills, A.; Korthaus, E., 1985
"Entwicklung von Rechenverfahren und Durchführung von Modellrechnungen"
CEC report No. EUR 10342, Luxembourg.

/16/ Albers, G. et al., 1985
"Thermomechanische Belastungen eines Salzstocks im Umfeld von Einlagerungszonen bzw Versuchsanordnungen"
CEC report No. EUR 10314, Luxembourg.

/17/ Polnik, H., 1984
"Dimensionner aujourd'hui un stockage de déchets de haute activité dans le sel gemme : quelle théologie?"
Thesis, Ecole Polytechnique, Paris.

/18/ Spiers, C.J., et al., 1986
"The influence of fluid-rock interaction on the rheology of salt"
CEC report No. EUR 10399, Luxembourg.

/19/ Hamstra, J., et al., 1985
"Further design study on a repository in a salt dome"
CEC report No. EUR 9566, Luxembourg.

/20/ Rothfuchs, T., 1986
"Temperaturversuch 5 im Salzbergwerk Asse"
CEC report No. EUR 10392, Luxembourg.

/21/ Commission of the European Communities, 1984
"Proposal for a Council Decision"
Doc. COM(84)231 final.

/22/ Lowe, M.J.; Knowles, N.C., 1986
"The Community project COSA : Comparison of geo-mechanical computer codes for salt"
CEC report No. EUR 10760, Luxembourg (in press).

/23/ Knowles, N.C., 1986
"Project COSA : a benchmark of computer codes for the thermo-mechanical behaviour of rock salt"
(In these Proceedings).

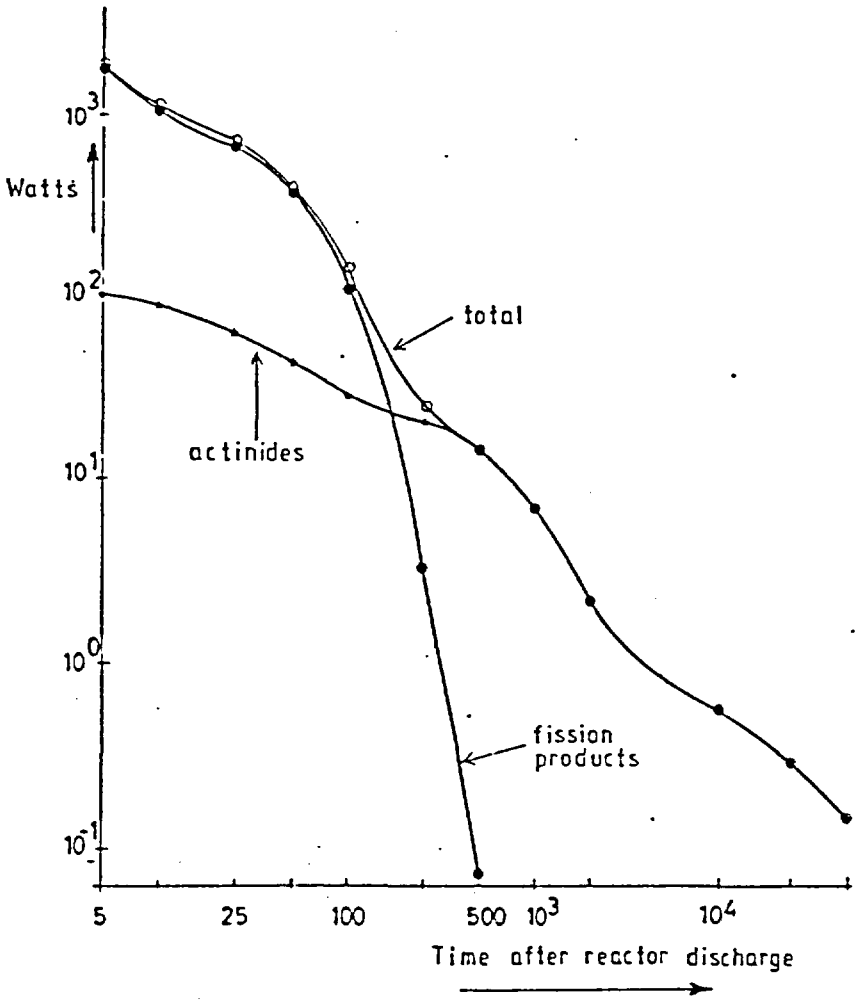


Figure 1 . Thermal power (Watts) versus time for high-level waste arising from the reprocessing of one ton of spent fuel and corresponding to 100 liter glass ; reprocessing 5 years after reactor discharge

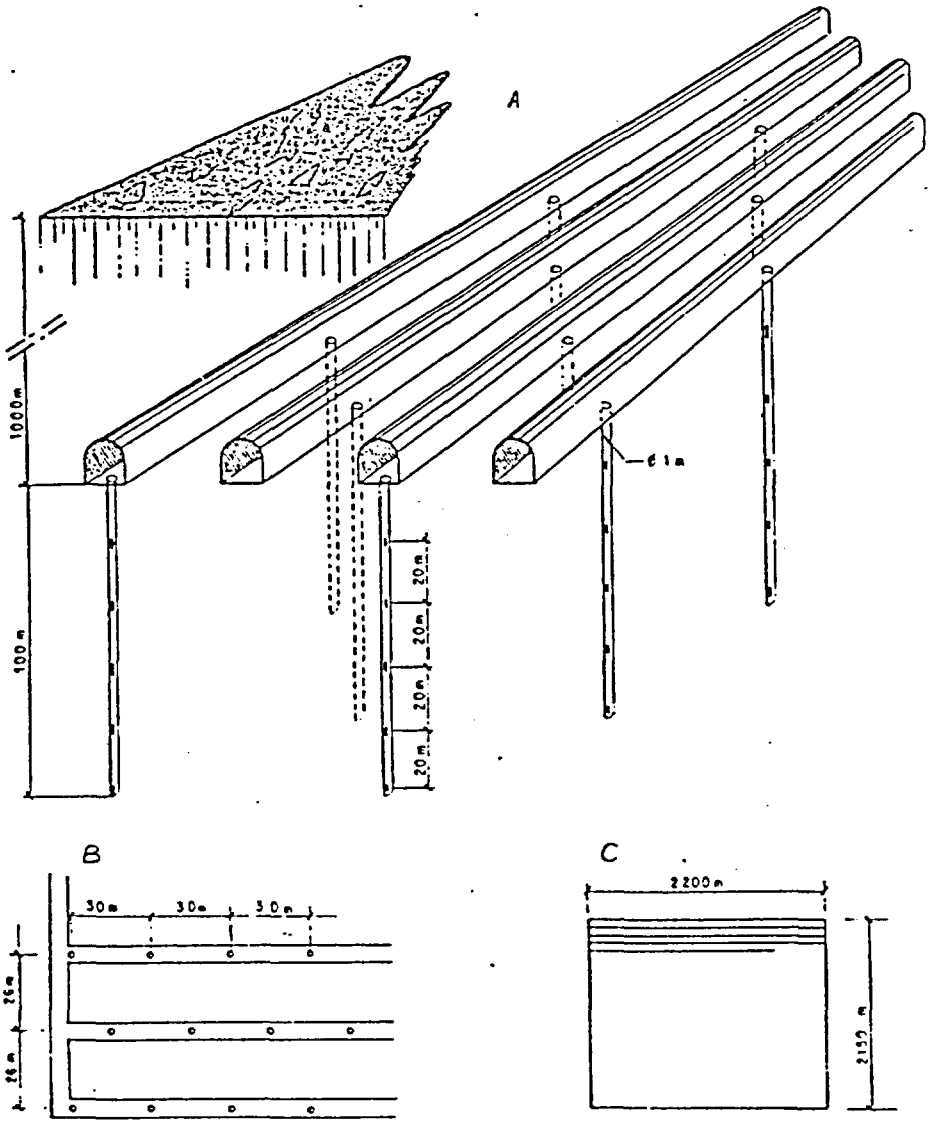


Figure 2. Conceptual design for a repository in hard rock :

(a) artists' view

(b) top view with detailed arrangement

(c) top view with overall dimensions

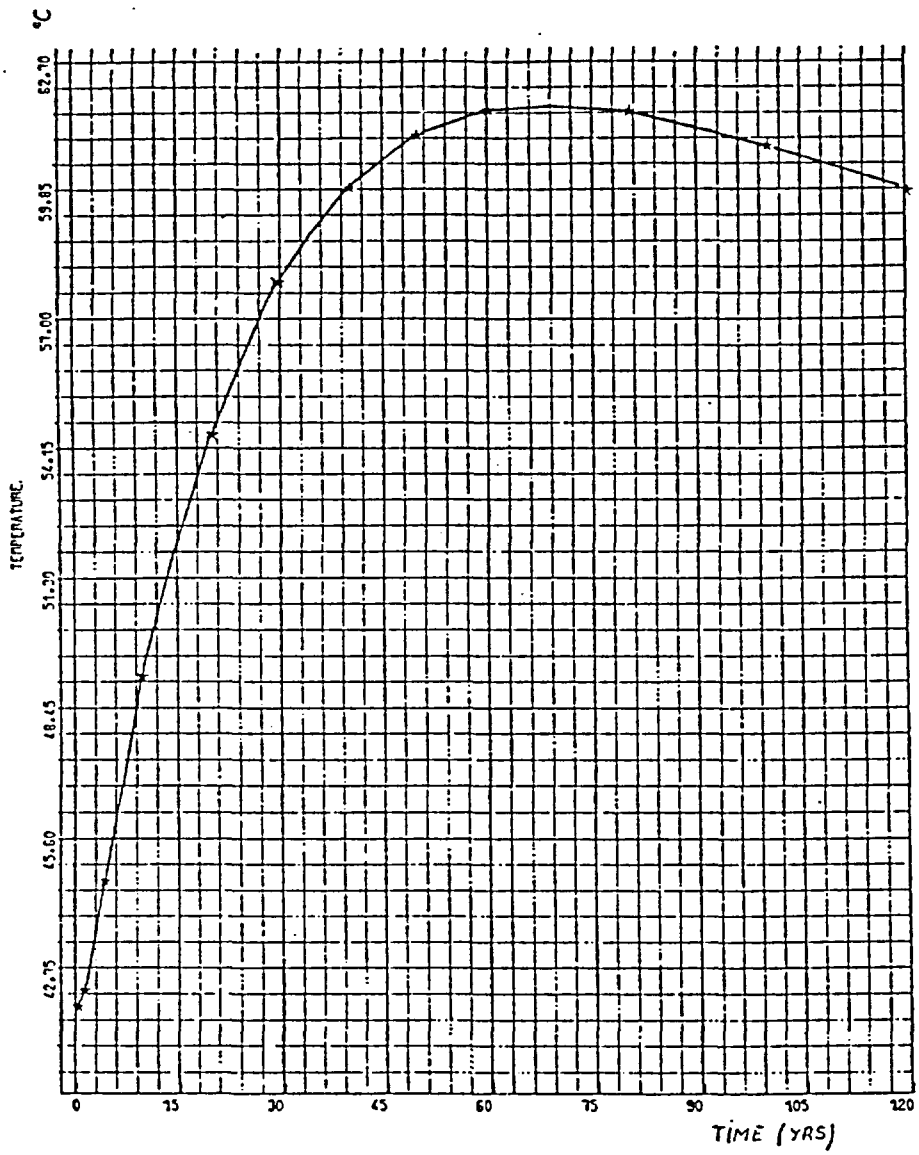


Figure 3. Conceptual repository in hard rock
Temperature evolution at the centre of the repository
after placement of all canisters

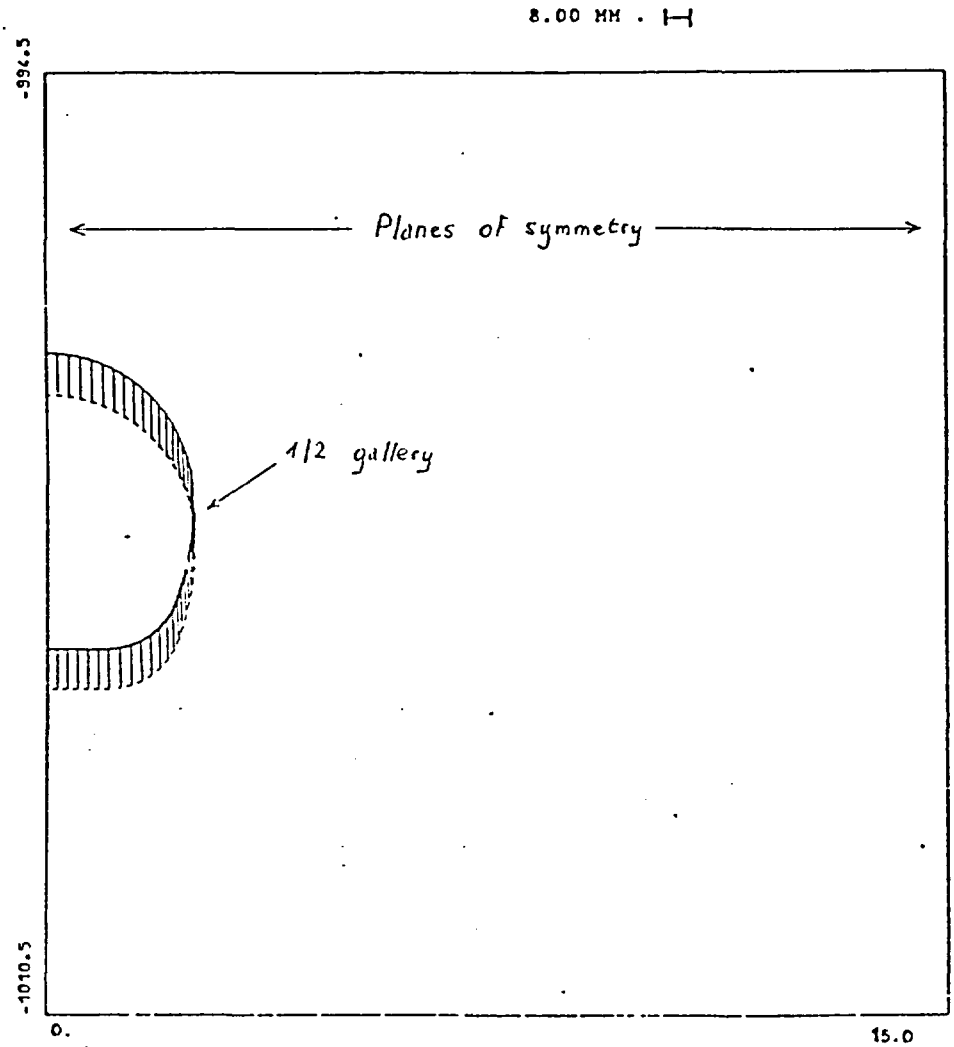


Figure 4. Conceptual repository in hard rock
Effect of heat from deposited canisters on the behaviour of the overlying open galleries
Initial contour (dashed line) and deformed contour (solid line) at t = 80 years

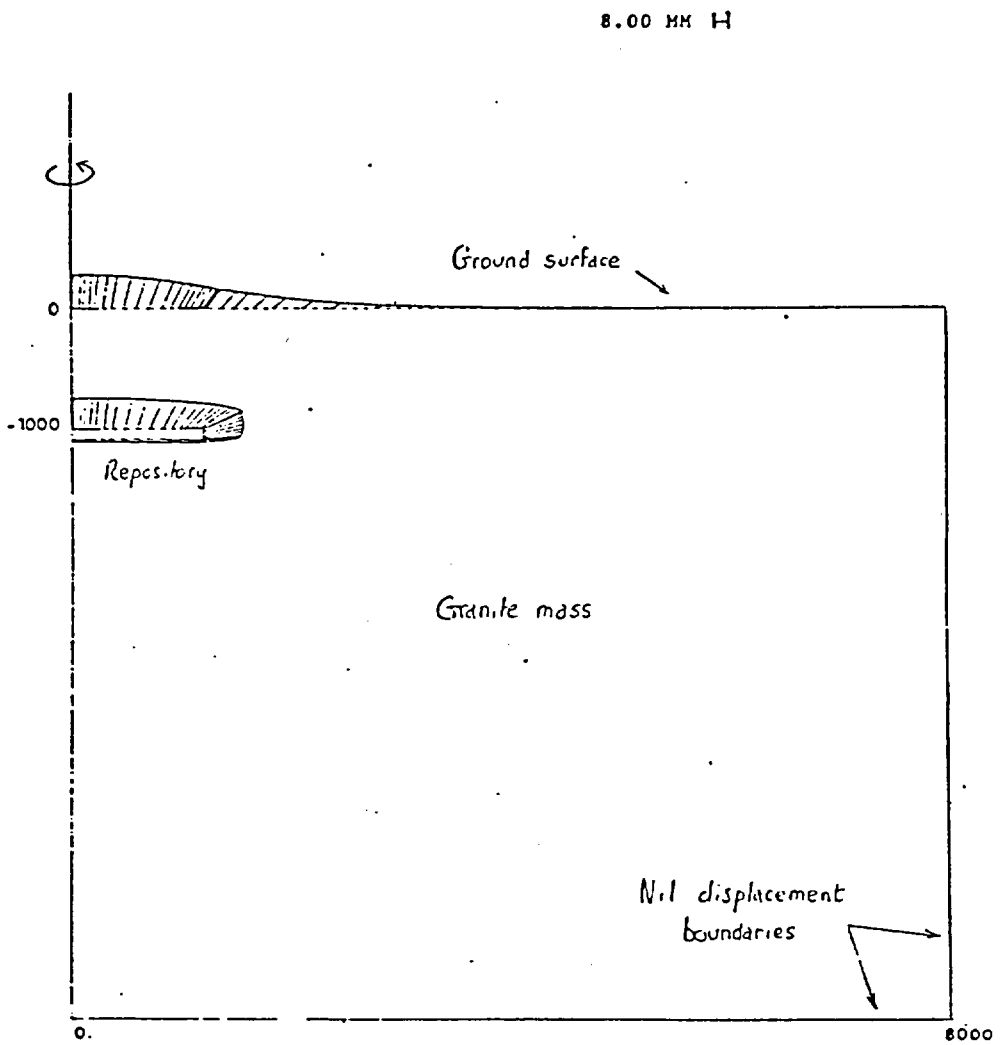


Figure 5. Conceptual repository in hard rock
Effect of large-scale heating in the batholith :
initial surface (dashed line) and deformed surface (solid line) at t = 80 years

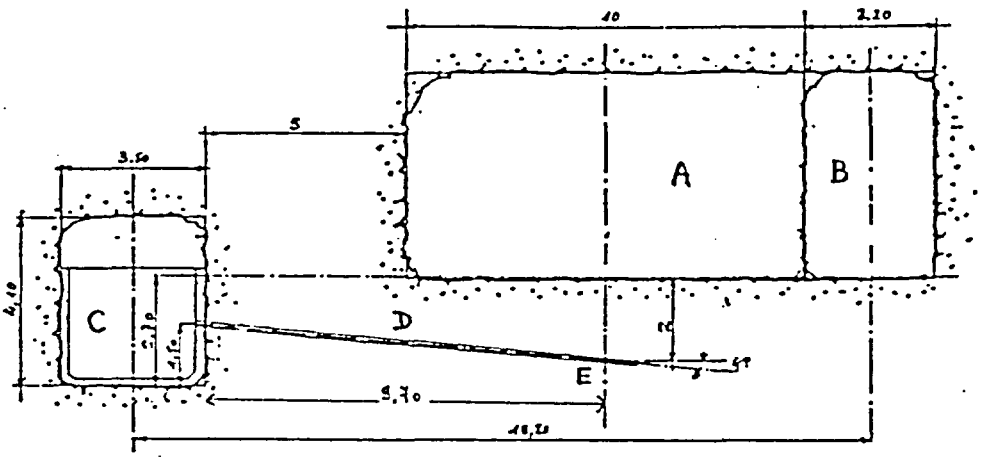


Figure 6. Cross-section through the thermo-hydro-mechanical (THM) test at Fanay-Augères (F) :

(a) test room

(b) access gallery

(c) adjacent gallery for heater holes drilling

(d) heater holes

(e) heaters

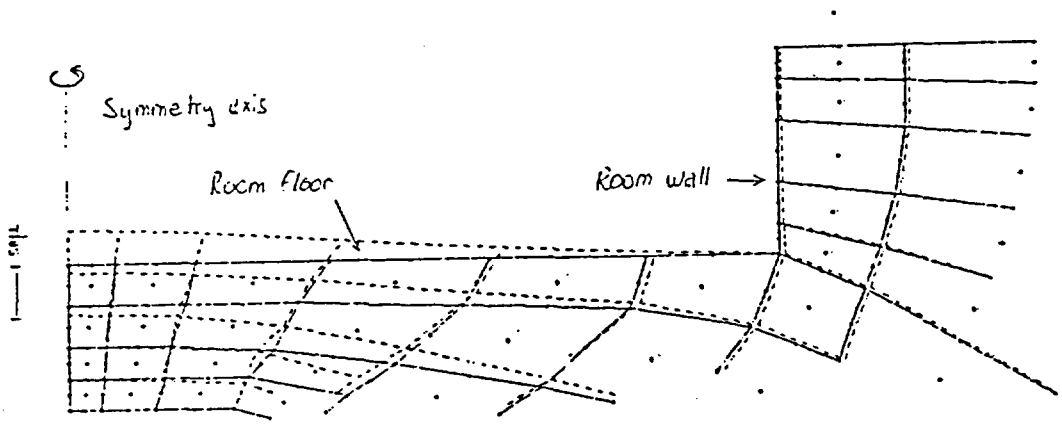


Figure 7. THM test room - FEM calculation showing initial (solid) and deformed (dashed) contour of room floor at maximum heating

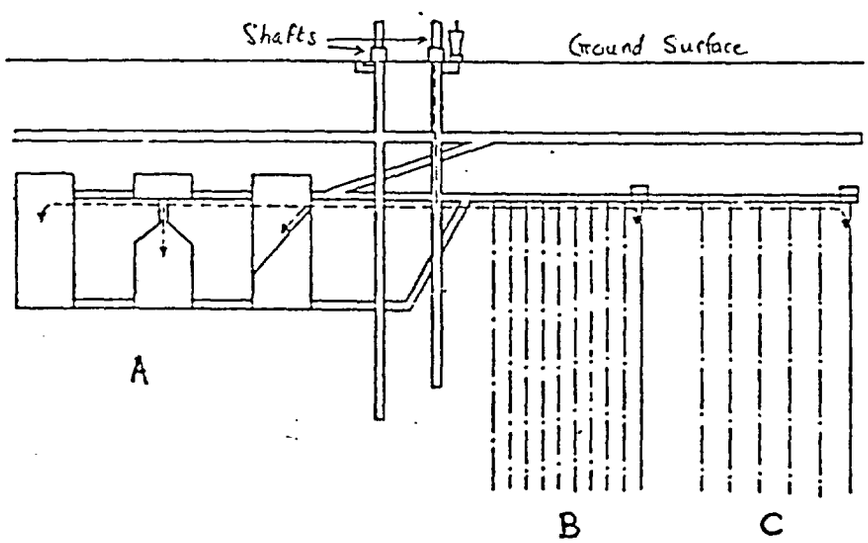


Figure 8. Cross-section through an integrated repository in a salt dome :

(a) silos for LLW disposal

(b) boreholes for intermediate level wastes with low heat emission

(c) disposal holes for high-level wastes

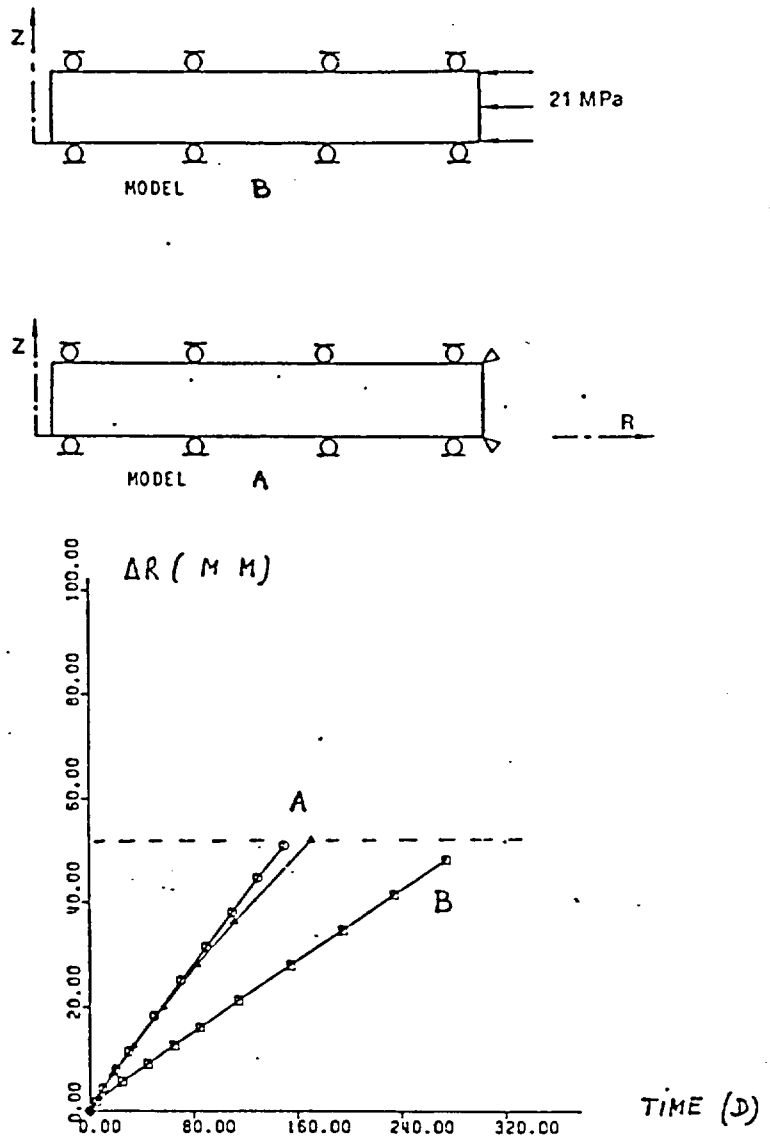
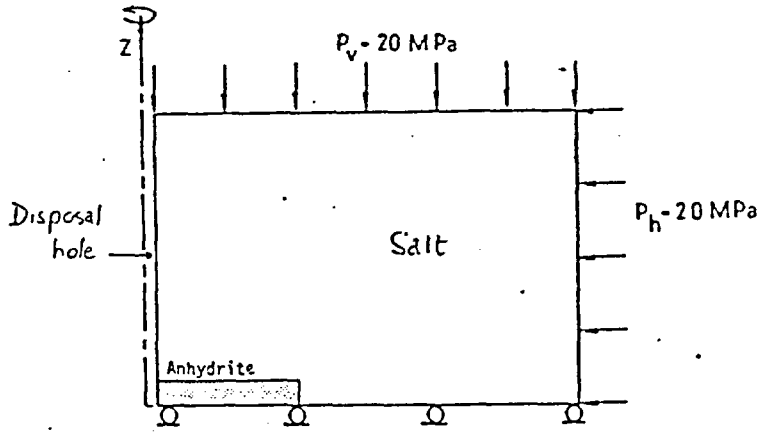


Figure 9. Calculation of HLW disposal hole convergence in salt using ADINA with two different boundary conditions :

(a) no radial displacement at 28 m from borehole

(b) 21 MPa lateral pressure (geostatic load) at 28 m from borehole



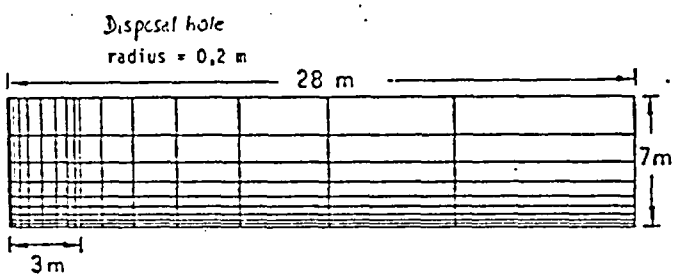


Figure 10. Computer modelling of the influence of an anhydrite block intersecting a HLW disposal hole using ADINA :

(a) general arrangement

(b) finite-element mesh

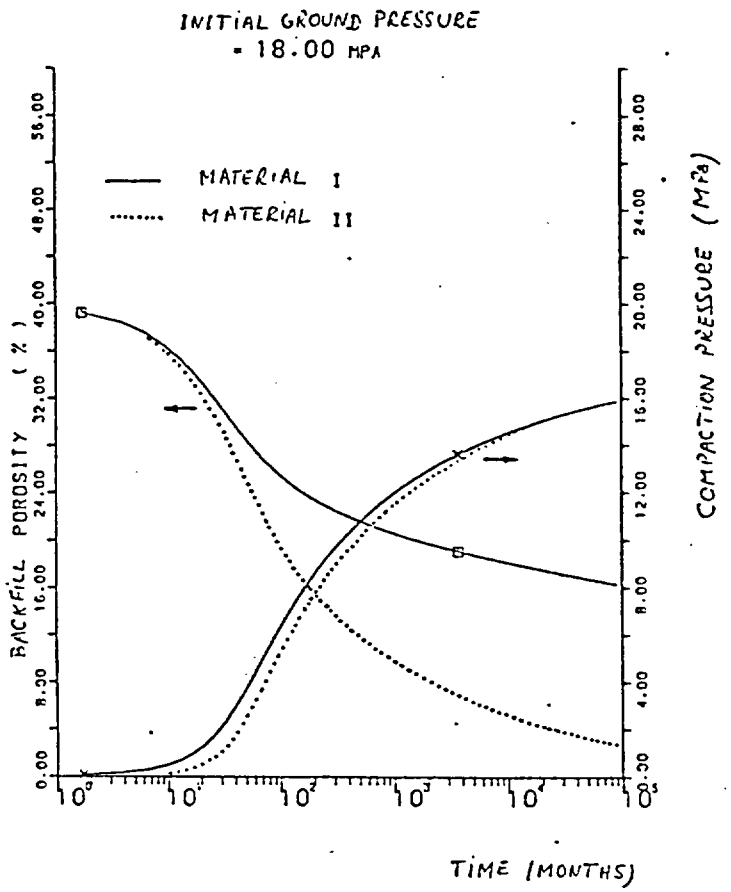


Figure 11. Calculation of convergence vs time for a crushed salt backfilled gallery in salt using KOLA

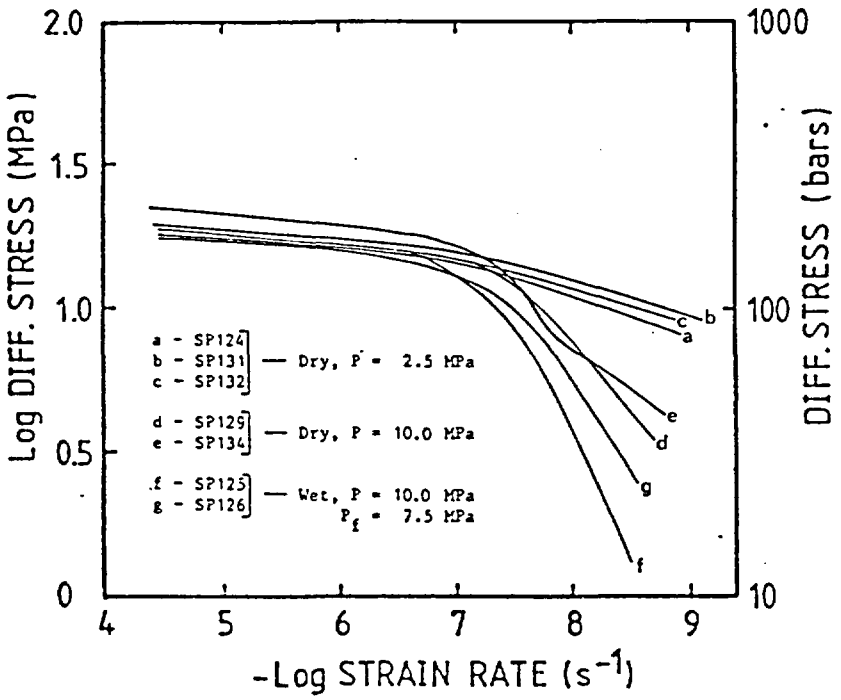


Figure 12. Summary of stress relaxation creep data obtained at University Utrecht showing the influence of confining pressure and inherent/added brine

Impact of Thermomechanical Behavior of Salt on Repository Design and Analysis

G. Kenton Beall

Office of Nuclear Waste Isolation
Battelle Project Management Division

ABSTRACT

The U.S. Department of Energy's Salt Repository Project (SRP) is investigating bedded salt as a possible site for the disposal of high-level commercial and defense nuclear waste. One of the major advantages of salt as a host rock for nuclear waste disposal is its capacity to creep. Under load, it deforms and flows into openings resulting in a uniform low permeability medium that is highly resistant to liquid flow. However, this property, creep, that makes salt an attractive medium for waste disposal also results in technical challenges associated with (1) underground opening stability during operations, (2) maintaining the ability to retrieve waste, and (3) analysis of salt deformation under thermal and mechanical loads imposed by waste disposal activity. This paper treats the considerations of geology, repository design, retrieval, and the thermomechanical analyses as they are affected by salt creep.

During the site selection process for a nuclear waste repository, the impact of the local geology on repository design must be carefully evaluated. Selecting a repository site where the geology is uniform and predictable is important for generating a design that will be suitable for licensing. Salt purity, salt thickness, number of interbeds, uniformity of the geology, rock temperatures, depth, etc., all have an impact on the repository thermomechanical analyses and the resulting repository design.

The impact of salt creep on design approach is examined closely. Designs associated with the waste package, ventilation, room and pillar design, underground layout, repository development, and repository operations are all sensitive to increased creep of salt with increasing temperature. These factors must be carefully integrated into the repository design such that a balanced design is achieved.

A number of the characteristics that make salt an excellent medium for nuclear waste disposal also provide some technical challenges for retrieval design. The Nuclear Regulatory regulations require any or all of the waste to be retrievable for up to 50 years after emplacement. Studies are in progress on how best to accommodate the retrievability requirements; moreover, retrieval must be accomplished in a safe working environment using state-of-the-art equipment and technology. An overview of this major design requirement is provided along with emphasis on the impact of salt creep on retrieval design.

Thermomechanical analyses are an important aspect of repository site selection and design. For a licensed facility, one must be able to analyze and predict the behavior of the host rock. The thermal analysis of salt is relatively straightforward; however, the nonlinear, inelastic response (creep) of salt has been more difficult to predict. Significant resources in time and money have been devoted to trying to understand and analyze the creep phenomenon. Test data taken from at-depth test rooms show that deformations and creep rates are significantly higher than originally predicted. Additional work needed in this area is discussed along with the verification and validation requirements for thermomechanical computer codes.

FOREWORD

The National Waste Terminal Storage Program was established in 1976 by the U.S. Department of Energy's predecessor, the Energy Research and Development Administration. In September 1983, this program became the Civilian Radioactive Waste Management (CRWM) Program. Its purpose is to develop technology and provide facilities for safe, environmentally acceptable, permanent disposal of high-level waste (HLW). HLW includes wastes from both commercial and defense sources, such as spent (used) fuel from nuclear power reactors, accumulations of wastes from production of nuclear weapons, and solidified wastes from fuel reprocessing.

The information in this paper pertains to the conceptual design studies of the Salt Repository Project of the Office of Geologic Repositories in the CRWM Program.

DISCLAIMER

This report was prepared as an account of work sponsored by the United States Government. Neither the United States nor the Department of Energy, nor any of their employees, nor any of their contractors, subcontractors, or their employees, makes any warranty, expressed or implied, or assumes any legal liability or responsibility for the accuracy, completeness, or usefulness of any information, apparatus, product, or process disclosed, or represents that its use would not infringe privately owned rights. Reference herein to any specific commercial product, process, or service by trade name, mark, manufacturer, or otherwise, does not necessarily constitute or imply its endorsement, recommendation, or favoring by the United States Government, any agency thereof, or any contractor or subcontractor. The views and opinions of the author expressed herein do not necessarily state or reflect those of the United States Government, any agency thereof, or any contractor or subcontractor.