

# Dosimetría de los trabajadores expuestos en España durante el año 2000

Estudio sectorial

# CSN

Colección  
Documentos  
11. 2003



---

# **Dosimetría de los trabajadores expuestos en España durante el año 2000**

**Estudio sectorial**

Isabel Villanueva Delgado, Ana Martín Alvariño,  
M<sup>a</sup> Jesús Muñoz González, Ignacio Amor Calvo,  
Manuel Rodríguez Martí



## Índice

Introducción .....	5
I. Resumen de los datos de dosimetría personal .....	9
I.1. Resultados dosimétricos en instalaciones radiactivas .....	11
I.1.1. Resultados dosimétricos en instalaciones radiactivas médicas .....	12
I.1.1.1. Radiodiagnóstico .....	12
I.1.1.2. Radioterapia .....	13
I.1.1.3. Medicina nuclear .....	13
I.1.1.4. Odontología .....	14
I.1.1.5. Otros .....	14
I.1.2. Resultados dosimétricos en instalaciones radiactivas industriales.....	14
I.1.2.1. Radiología .....	15
I.1.2.2. Gammagrafía .....	15
I.1.2.3. Control de procesos .....	16
I.1.2.4. Medidas de densidad y humedad .....	16
I.1.2.5. Comercialización-asistencia .....	17
I.1.2.6. Otros .....	17
I.2. Resultados dosimétricos en centrales nucleares .....	20
I.2.1. Central nuclear José Cabrera .....	21
I.2.2. Central nuclear Santa María de Garoña.....	22
I.2.3. Central nuclear de Almaraz. Unidades I y II .....	22
I.2.4. Central nuclear de Ascó. Unidades I y II .....	23
I.2.5. Central nuclear de Cofrentes.....	23
I.2.6. Central nuclear Vandellós II .....	23
I.2.7. Central nuclear de Trillo.....	24
I.3. Resultados dosimétricos en el ciclo del combustible, residuos y centrales nucleares en desmantelamiento .....	27
I.3.1. Fábrica de Juzbado (Enusa) .....	27
I.3.2. Concentrados: plantas Quercus y Lobo G (Enusa) ...	27
I.3.3. Empresa nacional de residuos radiactivos (Enresa) ....	28

I.3.4. Central nuclear Vandellós I (operaciones de desmantelamiento y clausura) .....	28
I.4. Resultados dosimétricos en otros tipos de instalaciones ...	29
I.4.1. Centros de investigación y/o docencia .....	30
I.4.2. Entidades de transporte .....	30
I.4.3. Consejo de Seguridad Nuclear .....	30
I.5. Resultados dosimétricos globales del país .....	31
II. Resumen y conclusiones .....	33
II.1. En lo que se refiere a la dosis colectiva .....	36
II.2. En lo que se refiere a la dosis individual media .....	39
II.3. En lo que se refiere a las implicaciones para nuestro país de los nuevos límites de dosis reflejados en la Directiva 96/29/Euratom .....	42
II.4. En lo que se refiere a las situaciones de potencial supe- ración de los límites de dosis .....	43
III. Tendencias en la exposición a radiaciones .....	45
IV. Anexo I. Estudio dosimétrico sectorial. Evolución temporal (1996-2000) .....	53

# Introducción



## Introducción

El presente informe contiene la información elaborada por la Subdirección de Protección Radiológica Operacional, Área de Protección Radiológica de los Trabajadores, en relación con la vigilancia y control dosimétrico llevada a cabo sobre las personas expuestas en nuestro país a lo largo del año 2000.

Dicha información es de carácter sectorial y tiene por objetivo realizar un seguimiento de la distribución de dosis anual en los distintos tipos de trabajo que implican exposición a las radiaciones ionizantes.

La información contenida en el presente informe viene a cerrar el ejercicio dosimétrico correspondiente al año 2000 y actualiza datos previamente presentados a este respecto<sup>(1)</sup>.

En este informe se han utilizado los datos obtenidos del Banco Dosimétrico Nacional (BDN), a partir de las dosis individualizadas asociadas al tipo instalación y trabajo en los cuales los trabajadores expuestos han recibido dichas dosis.

Se han considerado los cuatro ámbitos de trabajo característicos del BDN: instalaciones radiactivas, centrales nucleares, ciclo

de combustible y residuos y otras instalaciones.

En el ámbito de instalaciones radiactivas se han considerado distintos tipos de trabajo agrupados bajo la clasificación más generalizada de instalaciones radiactivas médicas e instalaciones radiactivas industriales. Para el ámbito de centrales nucleares se presentan los datos distinguiendo entre el personal de plantilla y de contrata. En el ámbito de otras instalaciones se han considerado los centros de investigación y/o docencia, las entidades de transporte y el personal profesionalmente expuesto perteneciente al Consejo de Seguridad Nuclear.

La información aportada incluye datos de dosimetría externa, correspondientes a cada uno de los sectores citados con anterioridad, y de dosimetría interna, correspondientes a los sectores de centrales nucleares y ciclo de combustible, residuos y centrales nucleares en desmantelamiento.

Dentro de las conclusiones de este informe se ha incluido la comparación de los resultados dosimétricos correspondientes al año 2000 con los relativos a los años 1996-1999 a fin de evaluar la tendencia experimentada a lo largo del tiempo en relación con la vigilancia y control dosimétrico de los TE (trabajadores expuestos) en España.

1. En el Informe del Consejo de Seguridad Nuclear al Congreso de los Diputados y al Senado. Año 2000 se incluyó un avance de los resultados dosimétricos correspondientes al año 2000.



# I. Resumen de los datos de dosimetría personal



## I. Resumen de los datos de dosimetría personal

### I.1. Resultados dosimétricos en instalaciones radiactivas

Durante el año 2000 el número de trabajadores expuestos que desarrollaron su actividad en el campo de las instalaciones radiactivas y que fueron controlados por estos centros se cifra en 71.208 personas cuyas lecturas dosimétricas suponen una dosis colectiva de 36.900 mSv. persona<sup>(2)</sup>.

En cuanto a la distribución estadística del número de usuarios a lo largo del año 2000 se puede concluir que, de los 71.208 trabajadores controlados:

- 23.406 trabajadores (32,87% del total) no han recibido dosis significativas.
- 47.046 trabajadores (66,07% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 622 trabajadores (0,87% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 120 trabajadores (0,17% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv<sup>(3)</sup>.

2. En esta cifra no se incluyen las lecturas dosimétricas superiores al límite anual de dosis.

3. Intervalos de dosis establecidos:

- Dosis significativas: superiores al nivel de registro (0,1 mSv/mes).
- 5 mSv: límite de dosis anual para miembros del público establecido en el Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes (Real Decreto 53/1992, de 24 de enero).

En cuanto a los 14 trabajadores restantes, un 0,02% del total, constituyen casos de potencial superación del límite anual de dosis establecido en el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes<sup>(4)</sup> al haberse registrado valores de dosis superiores a 50 mSv/año. Los casos de potencial sobreexposición citados se distribuyen en los tipos de instalación que se indican a continuación:

- Instalaciones radiactivas médicas: ocho casos de potencial sobreexposición, cinco corresponden a instalaciones de radiodiagnóstico, una a instalaciones de odontología y dos a otras instalaciones.
- Instalaciones radiactivas industriales: seis casos de potencial sobreexposición, cinco en instalaciones de gammagrafía y uno en comercialización-asistencia técnica.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluyen los casos de potencial sobreexposición, la dosis

– 20 mSv: límite de dosis anual para TE recomendado en publicación n° 60 de ICRP.

– 50 mSv: actual límite de dosis anual para TE establecido en el Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes.

4. En los casos de potencial superación del límite anual de dosis el CSN establece un protocolo de investigación que implica vigilancia médica de los trabajadores afectados. En el *Informe del Consejo de Seguridad Nuclear al Congreso de los Diputados y al Senado. Año 2000* se incluyeron estos casos junto con otros cinco correspondientes a dosimetría de extremidades y el de otro trabajador en el que esta superación del límite de dosis se produjo en uno de los meses del año, como consecuencia de la suma de las lecturas dosimétricas correspondientes a los doce meses anteriores (dosis acumulada).

individual media en el colectivo de trabajadores correspondiente a instalaciones radiactivas resulta ser de 0,77 mSv/año.

A continuación se desglosan en detalle los resultados dosimétricos obtenidos dentro de cada uno de los sectores considerados dentro de las instalaciones radiactivas: instalaciones radiactivas médicas e instalaciones radiactivas industriales.

#### 1.1.1. Resultados dosimétricos en instalaciones radiactivas médicas

Durante el año 2000 el número de trabajadores expuestos que desarrollaron su actividad en el campo de las instalaciones radiactivas médicas y que fueron controlados dosimétricamente se cifra en 65.733 personas cuyas lecturas dosimétricas suponen una dosis colectiva de 32.745 mSv.persona<sup>(5)</sup>.

La distribución estadística del número de trabajadores controlados a lo largo del año 2000 en este colectivo permite concluir que:

- 21.367 trabajadores (32,51% del total) no han recibido dosis significativas.
- 43.782 trabajadores (66,61% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 478 trabajadores (0,73% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.

5. En esta cifra no se incluyen las lecturas dosimétricas superiores al límite anual de dosis.

- 98 trabajadores (0,15% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- En cuanto a los ocho trabajadores restantes (0,01% del total) constituyen casos de potencial superación del límite anual de dosis.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluyen los casos de potencial sobreexposición, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,74 mSv/año.

A continuación se desglosan estos datos globales en cada una de las distintas clasificaciones establecidas en el ámbito de instalaciones radiactivas médicas, tales como radiodiagnóstico, radioterapia, medicina nuclear, odontología y otros.

##### 1.1.1.1. Radiodiagnóstico

El número de personas controladas fue de 39.910 a las que corresponde una dosis colectiva de 17.143 mSv.persona<sup>(6)</sup>.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 13.710 trabajadores (34,35% del total) no han recibido dosis significativas.
- 25.935 trabajadores (64,98% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.

6. En esta cifra no se incluyen las lecturas dosimétricas superiores al límite anual de dosis.

- 231 trabajadores (0,58% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 29 trabajadores (0,07 del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- En cuanto a los cinco trabajadores restantes (0,01% del total) constituyen casos de potencial superación del límite anual de dosis.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluyen los casos de potencial sobreexposición, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,65 mSv/año.

#### I.1.1.2. Radioterapia

El número de personas controladas fue de 2.072 contabilizando una dosis colectiva de 1.003 mSv.persona<sup>(7)</sup>.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 629 trabajadores (30,36% del total), no han recibido dosis significativas.
- 1.426 trabajadores (68,82% del total), han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 13 trabajadores (0,63% del total), han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.

- Cuatro trabajadores (0,19% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv. .

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,70 mSv/año.

#### I.1.1.3. Medicina nuclear

El número de personas controladas fue de 1.787 a las que corresponde una dosis colectiva de 3.142 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 225 trabajadores (12,59% del total) no han recibido dosis significativas.
- 1.424 trabajadores (79,69% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 126 trabajadores (7,05% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 12 trabajadores (0,67% del total) han recibido dosis superiores comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis indivi-

7. En esta cifra no se incluyen las lecturas dosimétricas superiores al límite anual de dosis.

dual media de este colectivo de trabajadores resulta ser de 2,01 mSv/año.

#### 1.1.1.4. Odontología

El número de personas controladas fue de 10.873 a las que corresponde una dosis colectiva de 6.489 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 2.960 trabajadores (27,22% del total) no han recibido dosis significativas.
- 7.796 trabajadores (71,70% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 79 trabajadores (0,73% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 37 trabajadores (0,34% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Un trabajador (0,01% del total) ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluye el caso de potencial sobreexposición, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,82 mSv/año.

#### 1.1.1.5. Otros

El número de personas controladas fue de 12.257 a las que corresponde una dosis colectiva de 4.968 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 4.465 trabajadores (36,43% del total) no han recibido dosis significativas.
- 7.748 trabajadores (63,21% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 28 trabajadores (0,23% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 14 trabajadores (0,11% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Dos trabajadores (0,02% del total) han recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluyen los casos de potencial sobreexposición, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,64 mSv/año.

#### 1.1.2. Resultados dosimétricos en instalaciones radiactivas industriales

Durante el año 2000 el número de trabajadores expuestos, que desarrollaron su actividad en el campo de las instalaciones radiactivas industriales y que fueron controlados dosimétricamente, se cifra en 5.475 personas cuyas lecturas dosimétricas suponen una dosis colectiva de 4.155 mSv.persona<sup>(8)</sup>.

8 . En esta cifra no se incluyen las lecturas dosimétricas superiores al límite anual de dosis.

La distribución estadística del número de trabajadores controlados a lo largo del año 2000 en este colectivo permite concluir que:

- 2.039 trabajadores (37,24% del total) no han recibido dosis significativas.
- 3.264 trabajadores (59,62% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 144 trabajadores (2,63% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 22 trabajadores (0,40% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Seis trabajadores (0,11% del total) constituyen casos de potencial superación del límite anual de dosis.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluyen los casos de potencial sobreexposición, la dosis individual media de este colectivo de trabajadores resulta ser de 1,21 mSv/año.

A continuación se desglosan estos datos globales en cada una de las distintas clasificaciones establecidas en el ámbito de instalaciones radiactivas industriales, tales como radiología, gammagrafía, control de procesos, medidas de densidad y humedad del suelo, comercialización-asistencia y otros.

#### I.1.2.1. Radiología industrial

El número de personas controladas fue de 554 que les corresponde una dosis colectiva de 691 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 226 trabajadores (40,79% del total) no han recibido dosis significativas.
- 287 trabajadores (51,81% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 38 trabajadores (6,86% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Tres trabajadores (0,54% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 2,11 mSv/año.

#### I.1.2.2. Gammagrafía

El número de personas controladas fue de 430 a las que corresponde una dosis colectiva de 1.031 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 93 trabajadores (21,63% del total) no han recibido dosis significativas.
- 273 trabajadores (63,49% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 52 trabajadores (12,09% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Siete trabajadores (1,63% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Cinco trabajadores (1,16% del total) han recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluyen los casos de potencial sobreexposición, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 3,10 mSv/año.

#### I.1.2.3. Control de procesos

El número de personas controladas fue de 1.424 a las que corresponde una dosis colectiva de 732 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 755 trabajadores (53,02% del total) no han recibido dosis significativas.
- 640 trabajadores (44,94% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.

- 19 trabajadores (1,33% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 10 trabajadores (0,70% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 1,09 mSv/año.

#### I.1.2.4. Medidas de densidad y humedad

El número de personas controladas fue de 596 a las que corresponde una dosis colectiva de 281 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 185 trabajadores (31,04% del total) no han recibido dosis significativas.
- 407 trabajadores (68,29% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- Cuatro trabajadores (0,67% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,68 mSv/año.

#### I.1.2.5. Comercialización-asistencia

El número de personas controladas fue de 1.099 a las que corresponde una dosis colectiva de 603 mSv.persona<sup>(9)</sup>.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 315 trabajadores (28,66% del total) no han recibido dosis significativas.
- 768 trabajadores (69,88% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 14 trabajadores (1,27% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Un trabajador (0,09% del total) ha recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- En cuanto al trabajador restante (0,09% del total), constituye un caso de potencial superación del límite anual de dosis.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluye el caso de potencial sobreexposición, la dosis

individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,77 mSv/año.

#### I.1.2.6. Otros

El número de personas controladas fue de 1.461 a las que corresponde una dosis colectiva de 817 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 515 trabajadores (35,25% del total) no han recibido dosis significativas.
- 931 trabajadores (63,72% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 14 trabajadores (0,96% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Un trabajador (0,07% del total) ha recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,86 mSv/año.

A modo de resumen de los datos aportados en relación con las instalaciones radiactivas, y de forma comparativa, se presenta en las siguientes figuras:

9. En esta cifra no se incluyen las lecturas dosimétricas superiores al límite anual de dosis.

- La figura 1 representa la dosis colectiva correspondiente a cada una de las clasificaciones establecidas en el ámbito de las instalaciones radiactivas, tanto médicas como industriales, así como al valor global.

- La figura 2 representa el número de trabajadores correspondiente a cada una de las clasificaciones establecidas en el ámbito de las instalaciones radiactivas, tanto médicas como industriales.

Figura 1. Dosis colectiva en instalaciones radiactivas médicas e industriales (2000)

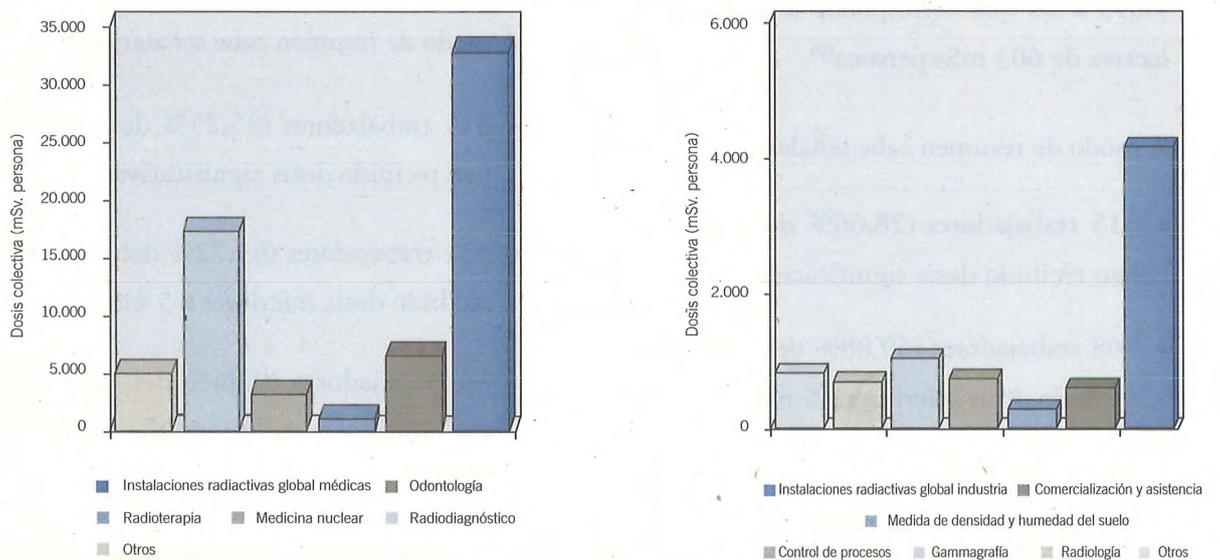
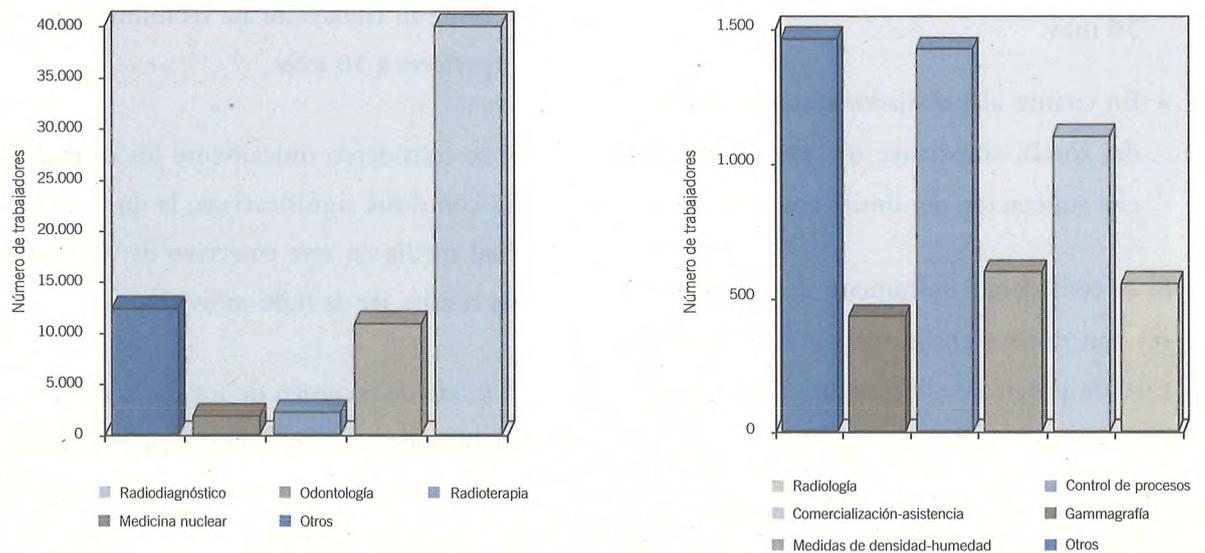


Figura 2. Número de trabajadores en instalaciones radiactivas médicas e industriales (2000)



- La figura 3 representa la dosis individual media correspondiente a cada una de las clasificaciones establecidas en el ámbito de las instalaciones radiactivas, tanto médicas como industriales, así como el valor global.

- La figura 4 representa la distribución estadística del número de usuarios por intervalo de dosis considerado, diferenciándose entre instalaciones radiactivas médicas e industriales.

Figura 3. Dosis individual en instalaciones radiactivas médicas e industriales (2000)

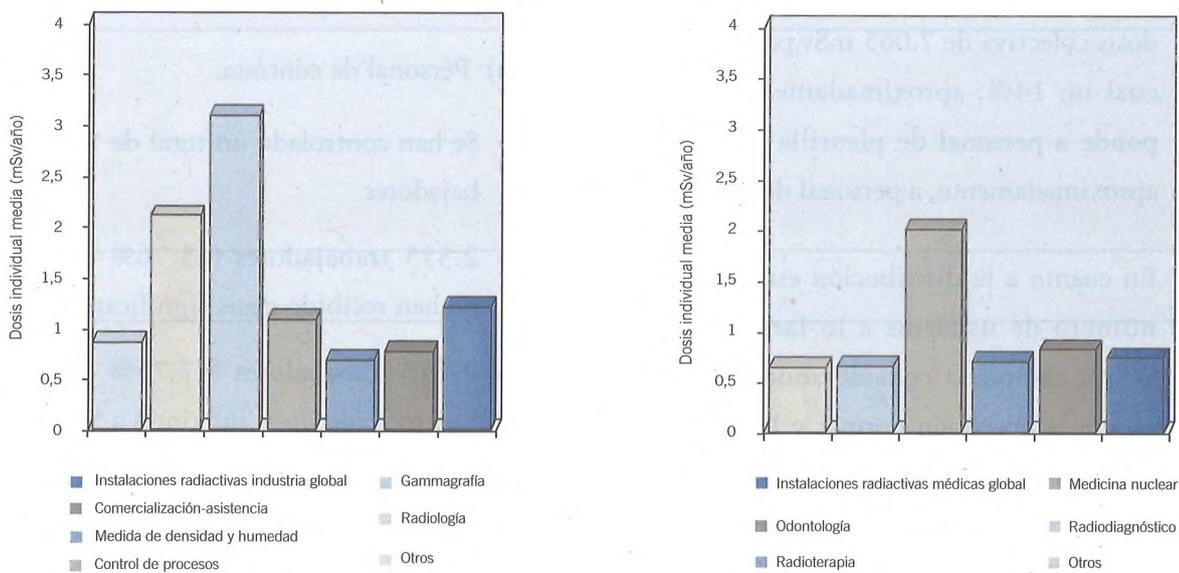
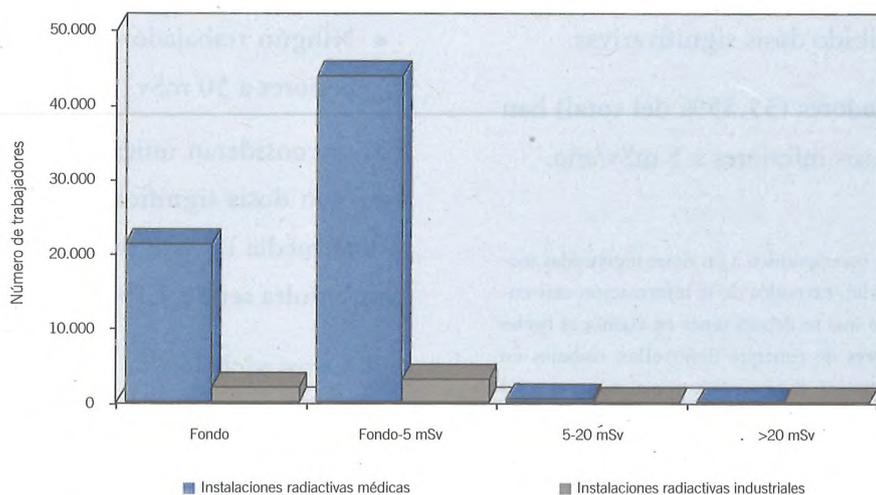


Figura 4. Número de trabajadores por intervalo de dosis en instalaciones radiactivas médicas e industriales (2000)



## 1.2. Resultados dosimétricos en centrales nucleares

Durante el año 2000 el número de trabajadores expuestos que desarrollaron su actividad en el campo de las centrales nucleares en operación y que fueron controlados dosimétricamente se cifra en 7.284 personas cuyas lecturas dosimétricas suponen una dosis colectiva de 7.065 mSv.persona, de la cual un 14%, aproximadamente, corresponde a personal de plantilla y un 86%, aproximadamente, a personal de contrata.

En cuanto a la distribución estadística del número de usuarios a lo largo del año 2000, elaborada considerando conjuntamente la operación normal y las operaciones de recarga<sup>(10)</sup>, se deduce que:

### a) Personal de plantilla:

- Se han controlado un total de 2.211 trabajadores.
- 1.391 trabajadores (62,91% del total) no han recibido dosis significativas.
- 786 trabajadores (35,55% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv/año.

- 34 trabajadores (1,54% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 1,17 mSv/año.

### b) Personal de contrata:

- Se han controlado un total de 5.146 trabajadores.
- 2.355 trabajadores (45,76% del total) no han recibido dosis significativas.
- 2.457 trabajadores (47,75% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 312 trabajadores (6,06% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 22 trabajadores (0,43% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 2,19 mSv.

### c) Datos globales:

- Se han controlado un total de 7.284 trabajadores.

10. Todos los valores corresponden a las dosis registradas mediante dosimetría oficial, extraídos de la información existente en el BDN. Con lo que se deberá tener en cuenta el hecho de que los trabajadores de contrata desarrollan trabajos en más de una central nuclear. Esto motiva que el número total de trabajadores en el sector nuclear y su distribución por intervalos de dosis no se corresponda con la suma del número de trabajadores en cada central.

- 3.694 trabajadores (50,71% del total) no han recibido dosis significativas.
- 3.222 trabajadores (44,23% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 346 trabajadores (4,75% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 22 trabajadores (0,30% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 1,97 mSv/año.

Estos resultados hacen que la dosis colectiva media por reactor a lo largo del año 2000 sea de 785 mSv.persona<sup>(11)</sup>.

En lo que se refiere a la *dosimetría interna*, se han realizado controles, mediante medida directa de la radiactividad corporal, a todos los trabajadores con riesgo significativo de incorporación de radionucleidos<sup>(12)</sup>.

11. En el cálculo de la dosis colectiva por reactor se han tenido en cuenta las condiciones operativas de los reactores nucleares en España para el año 2000, estando en funcionamiento en ese momento 2 reactores tipo BWR y 7 reactores tipo PWR.

12. El número de trabajadores controlados en cada instalación se refleja en los apartados que figuran a continuación. No se aporta un valor global al no ser sumatorios los correspondientes a cada una de las instalaciones consideradas debido a que algunos trabajadores de contrata han sido controlados a lo largo del año 2000 en varias instalaciones.

En ninguno de los controles efectuados, mediante medida directa de la radiactividad corporal, se han detectado casos de contaminación interna superior al nivel de registro establecido (1% del LIA).

A continuación se resumen los aspectos más relevantes en relación con cada una de las centrales nucleares.

#### 1.2.1. Central nuclear José Cabrera

El número de personas controladas fue de 510 a las que corresponde una dosis colectiva de 863 mSv.persona, distribuida, aproximadamente, un 23% entre el personal de plantilla y un 77% entre el personal de contrata.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 143 trabajadores (28,04% del total) no han recibido dosis significativas.
- 317 trabajadores (62,16% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 50 trabajadores (9,80% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 2,36 mSv/año para la

totalidad del personal, 2,05 mSv/año para el personal de plantilla y 2,46 mSv/año para el personal de contrata.

Durante este año tuvo lugar la operación de recarga de esta central nuclear.

#### 1.2.2. Central nuclear Santa M<sup>a</sup> de Garoña

El número de personas controladas fue de 661 a las que corresponde una dosis colectiva de 311 mSv.persona, distribuida, aproximadamente, un 37% entre el personal de plantilla y un 63% entre el personal de contrata

A modo de resumen cabe señalar que:

- 415 trabajadores (62,78% del total) no han recibido dosis significativas.
- 237 trabajadores (35,85% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv/año.
- Nueve trabajadores (1,36% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 1,26 mSv/año para la totalidad del personal, 1,02 mSv/año para

el personal de plantilla y 1,47 mSv/año para el personal de contrata.

#### 1.2.3. Central nuclear de Almaraz. Unidades I y II

El número de personas controladas fue de 1.934 a las que corresponde una dosis colectiva de 1.413 mSv.persona, distribuida, aproximadamente, un 8% entre el personal de plantilla y un 92% entre el personal de contrata.

A modo de resumen cabe señalar que

- 854 trabajadores (44,16% del total) no han recibido dosis significativas.
- 1.025 trabajadores (53,00% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv/año.
- 55 trabajadores (2,84% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 1,31 mSv/año para la totalidad del personal, 0,68 mSv/año para el personal de plantilla y 1,42 mSv/año para el personal de contrata.

Durante este año tuvo lugar la operación de recarga de las unidades I y II.

#### 1.2.4. Central nuclear de Ascó. Unidades I y II

El número de personas controladas fue de 1.456 a las que corresponde una dosis colectiva de 612 mSv.persona, distribuida, aproximadamente, un 5% entre el personal de plantilla y un 95% entre el personal de contrata.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 833 trabajadores (57,21% del total) no han recibido dosis significativas.
- 609 trabajadores (41,83% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv/año.
- 14 trabajadores (0,96% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,98 mSv/año para la totalidad del personal, 0,33 mSv/año para el personal de plantilla y 1,11 mSv/año para el personal de contrata.

Durante este año tuvo lugar la operación de recarga de la unidad I.

#### 1.2.5. Central nuclear de Cofrentes

El número de personas controladas fue de 2.110 a las que corresponde una dosis colectiva de 2.634 mSv.persona, distribuida, aproximadamente, un 16% entre el personal de plantilla y un 84% entre el personal de contrata.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 1.099 trabajadores (52,09% del total) no han recibido dosis significativas.
- 832 trabajadores (39,43% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv/año.
- 179 trabajadores (8,48% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 2,61 mSv/año para la totalidad del personal, 2,64 mSv/año para el personal de plantilla y 2,60 mSv/año para el personal de contrata.

Durante este año tuvo lugar la operación de recarga de esta central nuclear.

#### 1.2.6. Central nuclear Vandellós II

El número de personas controladas fue de 1.209 a las que corresponde una dosis

colectiva de 958 mSv.persona, distribuida, aproximadamente, un 5% entre el personal de plantilla y un 95% entre el personal de contrata.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 534 trabajadores (44,17% del total) no han recibido dosis significativas.
- 629 trabajadores (52,03% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 46 trabajadores (3,80% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 1,42 mSv/año para la totalidad del personal, 0,44 mSv/año para el personal de plantilla y 1,63 mSv/año para el personal de contrata.

Durante este año tuvo lugar la operación de recarga de esta central nuclear.

#### 1.2.7. Central nuclear de Trillo

El número de personas controladas fue de 1.023 a las que corresponde una dosis colectiva de 274 mSv.persona, distribuida, aproximadamente, un 11% entre el perso-

nal de plantilla y un 89% entre el personal de contrata.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 583 trabajadores (56,99% del total) no han recibido dosis significativas.
- 439 trabajadores (42,91% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- Un trabajador (0,10% del total) ha recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 20 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,62 mSv/año para la totalidad del personal, 0,40 mSv/año para el personal de plantilla y 0,67 mSv/año para el personal de contrata.

Durante este año tuvo lugar la operación de recarga de esta central nuclear.

A modo de resumen de los datos aportados en relación con las centrales nucleares, y de forma comparativa, se presenta en las siguientes figuras:

- La figura 5 representa la dosis colectiva correspondiente a cada una de las centrales nucleares diferenciándose entre plantilla, contrata y global.

- La figura 6 representa la dosis individual media correspondiente a cada una de las centrales nucleares diferenciándose entre plantilla, contrata y global.
- La figura 7 representa la dosis colectiva correspondiente a cada una de las centrales nucleares junto con el número de tra-

bajadores perteneciente a cada una de ellas.

- La figura 8 representa, para el conjunto de centrales nucleares, la distribución de dosis en los intervalos considerados, diferenciándose entre plantilla y contrata.

Figura 5. Dosis colectiva de trabajadores en centrales nucleares españolas (2000)

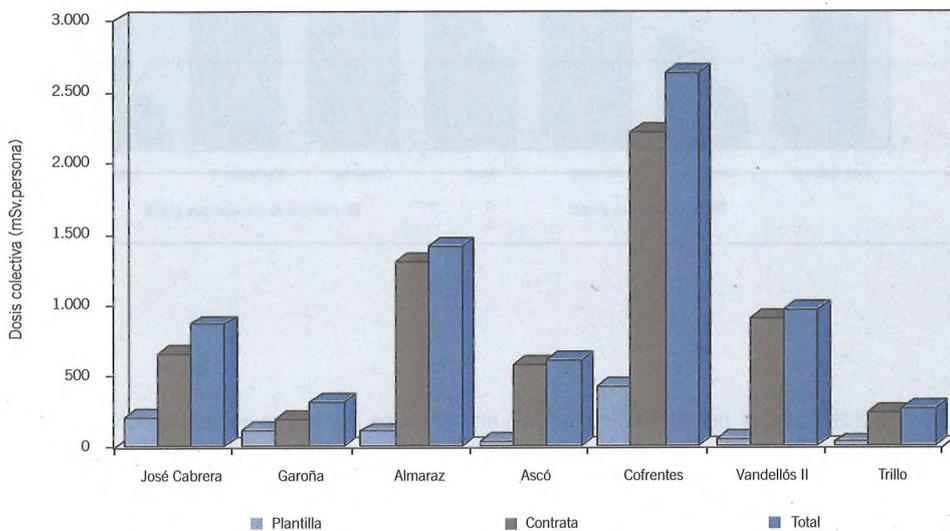


Figura 6. Dosis individual media para trabajadores en centrales nucleares españolas (2000)

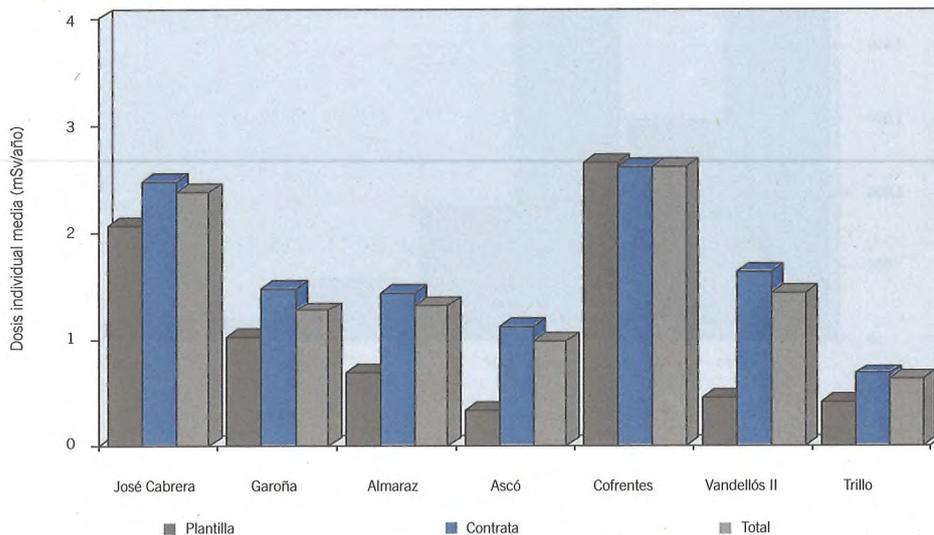


Figura 7. Dosis colectiva y número de trabajadores en centrales nucleares españolas (2000)

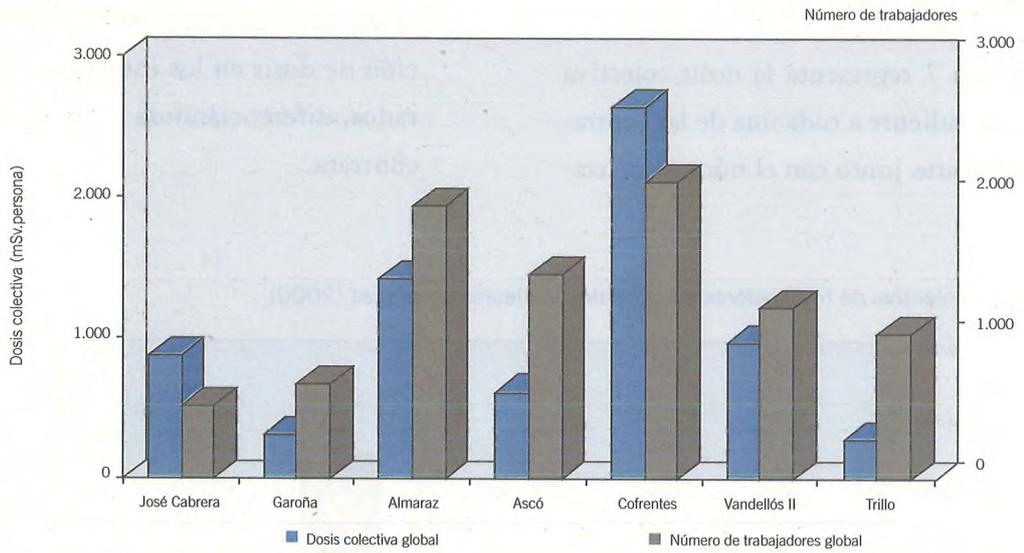
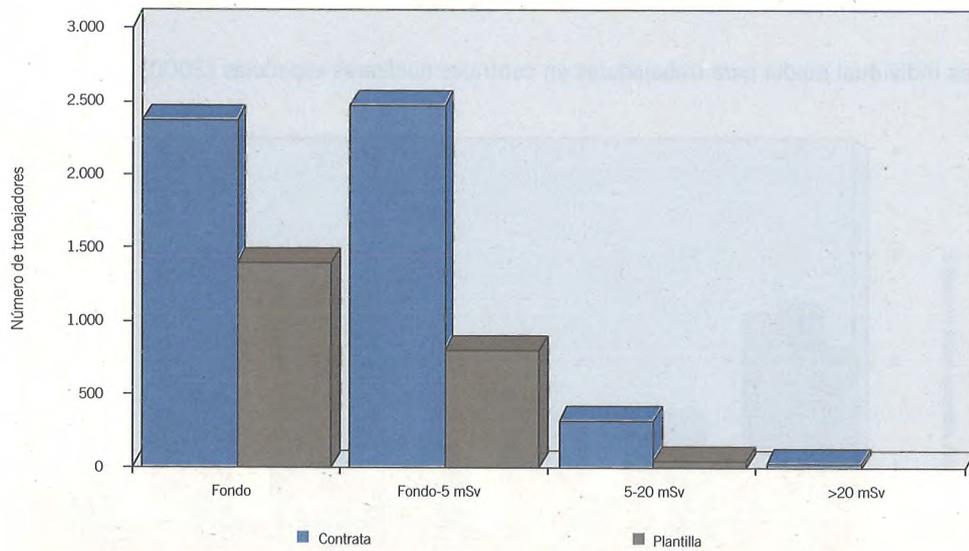


Figura 8. Número de trabajadores por intervalo de dosis en centrales nucleares españolas (2000)



### I.3. Resultados dosimétricos en el ciclo del combustible, residuos y centrales nucleares en desmantelamiento

Durante el año 2000 el número de trabajadores expuestos que desarrollaron su actividad en el campo de las instalaciones del ciclo de combustible, residuos y central nuclear Vandellós I (operaciones de clausura) y que fueron controlados dosimétricamente se cifra en 1.308 personas cuyas lecturas dosimétricas suponen una dosis colectiva de 130 mSv. persona.

En cuanto a la distribución estadística del número de usuarios a lo largo del año 2000 se deduce que:

- 1.097 trabajadores (83,87% del total) no han recibido dosis significativas.
- 211 trabajadores (16,13% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 5 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,61 mSv/año

#### I.3.1. Fábrica de Juzbado (Enusa)

El número total de trabajadores controlados en este año 2000 ha sido de 451 a los

que corresponde una dosis colectiva de 18 mSv. persona.

En cuanto a la distribución estadística del número de usuarios a lo largo del año 2000 se deduce que:

- 402 trabajadores (89,14% del total) no han recibido dosis significativas.
- 49 trabajadores (10,86% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 5 mSv.

Cuando se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media resulta en un valor de 0,37 mSv/año.

En lo que se refiere a la *dosimetría interna*, se han realizado controles a:

- 109 personas mediante medida directa de la radiactividad corporal.
- 128 personas mediante análisis de excretas.

No se ha detectado en ningún caso contaminación interna superior al nivel de registro (1% del Límite de Incorporación Anual).

#### I.3.2. Concentrados: plantas Quercus y Lobo G (Enusa)

El número total de trabajadores controlados en este año 2000 ha sido de 190 a los

que corresponde una dosis colectiva de 1 mSv.persona.

En cuanto a la distribución estadística del número de usuarios a lo largo del año 2000 se deduce que:

- 186 trabajadores (97,89% del total) no han recibido dosis significativas.
- Cuatro trabajadores (2,11% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 5 mSv.

Cuando se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media resulta en un valor de 0,78 mSv/año.

En lo que se refiere a la *dosimetría interna*, se han realizado controles a 72 personas mediante análisis de excretas, no habiéndose detectado en ningún caso contaminación interna superior al nivel de registro.

### 1.3.3. Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (Enresa)

El número total de trabajadores controlados en este año 2000 ha sido de 241, a los que corresponde una dosis colectiva de 24 mSv.persona.

En cuanto a la distribución estadística del número de usuarios a lo largo del año 2000 se deduce que:

- 188 trabajadores (78,01% del total) no han recibido dosis significativas.
- 53 trabajadores (21,99% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 5 mSv.

Cuando se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media resulta en un valor de 0,45 mSv/año.

En lo que se refiere a la *dosimetría interna*, se han realizado controles a 117 personas mediante medida directa de la radiactividad corporal, no habiéndose detectado en ningún caso contaminación interna superior al nivel de registro.

### 1.3.4 Central nuclear Vandellós I (operación de clausura)

El número de personas controladas fue de 450, a las que corresponde una dosis colectiva de 87 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 345 trabajadores (76,67% del total) no han recibido dosis significativas.

- 105 trabajadores (23,33% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- No hay ningún trabajador con dosis superiores a 5 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,83 mSv/año para la totalidad del personal.

En esta instalación no se hace una diferenciación entre personal de contrata y personal de plantilla, puesto que la práctica totalidad de los trabajos de desmantelamiento los realizan empresas de contrata.

En lo que se refiere a la *dosimetría interna*, se han realizado los siguientes controles:

- Medida directa de la radiactividad corporal a un total de 373 personas, no habiéndose detectado en ningún caso contaminación interna superior al nivel de registro establecido (1% del LIA).
- Medida indirecta mediante análisis de excretas a 83 personas, no habiéndose detectado en ningún caso contaminación interna por encima del nivel de registro establecido<sup>(13)</sup>.

13. A lo largo del año 2000 se ha llevado a cabo el proceso de investigación asociado a dos posibles casos de contaminación interna como consecuencia de trabajos efectuados a finales del año 1999. Tras concluir el estudio citado, la asignación de dosis integrada efectiva ha sido de 1,17 mSv para uno de los trabajadores y de 2,14 mSv en el caso del otro trabajador afectado.

#### I.4. Resultados dosimétricos en otros tipos de instalaciones

Dentro de este apartado se ha considerado la siguiente clasificación:

- Centros de investigación y/o docencia: instalaciones de rayos X, instalaciones con fuentes encapsuladas, instalaciones con fuentes no encapsuladas, instalaciones con aceleradores de partículas, instalaciones mixtas y otras.
- Entidades de transporte: transporte de residuos y de material radiactivo.
- Consejo de Seguridad Nuclear.

De acuerdo con los datos disponibles, se puede concluir que durante el año 2000 el número de personas controladas fue de 4.752, contabilizando una dosis colectiva de 1.028 mSv.persona.

En cuanto a la distribución estadística de las dosis acumuladas a lo largo del año 2000 en este colectivo de trabajadores cabe señalar que:

- 2.213 trabajadores (46,57% del total) no han recibido dosis significativas.
- 2.524 trabajadores (53,11% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 14 trabajadores (0,29% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.

- Un trabajador (0,02% del total) ha recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,41 mSv/año.

#### 1.4.1. Centros de investigación/docencia

El número de trabajadores controlados ha sido de 4.555 a los que corresponde una dosis colectiva de 785 mSv.persona

A modo de resumen cabe señalar que:

- 2.076 trabajadores (45,58% del total) no han recibido dosis significativas.
- 2.479 trabajadores (54,42% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 5 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,32 mSv/año.

#### 1.4.2. Entidades de transporte

El número de trabajadores controlados ha sido de 60, a los que corresponde una dosis colectiva de 238 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- Nueve trabajadores (15,00% del total) no han recibido dosis significativas.
- 36 trabajadores (60,00% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 14 trabajadores (23,33% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- Un trabajador (1,67% del total) ha recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 50 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 4,66 mSv/año.

#### 1.4.3. Consejo de Seguridad Nuclear

El número de trabajadores controlados ha sido de 137 a los que corresponde una dosis colectiva de 5 mSv.persona.

A modo de resumen cabe señalar que:

- 128 trabajadores (93,43% del total) no han recibido dosis significativas.
- Nueve trabajadores (6,57% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.

- Ningún trabajador ha recibido dosis superiores a 5 mSv.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,63 mSv/año.

### 1.5. Datos dosimétricos globales del país

A modo de resumen de los datos dosimétricos presentados en este informe, cabe señalar que para el conjunto del país (instalaciones radiactivas, centrales nucleares, ciclo del combustible y otras) y de acuerdo con los datos disponibles, excluyendo los casos de potencial sobreexposición:

El número de personas expuestas a radiaciones ionizantes controladas dosimétricamente asciende a 84.552 a los que corresponde una dosis colectiva de 45.123 Sv.persona<sup>(14)</sup>.

- 30.410 trabajadores (35,97% del total) no han recibido dosis significativas.
- 53.003 trabajadores (62,69% del total) han recibido dosis inferiores a 5 mSv.
- 982 trabajadores (1,16% del total) han recibido dosis comprendidas entre 5 y 20 mSv.
- 143 trabajadores (0,14% del total) han recibido dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv.
- En cuanto a los 14 trabajadores restantes (0,04% del total) constituyen casos de potencial superación del límite anual de dosis<sup>(15)</sup>.

Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluyen los casos de potencial sobredosis, la dosis individual media en este colectivo de trabajadores resulta ser de 0,83 mSv/año.

14. En esta cifra no se incluyen las lecturas dosimétricas superiores al límite anual de dosis.

15. En los casos de potencial superación del límite anual de dosis, el CSN establece un protocolo de investigación que implica vigilancia médica de trabajadores afectados. En el *Informe del Consejo de Seguridad Nuclear al Congreso de los Diputados y*

*al Senado. Año 2000*, se incluyeron estos casos junto con otros cinco correspondientes a dosimetría de extremidades y el de otro trabajador en el que esta superación del límite de dosis se produjo en uno de los meses del año, como consecuencia de la suma de las lecturas dosimétricas correspondientes a los doce meses anteriores (dosis acumulada).



## II. Resumen y conclusiones



## II. Resumen y conclusiones

A lo largo de los apartados anteriores se han expuesto los resultados dosimétricos correspondientes a los trabajadores expuestos del país, desglosados dentro de los diferentes tipos de instalaciones o áreas de trabajo existentes en España: instalaciones radiactivas, médicas e industriales, centrales nucleares, instalaciones del ciclo del combustible, residuos y centrales nucleares en desmantelamiento, y otras instalaciones<sup>(16)</sup>.

Como hecho destacable cabe mencionar que, aunque el límite reglamentario de dosis para personal expuesto es de 50 mSv/año, el 98,65% de los trabajadores ha recibido dosis inferiores a 5 mSv/año, el 99,81% ha recibido dosis inferiores a 20 mSv/año y el 99,96% dosis inferiores a 50 mSv/año. El 0,04% de los trabajadores restantes (14 trabajadores pertenecientes todos ellos a instalaciones radiactivas) constituyen casos de potencial superación del límite anual de dosis establecido en el Reglamento. Así mismo, la dosis individual media por sectores no supera en ningún caso el valor de 5 mSv/año.

Se efectúa a continuación un estudio comparativo entre los diferentes sectores esta-

blecidos considerando tres elementos básicos de análisis y evaluación:

1. Número de trabajadores expuestos.
2. Dosis colectiva y dosis individual media.
3. Número de trabajadores expuestos con dosis inferiores a 5 mSv/año y con dosis superiores a 20 mSv/año.

A la hora de valorar los resultados hay que tener en cuenta que en el año 2000 estaban en funcionamiento dos reactores nucleares de tipo BWR (Garoña y Cofrentes) y siete reactores nucleares de tipo PWR (José Cabrera, Almaraz I y II, Ascó I y II, Vandellós II y Trillo); además, la central nuclear de Vandellós I se encontraba en proceso de desmantelamiento.

Así mismo, se realizaron operaciones de recarga en las siguientes centrales nucleares en operación: José Cabrera, Almaraz (unidad I y II), Ascó (unidad I), Cofrentes, Vandellós II y Trillo.

En lo que se refiere a las instalaciones del ciclo de combustible, en 2000 estaban en operación la fábrica de combustible de Juzbado, la planta Quercus de producción de concentrados y la instalación de almacenamiento de residuos de Sierra Albarrana; además, la planta Lobo-G se encontraba en fase de desmantelamiento.

16. Los datos presentados a lo largo de este informe se han recogido de forma global en las figuras 9 a 14.

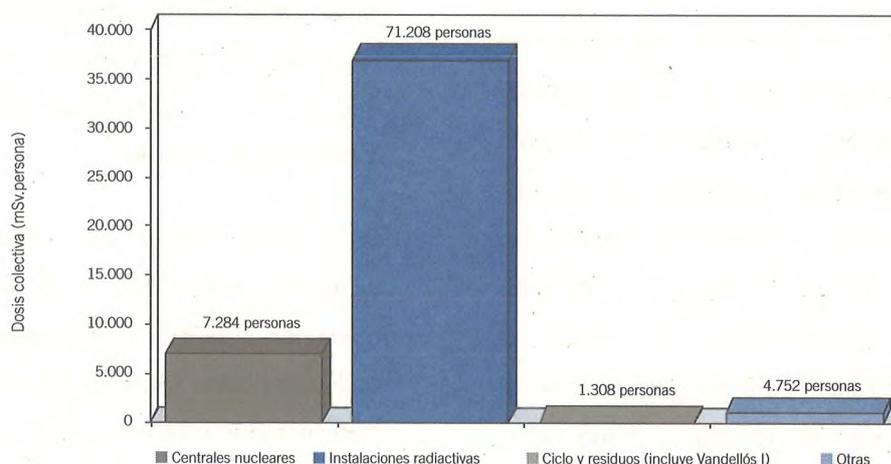
## II.1. En lo que se refiere a la dosis colectiva

1.1. El número de personas expuestas a radiaciones ionizantes controladas dosimétricamente durante el año 2000 asciende a 84.552 a las que corresponde una dosis colectiva de 45.123 mSv.persona<sup>(17)</sup>, que se distribuyen sectorialmente según:

1.2. La mayor contribución a la dosis colectiva de los trabajadores expuestos (TE) corresponde a las instalaciones radiactivas médicas<sup>(18)</sup> y dentro de estas a las instalaciones médicas de radiodiagnóstico (17.143 mSv.persona), siendo estas últimas, asimismo, las más representativas en cuanto al número de trabajadores (39.910 personas, un 47%

	Nº trabajadores	Dosis colectiva (mSv.persona)
Instalaciones radiactivas médicas	65.733	32.745
Instalaciones radiactivas industriales	5.475	4.155
Centrales nucleares	7.284	7.065
Ciclo del combustible y residuos	1.308	130
Otras instalaciones	4.752	1.028
<b>TOTAL</b>	<b>84.552</b>	<b>45.123</b>

Figura 9. Dosis colectiva y número de trabajadores por sectores (2000)



17. En esta cifra no se incluyen las lecturas dosimétricas superiores al límite anual de dosis. Así mismo, indicar que en el *Informe del Consejo de Seguridad Nuclear al Congreso de los Diputados y al Senado. Año 2000* figura como dosis colectiva 45.118. La diferencia con el valor reflejado en este informe es debida a la dosis

colectiva del personal del Consejo de Seguridad Nuclear, información que no se incluye en el Informe anual.

18. En las figuras 1 a 4 se presentan de forma resumida los resultados dosimétricos correspondientes a instalaciones radiactivas, médicas e industriales.

del total de trabajadores expuestos controlados dosimétricamente durante al año 2000).

- 1.3. En el ámbito de las instalaciones radiactivas industriales la mayor contribución a la dosis colectiva corresponde a las instalaciones de gammagrafía (1.031 mSv.persona), sector que, por el contrario, es el menos representativo en cuanto al número de trabajadores. Este hecho se traduce, como se verá en el siguiente apartado, en unas dosis individuales medias por encima de las registradas en el resto de los grupos considerados.
- 1.4. En el sector nuclear la dosis colectiva media por reactor a lo largo del año 2000 ha sido de 785 mSv.persona, valor inferior al correspondiente al año 1999 (1.097 mSv.persona), lo que representa una tendencia global decreciente en los últimos diez años.

Con objeto de realizar una valoración global de la dosimetría de los trabajadores expuestos en el sector nucleoelectrico español, en las figuras 10 y 11 se muestra la evolución temporal de la dosis colectiva por tipo de reactor y año correspondientes a las centrales nucleares españolas y se comparan con los valores registrados en el ámbito internacional<sup>(19)</sup>.

19. Los datos internacionales son los publicados por el Sistema Internacional de Información sobre Exposiciones Ocupacionales (ISOE- *Information System on Occupational Exposure*).

Los resultados obtenidos para este parámetro pueden valorarse positivamente si se tiene en cuenta que:

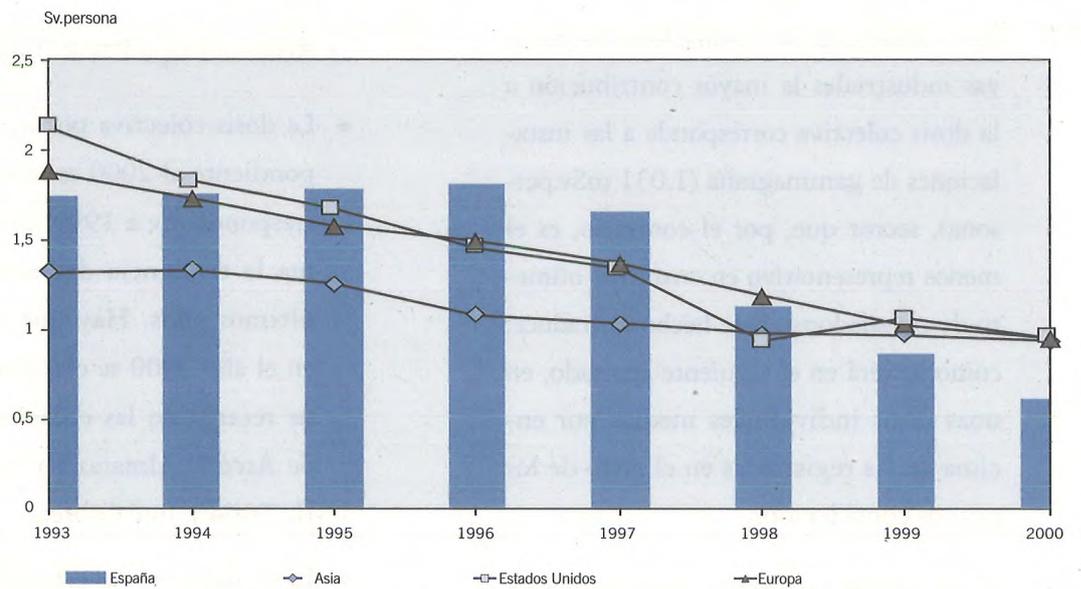
a) Reactores tipo PWR (figura 10):

- La dosis colectiva por reactor correspondiente al 2000 es inferior a la correspondiente a 1999, lo cual confirma la tendencia decreciente de los últimos años. Hay que indicar que en el año 2000 se efectuaron paradas de recarga en las centrales nucleares de Ascó I, Almaraz I y II, Vandellós II, Trillo y José Cabrera.
- La situación en las centrales españolas está en consonancia con la de los países tecnológicamente más avanzados.

b) Reactores tipo BWR (figura 11):

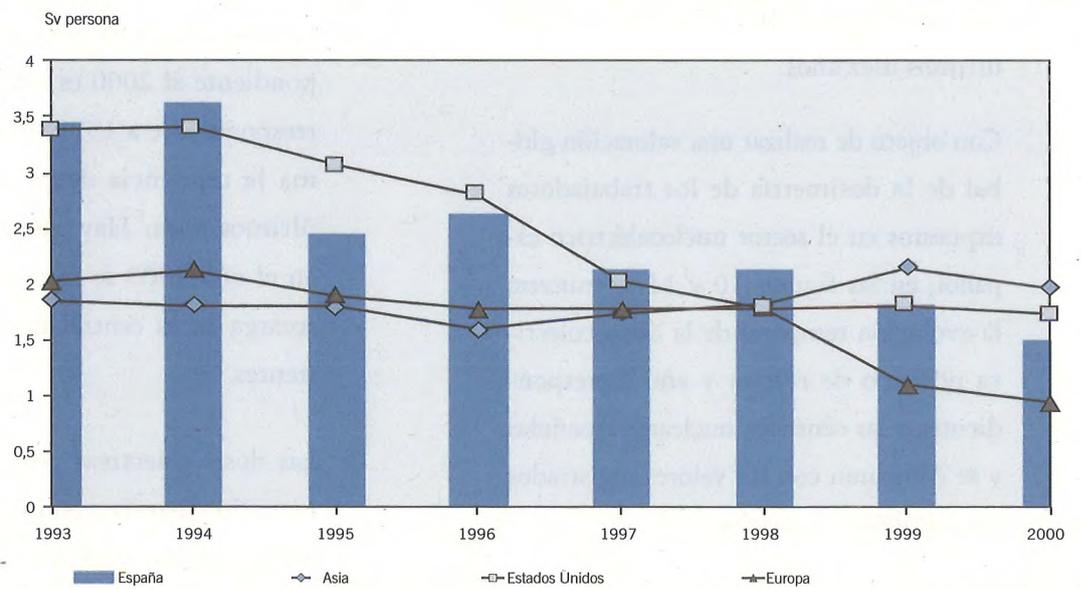
- La dosis colectiva por reactor correspondiente al 2000 es inferior a la correspondiente a 1999, lo cual confirma la tendencia decreciente de los últimos años. Hay que indicar que en el año 2000 se efectuó parada de recarga en la central nuclear de Cofrentes.
- Las dosis colectivas por reactor. año han ido disminuyendo progresivamente a lo largo de los últimos años hasta equipararse con los resultados registrados para este tipo de centrales en el ámbito internacional.

Figura 10. Dosis colectiva media (Sv.persona) para reactores de tipo PWR. Comparación internacional



En la elaboración de esta gráfica se han considerado dosis medias colectivas trianuales para reactores de tipo PWR en cada región de comparación.

Figura 11. Dosis colectiva media (Sv.persona) para reactores de tipo BWR. Comparación internacional



En la elaboración de esta gráfica se han considerado dosis medias colectivas trianuales para reactores de tipo BWR en cada región de comparación.

1.5. Dentro del sector<sup>(20)</sup> nuclear, es en la central nuclear de Cofrentes donde se registra la dosis colectiva más elevada (2.634 mSv.persona), seguida de Almaraz (1.413 mSv.persona).

Por el contrario, la central nuclear de Trillo presenta valores de dosis colectiva inferiores al resto de las centrales en operación y significativamente inferiores a las anteriormente citadas (274 mSv.persona).

1.6. La central nuclear Vandellós I (87 mSv.persona), dentro del sector del ciclo de combustible y residuos, es la que contribuye en mayor medida a los valores de dosis colectiva registrados.

1.7. Dentro del grupo "otras instalaciones" son los centros de investigación/docencia los que más contribuyen a la dosis colectiva (785 mSv.persona) siendo también los más representativos en cuanto al número de trabajadores expuestos (4.555 personas).

## II.2. En lo que se refiere a la dosis individual media

2.1. Si se consideran únicamente los trabajadores con dosis significativas y se excluyen los casos de potencial sobreexposición,

la dosis individual media correspondiente al año 2000, para el global de los TE (trabajadores expuestos) del país, resulta ser de 0,83 mSv/año. Los valores de este parámetro en cada uno de los sectores considerados son los que siguen:

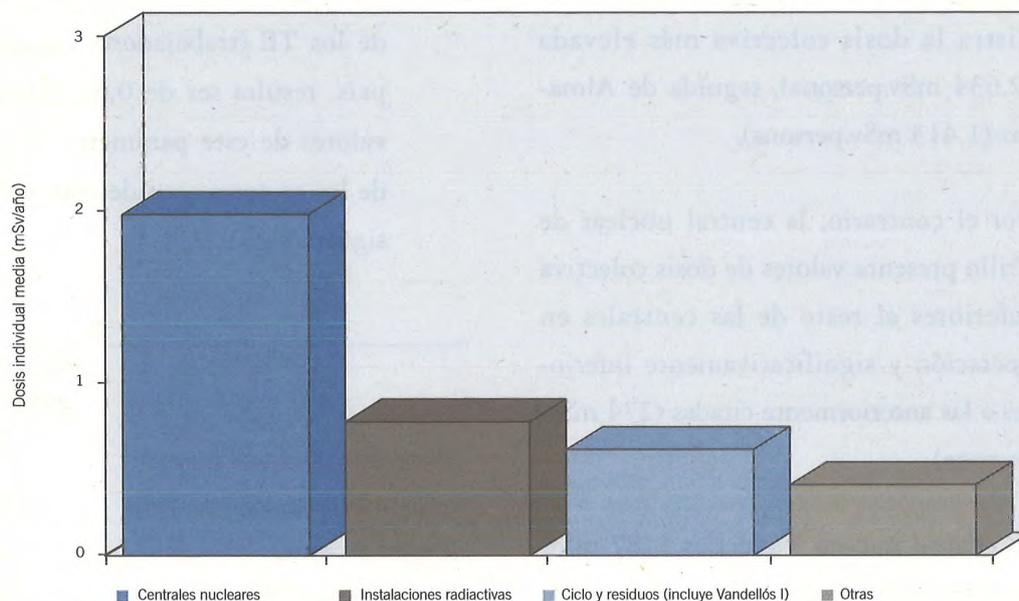
	Dosis individual media (mSv/año)
Instalaciones radiactivas médicas	0,74
Instalaciones radiactivas industriales	1,21
Centrales nucleares	1,97
Ciclo del combustible y residuos	0,61
Otras instalaciones	0,41

2.2. La dosis individual media correspondiente a centrales nucleares es superior a la del resto de los sectores considerados, siendo de destacar que es el personal de contrata el que presenta valores de dosis individual media superiores (2,19 mSv/año frente a 1,17 mSv/año para el personal de plantilla).

Esta tendencia, dosis correspondientes a personal de contrata superiores a las del personal de plantilla, es general en todos los países y resulta lógica si se tiene en cuenta que, habitualmente, la contratación de personal externo a la central se realiza con vistas a la realización de operaciones (mantenimiento, reparación, etc.) que suelen resultar radiológicamente significativas.

20. En las figuras 5 a 8 se presentan los resultados dosimétricos correspondientes a centrales nucleares.

Figura 12. Dosis individual media por sectores (2000)



2.3. Se observa, asimismo, que la dosis individual media asociada al total de las instalaciones industriales es significativamente superior al valor obtenido para el total de las instalaciones radiactivas de tipo médico. En las primeras desarrollan su actividad laboral un menor número de personas que, sin embargo, reciben dosis más altas.

Es de destacar que los valores de dosis individual media asociados a las instalaciones de gammagrafía (3,10 mSv/año) son superiores al del resto de las actividades consideradas. Presentan así mismo valores relevantes las instalaciones de radiografía industrial (2,11 mSv/año).

2.4. Dentro de las instalaciones radiactivas médicas, las instalaciones de radiodiagnóstico, en las que realizan su trabajo un porcentaje significativo de trabajadores (un 47% del total del país), presentan valores de dosis individual media de 0,65 mSv/año.

Las instalaciones de medicina nuclear son las que presentan valores de dosis individual media superiores dentro de este sector (2,01 mSv/año).

2.5. En el sector de centrales nucleares, es la de Cofrentes (2,61 mSv/año) y la de José Cabrera (2,36 mSv/año), las que registran valores mas altos para este parámetro. También en dosis individuales la

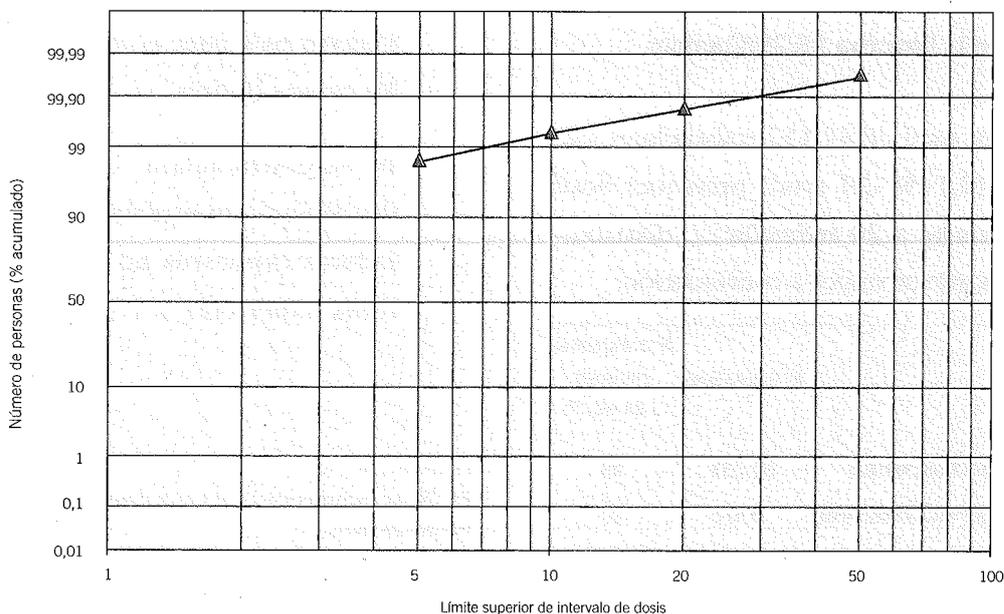
central de Trillo es la que registra los valores más bajos, con 0,62 mSv/año.

- 2.6. La dosis individual media correspondiente a los trabajadores expuestos implicados en actividades de transporte (4,66 mSv/año) es significativamente superior a la del resto de los sectores laborales considerados, aunque hay que señalar que este colectivo, en cuanto al número de trabajadores (60 personas) no es muy significativo. Teniendo en cuenta lo indicado con anterioridad, se considera que en este sector se deberán extremar las medidas encaminadas a la aplicación práctica del principio ALARA.
- 2.7. Los valores inferiores de este parámetro se registran en *otros* (0,41 mSv/año).

Dentro de este sector son los centros de investigación/docencia los que presentan valores de dosis individual media menos representativos (0,32 mSv/año).

- 2.8. En la figura 13 se muestra en escala de tipo probabilístico la distribución de las dosis de las personas expuestas en España a lo largo de este año 2000. El buen ajuste de dichos datos a una recta demuestra que la distribución de dosis se ajusta a una función del tipo logarítmico-normal. Esta situación es coherente con la experiencia internacional que existe al respecto, de hecho la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) cuando propuso los actuales límites de dosis, tuvo en cuenta la realidad práctica de que las dosis en grandes grupos de

Figura 13. Distribución de las dosis de las personas expuestas en España durante el año 2000

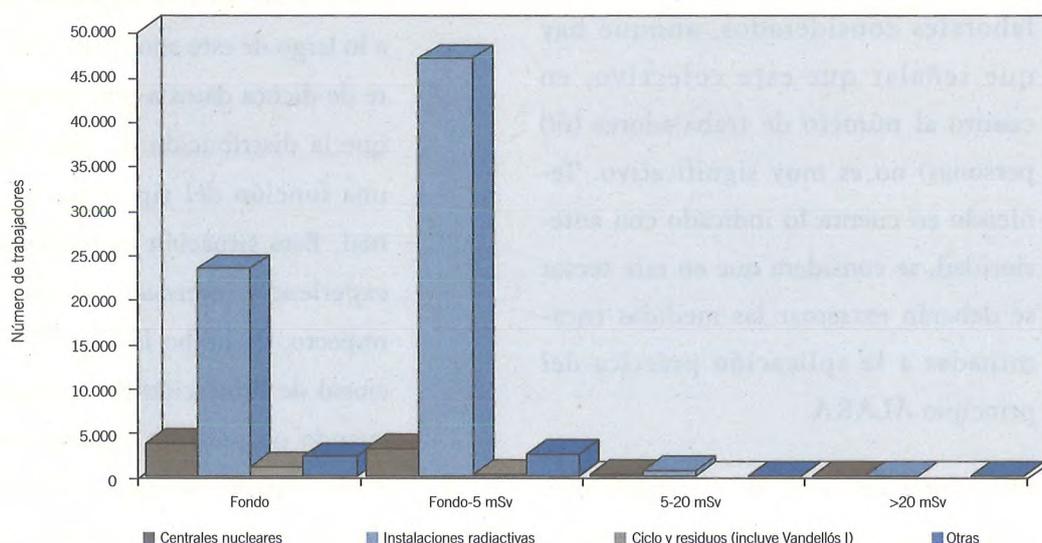


trabajadores se distribuyen con arreglo a una función de estas características.

Con esta distribución se confirma que, aunque el límite reglamentario de

dosis para personal expuesto es de 50 mSv/año, el 98,65% de los trabajadores ha recibido dosis inferiores a 5 mSv/año, límite establecido para miembros del público.

Figura 14. Número de trabajadores por intervalo de dosis en cada sector (2000)



### II.3. En lo que se refiere a las implicaciones para nuestro país de los nuevos límites de dosis reflejados en la Directiva 96/29/Euratom

3.1. De un total de 84.552 trabajadores solo 143 (0,14% del total) presentan dosis superiores a 20 mSv/año<sup>(21)</sup>, distribuidos según se indica a continuación:

	Nº trabajadores	Nº trabajadores con dosis > 20 mSv <sup>(22)</sup>
Instalaciones radiactivas médicas	65.733	98
Instalaciones radiactivas industriales	5.475	22
Centrales nucleares	7.284	22
Otras instalaciones	4.752	1

3.2. La situación reflejada en el punto anterior muestra la buena disposición en nuestro país para el cumplimiento de los nuevos límites.

Es necesario aclarar que la Directiva 96/29/Euratom establece que los trabajadores expuestos no deberán recibir dosis superiores a 100 mSv en cinco

21. No se incluyen los 14 casos de potencial superación de los límites de dosis.

22. No se incluyen los 14 casos de potencial superación de los límites de dosis

años consecutivos, lo que supone un promedio de 20 mSv/año. *El que un trabajador reciba durante un año dosis superiores a 20 mSv no implica que vaya a superar los nuevos límites.*

#### **II.4. Casos de potencial superación de los límites de dosis**

- 4.1. *En lo que se refiere a las situaciones de potencial superación de los límites de dosis (50 mSv/año), se han registrado 14<sup>(23)</sup> casos (un 0,04% del total), todos ellos pertenecientes al sector de instalaciones radiactivas.*

---

23. En el Informe del Consejo de Seguridad Nuclear al Congreso de los Diputados y al Senado. Año 2000 se incluyeron estos casos junto con otros cinco correspondientes a dosimetría de extremidades y el de otro trabajador en el que esta

superación del límite de dosis se produjo en uno de los meses del año, como consecuencia de la suma de las lecturas dosimétricas correspondientes a los doce meses anteriores (dosis acumulada).



### III. Tendencias en la exposición a radiaciones



### III. Tendencias en la exposición a radiaciones

1. En el anexo I se presenta un análisis comparativo de los resultados obtenidos en este informe frente a los obtenidos en los realizados con este mismo enfoque en los años 1996, 1997, 1998, 1999 y 2000.
2. Hay que valorar positivamente que, a pesar de que en el período 1996-2000 el número de TE controlados dosimétricamente se incrementa en un 2% (82.457 en 1996 frente a 84.552 en 2000) la dosis colectiva disminuye en un 28% (57.626 frente a 45.123 mSv.persona).

Análoga valoración positiva merece la evolución en el período 1996-2000 del número de trabajadores con dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv por año, donde se observa un aumento del 13% (124 frente a 143).

En lo que se refiere a la dosis individual media, se observa una disminución de un 5% (0,87 mSv/año en 1996 frente a 0,83 mSv/año en 2000).

3. Cuando se analiza la evolución de la dosis colectiva en el período 1996-2000 en las instalaciones radiactivas médicas se puede observar que el número de trabajadores expuestos controlados dosimétricamente se incrementa en un 6% (62.026 frente a 65.733 trabajadores), siendo el incremento de la

dosis colectiva de un 5% (31.062 mSv.persona en 1996 frente a 32.745 mSv.persona en 2000).

En lo que se refiere a la dosis individual media, se observa un aumento de un 20% (0,59 mSv/año frente a 0,74 mSv/año).

Respecto al número de trabajadores con dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv se observa un aumento del 54% (55 frente a 98 trabajadores)<sup>(24)</sup>.

4. En lo que se refiere a las instalaciones radiactivas industriales, cabe destacar la evolución de la dosis colectiva en el período 1996-2000 en este sector, se observa una disminución del 67% (6.930 frente a 4.155 mSv.persona), mientras que el número de trabajadores expuestos se incrementó en un 4% (5.231 frente a 5.475 trabajadores).

En cuanto a la dosis individual media disminuye un 31%, en el período objeto de estudio (1,58 frente a 1,21 mSv/año). El número de trabajadores con dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv por año,

24. A la hora de valorar estos resultados hay que tener en cuenta que en el año 1996 los datos dosimétricos de instalaciones radiactivas no se extraían al 100% del BDN, al haber servicios de dosimetría que remitieron la información dosimétrica únicamente en soporte papel. En consecuencia, no se tuvo en cuenta en la estimación del número de trabajadores con dosis entre 20 y 50 mSv, aquellos que desarrollaron su actividad en varias instalaciones.

sufre una disminución de un 41% (31 frente a 22 trabajadores).

En los resultados obtenidos para el año 2000 en este tipo de instalaciones resultan determinantes las dosis registradas en el sector de gammagrafía industrial (dosis individual media de 3,10 mSv/año y siete trabajadores con dosis entre 20 y 50 mSv). Cabe destacar que dentro en este tipo de instalaciones se observa una disminución de las dosis individuales medias en el año 2000.

5. Cuando se analiza la evolución de la dosis colectiva en las centrales nucleares se puede observar que el número de trabajadores expuestos controlados dosimétricamente ha disminuido un 42% en el período 1996-2000 (10.342 frente a 7.284 trabajadores) y que la dosis colectiva presenta una tendencia favorable, con una disminución de un 150% (17.656 frente a 7.065 mSv.persona).

La evolución se mantiene favorable en lo que se refiere a la dosis individual media, donde se produce un descenso del 42% (2,80 frente a 1,97 mSv/año).

En lo que se refiere al número de trabajadores con dosis comprendidas entre 20 y 50 mSv por año, los resultados son muy positivos si se tiene en cuenta que el año 1996 hubo 36 trabajadores frente a los 22 registrados en el año 2000 (disminuye un 64%).

Cabe destacar que la disminución en los valores de dosis registrados es debida, fundamentalmente, a la reducción de las dosis asociadas al personal de contrata.

En las figuras 10 y 11, se muestra la evolución de la dosis colectiva en las centrales nucleares españolas encuadradas en un contexto internacional, se observa una tendencia global decreciente, que pone de manifiesto el importante esfuerzo desarrollado en este sector en la puesta en práctica del principio de optimización de la protección radiológica.

6. Si se analizan los valores de la dosis individual media en los diferentes sectores para el año 2000, se observa que los que presentan valores mas elevados son radiografía industrial (2,11 mSv/año), gammagrafía industrial (3,10 mSv/año) y transporte (4,66 mSv/año).

Teniendo en cuenta lo indicado con anterioridad, parece evidente que en estos sectores es donde se deberán realizar mayores esfuerzos con vistas a la aplicación en la práctica del criterio ALARA.

7. En cuanto a los sectores donde hay que tener especial atención debido al número de trabajadores que presentan dosis entre 20 y 50 mSv en el año 2000, de cara al cumplimiento de los nuevos límites de dosis establecidos en el Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se

aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes, son los siguientes:

- En el ámbito de las instalaciones radiactivas médicas cabe señalar el sector de medicina nuclear (12 trabajadores que suponen el 0,67 del total), y radiología dental (37 trabajadores que es el 0,34%).
- En el ámbito de las instalaciones radiactivas industriales cabe señalar el sector de la gammagrafía industrial

(siete trabajadores que suponen el 1,63% del total), y control de procesos (10 trabajadores que suponen el 0,70% del total).

- En el ámbito de otras instalaciones radiactivas cabe señalar el sector de transporte (un trabajador que supone el 1,67% del total).

8. Los resultados indicados en puntos anteriores se muestran de manera gráfica en las figuras comprendidas desde la número 15 a 18.

Figura 15. Distribución comparativa de dosis colectiva e individual media en instalaciones radiactivas médicas e industriales. Años 1996, 1997, 1998, 1999 y 2000

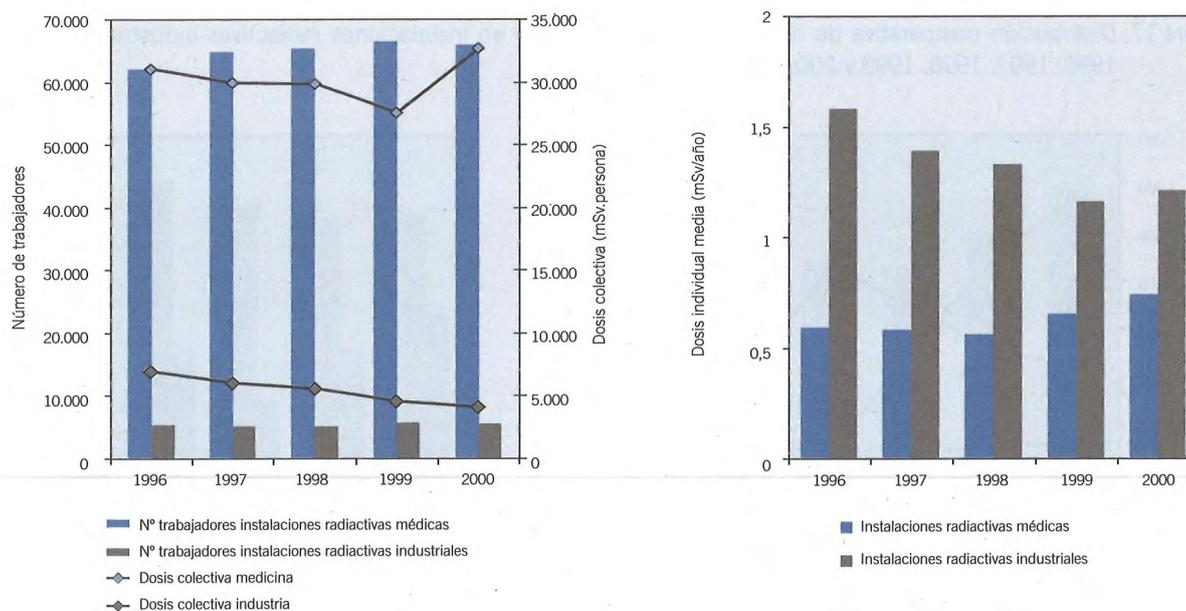


Figura 16. Distribución comparativa de dosis colectiva e individual en instalaciones radiactivas médicas. Años 1996, 1997, 1998, 1999 y 2000

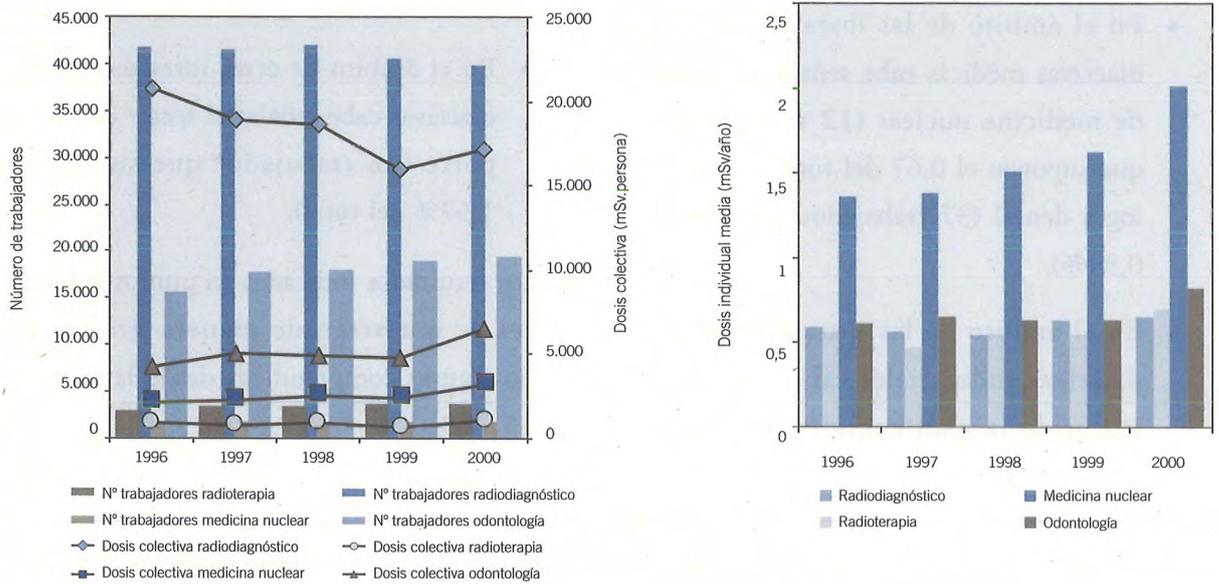


Figura 17. Distribución comparativa de dosis colectiva e individual en instalaciones radiactivas industriales. Años 1996, 1997, 1998, 1999 y 2000

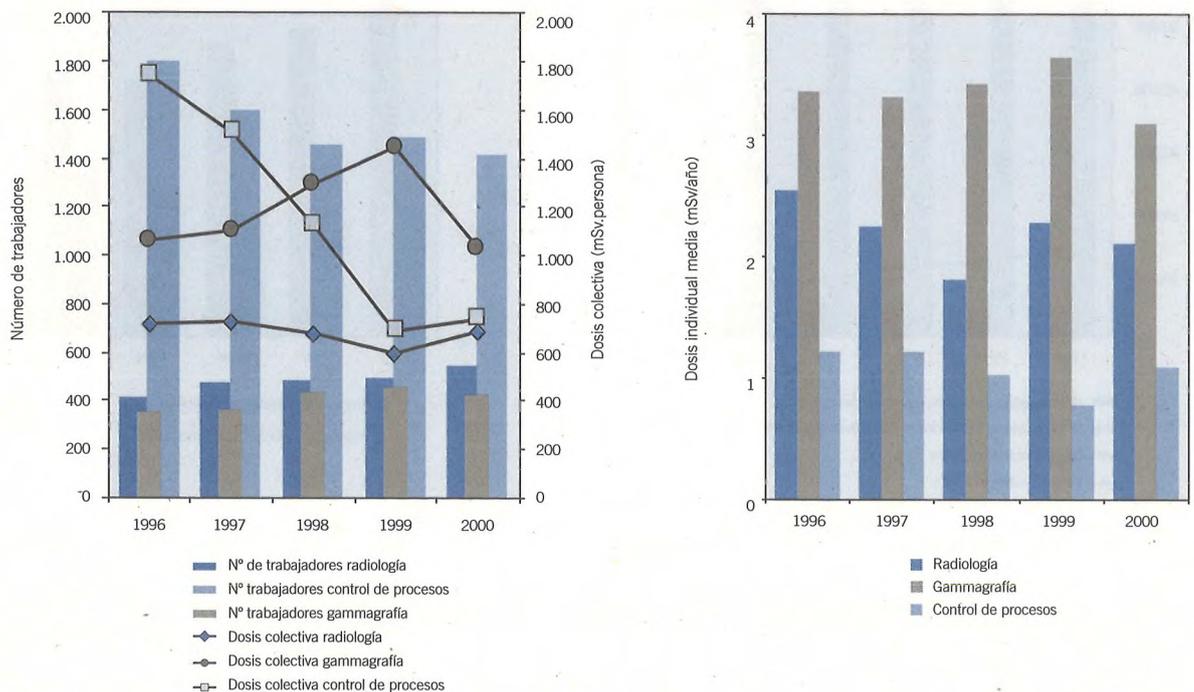


Figura 18. Distribución comparativa de dosis colectiva e individual media en centrales nucleares españolas. Años 1996, 1997, 1998, 1999 2000

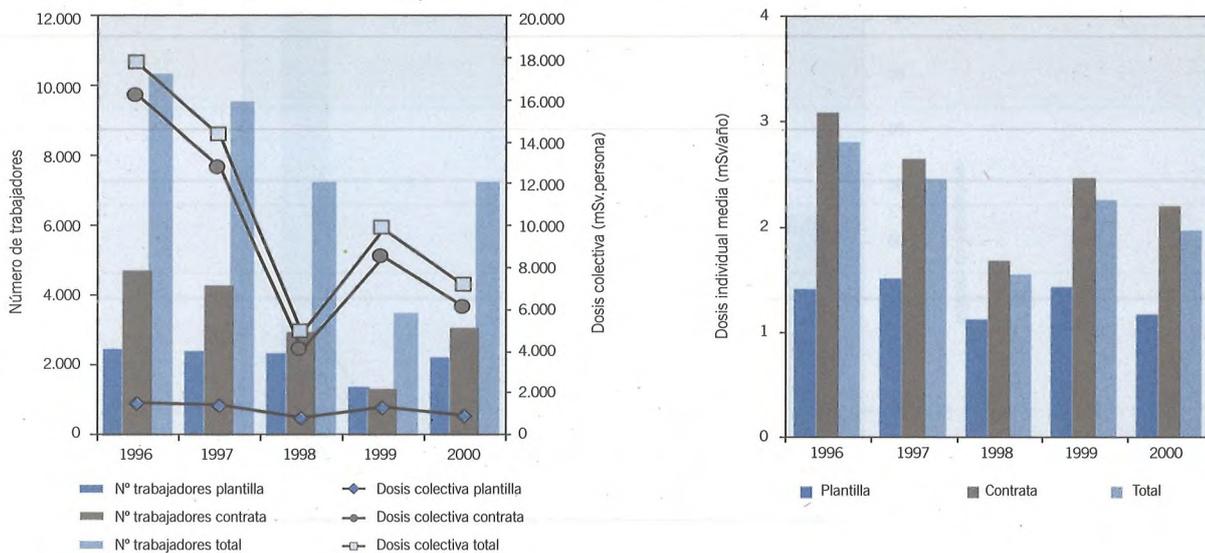


Figura 19. Distribución comparativa de número de trabajadores con dosis entre 20 y 50 mSv/año en los grandes sectores. Años 1996, 1997, 1998, 1999 y 2000

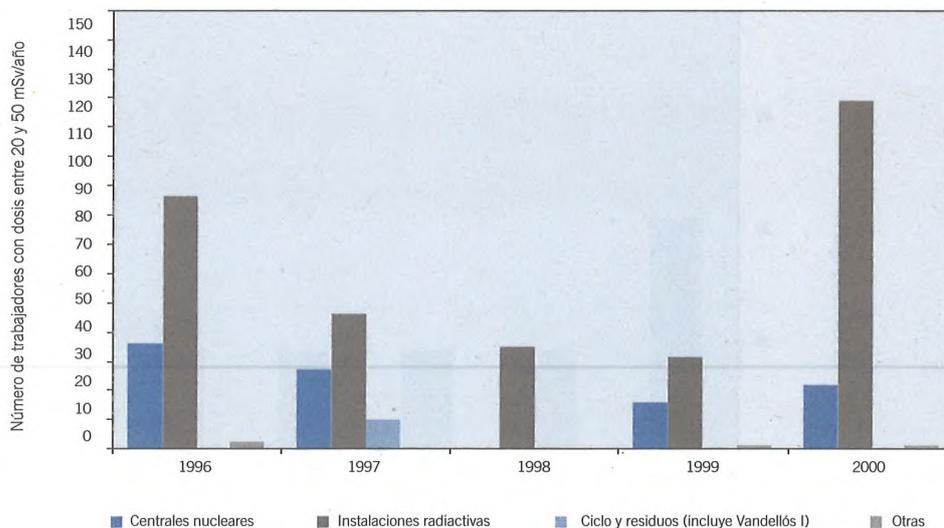


Figura 20. Distribución comparativa de número de trabajadores con dosis entre 20 y 50 mSv/año en el sector de instalaciones radiactivas médicas. Años 1996, 1997, 1998, 1999 y 2000

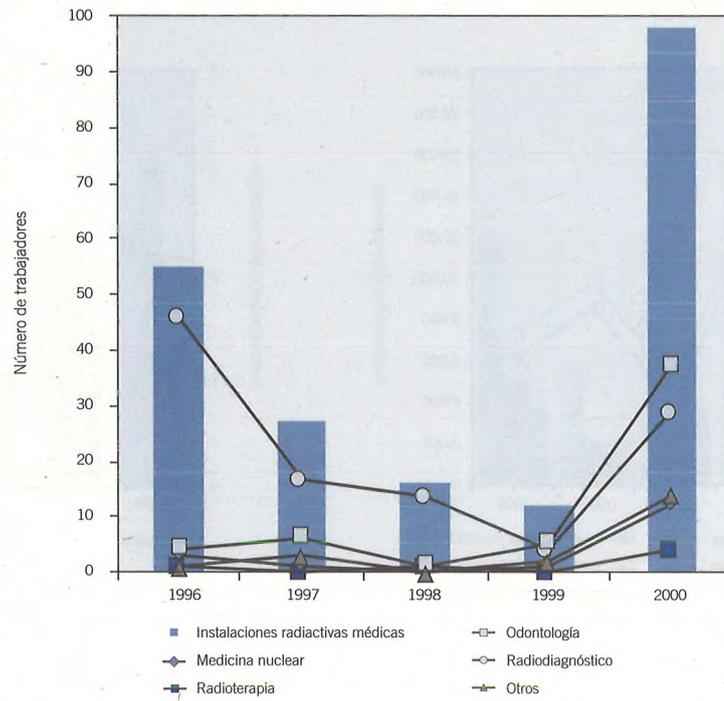
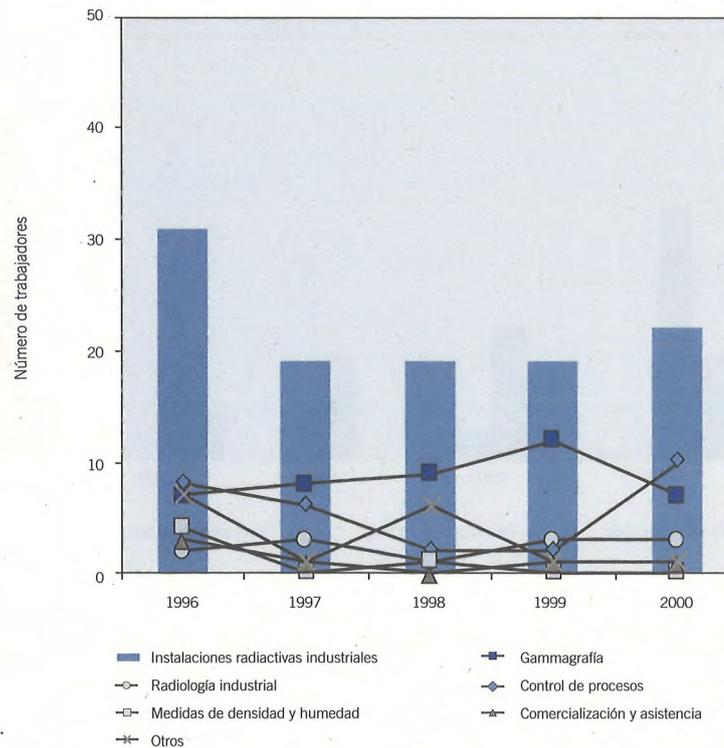


Figura 21. Distribución comparativa de número de trabajadores con dosis entre 20 y 50 mSv/año en el sector de instalaciones radiactivas industriales. Años 1996, 1997, 1998, 1999 y 2000



**IV. Anexo I: Estudio  
dosimétrico sectorial.  
Evolución temporal  
(1996-2000)**



**Tabla 1. Comparación de resultados en instalaciones radiactivas. Años 1996, 1997, 1998, 1999 y 2000**

Tipo de Instalación	Médicas					Industriales				
	Año	1996	1997	1998	1999	2000	1996	1997	1998	1999
Nº de personas	62.026	64.599	65.246	66.380	65.733	5.231	5.166	5.213	5.648	5.475
Nº de personas con dosis significativas	52.319	51.264	52.921	42.502	44.358	4.383	4.313	4.186	3.907	3.430
Dosis colectiva (mSv.persona)	31.062	29.985	29.857	27.550	32.745	6.930	6.013	5.576	4.548	4.155
Dosis individual media (mSv/año)	0,59	0,58	0,56	0,65	0,74	1,58	1,39	1,33	1,16	1,21
Nº de personas dosis entre 20-50 mSv/año	55	27	16	12	98	31	19	19	19	22

**Tabla 2. Comparación de resultados en instalaciones radiactivas médicas. Años 1996, 1997, 1998, 1999 y 2000**

Tipo de Instalación	Radiodiagnóstico					Radioterapia				
	Año	1996	1997	1998	1999	2000	1996	1997	1998	1999
Nº de personas	41.770	41.683	42.082	40.611	39.910	1.661	1.838	1.852	1.983	2.072
Nº de personas con dosis significativas	35.454	33.555	34.563	25.557	26.195	1.522	1.492	1.570	1.240	1.443
Dosis colectiva (mSv.persona)	20.768	18.945	18.671	16.005	17.143	846	708	869	684	1.003
Dosis individual media (mSv/año)	0,59	0,56	0,54	0,63	0,65	0,56	0,47	0,55	0,55	0,70
Nº de personas dosis entre 20-50 mSv/año	46	17	14	4	29	1	0	1	0	4

Tipo de Instalación	Medicina nuclear					Odontología				
	Año	1996	1997	1998	1999	2000	1996	1997	1998	1999
Nº de personas	1.679	1.714	1.734	1.747	1.787	8.711	9.917	10.026	10.602	10.873
Nº de personas con dosis significativas	1.576	1.613	1.617	1.498	1.562	6.934	7.611	7.669	7.692	7.912
Dosis colectiva (mSv.persona)	2.141	2.222	2.443	2.433	3.142	4.248	4.974	4.837	4.812	6.489
Dosis individual media (mSv/año)	1,36	1,38	1,51	1,62	2,01	0,61	0,65	0,63	0,63	0,82
Nº de personas dosis entre 20-50 mSv/año	3	1	0	1	12	4	6	1	5	37

**Tabla 3. Comparación de resultados en instalaciones radiactivas industriales. Años 1996, 1997, 1998, 1999 y 2000**

Tipo de Instalación	Radiología					Gammagrafía					Control de procesos				
	Año	1996	1997	1998	1999	2000	1996	1997	1998	1999	2000	1996	1997	1998	1999
Nº de personas	417	479	486	499	554	353	366	436	463	430	1.803	1.604	1.461	1488	1.424
Nº de personas con dosis significativas	280	322	371	261	328	316	333	377	396	332	1.420	1.233	1.082	877	669
Dosis colectiva (mSv.persona)	714	726	675	599	691	1.063	1.104	1.292	1.447	1.031	1.737	1.508	1.120	684	732
Dosis individual media (mSv/año)	2,55	2,25	1,82	2,29	2,11	3,36	3,31	3,43	3,65	3,10	1,22	1,22	1,04	0,78	1,09
Nº de personas dosis entre 20-50 mSv/año	0	3	1	3	3	7	8	9	12	7	8	6	2	2	10

**Tabla 4. Comparación de resultados en centrales nucleares. Años 1996, 1997, 1998, 1999 y 2000**

Tipo de trabajo	Plantilla					Contrata					Total				
	Año	1996	1997	1998	1999	2000	1996	1997	1998	1999	2000	1996	1997	1998	1999
Nº de personas	2.490	2.402	2.327*	2.274	2.211	7.868	7.166	4.316*	5.677	5.146	10.342	9.560	6.637*	7.914	7.284
Nº de personas con dosis significativas	1.068	985	725	923	820	5.243	4.828	2.151	3.473	2.791	6.307	5.813	2.875	4.390	3.590
Dosis colectiva (mSv.persona)	1.505	1.487	813	1.321	958	16.150	12.756	4.100	8.549	6.107	17.656	14.243	4.913	9.870	7.065
Dosis individual media (mSv/año)	1,41	1,51	1,12	1,43	1,17	3,08	2,64	1,91*	2,46	2,19	2,8	2,45	1,71*	2,25	1,97
Nº de personas dosis entre 20-50 mSv/año	0	0	0	0	0	36	27	6*	16	22	36	27	6*	16	22

\* Corrección de erratas respecto a informes sectoriales anteriores.

**Dosimetría de los  
trabajadores expuestos  
en España durante  
el año 2000**

**Estudio sectorial**

Colección Documentos  
Nº 11. 2003

