

**Dosis colectiva
en los trabajos de recarga
de las centrales nucleares
españolas en el período
1990-1999**

Estudio sectorial

CSN

Colección
Documentos
9.2001

Dosis colectiva en los trabajos de recarga de las centrales nucleares españolas en el período 1990-1999

Estudio sectorial

Juan José Montesinos, Ignacio Amor,
Teresa Labarta y Juan Aroca

Colección: Documentos CSN

Referencia: Doc. 07.04

© Consejo de Seguridad Nuclear, 2001

Edita y distribuye:
Consejo de Seguridad Nuclear
Justo Dorado, 11
28040 - Madrid - España
<http://www.csn.es>

Maquetación y fotomecánica: Digrafic Multimedia. S.L.

Impreso por: ELECE, Industria Gráfica, S.L.

Depósito Legal: M. 18.089-2002

Índice

Introducción	7
I. Datos globales	11
II. Reactores de agua a presión	15
II.1. Reactores PWR de primera generación.....	15
II.1.1. Central nuclear José Cabrera	15
II.2. Reactores PWR de segunda generación	18
II.2.1. Central nuclear Almaraz	18
II.2.2. Central nuclear de Ascó	22
II.3. Reactores PWR de tercera generación	26
II.3.1. Central nuclear de Trillo.....	26
II.3.2. Central nuclear Vandellós II.....	29
III. Reactores de agua en ebullición.....	35
III.1. Central nuclear Santa María de Garoña.....	35
III.2. Central nuclear de Cofrentes	38
IV. Conclusiones	43
Referencias.....	47

Introducción

Introducción

La legislación española en materia de protección radiológica (Real Decreto 53/1992 de 24 de enero) recoge el principio de optimización de la protección radiológica, por el que el número de personas profesionalmente expuestas será el menor posible y las dosis se mantendrán al nivel más bajo que razonablemente se pueda alcanzar.

A la hora de valorar el grado con que este principio de optimización se aplica en la práctica en las centrales nucleares españolas, la estrategia habitual, hasta 1990, fue la de comparar los valores anuales de la dosis colectiva y de la dosis individual media en nuestras centrales con las correspondientes a centrales nucleares de similar tecnología en otros países.

La experiencia obtenida en la aplicación de esta estrategia de evaluación ha demostrado que estos índices de valoración Alara son demasiado globales y están afectados por muchos factores (diseño y edad de las plantas, duración de ciclo, factor de carga, requisitos reguladores de inspección y mantenimiento, etc.).

Por ello, en 1990, el CSN abordó la búsqueda de unos índices de valoración Alara más es-

pecíficos y adecuados y así, en la Guía 1.5 del CSN *Documentación sobre actividades de recarga en centrales nucleares de agua ligera*, se estableció una codificación para poder desglosar la dosis total de una parada de recarga según un conjunto de tareas y actividades estándar. Esta codificación de tareas, que tenía su origen en el cuestionario 3650/90/ES de la Comisión Europea, fue posteriormente adoptada en la base de datos del Sistema Internacional de Exposición Ocupacional (ISOE) de la NEA-OCDE.

En 1994, y como fruto de esta nueva estrategia para la valoración del grado de implantación del principio de optimización en las centrales nucleares españolas, el CSN realizó un primer estudio *Dosis-Tareas*, que abarcó el periodo 1998 a 1992. La presente publicación, que supone una actualización de aquel primer estudio, constituye el segundo paso de esta estrategia de análisis *Dosis-Tareas* y abarca el período comprendido entre 1990 y 1999.

Los datos necesarios para la elaboración de dicho estudio han sido obtenidos de los informes de recarga que, en cumplimiento de las recomendaciones de la Guía de Seguridad 1.5, las centrales nucleares han venido remitiendo al CSN a lo largo del período objeto de estudio.

I. Datos globales

I. Datos globales

En la figura 1 (página 12) se muestra la contribución de la dosis colectiva de la recarga frente a la dosis anual en todas las centrales nucleares españolas. En dicha figura se pone de manifiesto que, en término medio, los trabajos de recarga suponen en torno al 80% de la dosis colectiva total. Por otra parte, en la tabla adjunta se recoge la dosis colectiva total de recarga (en mSv·persona) para personal de plantilla y de contrata, se pone de manifiesto que los trabajadores de contrata reciben más del 90% de la dosis colectiva de recarga.

En la figura 2 (página 12) se muestra la dosis colectiva media de recarga por tipo de reactor (PWR y BWR) y la media de ambas. Se puede observar que la tendencia durante esta década es notablemente decreciente, pasando de valores medios de dosis colectiva en recargas superiores a tres Sv·persona, a comienzos de los noventa, a valores inferiores a 1,5 Sv·persona.

En líneas generales, se puede afirmar que la madurez de las organizaciones de explotación de las centrales en la aplicación del criterio

Alara ha contribuido notablemente a estos resultados. Además, hay dos factores que han influido notablemente en este descenso:

- Los cuatro reactores de Almaraz y Ascó sustituyeron los generadores de vapor entre los años 1995 y 1997. Tras esta modificación se han logrado las dosis colectivas de recarga más bajas de su historia. Este hecho ha causado, como se puede observar en la gráfica 2, que en los años 1998 y 1999 se haya producido una espectacular bajada de la dosis colectiva media de recarga en los reactores de agua a presión.
- Los dos reactores de agua en ebullición que por sus características de diseño y en el caso de Santa María de Garoña también por la edad, tienen un mayor peso en la dosis total del país, han acusado un considerable descenso, especialmente Santa María de Garoña, debido en gran parte a la aplicación de la gestión Alara en los trabajos de recarga.

Se analizan a continuación los trabajos más significativos de cada una de las centrales nucleares.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Plantilla	1.118	965	972	608	924	605	565	866	221	677
Contrata	14.574	13.977	15.248	10.330	13.470	8.070	9.637	11.016	2.583	6.264
Total	15.692	14.942	16.220	10.938	14.394	8.675	10.202	11.882	2.804	6.941
Porcentaje	93	94	94	94	94	93	94	93	92	90

Figura 1. Dosis global anual

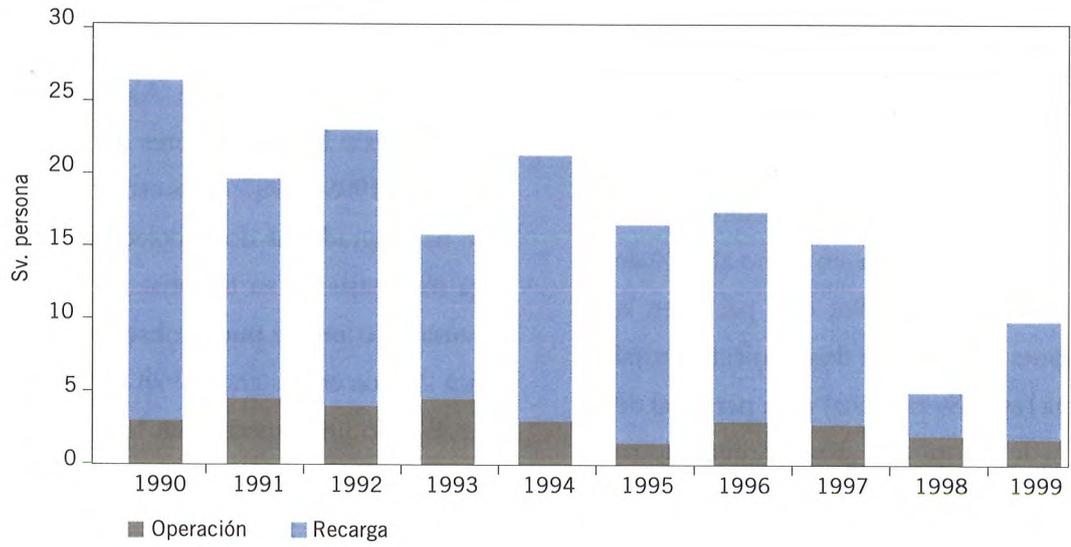
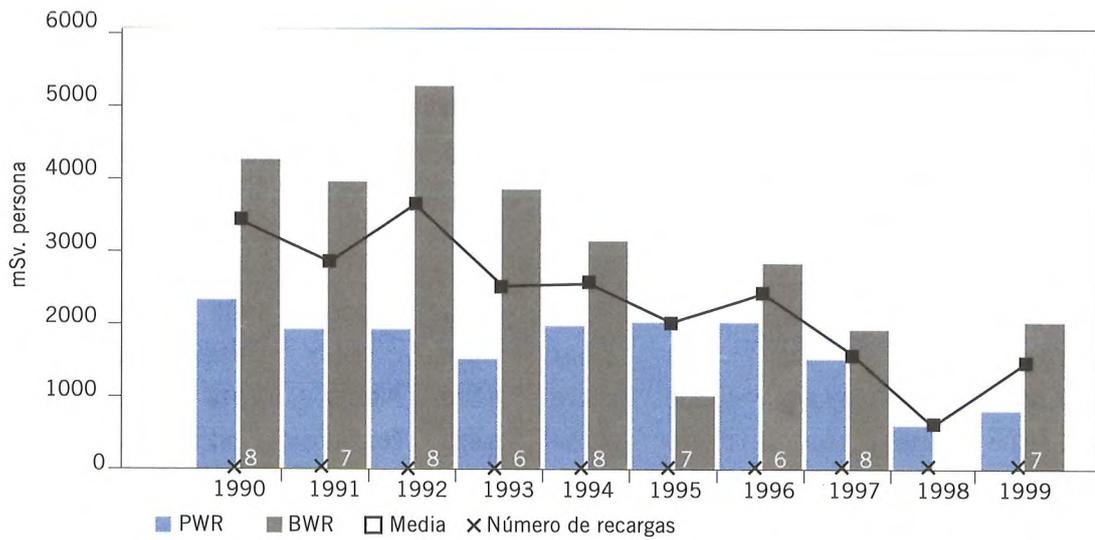


Figura 2. Dosis colectiva media de recarga por tipo de reactor



II. Reactores de agua a presión

II. Reactores de agua a presión

II.1. Reactores PWR de primera generación

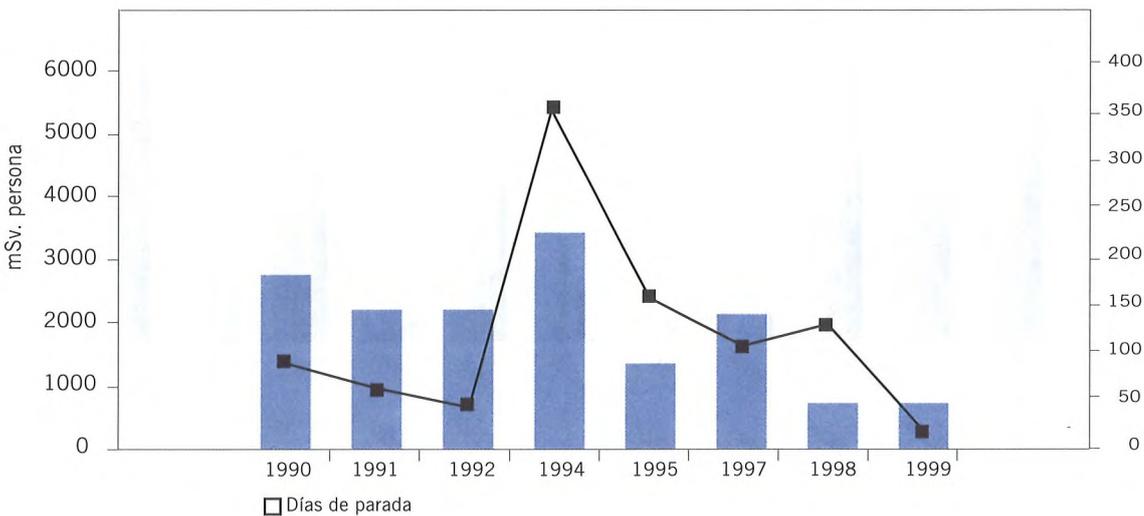
II.1.1. Central nuclear José Cabrera

En la figura 3 se muestra la evolución de la dosis colectiva total en las paradas de recarga en el período objeto de estudio; dicha gráfica pone de manifiesto que, con excepción de las paradas correspondientes a 1994 y 1997, existe una tendencia general a la disminución de la dosis colectiva. Las paradas de recarga en los dos años citados pueden calificarse de atípicas puesto que, en 1994, se realizaron los trabajos de reparación de la tapa de la vasija del reactor, que constituyeron una actividad radiológicamente muy relevante que, de hecho, obligó a que la central permaneciera parada prácticamente todo el año; en 1997 se

llevó a cabo otra actividad de relevancia radiológica, como fue el cambio de la tapa de la vasija del reactor. Hay que destacar los buenos resultados de las recargas de 1998 y 1999, debidos en parte a la bajada de tasa de dosis en diversos puntos de la planta por mejora de las condiciones químicas del agua del circuito primario, por ejemplo las mejoras en la gestión de resinas.

En la figura 4 se muestra la evolución, en el período objeto de estudio, de las dosis en las distintas tareas reportadas por la central José Cabrera. En la tabla adjunta se resumen las tareas más relevantes radiológicamente, indicándose la contribución en porcentaje a la dosis total de las recargas en dicho período que, en promedio, fue de 1.914 mSv·persona (mSv·p) por recarga:

Figura 3. Central nuclear José Cabrera. Dosis colectiva de recarga



Tareas	%
Otros sistemas y trabajos no mencionados	24,3
Vasija y componentes reactor	17,5
Reposición combustible	14,7
Trabajos generales (limpieza, etc.)	12,9
Generador de vapor Primario	12,6
Válvulas	8,5

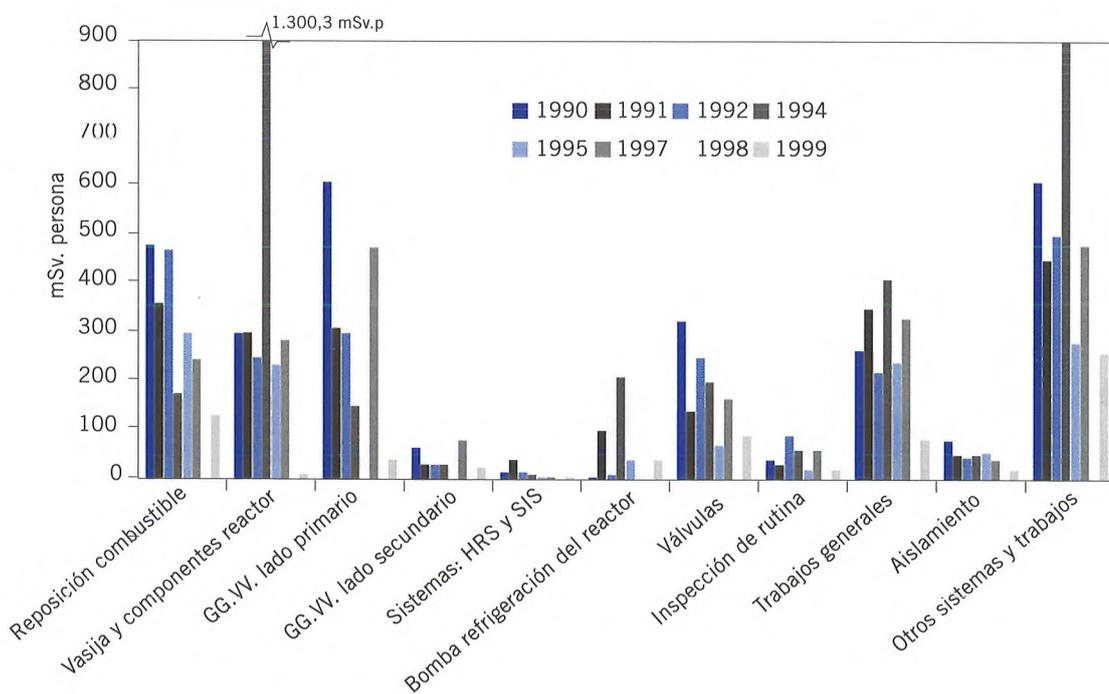
La tarea de mayor contribución a la dosis de las recargas la constituye *Otros sistemas y trabajos no mencionados*. Los trabajos incluidos en este apartado que más influyen son, entre otros, los de *Montaje de tuberías y soportes, Cableado, Pruebas hidrostáticas, Revisión/ reparación bombas y Vigilancia y control radiológico*.

Hay que destacar que el porcentaje (17,5%) con que la tarea *vasija y componentes con-*

tribuye a la dosis colectiva de la recarga en el período objeto de estudio se ha duplicado con respecto al periodo 1988-1992, siendo una de las tareas que más contribuyen a la dosis colectiva de las recargas de los últimos años en la central nuclear José Cabrera, debido fundamentalmente a la realización de una serie de trabajos radiológicamente significativos, como fueron:

- La inspección de la estructura de los componentes internos inferiores de la vasija, en 1990.
- La modificación de sentido del flujo interno (UP-FLOW) en el interior de la vasija, en 1991.

Figura 4. Central nuclear José Cabrera



- La modificación de los termopares, en 1992.
- La inspección y reparación de las grietas de las penetraciones de la tapa de la vasija, en 1994 (que supuso una dosis colectiva de 1.310,3 mSv·p).
- La sustitución de la tapa de la vasija, en 1997 (que supuso una dosis colectiva de 263,35 mSv·p).

No obstante, tal y como se pone de manifiesto en la figura 4, en 1998 y 1999 la contribución de esta tarea es prácticamente nula y es de suponer que en el futuro no suponga una contribución mayoritaria. Otra de las tareas que contribuyen de forma relevante (14,7%) a la dosis colectiva de las recargas es la de *reposición de combustible*, con unas dosis significativamente superiores a los valores promedio en las centrales de segunda generación (Almaraz y Ascó). Esta circunstancia obedece a las peculiaridades de diseño de esta central; no obstante, la introducción de una herramienta (triple) de distensionado de pernos de la vasija, se ha visto reflejada en una reducción en las dosis asociadas a la apertura de vasija, aunque no ocurre lo mismo en el caso de las dosis asociadas al cierre de la vasija.

Otra tarea de importancia, que contribuye con un 13% a la dosis colectiva en el período objeto de estudio, es la de *trabajos generales*, donde el trabajo de *limpieza de lo-*

cales es el de mayor contribución al total de esta tarea.

Los trabajos en el lado primario del generador de vapor, que contribuyen con un 12,6% a la dosis colectiva, han implicado históricamente unas dosis más bajas que las registradas en las centrales PWR de 2ª generación puesto que, aunque los niveles de radiación en cajas de agua son semejantes, esta central dispone de un único generador de vapor, frente a tres en las otras.

Sin embargo, tal y como se pone de manifiesto en la figura 4, en los años 1990 y 1997 estas tareas registraron unas dosis colectivas más altas de lo habitual, comparables a las de las centrales de Almaraz y Ascó; esta circunstancia obedece a los trabajos de carácter excepcional que, en ambos años, se llevaron a cabo con motivo del taponado de tubos del generador de vapor. Se observa en el año 1999 un aumento de esta tarea respecto a 1998 relacionado con el cambio de la técnica de inspección, que ha requerido mayor presencia junto al generador de vapor aunque, en teoría, la nueva técnica permite ahorrar tiempo en la inspección.

En cuanto a la distribución de la dosis colectiva entre los distintos departamentos de explotación, en la tabla adjunta (página 18) se muestra el porcentaje de la dosis colectiva total de las recargas del período objeto de estudio. Se observa cómo la contribución

más importante corresponde al personal de *mantenimiento mecánico* seguido, muy de lejos, por el personal de *descontaminación y limpieza*.

Categoría Profesional	Porcentaje
Protección radiológica	4,2
Operación	7,4
Descontaminación y limpieza	14,1
Mantenimiento mecánico	50,6
Mantenimiento eléctrico	2,2
Inspección	2,4
Química	1,4
Otros	6,5
Ingeniería	4,6
Instrumentación y control	1,0
Modificaciones de diseño	5,6

II.2. Reactores PWR de segunda generación

II.2.1. Central nuclear de Almaraz

En la figura 5 se muestra la evolución de la dosis colectiva total en las paradas de recarga en el período objeto de estudio; dicha gráfica pone de manifiesto que, con excepción de las paradas correspondientes a 1996 y 1997, existe una tendencia general a la disminución de la dosis colectiva. Las paradas de recarga en los dos años citados pueden calificarse de atípicas puesto que, en los dos casos, se realizaron trabajos de gran relevancia radiológica como fueron los asociados a la sustitución de los generadores de vapor. La repercusión, en términos de dosis colectiva, de dicha sustitución ha sido notable ya que se han logrado los mejores resultados de

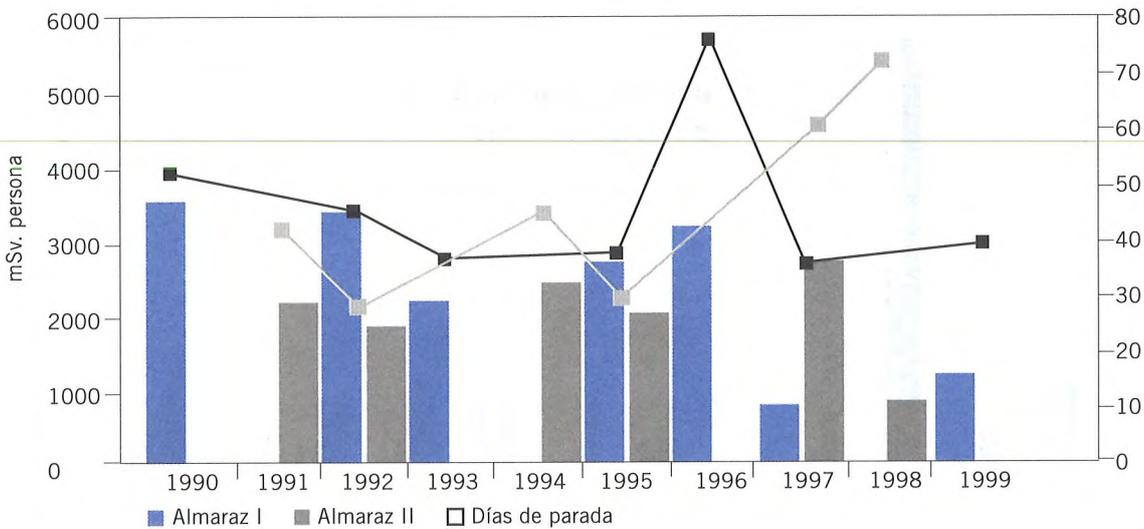
en la vida de las dos plantas. En Almaraz I se observa un aumento en la recarga de 1999 respecto a la del año 1997 debido principalmente al aumento de las tasas de dosis causado por la contaminación de antimonio en el refrigerante del reactor por la rotura de una fuente secundaria de neutrones.

En las figuras 6 y 7 se muestra la evolución, en el período objeto de estudio, de las distintas tareas reportadas por la central nuclear Almaraz I y II, y en la tabla adjunta se resume la contribución en porcentaje a la dosis total de las recargas en dicho período que, en promedio, fue de 2.472 y 2.022 mSv·p por recarga, respectivamente:

Tareas	Almaraz I Almaraz II	
	%	%
Otros sistemas y trabajos	27,6	29,5
Generador de vapor primario	22,3	21,5
Reposición combustible	9,1	7,5
Aislamiento	7,3	7,3
Válvulas	7,0	7,4

La tarea que, históricamente, más ha contribuido a la dosis colectiva de recarga en estas centrales han sido los trabajos en el lado primario de los generadores de vapor, como consecuencia de los problemas de corrosión bajo tensión, de *fretting* y de *denting* que han afectado a los tubos de los generadores en todas las centrales de esta tecnología. No obstante, el peso relativo de esta tarea en el período objeto de estudio (22,3 % en Almaraz I y 21,5 % en Almaraz II) se ha re-

Figura 5. Central nuclear de Almaraz. Dosis colectiva de recarga



ducido notablemente con respecto al valor que figuraba en el anterior estudio *Dosis-Tareas* (período 1988-1992) que era del 34%. También se han reducido estas cifras en valor absoluto. Así, la dosis promedio de esta actividad pasa de 1.153 mSv·p a 644 mSv·p en Almaraz I y de 730 a 431 mSv·p en Almaraz II. A esta reducción contribuyó fundamentalmente la utilización de técnicas robóticas para el taponado automático de los tubos del generador, aunque también hay que mencionar el efecto positivo del cambio de química del primario, la política de inspección del 100% de combustible y en general la aplicación de una mejor gestión Alara de los trabajos.

La sustitución de los generadores de vapor, que se llevó a cabo en 1996 (Almaraz I) y en 1997 (Almaraz II), ha supuesto un cambio drástico de las dosis asociadas a esta activi-

dad y, así, tal y como se pone de manifiesto en las gráficas, en los últimos años del período objeto de estudio se produce una espectacular reducción en las dosis colectivas registradas para estas tareas. Por tanto, la tendencia es a que los trabajos en el lado del primario de los generadores de vapor dejen de ser una actividad relevante en lo que a dosis colectiva se refiere.

Hay que destacar la importante contribución (27,6% en Almaraz I y 29,5% en Almaraz II) a la dosis colectiva de las recargas en el período objeto de estudio de la tarea *otros sistemas y trabajos no mencionados*, cuyo peso relativo se ha incrementado considerablemente con respecto al período 1988-1992. Este hecho obedece a que bajo este epígrafe han sido incluidas tareas de gran importancia radiológica, como son:

Figura 6. Central nuclear Almaraz I

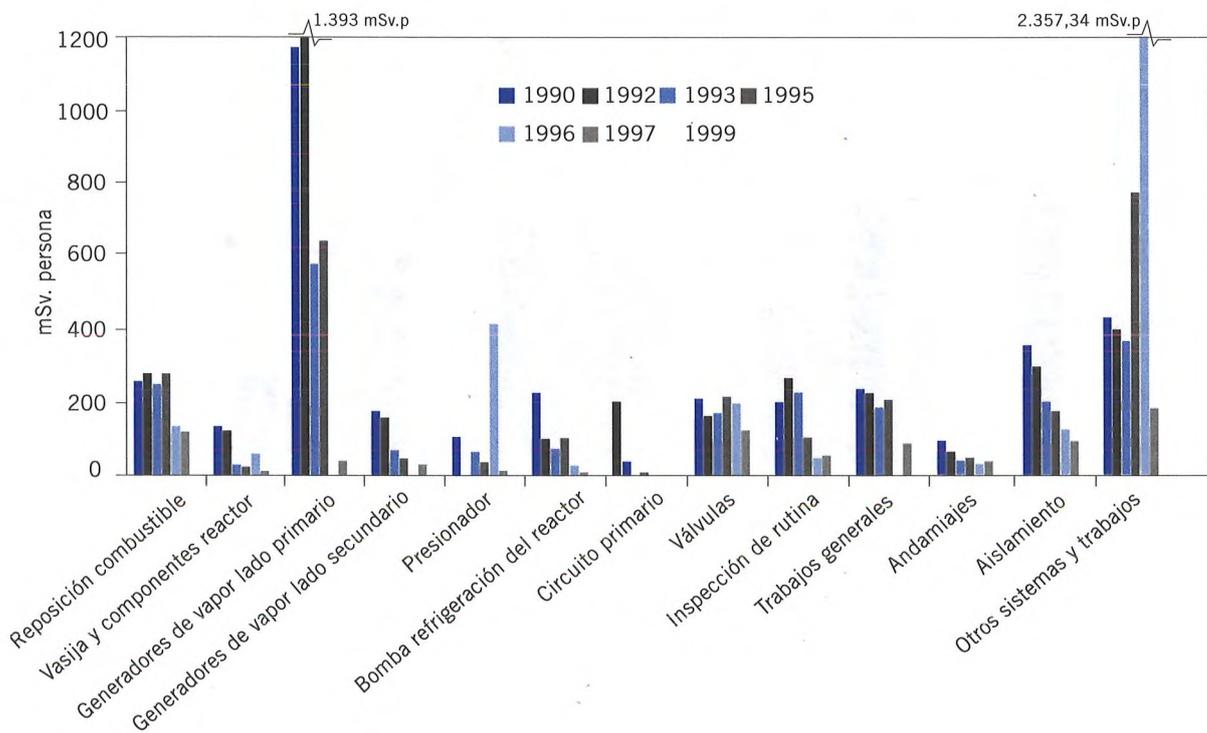
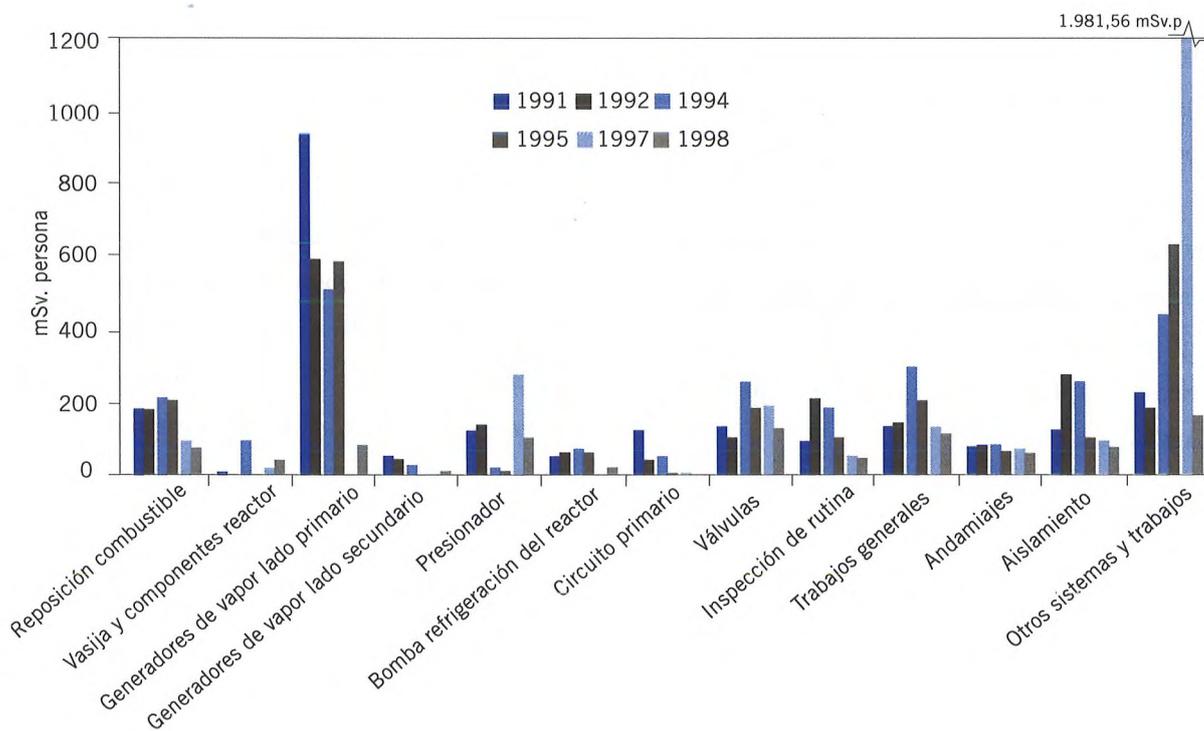


Figura 7. Central nuclear Almaraz II



- Los trabajos asociados a los programas de sustitución de generadores de vapor, con dosis de 1.570 mSv·p en Almaraz I y de 1.200 mSv·p en Almaraz II.
- Los trabajos asociados a la eliminación de los RTD's, con dosis de 370 mSv·p en Almaraz I y de 320 mSv·p en Almaraz II.
- Las modificaciones de diseño realizadas con motivo del cambio de generadores de vapor, con dosis de 290 mSv·p en Almaraz I y de 220 mSv·p en Almaraz II.
- Los trabajos asociados a la sustitución de la tapa de la vasija de Almaraz I, con una dosis de 288 mSv·p y 221 mSv·p en Almaraz II.

Hay que destacar que, en las recargas que se llevaron a cabo tras la realización de estas grandes modificaciones de diseño, las dos unidades de la central nuclear Almaraz registraron las dosis colectivas más bajas de su historia tras, lo que se puede atribuir a:

- Una menor necesidad de inspección y mantenimiento en los generadores de vapor.
- Una disminución general de los niveles de radiación como consecuencia de la sustitución de los generadores de vapor y de las tuberías de *by-pass* del RTD.

- Una mayor madurez de la organización de explotación en la aplicación del criterio Alara, a la que ha contribuido la experiencia adquirida en el desarrollo y ejecución del proyecto de sustitución de generadores de vapor.

La contribución de la tarea *reposición de combustible* a la dosis colectiva de la recarga en el período objeto de estudio (9,1% en Almaraz I y 7,5% en Almaraz II), que en el período 1988-1992 se había mantenido en valores muy estables, ha sufrido una reducción significativa (casi a la mitad) en las últimas recargas de ambas unidades, debido principalmente a la disminución de las dosis en el trabajo de *Cierre de la vasija*. Esta tendencia ha sido interrumpida en la recarga del año 1999 en la unidad I debido a la contaminación del circuito primario con antimonio, siendo la tarea de reposición de combustible una de las tareas más afectadas por este hecho.

En cuanto a este hecho hay que destacar que este suceso se ha reflejado en la dosis colectiva de la recarga pasando de una dosis estimada 780 mSv·persona a una dosis final de 1.283 mSv·persona. No obstante, hay que destacar que el impacto en la dosis colectiva ha sido significativamente inferior al que cabría esperar debido a las medidas adoptadas por la central nuclear Almaraz como la limpieza del primario a través de los lechos del CVCS.

En cuanto a la distribución de la dosis colectiva de la recarga entre los distintos departamentos de explotación, en la tabla adjunta se muestran el porcentaje a lo largo del período objeto de estudio. Se observa cómo la contribución más importante a la dosis colectiva total corresponde al personal de *mantenimiento mecánico* seguido, muy de lejos, por el personal de *descontaminación y limpieza* y de *mantenimiento eléctrico*.

	Almaraz I	Almaraz II
Categoría profesional	%	%
Protección radiológica	2,0	1,6
Operación	0,6	0,6
Descontaminación y limpieza	9,2	10,6
Mantenimiento mecánico	68,1	63,7
Mantenimiento eléctrico	6,5	8,6
Inspección	3,1	3,3
Andamiaje	3,8	4,4
Aislamiento		2,0
Manipulación de combustible	0,9	1,0
Química	0,2	0,1
Otros	3,5	3,1
Ingeniería	0,2	0,1
Instrumentación y control	1,7	0,6
Manipulación de residuos	0,3	0,2

II.2.2. Central nuclear de Ascó

En la figura 8 se muestra la evolución de la dosis colectiva total en las paradas de recarga en el período objeto de estudio; dicha gráfica pone de manifiesto que, con excepción de las paradas correspondientes a 1995 y 1996, existe una tendencia general a la disminución de la dosis colectiva. Las paradas

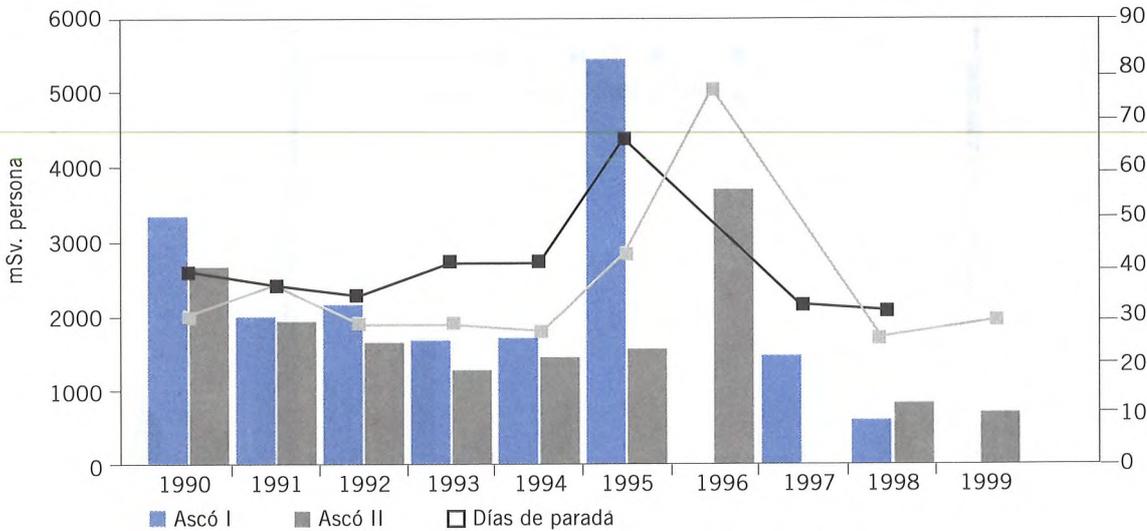
de recarga en los dos años citados pueden calificarse de atípicas puesto que, en los dos casos, se realizaron trabajos de gran relevancia radiológica como fueron los asociados a la sustitución de los generadores de vapor.

En las figuras 9 y 10 se muestra la evolución, en el período objeto de estudio, de las distintas tareas reportadas por central nuclear Ascó I y II y en la tabla adjunta se resumen la contribución en porcentaje a la dosis total de las recargas en dicho período que, en promedio, fue de 2.321 y 1.822 mSv·p por recarga, respectivamente:

	Ascó I	Ascó II
Tareas	%	%
Otros sistemas y trabajos	23,1	20,0
Generador de vapor primario	21,3	21,2
Trabajos generales	19,3	18,0
Válvulas	8,0	9,8
Reposición de combustible	7,8	8,0

Al igual que se ha comentado para la central nuclear Almaraz, la tarea que históricamente más ha contribuido a la dosis colectiva de recarga en estas centrales han sido los trabajos en el lado primario de los generadores de vapor, como consecuencia de los problemas que han afectado a los tubos de los generadores en todas las centrales de esta tecnología. No obstante, el peso relativo de esta tarea en el período objeto de estudio (21,3% en Ascó I y 21,2% en Ascó II) se ha reducido notablemente con respecto al valor que figuraba en el anterior estudio *Dosis*

Figura 8. Central nuclear de Ascó. Dosis colectiva de recarga



Tareas (periodo 1988-92) que era del 34%. También se han reducido estas cifras en valor absoluto, la dosis colectiva promedio de esta actividad pasa de 845 mSv·p a 494 mSv·p en Ascó I y de 718 a 386 mSv·p en Ascó II. A esta reducción ha contribuido fundamentalmente la utilización de técnicas robóticas para el taponado automático de los tubos del generador, aunque también hay que mencionar el efecto positivo del cambio de química del primario, la política de inspección del 100% de combustible y en general la aplicación de una mejor gestión Alara de los trabajos.

La sustitución de los generadores de vapor, que se llevó a cabo en 1995 (Ascó I) y en 1996 (Ascó II), ha supuesto un cambio drástico de las dosis asociadas a esta actividad y, así, tal y como se pone de manifiesto en las gráficas, en los últimos años del período ob-

jeto de estudio se produce una espectacular reducción en las dosis colectivas registradas para estas tareas. Por tanto, como se ha comentado para la central nuclear Almaraz, la tendencia es que los trabajos en el lado del primario de los generadores de vapor dejen de ser una actividad relevante en lo que a dosis colectiva se refiere en el futuro, siendo de esperar unos valores similares a los actualmente registrados en la central nuclear Vandellós II (por debajo de 100 mSv·p).

Hay que destacar la importante contribución (23,1% en Ascó I y 20,0 % en Ascó II) en el período objeto de estudio de la *tarea otros sistemas y trabajos no mencionados*, cuyo peso relativo se ha incrementado notablemente con respecto al período 1988-1992. Este hecho obedece a que bajo este epígrafe han sido incluidas tareas de gran importancia radiológica, como son:

Figura 9. Central nuclear Ascó I

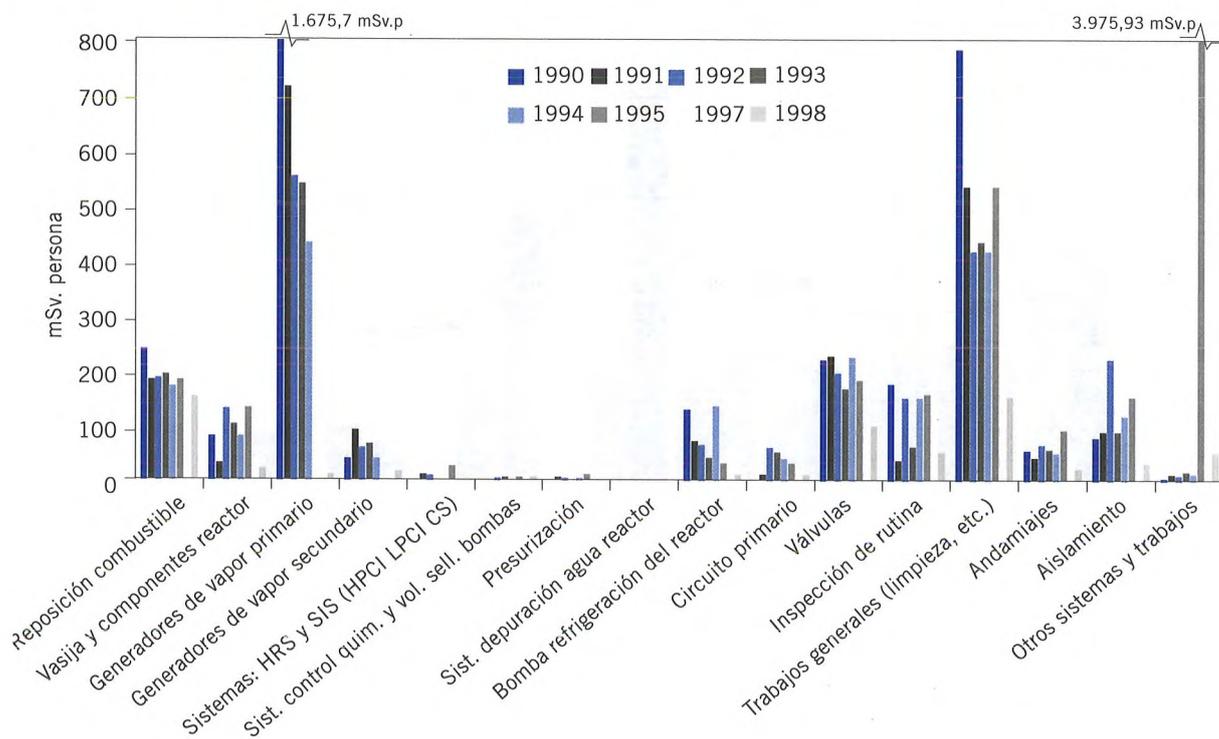
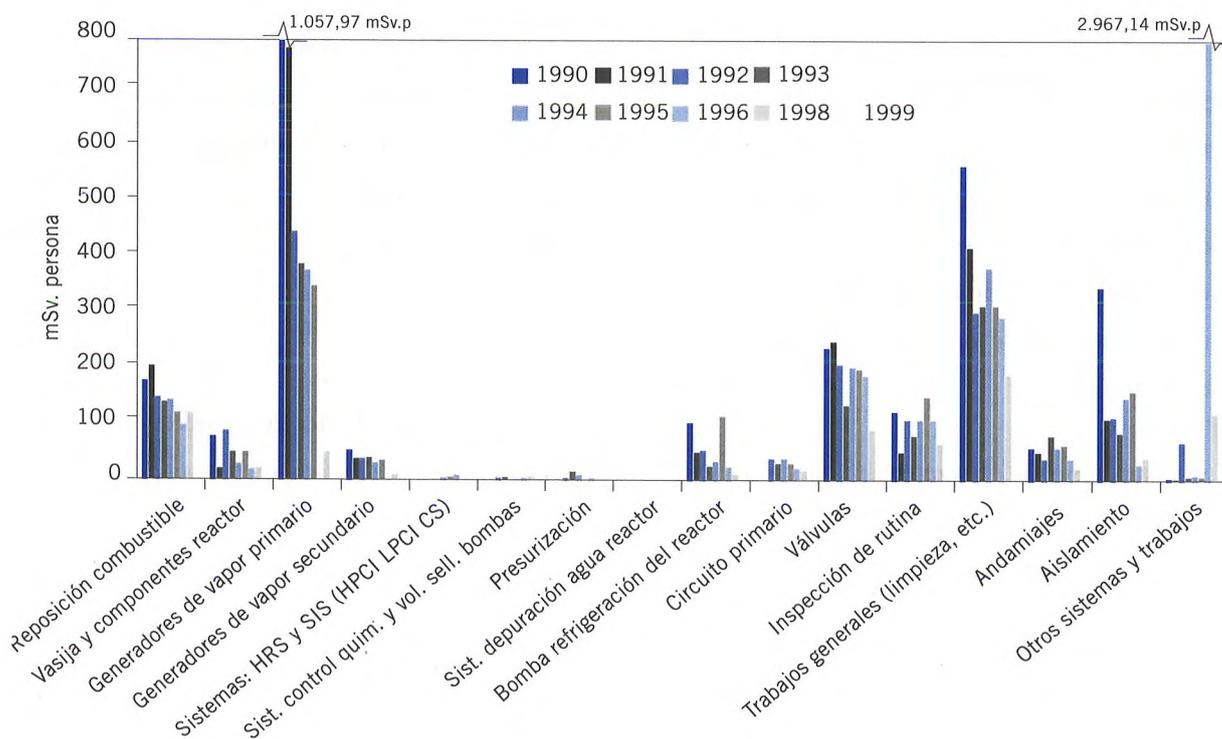


Figura 10. Central nuclear Ascó II



- Los trabajos asociados a los programas de sustitución de generadores de vapor, con dosis de 2.440 mSv·p en Ascó I y de 1.690 mSv·p en Ascó II.

- Los trabajos asociados a la eliminación de los RTD's, con dosis de 410 mSv·p en Ascó I y de 310 mSv·p en Ascó II.

- Las modificaciones de diseño realizadas con motivo del cambio de generadores de vapor, con dosis de 1.100 mSv·p en Ascó I y de 960 mSv·p en Ascó II.

Hay que destacar que, en las recargas que se llevaron a cabo tras la realización de estas grandes modificaciones de diseño, las dos unidades de la central nuclear Ascó registraron las dosis colectivas más bajas de su historia tras, lo que se puede atribuir a:

- Una menor necesidad de inspección y mantenimiento en los generadores de vapor.
- Una disminución general de los niveles de radiación como consecuencia de la sustitución de los generadores de vapor y de las tuberías de *by-pass* del RTD.
- Una mayor madurez de la organización de explotación en la aplicación del criterio Alara, a la que ha contribuido la experiencia adquirida en el desarrollo y ejecución del proyecto de sustitución de generadores de vapor.

- Las modificaciones que, durante el cambio de generadores de vapor, se realizaron para la mejora de accesos, tránsitos e inspecciones.

Otra de las tareas que contribuye de forma significativa (19,3% en central nuclear Ascó I y 18% en central nuclear Ascó II) a la dosis colectiva total de las recargas en el período objeto de estudio es la de *trabajos generales* que, sin embargo, en la central nuclear Almaraz no aparecía dentro de las tareas más relevantes radiológicamente. A este respecto hay que señalar que el análisis de los datos reportados por ambas centrales ha puesto de manifiesto una cierta falta de armonización en los criterios utilizados en ambas organizaciones a la hora de asignar dosis a las distintas tareas; así, comparativamente, en Almaraz se reportan dosis colectivas más elevadas para la tarea *otros trabajos y sistemas no mencionados*, mientras que en la central nuclear de Ascó se reportan dosis colectivas más elevadas en la tarea *trabajos generales*.

En cuanto a la distribución de la dosis colectiva entre los distintos departamentos de explotación, en la tabla adjunta se muestra el porcentaje de la dosis total de las recargas a lo largo del período objeto de estudio. Se observa cómo la contribución más importante a la dosis colectiva total corresponde al personal de *mantenimiento mecánico* seguido, muy de lejos, por el personal de *descontaminación y limpieza e inspección*.

	Ascó I	Ascó II
Categoría Profesional	%	%
Protección radiológica	3,9	3,6
Operación	1,4	1,5
Descontaminación y limpieza	9,4	8,8
Mantenimiento mecánico	67,4	65,8
Inspección	8,7	11,3
Andamiaje	2,7	3,5
Aislamiento	4,0	2,4
Manipulación de combustible	1,3	1,4
Química	0,0	0,1
Otros	0,8	0,2
Modificaciones diseño	0,3	1,5
Manipulación de residuos	0,1	0,1

II.3. Reactores PWR de tercera generación

II.3.1. Central nuclear de Trillo

En la figura 11 se muestra la evolución de la dosis colectiva total en las paradas de recarga en el período objeto de estudio; dicha gráfica pone de manifiesto que, con excepción de la parada correspondiente a 1991, existe una tendencia general a la disminución de la dosis colectiva, con unos niveles de dosis (por debajo de 400 mSv·p desde 1994, con excepción de 1999 con 425 mSv·p) significativamente inferiores al resto de las plantas españolas. La parada de recarga en dicho año puede calificarse de atípica puesto que, en ese año, se llevaron a cabo los trabajos en las bombas principales del circuito primario.

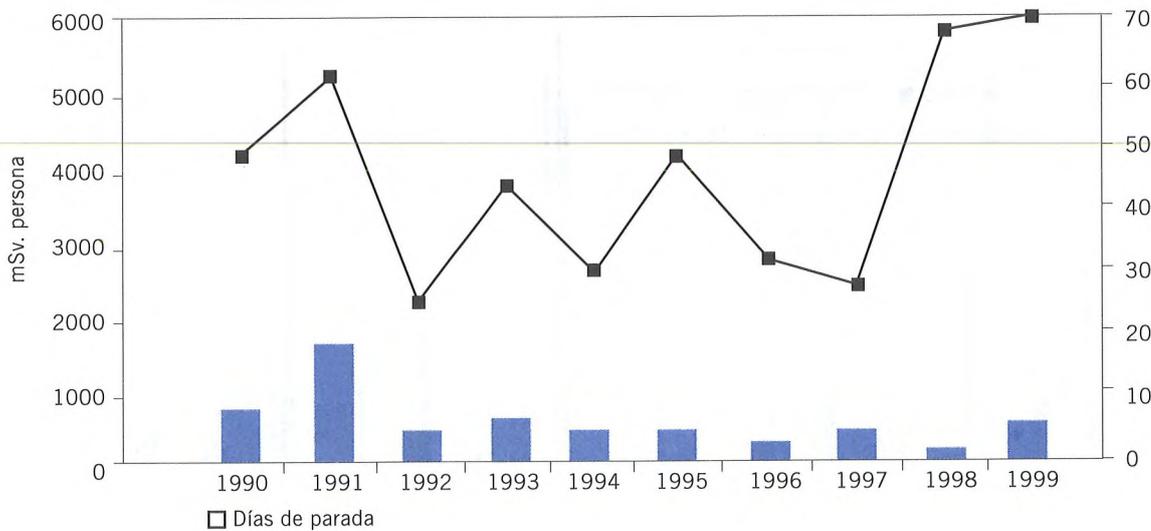
También debe calificarse de atípica la parada de 1998, en que la dosis colectiva alcanzó el mínimo histórico (105 mSv·p), puesto que el alcance de los trabajos fue reducido (no hubo actividades en los generadores de vapor), estando la ruta crítica condicionado por los trabajos de reparación del alternador. En la parada de 1999, se realizó la modificación de las líneas de rociado del presionador que consistió en la sustitución, por un nuevo trazado de los soportes y líneas de rociado, válvulas de rociado y tapa del presionador, con una dosis de 59 mSv·p y la revisión de una de las bombas principales.

En la figura 12 se muestra la evolución, en el período objeto de estudio, de las distintas tareas reportadas por la central nuclear de Trillo y en la tabla adjunta se resumen las tareas más relevantes radiológicamente, indicándose la contribución en porcentaje a la dosis total de las recargas en dicho período que, en promedio, fue de 508 mSv·p por recarga:

Tareas	%
Bomba refrigeración del reactor	23,4
Trabajos Generales (limpieza, etc.)	12,7
Generador de Vapor Primario	8,2
Otros sistemas y trabajos	8,6
Válvulas	8,2
Inspección de rutina	7,9
Reposición Combustible	7,0
Vasija y componentes reactor	5,7

La circunstancia señalada en relación con la parada de recarga de 1991 hacen que la

Figura 11. Central nuclear de Trillo. Dosis colectiva de recarga



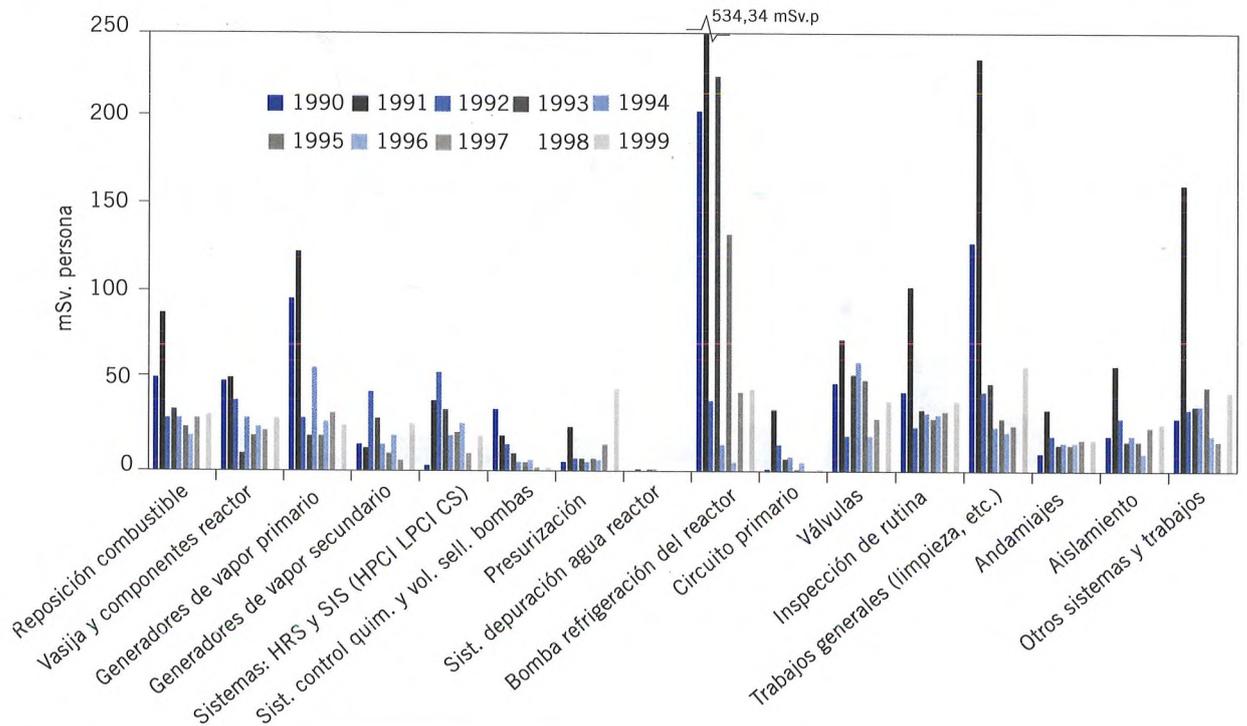
tarea que contribuye de forma más relevante (23,4 %) a la dosis colectiva de la recarga en el período objeto de estudio sea la de *bombas de refrigeración del reactor*, ya que se realizaron los trabajos de desmontaje, inspección y reparación de las tres bombas principales. También influyó negativamente el aumento generalizado de los niveles de radiación por la presencia de Sb-124 en el agua del circuito primario. Durante los primeros años de operación de la central, el Sb-124 fue el isótopo que más contribuyó a la dosis colectiva. Este isótopo se produce por activación neutrónica del antimonio natural que se encontraba en los cojinetes de las bombas principales. Por esta razón fue necesario cambiar estos cojinetes por otros libres de antimonio. Como resultado de esta modificación ha habido una sustancial disminución del antimonio disuelto en

el circuito primario y consecuentemente una reducción de los niveles de radiación y en la dosis colectiva.

La segunda tarea en importancia, con una contribución del 12,7 % es la de *trabajos generales*, si bien en las dosis colectivas asociadas a esta tarea también han tenido una importante incidencia los trabajos asociados a las bombas del refrigerante del reactor.

En cuanto a la distribución de la dosis colectiva entre los distintos departamentos de explotación, en la tabla adjunta se muestra el porcentaje a lo largo del período objeto de estudio. Se observa cómo la contribución más importante a la dosis colectiva total corresponde al personal de *mantenimiento mecánico* seguido, muy de lejos, por el personal de *descontaminación y limpieza*.

Figura 12. Central nuclear de Trillo



Categoría Profesional	%
Protección radiológica	4,9
Operación	1,2
Descontaminación y limpieza	17,4
Mantenimiento mecánico	55,9
Mantenimiento eléctrico	4,3
Inspección	0,2
Química	0,7
Otros	11,6
Garantía de calidad	0,5
Ingeniería	2,1
Manipulación de residuos	0,0
Mantenimiento I y C	0,4
Modificaciones	1,0
Seguridad e higiene	0,0

II.3.2. Central nuclear Vandellós II

En la figura 13 se muestra la evolución de la dosis colectiva total en las paradas de recarga en el período objeto de estudio; dicha gráfica pone de manifiesto que, tras el máximo que se alcanzó en 1994, cuando se llevó a cabo la eliminación del *by-pass* de la RTD's, existe una tendencia general a la disminución de la dosis colectiva, con unos niveles de dosis que -desde ese año- están por debajo del 1 Sv.p, exceptuado la recarga de 1999, que se alcanzó el valor de 1.090 mSv.p debido a un aumento del alcance de los trabajos respecto y de las tasas de dosis en el circuito primario con respecto a la anterior recarga del 1997.

En la figura 14 se muestra la evolución, en el período objeto de estudio, de las distintas tareas reportadas por la central nuclear Vandellós II y en la tabla adjunta se resumen las tareas más relevantes radiológicamente, indicándose la contribución en % a la dosis total de las recargas en dicho período que, en promedio, fue de 1.135 mSv·p por recarga:

Tareas	%
Generador de vapor primario	15,7
Otros sistemas y trabajos	14,1
Circuito primario	11,9
Reposición combustible	9,7
Trabajos generales (limpieza, etc.)	7,8
Válvulas	7,8
Aislamiento	6,6

Los trabajos en el lado primario del generador de vapor, que contribuyen con un 15,7% a la dosis colectiva de la recarga, constituyen la primera tarea en importancia. Aunque, con dosis colectivas inferiores los reactores PWR de segunda generación, debido a que dispone de un modelo de generador más avanzado, los problemas de *fretting* acaecidos se tradujeron en unas dosis superiores a las que cabría esperar en esta tecnología. A esta circunstancia también contribuyó el hecho de que, antes de la entrada en funcionamiento de la central, se realizara un mantenimiento preventivo (lapeado) de válvulas que ocasionó un aporte de virutas metálicas al primario, lo que provocó un incremento de los niveles de radiación en el circuito primario. En la recarga del año 1999 se

observa un aumento en esta tarea, debido a un aumento en las tasas de dosis y entradas no previstas en cajas de agua, debido a un mal funcionamiento del Robot ROSA III.

A partir de 1992, cuando se realizó la sustitución de las barras antivibratorias de los generadores de vapor, el peso relativo de esta tarea ha ido disminuyendo paulatinamente y, así, de un valor en torno a 270 mSv·p en el período 1990-1992, se ha pasado a un valor promedio en el período 1990-1999 de 179 mSv·p.

Hay que destacar que la tarea de generador de vapor lado secundario, si bien su peso relativo es del 7%, su contribución es muy superior tanto en términos relativos como absolutos si se compara con las centrales españolas de la segunda generación, debido a los problemas antes mencionados y a la necesidad de inspeccionar las placas soporte. En la recarga del 99 esta tarea ha sufrido un aumento con respecto a otros años debido al mencionado aumento de las tasas de dosis y a la aparición de pernos gripados.

Los trabajos englobados en la tarea *circuito primario* también registran una contribución significativa a la dosis colectiva de la recarga (12,6%); en esta tarea ha resultado determinante la influencia de los trabajos de sustitución del *by-pass* de los RTD's, que se llevaron a cabo en 1994, y que implicaron una dosis colectiva de 750 mSv·p. Esta central fue pio-

Figura 13. Central nuclear Vandellos II. Dosis colectiva de recarga

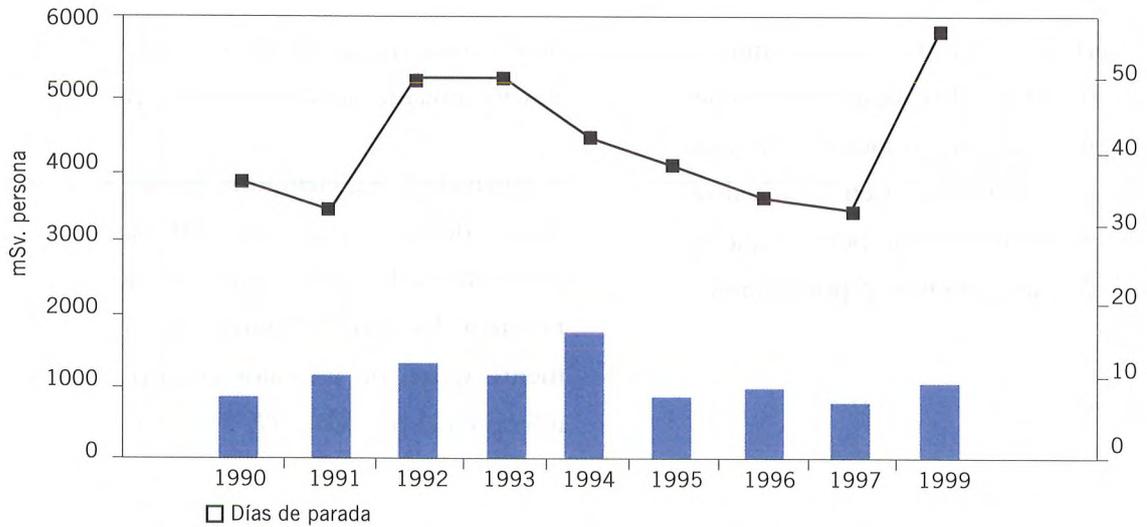
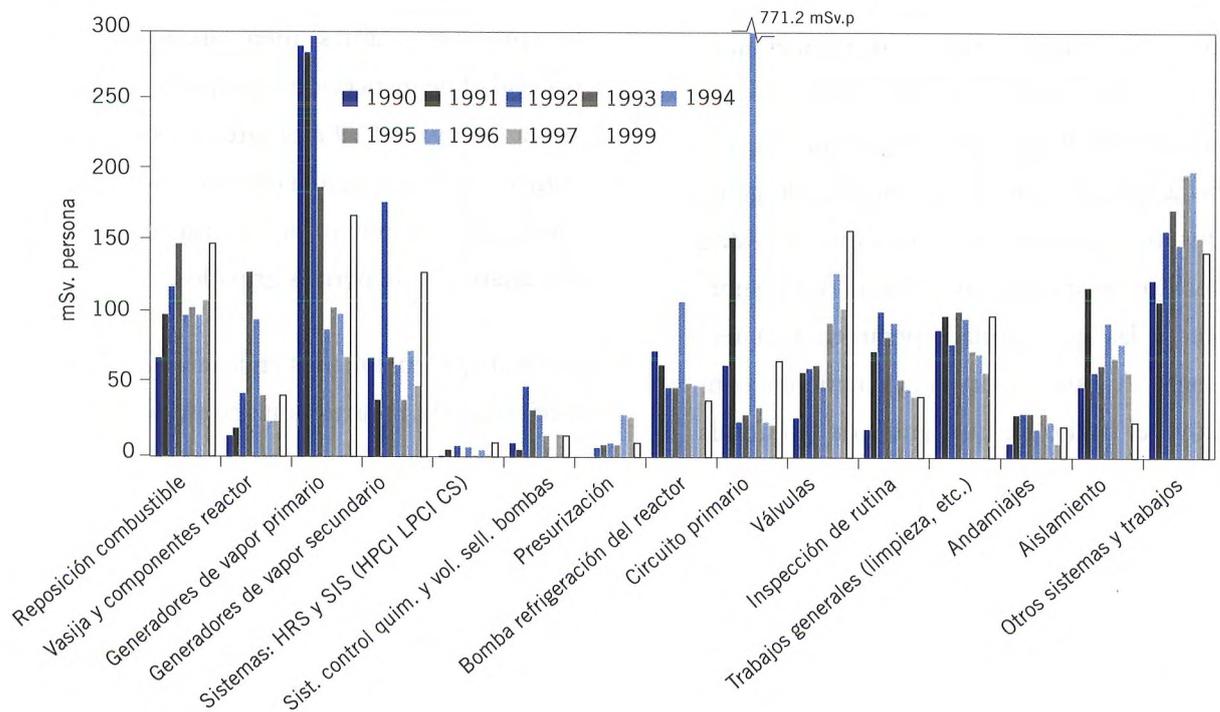


Figura 14. Central nuclear Vandellos II



nera en la ejecución de esta modificación de diseño, que posteriormente realizó en las centrales nucleares de Ascó y Almaraz, con unas dosis colectivas significativamente más bajas (en promedio, 350 mSv·p).

Otras tareas con contribución significativa a la dosis colectiva de las recargas en el período objeto de estudio son la de *otros sistemas y trabajos no mencionados* (14,1%), la de *reposición de combustible* (9,7%, esta tarea ha sufrido un aumento en el 99 debido a los trabajos de repaso de las roscas de los alojamientos de 4 pernos y como consecuencia de un aumento de la tasa de dosis en los trabajos de descontaminación del nivel III) y la de *trabajos generales* (7,8%).

En cuanto a la distribución de la dosis colectiva entre los distintos departamentos de ex-

plotación, en la tabla adjunta se muestra el porcentaje a lo largo del período objeto de estudio. Se observa cómo la contribución más importante a la dosis colectiva total corresponde al personal de *mantenimiento mecánico* seguido, muy de lejos, por el personal de *descontaminación y limpieza* y de *inspección*.

Categoría Profesional	%
Protección radiológica	3,6
Operación	1,3
Descontaminación y limpieza	12,0
Manipulación de residuos	0,1
Mantenimiento mecánico	61,6
Mantenimiento eléctrico	5,5
Inspección	9,6
Andamiaje	1,8
Manipulación de combustible	0,7
Química	0,6
Otros	3,1

III. Reactores de agua en ebullición

III. Reactores de agua en ebullición

III.1. Central nuclear Santa María de Garoña

En la figura 15 se muestra la evolución de la dosis colectiva total en las paradas de recarga en el período objeto de estudio; en dicha gráfica pone de manifiesto:

- Que en las recargas de la central nuclear de Garoña se registran las dosis colectivas más elevadas de las centrales españolas, con valores que en 1990 estaban en torno a 6 Sv·persona.
- Que se han realizado importantes esfuerzos tanto en la disminución de la dosis colectiva de la recarga (por debajo de 2 Sv·persona en 1997), como en la reducción de los días de parada.

En la parada del año 1999 hay un ligero au-

mento respecto a la de 1997 debido principalmente a un mayor alcance de los trabajos realizados. Cabe mencionar también que en la última recarga se realizó la descontaminación química de los lazos de recirculación, instalación de un sistema de filtrado del condensado previo a su desmineralización e instalación de un sistema de inyección de Fe (soluble) y Zn empobrecido, medidas todas ellas encaminadas a la reducción del término fuente y cuyos efectos se reflejarán en posteriores paradas.

En la figura 16 se muestra la evolución de las distintas tareas reportadas por la central nuclear de Garoña y en la tabla adjunta se resumen las tareas más relevantes radiológicamente, indicándose la contribución en porcentaje a la dosis total de las recargas en dicho período que, en promedio, fue de 3.758 mSv·p por recarga:

Figura 15. Central nuclear Santa María de Garoña. Dosis colectiva de recarga

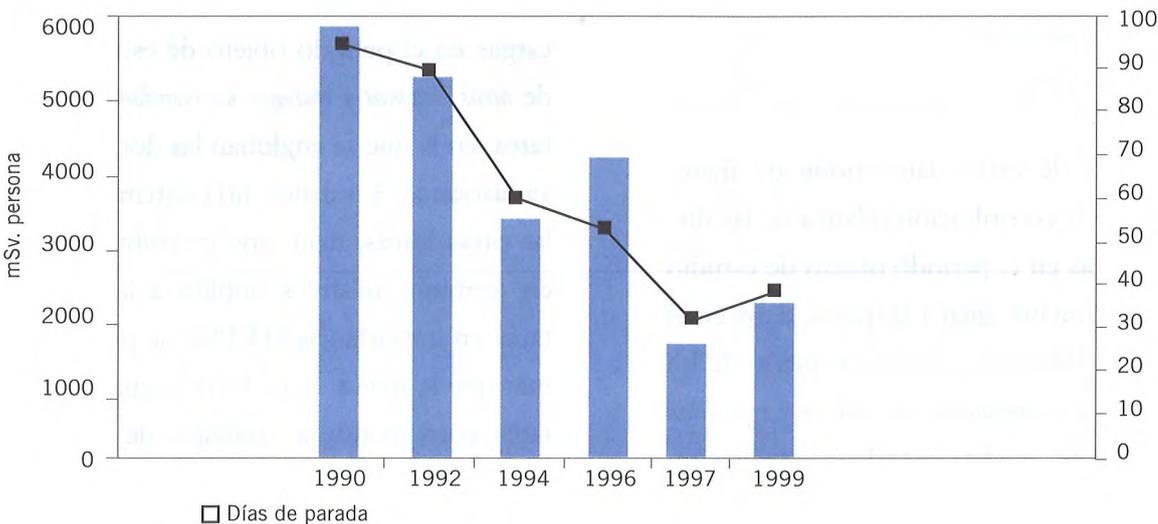
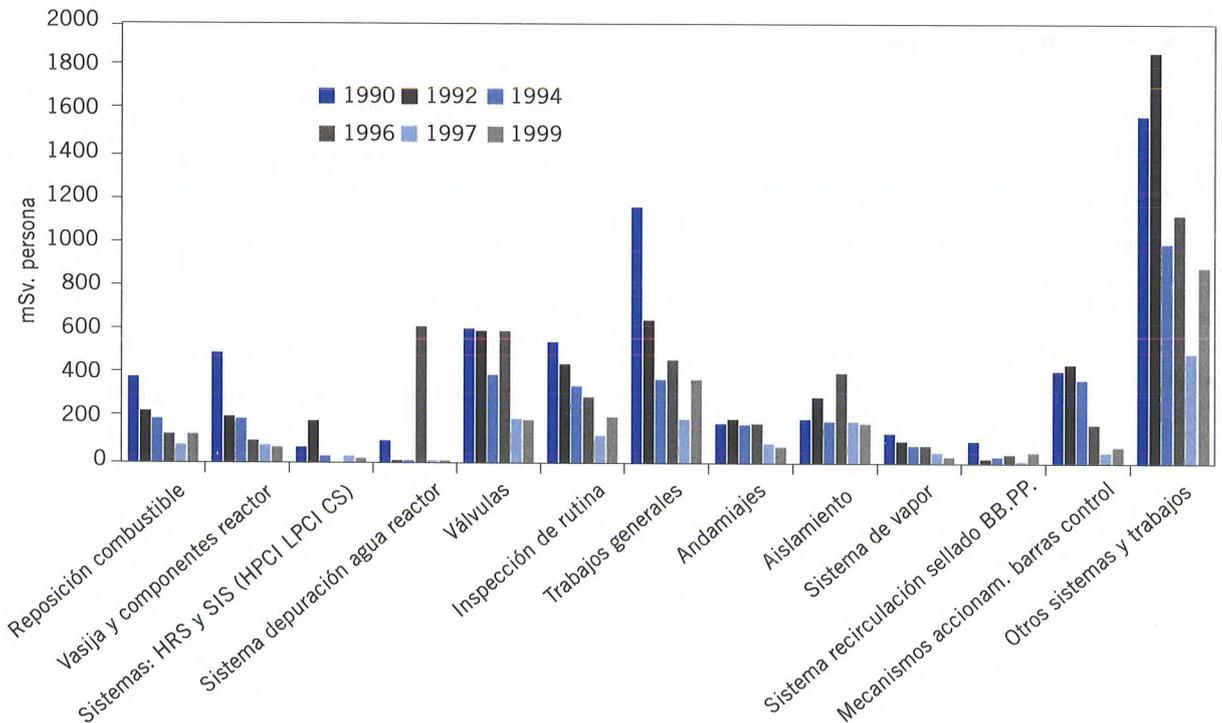


Figura 16. Central nuclear Santa María de Garoña



Tareas	%
Otros sistemas y trabajos	30,7
Trabajos generales (limpieza, etc.)	14,1
Válvulas	11,9
Inspección de rutina	8,9
Mecanismos accionamiento de barras control	6,8
Aislamiento	6,2
Vasija y componentes reactor	5,1
Reposición combustible	5,0

El análisis de estos datos pone de manifiesto que la contribución relativa de las distintas tareas en el período objeto de estudio es prácticamente igual a la que se daba en el período 1988-1992, con la excepción de las tareas *vasija y componentes del reactor* y *reposición del combustible*, que han sufrido una reducción tanto en el porcentaje como en el valor ab-

solutivo de la dosis. Así, *vasija y componentes del reactor* pasa de una dosis promedio de 345 mSv.p a 192 mSv.p en el período 1990-1999 y *reposición del combustible* de 345 a 189 mSv.p.

La tarea que contribuye de forma más relevante (30,7%) a la dosis colectiva de las recargas en el período objeto de estudio es la de *otros sistemas y trabajos no mencionados*. Esta tarea, en la que se engloban las dosis colectivas asociadas a trabajos no contemplados en las otras tareas, tiene una contribución que en términos relativos duplica a la segunda tarea en importancia (14,1%); se puede estimar que la mitad de la dosis asignada a esta tarea corresponde a trabajos de mantenimiento eléctrico y de vigilancia radiológica.

Otra de las tareas con contribución relevante (14,1%) es la de *trabajos generales*, en la que se engloban trabajos de descontaminación y limpieza, de preparación del lugar de trabajo, de instalación y desmontaje de blindajes temporales y de manipulación de residuos (especialmente las dos primeras). La importante contribución de estos trabajos puede dar idea del esfuerzo dedicado en este aspecto. Hay que señalar no obstante que, tal y como se pone de manifiesto en la figura 16, la contribución relativa de esta tarea ha ido disminuyendo paulatinamente en los últimos años. Entre las mejoras que se han introducido hay que mencionar la instalación en el pozo seco de un sistema para el izado automático de mantas de plomo (con el que habitualmente se instalan y retiran entre 20 y 30 toneladas de plomo).

Otra tarea de importancia, que contribuye con un 11,9% a la dosis colectiva de las recargas, es la de *válvulas*. En relación con esta tarea hay que mencionar que en 1996 y 1997 se llevaron a cabo trabajos para la sustitución de los actuadores de las válvulas de aislamiento; las dosis colectivas registradas en estos trabajos (217 mSv·p en 1997 frente a 613 mSv·p en 1996) vienen a reflejar la influencia positiva de un mejor programa de entrenamiento previo a la ejecución de los trabajos (en 1996 se había evidenciado una falta de experiencia en el personal contratado a tal fin).

Hay que mencionar que, aunque el porcentaje con que la tarea *sistema de depuración del agua del reactor* contribuye a la dosis total de las recargas no es de los más relevantes, puesto que en esta tarea no se registran habitualmente dosis significativas, en 1996 se registró una dosis colectiva de 640 mSv·p, como consecuencia de los trabajos asociados a la sustitución de los intercambiadores de calor del *Clean-up*.

En cuanto a la distribución de la dosis colectiva de las recargas entre los distintos departamentos de explotación, en la tabla adjunta se muestra el porcentaje a lo largo del período objeto de estudio. Se observa cómo la contribución más importante a la dosis colectiva total corresponde al personal de *mantenimiento mecánico* seguido, muy de lejos, por el personal de *descontaminación y limpieza* y de *mantenimiento eléctrico*:

Categoría Profesional	%
Protección radiológica	3,3
Operación	3,4
Descontaminación y limpieza	12,2
Manipulación de residuos	0,4
Mantenimiento mecánico	52,4
Mantenimiento eléctrico	10,2
Inspección	4,8
Andamiajes	4,1
Química	0,4
Otros	8,8

III.2. Central nuclear de Cofrentes

En la figura 17 se muestra la evolución de la dosis colectiva total en las paradas de recarga en el período objeto de estudio; en dicha gráfica se pone de manifiesto que, tras el máximo histórico alcanzado en 1991, existe una tendencia general a la disminución de la dosis colectiva. Dicho máximo tiene su origen en:

- La aplicación del MSIP (Procesos para el alivio de tensiones en soldaduras en aceros inoxidables mediante procedimientos mecánicos para distintas tuberías que se conectan a la vasija) e inspecciones en toberas y en el sistema de recirculación.
- Los problemas que surgieron en los trabajos de sustitución de LPRM's (detectores del rango de potencia local del núcleo del reactor).
- La repercusión negativa que supuso no poder contar con el personal experimentado contratado en otras recargas.

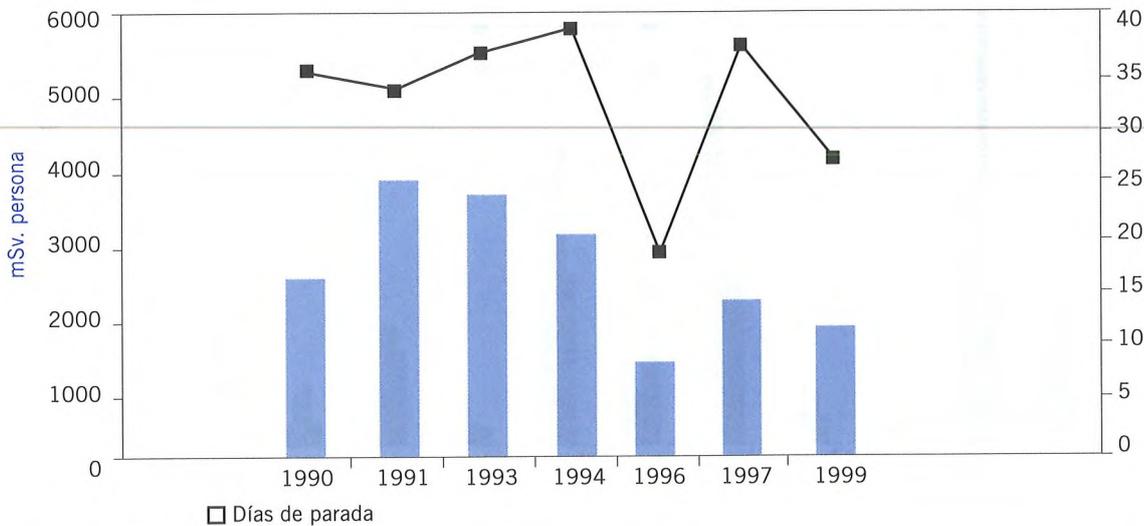
A partir de la novena recarga, en 1996, la organización de explotación de la central nuclear de Cofrentes puso en marcha el denominado *Proyecto ORE*, consistente en alternar paradas de corta (20 días) y larga duración (40 días). En la figura 17 se puede apreciar, en términos de dosis colectiva, la diferencia en el alcance de los trabajos de los dos tipos de recarga.

En la figura 18 se muestra la evolución, en el período objeto de estudio, de las distintas tareas reportadas por la central nuclear de Cofrentes y en la tabla adjunta se resumen las tareas más relevantes radiológicamente, indicándose la contribución en porcentaje a la dosis total de las recargas en dicho período que, en promedio, fue de 2.633 mSv·p por recarga:

Tareas	%
Válvulas	16,8
Otros sistemas y trabajos	14,8
Vasija y componentes reactor	14,2
Trabajos generales (limpieza, etc.)	11,4
Sistema recirculación sellado BB.PP.	9,3
Aislamiento	8,1
Inspección de rutina	7,4
Reposición combustible	6,3

La tarea que contribuye de forma más relevante (16,8 %) a la dosis colectiva de la recarga en el período objeto de estudio es la de *válvulas*, cuyo peso relativo se ha incrementado en relación con el período 1988-1992, en el que esta tarea ocupaba el tercer puesto en el ranking de contribución, con un 14%. En términos absolutos, se pasa de una dosis promedio de 363, en el período 1988-1992, a 442 mSv·p. Como se observa en la figura 18, esta tarea registró la dosis colectiva máxima (690 mSv·p) en 1994 como consecuencia de los trabajos realizados en las válvulas de los sistemas de calor residual, de depuración y de vapor; a esta circunstancia también contribuyó el aumento de los niveles de ra-

Figura 17. Central nuclear de Cofrentes. Dosis colectiva de recarga



diación en planta por un incremento del término fuente.

Otra tarea con una contribución relevante (14,8%) a la dosis colectiva es la de *otros sistemas y trabajos no mencionados*.

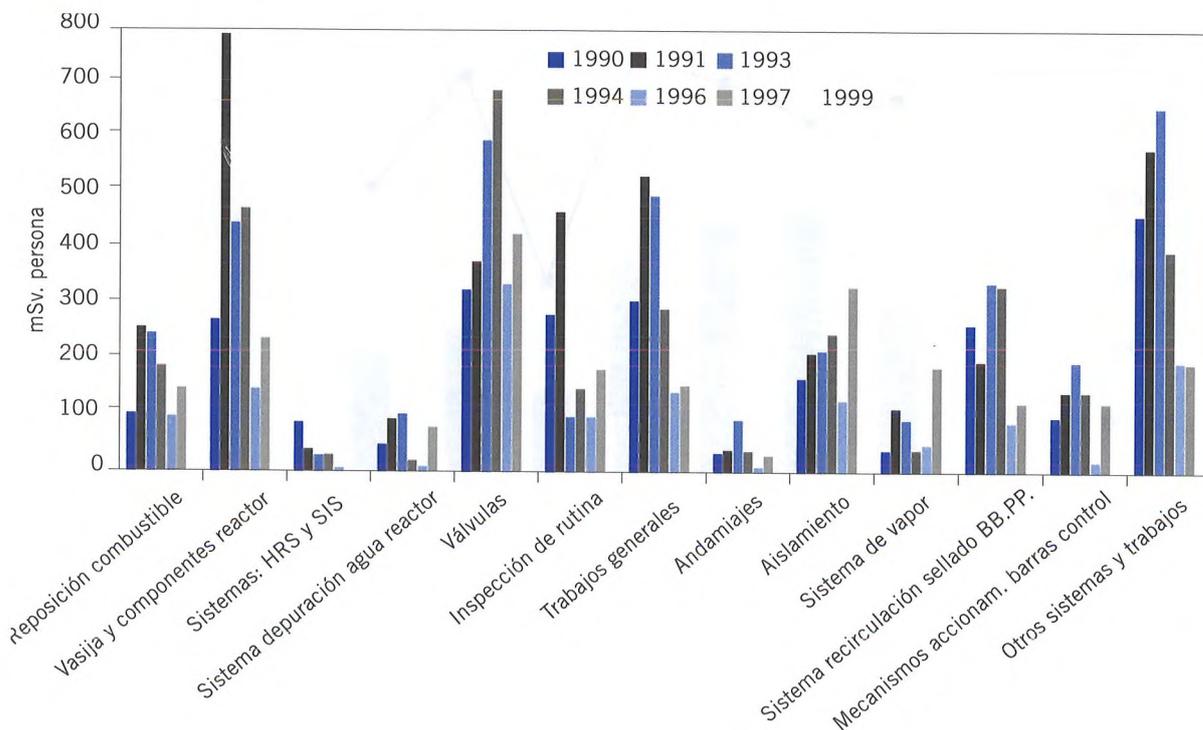
Aproximadamente una cuarta parte de esta contribución se debe a los trabajos relacionados con la vigilancia y el control radiológico de planta.

La tarea *vasija y componentes del reactor*, con una contribución de 14,2% a la dosis colectiva, también presenta una evolución favorable desde 1991 cuando, como consecuencia de los trabajos de soldadura en las costuras de la vasija y de la inspección de toberas, se registró una dosis colectiva de 790 mSv·p; en las dos últimas recargas las dosis se mantienen en torno a 230 mSv·p.

Otra tarea de importancia, con una contribución del 11,7% a la dosis colectiva de las recargas, es la de *trabajos generales*. Esta tarea, a la que contribuyen de forma muy significativa los trabajos relacionados con la limpieza y pintura, ha tenido una evolución favorable desde 1991 (cuando las dosis estaban en torno a 500 mSv·p) y en las dos últimas recargas las dosis se mantienen en torno a 150 mSv·p.

La tarea *sistema de recirculación y sellado de bombas de recirculación*, con una contribución del 9,3% a la dosis, ha experimentado un incremento en su peso relativo con relación al período 1988-92, en el que esta tarea ocupaba el séptimo puesto en el ranking de contribución (ahora ha pasado al quinto puesto), pasando de una dosis promedio de 176 mSv·p a 244 mSv·p. Esta circunstancia se debe a los trabajos de mantenimiento y modificación (con dosis en torno a 350 mSv·p) que se llevaron a cabo en 1993, 1994 y 1999.

Figura 18. Central nuclear de Cofrentes



En cuanto a la distribución de la dosis colectiva de las recargas entre los distintos departamentos de explotación, en la tabla adjunta se muestra el porcentaje a lo largo del período objeto de estudio. Se observa cómo la contribución más importante a la dosis colectiva total corresponde al personal de *mantenimiento mecánico* seguido, muy de lejos, por el personal de *mantenimiento eléctrico* y de *inspección*.

Categoría Profesional	%
Protección radiológica	3,3
Operación	5,6
Descontaminación y limpieza	9,1
Manipulación de residuos	0,4
Mantenimiento mecánico	45,4
Mantenimiento eléctrico	16,6
Inspección	14,8
Andamiaje	1,6
Química	0,2
Otros	3,9

IV. Conclusiones

IV. Conclusiones

- En el presente estudio se realiza un análisis sobre la distribución de la dosis colectiva de recarga por tareas (con arreglo a la codificación de la Guía de Seguridad 1.5) en las centrales nucleares españolas en el período 1990-1999.
- El análisis global de los datos utilizados para la realización de este estudio ha puesto de manifiesto que, en término medio, los trabajos de recarga suponen aproximadamente un 80% de la dosis colectiva total y que, asimismo, el personal de las empresas de contrata contribuye en más del 90% a la dosis colectiva de la recarga.
- La tendencia global en España de las dosis colectiva de recarga en el período 1990-1999 es significativamente decreciente (ver figura 2). Se puede apuntar, entre otras dos causas principales: de un lado la sustitución de los generadores de vapor ha supuesto un cambio drástico en las dosis de las centrales que lo han realizado y por otro lado, la reducción en las centrales de agua en ebullición, especialmente Santa María de Garoña con una contribución considerable al total, debido a la aplicación sistemática de una gestión Alara de los trabajos de recarga. En líneas generales se puede afirmar que la madurez de las organizaciones de explotación de las centrales en la aplicación del criterio Alara ha contribuido notablemente a estos resultados.
- En prácticamente todas las centrales se ha evidenciado que la tarea *otros sistemas y trabajos no mencionados* tiene una importante contribución (en más de un caso ocupa el primer lugar del ranking) a la dosis colectiva de las recargas en el período objeto de estudio.
- Se resumen a continuación las tareas que, en las distintas centrales nucleares, y dejando de lado la tarea antes citada, tienen una mayor contribución a la dosis colectiva de la recarga en el período objeto de estudio:
 - En la central nuclear José Cabrera la tarea con mayor contribución (17,5%) a la dosis colectiva de las recargas es la de *vasija y componentes*. Al peso relativo de esta tarea han contribuido de forma decisiva las elevadas dosis que, en 1994, se registraron en los trabajos de inspección y reparación de las grietas de las penetraciones de la tapa de la vasija.
 - En las centrales de Almaraz y Ascó la tarea que más ha contribuido a la dosis colectiva de recarga han sido los trabajos en el lado primario de los generadores de vapor, como consecuencia de los problemas que han afectado a los tubos de los generadores en todas las centrales de esta tecnología. No obstante, el peso relativo de esta tarea en el período objeto de estudio (en torno al 22%) se ha reducido notablemente con respecto al valor que figuraba en el anterior estudio *Dosis-Tareas* (1988-1992) puesto que, tras la sustitución de los generadores de vapor, se ha evidenciado una espectacular re-

ducción en las dosis colectivas registradas para estas tareas.

En ambas centrales hay que destacar la importante contribución (que en algún caso casi supone un 30%) de la tarea *otros sistemas y trabajos no mencionados*. Este hecho obedece a que bajo este epígrafe han sido incluidas tareas de gran importancia radiológica como son los trabajos asociados a los programas de sustitución de generadores de vapor y los asociados a la eliminación de los RTD's.

- En la central nuclear Vandellós II los trabajos en el lado primario del generador de vapor constituyen la tarea que más contribuye (15,7%) a la dosis colectiva. Aunque, históricamente con dosis colectivas inferiores, los reactores PWR de segunda generación, debido a que dispone de un modelo de generador más avanzado, los problemas de *fretting* acaecidos se tradujeron en unas dosis superiores a las que cabría esperar en esta tecnología. De hecho, tras la sustitución de los generadores de vapor en las centrales nucleares de Almaraz y Ascó, estas centrales registran dosis más bajas que las de Vandellós II.

- En la central nuclear de Trillo la tarea que contribuye de forma más relevante (23,4%) a la dosis colectiva es la de *bombas de refrigeración del reactor*, al peso relativo de esta tarea han contribuido de forma decisiva los trabajos de desmontaje, inspec-

ción y reparación de las bombas principales que se llevaron a cabo en 1991.

- En la central nuclear de Garoña la tarea con mayor contribución a la dosis colectiva (14,1%) es la de *trabajos generales*, en la que se engloban trabajos de descontaminación y limpieza, de preparación del lugar de trabajo y de instalación-desmontaje de blindajes temporales. Aunque la contribución relativa de esta tarea ha ido disminuyendo paulatinamente en los últimos años, su contribución a la dosis colectiva da una idea de los esfuerzos dedicados a este apartado.

- En la central nuclear de Cofrentes la tarea que contribuye de forma más relevante (16,8%) a la dosis colectiva es la de *válvulas*, cuyo peso relativo se ha incrementado con relación al período 1988-92. Esta tarea registró la dosis colectiva (690 mSv-p) en 1994 como consecuencia de los trabajos realizados en las válvulas de los sistemas de calor residual, de depuración y de vapor.

• En lo que se refiere a la distribución de la dosis colectiva entre los distintos departamentos implicados en las paradas de recarga es, en todas las plantas, el personal de *mantenimiento mecánico* (con porcentajes que oscilan, según plantas, entre el 69 y el 45%) el que más dosis recibe. El segundo departamento en importancia es el de *descontaminación y limpieza*, con porcentajes que oscilan entre el 17 y el 8%.

Referencias

- Descripción del *Alcance de las Actividades Relacionadas con la Recarga* de Centrales Nucleares Ref^a I-02/91, diciembre de 1991 Edición 0 Unesa.
- *La sustitución de los generadores de vapor en las Centrales Nucleares Españolas desde una perspectiva Alara*, CSN Colección Otros Documentos 5.1997.
- Informe de *Evaluación sobre las Dosis Ocupacionales por tareas y su evolución en las Centrales Nucleares Españolas de agua a presión* (Informe Dosis-tareas), Ref^aCSN/EV/PROCU/GEER/9401/152 1.02.94.
- Informe de *Evaluación de las dosis recibidas por los trabajadores expuestos durante los trabajos de recarga de las centrales nucleares españolas en el período 1990-1998*, Ref^a CSN/IEV/APRT/GENER/ 0000/9902/46628.12.99.
- Informe de *Evaluación sobre las Dosis Ocupacionales por tareas y su evolución en las Centrales Nucleares Españolas de agua en ebullición* (Informe Dosis-tareas), Ref^a CSN/EV/PROCU/GENER/9411/210 24.11.94.
- Informe de *Evaluación de las dosis recibidas por los trabajadores expuestos durante los trabajos de recarga de las centrales nucleares españolas en el período 1990-1999*, Ref^aCSN/ IEV/APRT/GENER/0000/0004/509 25.04.00.

**Dosis colectiva
en los trabajos de recarga
de las centrales nucleares
españolas en el período 1990-1999**

Estudio sectorial

Colección Documentos
Nº 9.2001

