

# Índice general

<b>Índice de Figuras</b>	<b>x</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>xii</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Historia y marco actual. . . . .	1
1.2. Almacenamiento interino en seco. . . . .	3
1.3. Objetivos. . . . .	4
1.4. Herramientas de cálculo. . . . .	5
<b>2. Descripción de Componentes.</b>	<b>6</b>
2.1. Elemento combustible Atucha I. . . . .	6
2.1.1. Dimensiones y composición. . . . .	7
2.1.2. Combustible gastado. . . . .	8
2.2. Diseño del contenedor. . . . .	9
2.2.1. Dimensiones y materiales del contenedor. . . . .	12
2.3. Casco de transferencia. . . . .	12
2.3.1. Dimensiones del casco de transferencia. . . . .	13
2.4. Módulo de almacenamiento. . . . .	15
2.5. Vehículo de transporte. . . . .	16
<b>3. Cálculos de criticidad.</b>	<b>18</b>
3.1. Descripción de las configuraciones estudiadas. . . . .	18
3.2. Descripción de los modelos y opciones de cálculo. . . . .	19
3.2.1. Modelado de la geometría. . . . .	20
3.2.2. Simplificación de los materiales. . . . .	21

3.2.3. Opciones de cálculo. . . . .	21
3.3. Resultados obtenidos. . . . .	22
3.3.1. Combustible de uranio natural. . . . .	22
3.3.2. Combustible de uranio levemente enriquecido (ULE). . . . .	23
3.3.3. Estudio paramétrico del $k_{eff}$ con el <i>pitch</i> . . . . .	23
3.3.4. Situación accidental. . . . .	24
3.4. Conclusión. . . . .	24
<b>4. Preliminares al blindaje. . . . .</b>	<b>25</b>
4.1. Magnitudes dosimétricas. . . . .	25
4.2. Limitaciones de dosis. Marco regulatorio. . . . .	27
4.3. Estimación de dosis y optimización del blindaje. . . . .	28
4.4. Requerimientos de dosis. . . . .	29
<b>5. Cálculos de blindaje. . . . .</b>	<b>30</b>
5.1. Composición del elemento combustible quemado. . . . .	30
5.2. Fuente de radiación. . . . .	31
5.2.1. Fuente de neutrones. . . . .	33
5.2.2. Fuente gama. . . . .	35
5.2.3. Combustibles ULE. . . . .	38
5.2.4. Distribución axial de quemado. . . . .	39
5.3. Descripción de las configuraciones estudiadas. . . . .	39
5.4. Coeficientes de dosis. . . . .	41
5.5. Modelado de la geometría. . . . .	41
5.5.1. Optimización de la importancia de las celdas. . . . .	44
5.5.2. Tamaño de los detectores. . . . .	45
5.5.3. Fuente superficial. . . . .	47
5.5.4. Geometrías simplificadas. . . . .	48
5.5.5. Omisión del tapón del contenedor. . . . .	49
5.5.6. Simetría de los modelos. . . . .	50
<b>6. Dosis para el Casco. . . . .</b>	<b>51</b>
6.1. Estimación de la dosis gama radial. . . . .	51
6.2. Estimación de dosis gama axial. . . . .	54

6.3. Estimación de dosis neutrónica. . . . .	56
6.4. Fotones generados en las reacciones de neutrones. . . . .	59
6.5. Dosis totales y espesores de plomo propuestos. . . . .	60
<b>7. Dosis para el módulo.</b>	<b>63</b>
7.1. Estimación de la dosis gama. . . . .	63
7.1.1. Estimación de dosis gama radial. . . . .	64
7.2. Estimación de dosis gama axial. . . . .	65
7.3. Estimación de dosis neutrónica. . . . .	66
7.3.1. Estimación de dosis neutrónica radial. . . . .	67
7.3.2. Estimación de dosis neutrónica axial. . . . .	67
7.4. Fotones generados en las reacciones de neutrones. . . . .	68
7.5. Dosis totales y espesores de hormigón propuestos. . . . .	69
7.6. Comentario final sobre el tapón del contenedor. . . . .	69
<b>8. Aspectos económicos del proyecto.</b>	<b>71</b>
8.1. Distribución de tareas. . . . .	72
8.2. Estimación de costos. . . . .	74
<b>9. Conclusiones.</b>	<b>76</b>
9.1. Criticidad. . . . .	76
9.2. Blindajes para el casco de transferencia. . . . .	77
9.3. Blindajes para los módulos de almacenamiento. . . . .	77
<b>A. Descripción de MCNP.</b>	<b>78</b>
A.1. Acerca de MCNP y el método Monte Carlo. . . . .	79
A.2. Diferencias del método estocástico Monte Carlo con los métodos de- terministas. . . . .	79
A.3. Breve explicación del método Monte Carlo. . . . .	80
A.4. La física implementada en MCNP. . . . .	80
A.4.1. Peso de una partícula . . . . .	80
A.4.2. Traza de una partícula . . . . .	81
A.4.3. Especificación de la fuente. . . . .	82
A.5. Estructura de un archivo de entrada MCNP. . . . .	82
A.5.1. Definición de superficies. . . . .	83

A.5.2. Definición de Celdas . . . . .	83
A.6. Importancias. . . . .	84
<b>B. Descripción de ORIGEN-ARP.</b>	<b>85</b>
B.1. Espectro de neutrones. . . . .	86
B.2. Espectro de fotones. . . . .	87
<b>C. Entradas MCNP.</b>	<b>88</b>
C.1. Modelado de la geometría. . . . .	88
C.1.1. Elemento combustible. . . . .	88
C.1.2. Canasto. . . . .	92
C.1.3. Modelado del contenedor. . . . .	94
C.1.4. Casco de transferencia. . . . .	95
C.1.5. Módulo de almacenamiento. . . . .	97
C.1.6. Zonas con aire y detectores. . . . .	99
C.1.7. Geometría simplificada. . . . .	104
C.2. Datos generales. . . . .	104
C.2.1. Especificación de materiales. . . . .	104
C.2.2. Tipo de problema y modo de corte. . . . .	106
C.2.3. Especificación de fuente. . . . .	106
C.3. Resultados. . . . .	112
C.3.1. Contajes. . . . .	112
C.3.2. Resultados en el archivo de salida. . . . .	114
<b>D. Modelos de cálculo.</b>	<b>119</b>
D.1. Casco de transferencia. Dosis gama. . . . .	119
D.1.1. Elección de importancias radiales. . . . .	119
D.1.2. Tamaño de los detectores radiales. . . . .	120
D.1.3. Tamaño de los detectores axiales. . . . .	122
D.2. Casco de transferencia. Dosis neutrónica. . . . .	123
D.3. Módulo de almacenamiento. Dosis gama. . . . .	123
D.3.1. Elección de los detectores radiales. . . . .	123
D.3.2. Elección de los detectores axiales. . . . .	125
D.4. Módulo de almacenamiento. Dosis neutrónica. . . . .	125

D.4.1. Ajuste de las importancias. . . . .	125
D.4.2. Tamaño de los detectores. . . . .	125
<b>Referencias</b>	<b>126</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>128</b>