INDICE GENERAL

Prefacio **1**

1. Introducción **2**

1.1. La gestión de los elementos combustibles quemados 2

1.2. La evolución en las necesidades de almacenamiento de los combustibles gastados 4

1.3. El almacenamiento en seco 5

1.3.1. Descripción de los conceptos existentes 6

1.3.1.1. Contenedores de metal 6

1.3.1.2. Bóvedas 7

1.3.1.3. Silos de hormigón 7

1.4. La realidad argentina 8

2. Datos Técnicos **10**

2.1. Descripción del elemento combustible de la Central Nuclear Atucha I . 10

2.1.1. Barra combustible 11

2.1.2. Separadores 12

2.1.3. Placa portante 12

2.1.4. Tubo soporte con patines elásticos 12

2.1.5. Varillaje 12

2.1.6. Resúmen de los datos de diseño más importantes 13

2.1.7. Esquemas del EC 13

3. Caracterización del Silo **16**

3.1. Bases de diseño 16

3.1.1. Características de la camisa 17

3.2. Cantidad de EC por silo 17

3.2.1. Volúmenes de material involucrado 18

3.2.2. Cantidad necesaria de silos 20

3.3. Riesgo de criticidad del arreglo seleccionado 20

3.4. Dimensiones del silo 20

3.4.1. Espesor del techo y paredes 21
3.4.2. Alto y ancho 22
3.4.3. Profundidad 23
3.4.3.1. Implicancias y análisis de las alternativas propuestas . 23
3.5. Mecanismo de refrigeración 26
3.6. Internos del silo 28
3.6.1. Geometría y material de los apoyos 28
3.6.2. Separación entre tirantes 29
3.7. Material y tipo de apertura 31
3.8. Distribución de los silos 32
3.9. Máximo tiempo admisible de almacenamiento 34
3.9.1. Corrosión 35
3.9.2. Stress Corrosion Cracking 35
3.9.3. Rotura Demorada Inducida por Hidrógeno 36
3.9.4. Creep 36

4. Caracterización del Sistema de Acondicionamiento y Transporte 38
4.1. Descripción conceptual de tareas, componentes e instalaciones 38
4.1.1. Subsistema de acondicionamiento 38
4.1.2. Subsistema de transporte de EECC a celda o contenedor 40
4.1.3. Subsistema de transporte de EECC a los silos 41
4.1.4. Subsistema de carga de EECC dentro del silo 41
4.2. Evaluación y selección de alternativas 41
4.2.1. Subsistema de transporte de EECC a celda o contenedor 42
4.2.2. Subsistema de acondicionamiento 45
4.2.3. Subsistema de transporte de EECC a los silos 48
4.2.4. Subsistema de carga de EECC dentro del silo 50

5. Estimación de Costos y Análisis de Sensibilidad 52
5.1. Estimación del costo total nivelado del sistema de almacenamiento en seco 52
5.2. Análisis de sensibilidad 55

6. Conclusiones Finales 59

A. Cálculo Térmico 61
A.1. Introducción 61
A.2. Cálculo de la Temperatura Máxima Admisible en la camisa 61
A.2.1. Modelo de los cilindros concéntricos y su implementación al EC encamisado de la CNAI 62

A.2.1.1. Modelo 62
A.2.1.2. Implementación 63
A.3. Selección del mecanismo de extracción de calor del silo 65
A.3.1. Evaluación de la extracción de calor por radiación 65
A.3.2. Evaluación de la extracción de calor por convección natural . . . 69
A.3.2.1. Separación de los combustibles dentro del silo 70
A.4. Análisis de la convección natural dentro del silo 74

B. Análisis Mecánico de los Internos del Silo **80**
B.1. Deflexión de la camisa 80
B.2. Deflexión de los tirantes 82

C. Metodología para la Distribución de los Silos **85**

D. Aspectos Económicos del Proyecto Integrador **88**
D.1. Objetivo 88
D.2. Duración del Proyecto y lugar de trabajo 88
D.3. Cronograma de las tareas realizadas 88
D.4. Costos asociados a las tareas realizadas 90
D.4.1. Costo de los expertos consultados 90
D.5. Valor Actual del Proyecto 91

Referencias **93**