

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

*Instituto de Técnicas Energéticas de la Universidad Politécnica de
Cataluña, dentro del programa de Doctorado “Ingeniería Nuclear”*

**CONTRIBUCIÓN A LA
CARACTERIZACIÓN DE
AEROSOLLES RADIATIVOS
DERIVADOS DEL RADÓN**

Autor: Arturo Vargas Drechsler
Director: Xavier Ortega Aramburu

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar mi agradecimiento a Xavier Ortega por su gran dedicación en la dirección y seguimiento de este trabajo en cada una de sus distintas fases.

También quisiera que quedase patente mi agradecimiento a Jaume Jorba por su especial apoyo a la realización de la tesis. Concretamente, me gustaría agradecer de forma profunda, sus palabras de ánimo poco antes de *despedirse* de entre nosotros.

Durante el desarrollo de la tesis diversos acontecimientos extraordinarios han marcado distintas etapas, en especial, el nacimiento de mi hijo Iván. En este capítulo agradezco el gran apoyo y ayuda que he tenido de mi esposa Nuria, así como de mi padre Agustín, de mis suegros Magdalena y Ramón, y del resto de mi familia.

El desarrollo de una tesis afecta a las personas de su alrededor, y en este sentido me gustaría agradecer el apoyo y comprensión a todo el personal del INTE y de la SEN, en especial, a mis colegas de despacho Carmen Pretel y Lluís Batet, y a los colegas de investigación Isabel Vallés, Mercè Ginjaume, Montse Novell y Marcel Porta. Así mismo, mi agradecimiento a mis amigos que en mayor o menor medida se han visto involucrados en esta tesis, en particular, a Francisco Rivero y Xisco Barceló.

El desarrollo de la tesis ha estado muy ligada al proyecto Europeo RARAD del IV Programa Marco. Desde estas líneas agradezco el apoyo prestado por el grupo de aerosoles, y en concreto, a los Doctores Porstendörfer, Reineking, Tymmen, Butterweck y Huet.

Debido a la gran diversidad de temas que engloba este trabajo hubiera sido difícil el desarrollo de la simulación numérica del transporte de partículas sin las indicaciones de Francisco Rivero y Josep Sempau.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS DESCENDIENTES DEL RADÓN EN RECINTOS CERRADOS.....	5
II.1	Introducción.....	5
II.2	Definiciones especiales, magnitudes y unidades.....	7
II.3	Naturaleza de los descendientes del radón en estado libre. Mecanismos de neutralización y formación de clusters.....	10
II.3.1	Recombinación con pequeños iones negativos.....	11
II.3.2	Captura electrónica.....	12
II.3.3	Transferencia de electrones con átomos neutros.....	13
II.3.4	Nucleación o formación de clusters.....	14
II.3.5	El coeficiente de difusión de los descendientes del radón en estado libre.....	16
II.4	Mecanismo de adhesión a partículas de aerosol.....	19
II.5	Mecanismo de desprendimiento por retroceso.....	20
II.6	Mecanismo de deposición en superficies.....	21
II.7	Mecanismo de renovación del aire.....	22
II.8	Modelo del comportamiento de los descendientes del radón en el aire.....	23
II.9	Estimación de la dosis mediante el uso de modelos dosimétricos de la ICRP de las vías respiratorias	24
II.10	Conclusiones.....	27

III.	SISTEMAS DE MEDIDA DE LA CONCENTRACIÓN DE RADÓN Y DE SUS DESCENDIENTES.....	29
III.1	Introducción.....	29
III.2	Técnicas de medida de la concentración de radón y descendientes.....	30
III.3	Técnicas de medida del espectro dimensional de las modas de nucleación y acumulación.....	30
III.4	Técnicas de medida del espectro dimensional de los descendientes del radón en estado libre.....	31
III.4.1	Distribución de penetraciones en tamices metálicos.....	32
III.4.2	Distribución de penetraciones en tubos de difusión.....	34
III.5	Técnicas de reconstrucción del espectro dimensional.....	37
III.6	Conclusiones.....	39

IV.	SOLUCIÓN NUMÉRICA DEL TRANSPORTE DE PARTÍCULAS EN TUBOS DE DIFUSIÓN.....	41
IV.1	Introducción.....	41
IV.2	El código SOLA-VOF para la solución numérica del campo de velocidades.....	42
IV.3	Solución numérica de la ecuación de transporte de partículas mediante técnicas de Monte-Carlo.....	50
IV.4	Análisis de sensibilidad de la distribución de penetraciones.....	55
IV.4.1	Influencia de los fenómenos de formación y desaparición de especies radiactivas.....	55
<i>IV.4.1.1</i>	<i>Desintegración radiactiva.....</i>	<i>56</i>
<i>IV.4.1.2</i>	<i>Formación de especies en tránsito.....</i>	<i>57</i>
IV.4.2	Influencia de la difusión axial.....	59
IV.4.3	Fenómenos aerodinámicos.....	59
<i>IV.4.3.1</i>	<i>Establecimiento del perfil de velocidades.....</i>	<i>59</i>
<i>IV.4.3.2</i>	<i>Perturbación debida al filtro de salida.....</i>	<i>60</i>
<i>IV.4.3.3</i>	<i>Perturbación provocada por la rugosidad de las paredes del tubo.....</i>	<i>61</i>
IV.4.4	Influencia de la deposición heterogénea en el filtro.....	62
IV.5	Conclusiones.....	66

V.	DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS.....	67
V.1	Introducción.....	67
V.2	Descripción del sistema de medida del factor de equilibrio y de la fracción libre.....	68
V.2.1	Sistema de medida de la concentración de radón.....	68
V.2.1.1	<i>Verificación del funcionamiento.....</i>	69
V.2.2	Sistema de medida de la concentración de descendientes totales y de descendientes adheridos a partículas de aerosol.....	70
V.2.2.1	<i>Ciclo de medida</i>	71
V.2.2.2	<i>Tamiz metálico y caudal de aire.....</i>	73
V.2.2.3	<i>Verificación de funcionamiento.....</i>	73
V.3	Sistema de medida del espectro dimensional de los descendientes del radón en estado libre.....	74
V.3.1	Funcionamiento del sistema de medida.....	75
V.3.2	Ciclo de medida.....	76
V.3.3	Diseño de los tamices y tubos de difusión.....	77
V.3.3.1	<i>Caudal de aire circulante por tamices y tubos de difusión.....</i>	77
V.3.3.2	<i>Número de unidades y curvas de penetración.....</i>	79
V.3.4	Determinación del espectro dimensional de los descendientes en estado libre.....	84
V.3.4.1	<i>Eficiencia de detección de las unidades de medida.....</i>	84
V.3.4.2	<i>Número de cuentas detectadas.....</i>	85
V.3.4.3	<i>Reconstrucción del espectro dimensional. El algoritmo Randomwalk.....</i>	86
V.3.4.4	<i>Puesta a punto del algoritmo Randomwalk. Intercomparación de algoritmos de deconvolución en el marco del Proyecto Europeo RARAD.....</i>	90
V.3.4.5	<i>Aplicación al sistema de medida desarrollado.....</i>	96

V.4	Descripción de los equipos de los sistemas de medida y criterios de selección.....	96
V.4.1	Detectores de radiactividad.....	96
V.4.2	Amplificadores de señal del detector.....	97
V.4.3	Filtros para la toma de muestras.....	98
V.4.4	Sistema de espectrometría alfa.....	98
V.4.5	Caudalímetros.....	98
V.5	Descripción de la cámara de radón.....	99
V.6	Conclusiones.....	102
VI.	RESULTADOS EXPERIMENTALES.....	105
VI.1	Introducción.....	105
VI.2	Medidas de campo.....	105
VI.2.1	Medidas del factor de equilibrio y la fracción libre. Determinación de su correlación.....	106
VI.2.2	Medidas del espectro dimensional de las modas de acumulación y nucleación.....	112
VI.3	Medidas en atmósfera controlada del espectro dimensional de los descendientes en estado libre.....	113
VI.4	Estimación de la dosis.....	119
VI.5	Conclusiones.....	122
VII.	CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS.....	125

BIBLIOGRAFÍA

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABLAS