

TESIS CARRERA DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA

**ACOPLAMIENTO MULTIESCALA EN CÁLCULOS
FLUIDODINÁMICOS**

Ing. Federico Agustín Caccia
Maestrando

Dr. Enzo Dari
Director

Miembros del Jurado

Dr.F. Teruel (Instituto Balseiro, Universidad Nacional de Cuyo)
Dr.P. Zanocco (Instituto Balseiro, Universidad Nacional de Cuyo)

4 de Julio de 2017

Departamento de Mecánica Computacional – Centro Atómico
Bariloche

Instituto Balseiro
Universidad Nacional de Cuyo
Comisión Nacional de Energía Atómica
Argentina

A todos aquellos que se animan a cuestionar lo incuestionable

Índice de símbolos

CFD: Fluidodinámica Computacional (*Computational Fluid Dynamics*)

DNS: Simulación numérica directa (*Direct Numerical Simulation*)

FEM: Método de Elementos Finitos (*Finite Element Method*)

RANS: Promedio de Reynolds de Navier-Stokes
(*Reynolds-Averaged Navier-Stokes*)

Índice de contenidos

Índice de símbolos	v
Índice de contenidos	vii
Índice de figuras	ix
Índice de tablas	xi
Resumen	xiii
Abstract	xv
1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Modelado de sistemas complejos	1
1.3. Ecuaciones de residuos	1
1.4. Técnicas de resolución	1
1.5. Problemas de evolución temporal	1
2. Técnicas de acoplamiento	3
2.1. Paradigma maestro-esclavo	3
2.2. Códigos maestros utilizados	3
2.3. Formas de comunicación implementadas	3
2.4. Arquitectura de acoplamiento montada en códigos esclavos	3
3. Modelos fluidodinámicos utilizados	5
3.1. Par-GPFEP	5
3.2. Relap	5
3.3. Otros códigos cero-dimensionales	5
4. Aplicaciones en cálculos fluidodinámicos acoplados	7
4.1. Movimiento por fuerza boyante en un circuito cerrado	7
4.2. Análisis del segundo sistema de parada del reactor RA-10	7

4.3. Resolución de grandes redes hidráulicas	7
5. Extensión al problema neutrónico-termohidráulico	9
5.1. Descripción del código Newton	9
5.2. Acople neutrónico-termohidráulico	9
6. Uso del estilo provisto	11
6.1. Opciones que acepta el estilo	11
6.2. Parámetros convenientes	12
A. Formulación de las ecuaciones fluidodinámicas de PAR-GPFEP con el método de elementos finitos	13
B. Métodos de resolución de sistemas de ecuaciones no lineales	15
Bibliografía	17
Publicaciones asociadas	17
Agradecimientos	19

Índice de figuras

Índice de tablas

Resumen

Este es el resumen en castellano.

La tesis debe reflejar el trabajo desarrollado, mostrando la metodología utilizada, los resultados obtenidos y las conclusiones que pueden inferirse de dichos resultados.

Palabras clave: FORMATO DE TESIS, LINEAMIENTOS DE ESCRITURA, INSTITUTO BALSEIRO

Abstract

This is the title in English:

The thesis must reflect the work of the student, including the chosen methodology, the results and the conclusions that those results allow us to draw.

Keywords: THESIS FORMAT, TEMPLATES, INSTITUTO BALSEIRO

Capítulo 1

Introducción

“Don’t get involved in partial problems, but always take flight to where there is a free view over the whole single great problem, even if this view is still not a clear one.”

— Ludwig Wittgenstein, 1889-1951

ver si acá pongo las cuentas, o agrego sección modelo matemático

1.1. Motivación

1.2. Modelado de sistemas complejos

1.3. Ecuaciones de residuos

1.4. Técnicas de resolución

1.5. Problemas de evolución temporal

Capítulo 2

Técnicas de acoplamiento

“”

— alguien, alguna vez

- 2.1. Paradigma maestro-esclavo
- 2.2. Códigos maestros utilizados
- 2.3. Formas de comunicación implementadas
- 2.4. Arquitectura de acoplamiento montada en códigos esclavos

Capítulo 3

Modelos fluidodinámicos utilizados

“The City’s central computer told you? R2-D2, you know better than to trust a strange computer. ”

— C-3PO, from Star Wars

3.1. Par-GPFEP

3.2. Relap

3.3. Otros códigos cero-dimensionales

Capítulo 4

Aplicaciones en cálculos fluidodinámicos acoplados

“Rule number one, do everything as possible to have a great life”

— anonymus

- 4.1. Movimiento por fuerza boyante en un circuito cerrado
- 4.2. Análisis del segundo sistema de parada del reactor RA-10
- 4.3. Resolución de grandes redes hidráulicas

Capítulo 5

Extensión al problema neutrónico-termohidráulico

“We build too many walls and not enough bridges.”

— Isaac Newton, 1643-1727

5.1. Descripción del código Newton

5.2. Acople neutrónico-termohidráulico

Capítulo 6

Uso del estilo provisto

“Hablaban siempre de dinero y planeaban asaltar un banco”
— Domingo Cavallo, 2001

6.1. Opciones que acepta el estilo

Espaciado

El interlineado que se utiliza en el cuerpo de la tesis es de un espacio y medio. Esto se puede cambiar usando una de las opciones

- Un espacio y medio, formato recomendado por el instituto (**default**)
- un sólo espacio (`\documentclass[12pt,singlespacing]{ibtesis}`)
- doble espacio (`\documentclass[12pt,doublespacing]{ibtesis}`)

Formato de la página

El formato de la página puede ser

- final Es el recomendado para la tesis por el Instituto (**default**)
- borrador (`\documentclass[12pt,preprint]{ibtesis}`)

Es un formato con márgenes más chicos, útil para realizar correcciones en borradores

Doble faz

- `\oneside` Los márgenes son iguales para todas las páginas
- `\twoside` Páginas izquierdas y derechas son diferentes

Soporte físico

El estilo tiene una opción para soporte en papel y en pantalla:

- En papel (`\documentclass[12pt,paper]{ibtesis}`) (**default**)
- En pantalla (archivo pdf) (`\documentclass[12pt,screen]{ibtesis}`)
Incluye links y algunos colores en el texto

Otras opciones

Otras opciones con las que se cargue el estilo se pasan directamente a los estilos usados. Por ejemplo si usamos:

`\documentclass[11pt,screen,oneside,preprint,draft,pagebackref]{ibtesis}` producirá un documento con letra de menor tamaño (11pt), no se procesarán los gráficos (draft) para una mayor velocidad, se producirán links en el archivo pdf con la característica adicional que las referencias tendrán un link al lugar donde fueron citadas ya que la opción `pagebackref` se pasa al paquete `\hyperref`.

6.2. Parámetros convenientes

Se han definido tres longitudes que pueden servir para dar un ancho uniforme a todas las figuras. Estas longitudes se han definido sólo por conveniencia.

Los valores que se le han dado son:

- `\imsiz= 0.7\textwidth`
- `\imsizS= 0.5\textwidth`
- `\imsizL= 0.9\textwidth`

Si se quieren modificar, puede hacerse usando el comando `\setlength`, por ejemplo:

- `\setlength{\imsizL}{0.85\textwidth}`
- `\setlength{\imsiz}{3.6in}`
- `\setlength{\imsizS}{8.6cm}`

Apéndice A

Formulación de las ecuaciones fluidodinámicas de PAR-GPFEP con el método de elementos finitos

“Negociemos Don Inodoro”

— Fernando de la Rúa, 2001

Apéndice B

Métodos de resolución de sistemas de ecuaciones no lineales

“Negociemos Don Inodoro”

— Fernando de la Rúa, 2001

Publicaciones asociadas

1. Informes técnicos en Comisión Nacional de Energía Atómica:

- a) Rechiman, L.; Cantero, M.; Dari, E.; Caccia, F.; Chacoma, A. 2015. “Análisis hidrodinámico del Segundo Sistema de Parada del reactor RA10”. Reporte técnico CNEA IN-ATN40MC- Mayo de 2015, Bariloche, Argentina.

2. Publicaciones en revistas internacionales:

- a) Rechiman, L.; Cantero, M. ; Caccia, F.; Chacoma, A. and Dari, E. 2017. “Three-dimensional hydrodynamic modeling of the second shutdown system of an experimental nuclear reactor” ("Modelado hidrodinámico tridimensional del segundo sistema de parada de un reactor nuclear experimental"), Nuclear Engineering and Design, vol. 319, pp 163-175.

3. Presentaciones en congresos con publicación en actas:

- a) Caccia, F. and Dari. E. “Acoplamiento multiescala en cálculos fluidodinámicos”. XXII Congreso de Métodos Numéricos y sus Aplicaciones, 7-11 Noviembre 2016, Córdoba, Argentina.
- b) Rechiman, L.; Chacoma, A.; Caccia, F.; Dari E. and Cantero, M. “Validación del modelo multiescala del segundo sistema de parada del reactor nuclear experimental RA-10”. XXII Congreso de Métodos Numéricos y sus Aplicaciones, 7-11 Noviembre 2016, Córdoba, Argentina.

Agradecimientos

