Universidad de San Carlos de Guatemala
Escuela de Ciencias Físicas y Matemáticas
Departamento de Matemática

# TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Nombre del autor**
Asesorada por Nombre del asesor

Guatemala, septiembre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ESCUELA DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

**TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN**

PROTOCOLO DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A LA JEFATURA DEL
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA
POR

**NOMBRE DEL AUTOR**
ASESORADA POR NOMBRE DEL ASESOR

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ESCUELA DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

**CONSEJO DIRECTIVO INTERINO**

| | |
|---|---|
| Director | M.Sc. Jorge Marcelo Ixquiac Cabrera |
| Secretario | Ing. Edgar Damián Ochóa Hernández |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

| | |
|---|---|
| Director | Director |
| Examinador | Examinador 1 |
| Examinador | Examinador 2 |
| Examinador | Examinador 2 |
| Secretario | Secretario |

Este archivo pdf es una muestra

Fecha

datos

cuerpo

despedida

firma

nombre

# AGRADECIMIENTOS

# DEDICATORIA

# ÍNDICE GENERAL

# ÍNDICE DE FIGURAS

# ÍNDICE DE TABLAS

# LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|---|---|
| $:=$ | es definido por |
| $\cong$ | es isomorfo a |
| $\Leftrightarrow$ | si y sólo si |
| $\varnothing$ | conjunto vacío |
| $E^c$ | complemento de $E$ |
| $\subsetneq$ | estrictamente contenido |
| $E \setminus F$ | diferencia entre $E$ y $F$ |
| $E\Delta F$ | diferencia simétrica entre $E$ y $F$ |
| $\mathcal{P}(X)$ | conjunto potencia de $X$ |
| $\chi_E$ | función característica de $E$ |
| $E_n\uparrow$ | $E_n$ es una sucesión creciente |
| $\mathfrak{L}$ | $\sigma$-álgebra de los conjuntos Lebesgue-medibles |
| $\mathscr{S}$ | espacio muestral |
| $\mathfrak{A}$ | $\sigma$-álgebra de eventos |
| $(\mathscr{S}, \mathfrak{A}, P)$ | espacio de probabilidad |
| $\mathscr{D}$ | espacio de las funciones de prueba |
| $\mathscr{D}'$ | espacio de las distribuciones |
| $\delta_0$ | medida de Dirac, función $\delta$ de Dirac o $\delta$-función |
| $\Phi^\times$ | espacio antidual de $\Phi$ |
| $\Phi \subset \mathcal{H} \subset \Phi^\times$ | espacio de Hilbert equipado o tripleta de Gel'fand |
| $\|\psi\rangle$ | vector *ket* |
| $\langle\psi\|$ | funcional *bra* |
| $\langle\varphi\|\psi\rangle$ | *braket* |

# OBJETIVOS

## General

Resolver las ecuaciones de Euler de la dinámica de fluidos para un gas ideal, con el método de volúmenes finitos, utilizando el esquema de Roe.

## Específicos

1. Describir el método de volúmenes finitos y la motivación de su uso.
2. Describir el funcionamiento del esquema de Roe y su implementación en el lenguaje `C++`.
3. Comparar las soluciones obtenidas a través del programa implementado en `C++` con las soluciones producidas con la librería PyClaw del lenguaje Python.
4. Analizar la diferencia entre simulaciones considerando gases con distintos grados de libertad, aprovechando la solución numérica obtenida a través del programa escrito en `C++`.

# INTRODUCCIÓN

El estudio de las ecuaciones diferenciales es de gran importancia en las ciencias físicas, ya que cada teoría física se sustenta en ecuaciones diferenciales que describen el comportamiento a través del tiempo de cualquier sistema que dicha teoría busque explicar. La motivación del estudio de las ecuaciones diferenciales es encontrar soluciones generales de las mismas, principalmente a través de métodos analíticos que buscan soluciones exactas de las ecuaciones diferenciales. Sin embargo no todas las ecuaciones diferenciales poseen soluciones exactas, lo cual motiva el desarrollo de métodos numéricos para la resolución de las mismas.

En el área de estudio del análisis numérico, aplicado a ecuaciones diferenciales, existe una gran variedad de métodos y esquemas de solución, dada la amplia variedad de ecuaciones diferenciales que se hallan en la física. Además, las ecuaciones diferenciales parciales son considerablemente más difíciles de resolver que las ecuaciones diferenciales ordinarias, por lo que existen otros métodos más apropiados para resolver ecuaciones diferenciales que involucran funciones de varias variables.

# 1. CONCEPTOS PRELIMINARES

## 1.1. Conjuntos, funciones y sucesiones

# CONCLUSIONES

1. Conclusión 1.
2. Conclusión 2.
3. Conclusión 3.

# RECOMENDACIONES

1. Recomendación 1.
2. Recomendación 2.
3. Recomendación 3.

# BIBLIOGRAFÍA

[1] P. Albin, E. Leichtnam, R. Mazzeo y P. Piazza. The signature package on Witt spaces. *Ann. Sci. Ec. Norm. Supér. (4)*, **45**(2):241–310, 2012.

[2] H. Brezis. *Analyse functionnelle, théorie et applications.* (Collection Mathématiques Appliquées pour la Maítrise) Masson, Paris, 1992.

[3] Y. Choquet-Bruhat y otros. *Analysis, manifolds and physics. (volumen 1)* North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1996.

[4] R. Courant y D. Hilbert. *Methods of mathematical physics. (volumen 2)* Interscience Publishers, Nueva York, 1962.

[5] R. De la Madrid. The rigged Hilbert space of the free hamiltonian. Consultado en marzo de 2005 en `http://arxiv.org/abs/quant-ph/0210167`.

[6] J. Escamilla-Castillo. *Topología.* 2.ª ed. s.e., Guatemala, 1992.

[7] N. Haaser y J. Sullivan. *Análisis real.* Tr. Ricardo Vinós. Trillas, México, 1978.

[8] P. Halmos. *Teoría intuitiva de los conjuntos.* 8.ª ed. Tr. Antonio Martín. Compañía Editorial Continental, S.A., México, 1973.

[9] F. Hausdorff. *Set theory.* 2.ª ed. Chelsea Publishing Company, Nueva York, 1962.

[10] W. Heisenberg. *The physical principles of the quantum theory.* Dover Publications, Inc., Nueva York, 1949.

[11] E. Hewitt y K. Stromberg. *Real and abstract analysis.* Springer-Verlag, Nueva York, 1965.

[12] A. Kolmogorov y S. Fomin. *Elementos de la teoría de funciones y del análisis funcional.* Tr. Carlos Vega. MIR, Moscú, 1975.

[13] F. Kronz. Quantum theory: von Neumann versus Dirac. Consultado en marzo de 2005 en `http://plato.stanford.edu/entries/qt-nvd/`.

[14] K. Liu, X. Sun, and S.-T. Yau. Goodness of canonical metrics on the moduli space of Riemann surfaces. *Pure Appl. Math. Q.*, **10**(2):223–243, 2014

[15] E. Leader and C. Lorcé, The angular momentum controversy: What's it all about and does it matter?, *Phys. Rept.* **541**, 163 (2014).

[16] Omnès, R. *The interpretation of quantum mechanics.* (Princeton Series in Physics) Princeton University Press, Princeton, 1994.

[17] R. Penrose. *La mente nueva del emperador.* Tr. José García. Fondo de Cultura Económica, México, 1996.

[18] S. Sternberg. Theory of functions of a real variable. Consultado en abril de 2005 en `http://www.math.harvard.edu/~shlomo`.

[19] G. Teschl. Mathematical methods in quantum mechanics with applications to Schrödinger operators. Consultado en abril de 2005 en `http://www.mat.univie.ac.at/~gerald`.