



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
DIVISIÓN BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): JOHANDERSON APELLIDOS: APARICIO REYES

NOMBRE(S): DAVID FERNANDO APELLIDOS: MARCUCCI PICO

NOMBRE(S): \_\_\_\_\_ APELLIDOS: \_\_\_\_\_

FACULTAD: INGENIERIAS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): ORLANDO APELLIDOS: GUTIERREZ LOPEZ

NOMBRE(S): \_\_\_\_\_ APELLIDOS: \_\_\_\_\_

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS DE TOBERAS PARA EL LABORATORIO DE MOTORES DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

RESUMEN

En este trabajo se diseñó banco de pruebas de toberas, en el que una tobera se diseñó de tal forma que en su interior no se generaran ondas de choque normales, a lo largo de esta, el aumento de la velocidad que sufre el fluido es acompañado de una baja de temperatura y presión. El funcionamiento la tobera estará a cargo de un sistema de aire comprimido, que se selecciona a partir de los requerimientos de la tobera, siendo el caudal y la presión de entrada los que determinaran dicho sistema. También, se centra en la estimación de los parámetros de diseño bajo teorías de flujo compresible; otro aporte fundamental es la simulación del flujo a través de la herramienta computacional ANSYS. En el planteamiento del modelo, se determina el dominio del flujo encerrado por la tobera. Posterior al diseño se genera la malla del modelo mediante el ANSYS Meshing. La simulación se llevó a cabo en ANSYS CFX y finalmente se presentaron los resultados mediante trazados en áreas y graficas de las propiedades a través de la tobera.

PALABRAS CLAVE: Ansys, diseño, simulación, supersónico, tobera.

CARACTERISTICAS:

PÁGINAS: 107 PLANOS: 9 ILUSTRACIONES: \_\_\_\_\_ CD ROOM: \_\_\_\_\_

DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS DE TOBERAS PARA EL LABORATORIO DE  
MOTORES DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

JOHANDERSON APARICIO REYES  
DAVID FERNANDO MARCUCCI PICO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2015

DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS DE TOBERAS PARA EL LABORATORIO DE  
MOTORES DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

JOHANDERSON APARICIO REYES  
DAVID FERNANDO MARCUCCI PICO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniero Mecánico

Director:  
M.Eng. ORLANDO GUTIÉRREZ LÓPEZ  
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2015



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: CÚCUTA, 12 DE SEPTIEMBRE DEL 2015

HORA: 9:00 a.m.

LUGAR: Sala de Simulación de fluter

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA MECANICA

Título de la Tesis: "DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS DE TOBERAS PARA EL LABORATORIO DE MOTORES DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER"

Jurados:

Ing. EMILIO VERA DUARTE  
Ing. RAFAEL EUGENIO LOPEZ  
Lic. GIOVANNY RAMIREZ AYALA

Director: Ing. ORLANDO GUTIERREZ LOPEZ

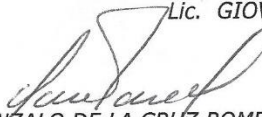
Nombre del estudiante	Código	Calificación	
		Letra	Número
JOHANDERSON APARICIO REYES	1121067	Cuatro, Cuatro	4,4
DAVID FERNANDO MARCUCCI PICO	1120486	Cuatro, Cuatro	4,4

### APROBADA

  
Ing. EMILIO VERA DUARTE

  
Ing. RAFAEL EUGENIO LOPEZ

  
Lic. GIOVANNY RAMIREZ AYALA

  
Vo.Bo GONZALO DE LA CRUZ ROMERO GARCIA  
Coordinador Comité Curricular  
Ingeniería Mecánica

## Contenido

	Pág.
Introducción	1
1. Problema	3
1.1 Título	3
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Formulación del problema	4
1.4 Justificación	4
1.5 Objetivos	5
1.5.1 Objetivo general.	5
1.5.2 Objetivos específicos	5
1.6 Alcances y delimitaciones	6
1.6.1 Alcance.	6
1.6.2 Limitación.	6
1.6.3 Delimitación espacial.	6
1.6.4 Delimitación temporal.	6
1.6.5 Delimitación conceptual.	6
2. Referentes teóricos	7
2.1 Antecedentes	7
2.2 Marco contextual	9
2.2.1 Ubicación.	9
2.3 Bases teóricas	9
2.3.1 Relación de calores específicos.	9

2.3.2 Gas perfecto.	10
2.3.3 Proceso isentrópico.	10
2.3.4 Flujo isentrópico unidimensional con variaciones de área (Flujo Quasiunidimensional).	10
2.3.5 Principio de conservación de la masa para un flujo quasiunidimensional.	11
2.3.6 Primera ley de la termodinámica.	12
2.3.7 Segunda ley de la termodinámica.	12
2.3.8 Número de Mach.	13
2.3.9 Propiedades totales.	14
2.3.10 Propiedades críticas.	15
2.3.11 Toberas convergente-divergentes.	16
2.3.12 Configuración de la tobera.	17
2.3.13 Tobera Campana	17
2.3.14 Tobera cónica.	18
2.3.15 Ondas de Mach.	19
2.3.16 Ondas de choque normal.	20
2.3.17 Ondas de choque oblicuas.	22
2.3.18 Ondas de expansión.	24
2.3.19 Método de las características.	25
2.3.20 Calculo de puntos internos.	27
2.3.21 Calculo de puntos de pared.	27
2.3.22 Calculo de puntos simetría.	28
2.3.23 Calculo de las pendientes de las líneas características	28

2.4 Bases conceptuales	29
3. Metodología	32
3.1 Tipo de investigación	32
3.2 Objetivo 1	33
3.2.1 Actividades	33
3.2.1 Metodología	33
3.3 Objetivo 2	33
3.3.1 Actividades	33
3.3.2 Metodología.	33
3.4 Objetivo 3	34
3.4.1 Actividades	34
3.4.2 Metodología.	34
3.5 Objetivo 4	34
3.5.1 Actividades	34
3.5.2 Metodología.	34
4. Parámetros de operación de la tobera	35
4.1 Propiedades del aire	35
4.2 Velocidad a la salida de la tobera	35
4.3 Velocidad de entrada a la tobera	36
4.4 Temperatura	36
4.5 Presión	37
4.5 Densidad	38
4.5 Flujo másico	39

5. Selección del sistema de aire comprimido	40
5.1 Parámetros de selección del sistema	40
5.2 Selección del sistema de aire comprimido	40
5.3 Sistema Booster	41
5.4 Tanque de almacenamiento a alta presión	41
5.5 Compresor de tornillo	46
5.6 Booster	48
6. Diseño de la tobera	50
6.1 Propiedades de la garganta	50
6.2 Método de las características	51
6.2.1 Datos iniciales.	51
6.2.2 Pasos para el cálculo de los puntos	53
6.3 Ajuste del perfil de la tobera	56
7. Simulación de la tobera	58
7.1 Análisis del flujo a través de la tobera usando un método CFD con ANSYS CFX	58
7.1.1 Dominio de flujo.	58
7.1.2 Geometría del flujo.	59
7.1.3 Generación de la malla.	61
7.1.4 Condiciones de frontera.	62
7.1.5 Resultados.	64
8. Diseño del banco	71
8.1 Distribución del banco	71
8.2 Instrumentación	72



8.3 Modelo 3D del banco	73
9. Presupuesto	76
10. Conclusiones	80
11. Recomendaciones	81
Referencias	82
Anexos	84