

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**DEPARTAMENTO INGENIERÍA MECÁNICA**

Profesores Patrocinantes:  
Dr. Cristian Canales Cárdenas  
Dr. Emilio Dufeu Delarze

**ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TELESCOPIO SUBMILIMÉTRICO LCT  
BAJO CONDICIONES DE VIENTO Y OPERACIÓN EN LLANO DE  
CHAJNANTOR, REGIÓN DE ANTOFAGASTA**

**Miguel Angel Retamal Castro**

Informe de Memoria de Título  
para optar al Título de

Ingeniero Civil Mecánico

Abril - 2019

## RESUMEN

El principal incentivo para realizar esta memoria de título es aportar con los conocimientos adquiridos en el desarrollo del proyecto internacional conocido como *Leighton Chajnantor Telescope* (LCT), el cual consiste en el transporte, análisis estructural y actualización, tanto de instrumentación, como de estructuras, de un radiotelescopio a ser instalado en Chile y operado por la Universidad de Concepción. Este equipo permitirá estudiar el espacio exterior, investigando el pasado para conocer el presente y predecir lo que ocurrirá en el futuro, fomentando el área de investigación astronómica en la región del Biobío, y que a su vez entregue oportunidad a jóvenes ingenieros de impulsar un desarrollo para nuevas y mejores tecnologías e instrumentación astronómica. En el ámbito nacional, lo que persigue es estrechar lazos con distintas entidades en el mundo, como lo son el Instituto Tecnológico de California, CALTECH (EE.UU.) y la Universidad Normal de Shanghai (China), actuales colaboradores de esta memoria de título, posibilitando oportunidades de intercambio y crecimiento social y cultural para las instituciones involucradas. A su vez, se pretende ubicar a la Universidad de Concepción como un referente a nivel nacional de astronomía.

El objetivo principal de este trabajo corresponde a evaluar la integridad estructural del radiotelescopio LCT, mediante el método de los elementos finitos, para verificar el correcto funcionamiento del radiotelescopio, bajo condiciones de viento establecidas en el llano de Chajnantor, Chile, considerando diferentes posiciones de apuntamiento de la antena primaria.

Para cumplir con el objetivo se genera primeramente un modelo sólido y posteriormente un modelo de elementos finitos con el cual simular las condiciones de carga de viento. Estas condiciones son obtenidas de registros de velocidad del viento utilizando el sistema de vigilancia climatológico instalado en el radiotelescopio *Atacama Pathfinder Experiment* (APEX) ubicado a metros del recinto donde se instalará el LCT. La estimación de la presión producto del viento sobre la estructura se realiza mediante la simulación de un túnel de viento generada en el módulo *fluent* de ANSYS que utiliza la dinámica de fluidos computacionales (CFD) para simular la interacción entre fluido-estructura y obtener cargas sobre este último.

El modelo sólido del LCT se realiza mediante el software *Space Claim Design Modeler* (SCDM) de ANSYS basado principalmente en dos componentes: fotografías actuales del radiotelescopio, y rediseño de las estructuras basado en un diseño asistido por computadora entregado por CALTECH.

La simulación del túnel de viento se realiza mediante el software ANSYS en su módulo *FLUENT*, utilizando un flujo de viento a  $30 [m/s]$  que impacta sobre 3 estructuras principales en el LCT. Estas son la antena primaria, el cuerpo *TeePee* y la plataforma base. La antena primaria se simula en distintas inclinaciones,  $30^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $70^\circ$ ,  $80^\circ$  y  $90^\circ$  donde el viento impacta sobre esta, primero en su cara frontal y luego en su cara posterior.

Para comprobar la integridad del radiotelescopio, se analizan desplazamientos y esfuerzos máximos utilizando el software ANSYS en su módulo *Static Structural*, simulando al LCT en distintas inclinaciones de su antena primaria:  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  y  $90^\circ$ .

Como conclusiones del análisis estructural del radiotelescopio LCT se tiene que:

- Al simular el LCT sin apoyos en la estructura, éste soporta satisfactoriamente todas las cargas impuestas por separado y en combinación de éstas.
- Al simular el LCT con los apoyos estructurales, se generan esfuerzos excesivamente altos en los apoyos, esto se debe al contacto existente entre los componentes de los apoyos y al diámetro de estos últimos (muy pequeños comparado a la estructura).
- Se crean concentradores de esfuerzos en sectores no influyentes de la estructura (plataforma azimutal), se recomienda realizar un análisis en detalle de la plataforma azimutal.
- Se obtienen los 11 primeros modos de vibrar, sus frecuencias se encuentran entre 3,3 [Hz] y 13,3 [Hz]).

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	i
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
NOMENCLATURA .....	ix
CAPÍTULO 1 .....	1
1. Introducción.....	1
1.1. Objetivo general .....	2
1.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Contextualización.....	2
1.3.1. Especificaciones técnicas del LCT .....	4
CAPÍTULO 2.....	6
2. Cálculo de condiciones de operación en el llano de Chajnantor .....	6
2.1. Medición de la velocidad del viento.....	6
2.2. Aplicación de la carga asociada al viento.....	6
2.2.1. Cálculo de carga producto del viento según norma chilena NCh 432-2010 .....	6
CAPÍTULO 3.....	11
3. Simulación en túnel de viento de componentes estructurales .....	11
3.1. Aceleración de gravedad .....	11
3.2. Presión atmosférica.....	11
3.3. Componentes estructurales a simular .....	12
3.4. Simplificación de geometrías para simular en CFD.....	13
3.5. Malla.....	14
3.6. Resultados.....	14
3.6.1. Perfiles de velocidades .....	14
3.6.2. Distribución de presiones .....	16
CAPÍTULO 4.....	20
4. Componentes estructurales del LCT.....	20
CAPÍTULO 5.....	28

5. Simulación estática estructural .....	28
5.1. Simplificaciones .....	29
5.2. Materiales .....	32
5.3. Condiciones de borde .....	33
5.4. Discretización .....	34
CAPÍTULO 6 .....	41
6. Resultados y discusión.....	41
CAPÍTULO 7 .....	56
7. Conclusiones y perspectivas.....	56
7.1. Conclusiones.....	56
7.2. Perspectivas .....	57
REFERENCIAS.....	58
ANEXO.....	60