



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

Profesores Patrocinantes  
Dr. Emilio Dufeu Delarze  
Dr. Frank Tinapp Dautzenberg

# **Simulación y validación de Autopiloto**

## **MP2128**

*Pedro Iván Zambrano Pinto*

Informe de Memoria de Título  
para optar al Título de

Ingeniero Civil Aeroespacial

Mayo 2010

# Resumen

El presente informe se centra en el estudio del funcionamiento interno realizado por el autopiloto *MP2128*, cuyo fin es implementar un modelo de simulación para este dispositivo electrónico, el que será utilizado en un programa capaz de determinar los parámetros óptimos para el control de un avión no tripulado.

El *MP2128* es un sistema electrónico capaz de controlar un UAV de forma completa, desde su despegue hasta su aterrizaje. Para lograr esto el autopiloto posee en su programación una serie de lazos de control, que son los elementos principales del procesamiento de información y de control de la aeronave.

Los componentes con los que cuenta el autopiloto para obtener información sobre las condiciones del avión en vuelo son los sensores, los cuales son modelados numéricamente a fin de reproducir los efectos que estos realizan sobre las señales de salida. Además, el autopiloto *MP2128* está diseñado para controlar el UAV por medio de servomotores, los cuales se conectan a las superficies de control y a los motores que posea la aeronave.

Luego de entender el procesamiento interno que realiza el *MP2128*, se implementa un modelo de simulación y finalmente se evalúa por medio de una serie de pruebas que son diseñadas y evaluadas en el proceso de validación del software.

# Índice general

<b>Índice general</b>	<b>v</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>viii</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>x</b>
<b>Nomenclatura</b>	<b>xi</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción General . . . . .	1
1.2. Objetivos . . . . .	2
1.3. Temario y Metodología de Trabajo . . . . .	3
<b>2. Caracterización del Autopiloto MP2128</b>	<b>4</b>
2.1. Descripción del Autopiloto MP2128 . . . . .	4
2.2. Lazos de Control implementados en el autopiloto . . . . .	6
2.2.1. Control mediante el método PID . . . . .	8
2.2.2. Planificación de ganancias . . . . .	11
2.3. Datos relevantes . . . . .	11
2.4. Sensores . . . . .	12
2.5. Actuadores . . . . .	13
2.5.1. Servomotores . . . . .	13

Índice general	VI
<b>3. Método de Análisis de los elementos del MP2128</b>	<b>16</b>
3.1. Análisis de los Sensores . . . . .	16
3.1.1. Sensores Angulares . . . . .	18
3.1.2. Sensor de altura basado en presión . . . . .	24
3.2. Análisis de un PID Estándar . . . . .	26
3.3. Análisis de otros cálculos internos realizados por el autopiloto . . . . .	31
3.3.1. Transformación de la señal de salida del PID a un ancho de pulso . . . . .	31
3.3.2. Criterio de activación del lazo <i>Pitch from Altitude</i> . . . . .	35
3.3.3. Verificación del estado del UAV y determinación del Ángulo de Pitch deseado	38
<b>4. Modelo de Simulación del Autopiloto MP2128</b>	<b>39</b>
4.1. Limitaciones . . . . .	39
4.2. Descripción del Modelo . . . . .	40
<b>5. Método de Validación</b>	<b>43</b>
5.1. Banco de Pruebas . . . . .	43
5.2. Procedimiento . . . . .	46
<b>6. Análisis de Resultados</b>	<b>50</b>
6.1. Comparación Modelos de Sensores de orden $n$ . . . . .	50
6.2. Análisis del lazo de control <i>Elevator from Pitch</i> . . . . .	51
6.3. Análisis del Modelo del MP2128 . . . . .	54
<b>7. Conclusiones</b>	<b>60</b>
7.1. Trabajo futuro . . . . .	61
<b>Bibliografía</b>	<b>62</b>
<b>A. Modelos de Aproximación de los Sensores del MP2128</b>	<b>63</b>
A.1. Giróscopos . . . . .	63
A.1.1. Modelo de Primer orden con retraso . . . . .	63

Índice general	vii
A.1.2. Modelo de orden $n$ . . . . .	64
A.2. Altímetro basado en Presión . . . . .	65
A.2.1. Modelo de Primer orden con retraso . . . . .	65
A.2.2. Modelo de orden $n$ . . . . .	66
<b>B. Elementos de los Bancos de Prueba</b>	<b>68</b>
B.1. Manómetro <i>Betz</i> . . . . .	68
B.2. Sistema “ <i>IseI</i> ” modelo C10 . . . . .	68
B.3. Tarjeta de Adquisición de Datos NI USB 6210 . . . . .	70
B.4. Sistema de Adquisición de Datos Eagle Tree . . . . .	70
<b>C. Programa empleado en la Validación</b>	<b>73</b>