

# Índice de contenidos

Índice de contenidos	ii
Resumen	v
Abstract	vii
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivos.	2
1.2. Estado del arte.	3
1.2.1. Generación vibraciones en sus comienzos.	3
1.2.2. Tecnología de los generadores de vibraciones en la actualidad . .	5
1.2.3. Diseño estándar propuesto para un Shaker . . . . .	8
1.2.4. Esquemas de instrumentación y control de vibraciones en Shakers	13
1.2.5. Desarrollo de la fuerza magnética . . . . .	17
1.2.6. Nuevas soluciones . . . . .	21
1.3. Filosofía de diseño y desarrollo del trabajo de Tesis . . . . .	25
1.3.1. Enfoque experimental . . . . .	25
1.3.2. Esquema de la Tesis . . . . .	26
<b>2. Diseño conceptual</b>	<b>27</b>
2.1. Selección de la configuración I-B . . . . .	28
2.1.1. Evolución del concepto . . . . .	31
2.1.2. Estudio de los parámetros para el diseño geométrico de la bobina.	40
2.1.3. Desarrollo del modelo acoplado . . . . .	44
2.2. Influencia del surgimiento de las placas de desarrollo en soluciones de instrumentación . . . . .	69
<b>3. Dinámica del actuador mostrada por medio de prototipos experimentales</b>	<b>72</b>
3.1. Factibilidad del proyecto . . . . .	72
3.2. Diseño enfocado en la dinámica del dispositivo . . . . .	77
3.2.1. Configuración magnética . . . . .	78
3.2.2. Configuración eléctrica . . . . .	79
3.2.3. Diseño mecánico . . . . .	82
3.3. Análisis del comportamiento dinámico . . . . .	86
3.3.1. Ensayos dinámicos enfocados en la rigidez del sistema . . . . .	87
3.3.2. Distribución de masas dinámicas y estáticas . . . . .	89
3.3.3. Breve análisis modal del dispositivo . . . . .	91
3.4. Comentarios generales sobre el análisis de la dinámica del dispositivo .	101

<b>4. Diseño de la instrumentación para el dispositivo</b>	<b>102</b>
4.1. Introducción a la arquitectura de los subsistemas . . . . .	102
4.2. Interface intérprete de las señales de comando, sensores y actuadores . . . . .	106
4.2.1. Placa RPi como Central de procesamiento . . . . .	107
4.2.2. Arduino Nano como generador de señal de entrada para aplicar la técnica SPWM - Unipolar . . . . .	108
4.2.3. Placa STM32F103C8T6 como gestor en la adquisición de datos . . . . .	109
4.3. Circuitos de potencia . . . . .	112
4.3.1. Fuente DC-DC variable . . . . .	113
4.3.2. Circuito a la salida del PUENTE H . . . . .	116
4.3.3. Módulo L298N como el PUENTE H . . . . .	116
4.4. Descripción de los algoritmos de comando . . . . .	119
4.5. Consideraciones acerca de las calibraciones de los instrumentos . . . . .	122
<b>5. Diseño enfocado en el control de vibraciones</b>	<b>126</b>
5.1. Control de vibraciones y diseño de estructuras . . . . .	127
5.1.1. Modelos conceptuales de los primeros modos naturales . . . . .	129
5.1.2. Respuestas en frecuencia debido a las correcciones del control pasivo de la estructura . . . . .	132
5.2. Control de vibraciones enfocado a la amplitud de aceleración . . . . .	141
5.2.1. Procesamiento y evaluación de las señales de control . . . . .	142
5.2.2. Desarrollo de las curvas de control de referencia . . . . .	144
5.2.3. Implementación del esquema y algoritmo de control . . . . .	147
5.2.4. Respuesta en frecuencia del control de amplitud de aceleración . . . . .	152
5.3. Comentarios generales sobre el control de vibraciones . . . . .	157
<b>6. Diseño enfocado en la optimización de la ganancia del actuador</b>	<b>161</b>
6.1. Estrategia de diseño de bobina de potencia y verificación experimental . . . . .	161
6.2. Respuesta en frecuencia controlada del dispositivo en condiciones sin masa de carga . . . . .	170
6.2.1. Análisis de la respuesta en frecuencia del <i>Prototipo G</i> . . . . .	171
6.2.2. Modificaciones en el algoritmo de control . . . . .	175
6.2.3. Respuesta en frecuencia del control de amplitud de aceleraciones . . . . .	177
6.3. Respuesta en frecuencia controlada del dispositivo en condiciones de carga . . . . .	180
6.3.1. Preparación de los ensayos en condiciones de carga . . . . .	181
6.3.2. Análisis de la respuesta en frecuencia del <i>Prototipo G – M</i> en condiciones de carga . . . . .	182
6.4. Breve análisis del balance energético sobre el dispositivo . . . . .	188
6.5. Análisis adicional del desarrollo del dispositivo . . . . .	190
<b>7. Conclusiones</b>	<b>194</b>
7.1. Especificaciones generales del actuador de vibraciones . . . . .	194
7.2. Conclusiones finales . . . . .	196
7.3. Discusiones y tareas a futuro . . . . .	199
<b>A. Introducción a la teoría de vibraciones y sus señales.</b>	<b>204</b>
A.1. Breve Glosario de Señales de Vibración . . . . .	204
A.2. Dinámica de un Sistema Mecánico . . . . .	209
A.3. Introducción a conceptos de sistemas de control . . . . .	211

<b>B. Generación del campo magnético estático</b>	<b>215</b>
B.1. Revisión de las tecnologías . . . . .	215
B.2. Operación con un imán permanente . . . . .	215
<b>C. Modelos y resultados adicionales</b>	<b>218</b>
C.1. Verificación de los cálculos del programa <i>femm4.2</i> . . . . .	218
C.2. Análisis del comportamiento dinámico de un actuador con un diseño basado en la configuración A1 de imanes y bobina . . . . .	224
C.3. Modelo eléctrico implementado con el programa LTSPICE . . . . .	229
<b>D. Resultados adicionales</b>	<b>231</b>
D.1. Mediciones y análisis de los sensores de la instrumentación en la condi- ción de no operación. . . . .	231
D.2. Mediciones y resultados de la caracterización del <i>Prototipo G</i> . . . . .	235
D.3. Mediciones y resultados de la caracterización del <i>Prototipo G – M</i> . . . . .	237
<b>E. Esquemas y planos</b>	<b>241</b>
E.1. Esquemas de la Instrumentación . . . . .	241
E.2. Esquemas de los circuitos de potencia . . . . .	247
E.3. Planos de las dimensiones generales del dispositivo . . . . .	252
<b>Bibliografía</b>	<b>254</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>262</b>