

Índice de figuras

FIG. 1. 1 VISTA LATERAL DEL PUENTE DE TACOMA	10
FIG. 1. 2 VISTA FRONTAL DEL PUENTE DE TACOMA.....	11
FIG. 1. 3 COLAPSO DEL PUENTE DE TACOMA	11
FIG. 1. 4 TEST DE RESONANCIA EN TIERRA CH-47	12
FIG. 1. 5 COLAPSO DEL MÁSTIL TRASERO CH-47	12
FIG. 2. 1 RUTA TEÓRICA DE ANÁLISIS DE VIBRACIONES	17
FIG. 2. 2. ESQUEMA DE UN SDOF	18
FIG. 2. 3 RESPUESTA MODELO CON AMORTIGUAMIENTO	21
FIG. 2. 4 MÓDULO RESPUESTA EN FRECUENCIA DE UN SDOF	22
FIG. 2. 5 FASE DE RESPUESTA EN FRECUENCIA DE UN SDOF	22
FIG. 2. 6 REPRESENTACIÓN FRF DE NYQUIST	24
FIG. 2. 7 MÓDULO Y FASE EN FRECUENCIA DE MDOF.....	30
FIG. 3. 1 EL FENÓMENO DE ALIASING.	38
FIG. 3. 2 DISTORSIÓN DEL EFECTO ALIASING	38
FIG. 3. 3 EFECTO LEAKAGE.....	39
FIG. 3. 4 DISTINTAS VENTANAS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO	40
FIG. 3. 5 DISTINTAS VENTANAS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA	41
FIG. 3. 6 FILTROS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA.....	42
FIG. 4. 1 ESQUEMA DE ELEMENTOS DE TEST DE VIBRACIÓN	43
FIG. 4. 2 ESQUEMA INTERIOR DE UN ACELERÓMETRO	44
FIG. 4. 3 FUNCIÓN DE RESPUESTA EN FRECUENCIA DE UN ACELERÓMETRO	45
FIG. 4. 4 IMAGEN DE UN MARTILLO INSTRUMENTADO	47
FIG. 5. 1 RUTA EXPERIMENTAL DE ANÁLISIS DE VIBRACIONES	49
FIG. 5. 2 MÉTODO PEAK PEAKING	60
FIG. 5. 3 MÉTODO AJUSTE A CÍRCULO	62
FIG. 5. 4 RESIDUOS DE MODOS LEJANOS	63
FIG. 5. 5 REPRESENTACIÓN MSF Y MAC	70
FIG. 5. 6 PARTICIPACIÓN MODAL	72
FIG. 5. 7 RECIPROCIDAD	73
FIG. 6. 1 MODOS ANALÍTICOS DIRECCIÓN A.....	78
FIG. 6. 2 MODOS ANALÍTICOS DIRECCIÓN B.....	78
FIG. 6. 3 CONVERGENCIA DE LOS DOS PRIMEROS MODOS SOLUCIÓN NUMÉRICA	81
FIG. 6. 4 PRIMEROS CINCO MODOS SOLUCIÓN NUMÉRICA.....	82
FIG. 6. 5 ARMÓNICOS FUERZA DIRECCIÓN A PUNTO5	84
FIG. 6. 6 ARMÓNICOS FUERZA DIRECCIÓN A PUNTO9	85
FIG. 6. 7 ARMÓNICOS FUERZA DIRECCIÓN B PUNTO5	85
FIG. 6. 8 SUMA DE TODAS LAS FRF DIRECCIÓN A.....	86

FIG. 6. 9 RECIPROCIDAD DIRECCIÓN A. H59 Y H95.....	87
FIG. 6. 10 RECIPROCIDAD DIRECCIÓN A. H89 Y H98.....	87
FIG. 6. 11 FRF H58 DIRECCIÓN A Y FRF ACELERÓMETRO CONTROL.....	88
FIG. 6. 12 REPRESENTACIÓN GEOMETRÍA DEL MODELO EN TESTLAB	89
FIG. 6. 13 DIAGRAMA ESTABILIZACIÓN DIRECCIÓN A. 9HZ -200HZ	90
FIG. 6. 14 DIAGRAMA ESTABILIZACIÓN DIRECCIÓN A. 200HZ - 1300HZ	91
FIG. 6. 15 DIAGRAMA ESTABILIZACIÓN DIRECCIÓN A. 1300HZ - 2400HZ	91
FIG. 6. 16 MODOS 1, 2 Y 3 EXPERIMENTALES DIRECCIÓN A. MARTILLO	93
FIG. 6. 17 MODOS 4, 5 Y 6 EXPERIMENTALES DIRECCIÓN A. MARTILLO	93
FIG. 6. 18 CORRELACIÓN H98. DIRECCIÓN A MARTILLO	94
FIG. 6. 19 CORRELACIÓN H98. DIRECCIÓN A MARTILLO	95
FIG. 6. 20 DIAGRAMA ESTABILIZACIÓN DIRECCIÓN B. 0HZ - 350HZ.....	96
FIG. 6. 21 DIAGRAMA ESTABILIZACIÓN DIRECCIÓN B. 350HZ - 1500HZ.....	97
FIG. 6. 22 MODOS 1, 2 Y 3 EXPERIMENTALES DIRECCIÓN B. MARTILLO	98
FIG. 6. 23 MODOS 4, 5 Y 6 EXPERIMENTALES DIRECCIÓN B. MARTILLO	99
FIG. 6. 24 CORRELACIÓN H53. DIRECCIÓN B. MARTILLO	100
FIG. 6. 25 CORRELACIÓN H88. DIRECCIÓN B. MARTILLO	100
FIG. 6. 26 DISPOSICIÓN DE ACELERÓMETROS EN LA BARRA EN LA MESA VIBRANTE	103
FIG. 6. 27 ESPECTRO MESA VIBRANTE. DIRECCIÓN A. PRIMER RANGO	104
FIG. 6. 28 ESPECTRO MESA VIBRANTE. DIRECCIÓN A. SEGUNDO RANGO	104
FIG. 6. 29 ESPECTRO MESA VIBRANTE. DIRECCIÓN A. TERCER RANGO	104
FIG. 6. 30 ESPECTRO MESA VIBRANTE. DIRECCIÓN B. PRIMER RANGO	105
FIG. 6. 31 ESPECTRO MESA VIBRANTE. DIRECCIÓN B. SEGUNDO RANGO	106
FIG. 6. 32 ESPECTRO MESA VIBRANTE. DIRECCIÓN B. TERCER RANGO	106
FIG. 6. 33 GRÁFICA MAC % MODOS ANALÍTICOS Y EXPERIMENTALES DIRECCIÓN A.....	109
FIG. 6. 34 GRÁFICA MAC % MODOS ANALÍTICOS Y EXPERIMENTALES DIRECCIÓN B.....	111
FIG. 6. 35 MODOS DE VIBRACIÓN ESCALADOS. NUMÉRICO Y EXPERIMENTAL. DIRECCIÓN A.....	113
FIG. 6. 36 MODOS DE VIBRACIÓN ESCALADOS. NUMÉRICO Y EXPERIMENTAL. DIRECCIÓN B.....	114
FIG. 6. 37 ARMÓNICOS IMPACTO DE MODIFICACIÓN EN AMBAS DIRECCIONES.....	116
FIG. 6. 38 MAC MODIFICADO CON LOS NUEVOS MODOS. DIRECCIÓN A.....	117
FIG. 6. 39 MAC MODIFICADO CON LOS NUEVOS MODOS. DIRECCIÓN B.....	118
FIG. 6. 40 DOS PRIMEROS MODOS ESCALADOS ANALÍTICOS Y EXPERIMENTALES MODIFICADOS. DIRECCIÓN A.....	118
FIG. 6. 41 DOS PRIMEROS MODOS ESCALADOS ANALÍTICOS Y EXPERIMENTALES MODIFICADOS. DIRECCIÓN A.....	119
FIG. 6. 42 FRF 0.9M-0.9M DIRECCIÓN A.....	122
FIG. 6. 44 FRF DIRECCIÓN A. RECIPROCIDAD.....	122
FIG. A. 1 MODOS DE VIBRACIÓN TEÓRICA DE LA BARRA	128
FIG. B. 1 UNIÓN DISEÑO BASE1.....	130
FIG. B. 2 SUPERPOSICIÓN PROBLEMA DISEÑO BASE1.....	130
FIG. B. 3 TRES PRIMEROS MODOS TEÓRICOS.....	132
FIG. B. 4 ERRORES RELATIVOS DE LAS FRECUENCIAS DE VIBRACIÓN.....	133
FIG. B. 5 DEFINICIÓN DE DIRECCIONES EN LA BARRA	140
FIG. D. 2 ESPECTRO RESPUESTA MARTILLO INSTRUMENTADO.....	142

FIG. D. 3 ILUSTRACIÓN RELLENO DE FILA FRF	143
FIG. D. 4 REPRESENTACIÓN PRIMARIA SEIS MODOS VIBRACIÓN.....	144
FIG. D. 5 VALORES OPD EN PUNTOS CADA 50MM	145
FIG. D. 6 ASIGNACIÓN DE IMPACTOS Y POSICIÓN ACELERÓMETROS	149
FIG. E. 1 DIFERENCIAS EXCITACIÓN MARTILLO Y MESA VIBRANTE	152
FIG. E. 2 DEFINICIÓN DE DIRECCIONES EN LA BARRA.....	153
FIG. E. 3 IMAGEN DE LA DISPOSICIÓN DE LA BARRA SOBRE LA MESA VIBRANTE	154
FIG. E. 4 VALORES OPD EN PUNTOS CADA 50MM	156
FIG. E. 5 REPRESENTACIÓN PRIMARIA SEIS MODOS VIBRACIÓN	157
FIG. E. 6 ASIGNACIONES ACELERÓMETROS ENSAYO MESA	158