

Tabla de Contenido

1. Descripción del Trabajo de Título	9
1.1. Introducción	9
1.2. Objetivos	10
1.2.1. Objetivo General	10
1.2.2. Objetivos Específicos	10
1.3. Metodología	10
1.3.1. Revisión Bibliográfica	10
1.3.2. Desarrollo de planilla de cálculo de estanques y definición de la geometría de los estanques	10
1.3.3. Verificación del comportamiento de los diseños con modelo de elementos finitos en SAP2000	11
1.3.4. Comparación bajo criterios técnicos, constructivos y económicos entre ambos diseños.	11
1.4. Resultados Esperados	11
2. Marco Teórico	12
2.1. Estanques de Acero: Descripción, Clasificaciones y Capacidades típicas	12
2.2. Comportamiento de los Estanques frente a Excitaciones Sísmicas	17
2.3. Daños, Fallas y Deficiencias de Diseño en Estanques de Acero	19
2.4. Normas de diseño de Estanques	23
2.4.1. NCh2369.Of2003	23
2.4.2. AWWA D100-11 y AWWA D103-09	23
2.5. Modelos de Elementos Finitos	24
2.5.1. Modelación de la interacción Líquido-Estructura en SAP2000	28
3. Diseño de Estanques de Acero	30
3.1. Definición de Cargas	30
3.1.1. Cargas Muertas	30
3.1.2. Cargas Vivas	30
3.1.3. Cargas de Agua	31
3.1.4. Cargas de Viento	32
3.1.4.1. Definición de Cargas de Viento según NCh432.Of71	32
3.1.4.2. Definición de Cargas de Viento según Normas AWWA	34
3.1.5. Aceleraciones Sísmicas	36
3.1.5.1. Aceleraciones Sísmicas según normas AWWA	36
3.1.5.2. Aceleraciones Sísmicas según NCh2369.Of2003	41
3.1.6. Momento Volcante por Sismo	42

3.1.6.1.	Momento Volcante por Sismo según normas AWWA	42
3.1.6.2.	Momento Volcante por Sismo según NCh2369.Of2003	43
3.1.7.	Momento Volcante por Viento	44
3.1.8.	Cortes Basales	45
3.1.8.1.	Según AWWA	45
3.1.8.2.	Según NCh2369.Of2003	45
3.1.9.	Esfuerzos de Compresión en el Manto por Sismo	45
3.1.10.	Esfuerzos de Compresión en el manto por Viento	46
3.1.11.	Cargas en Anclajes	47
3.1.11.1.	Cargas de levantamiento	47
3.1.11.2.	Cargas Cortantes (AWWA)	47
3.1.11.3.	Cargas Cortantes (NCh2369)	48
3.1.11.4.	Cargas sobre Silla de Anclaje y sus componentes	48
3.1.12.	Cargas sobre pernos de manto	50
3.2.	Combinaciones de Carga	50
3.3.	Tensiones, Momentos y Cargas Admisibles	51
3.3.1.	Momento Volcante Admisible	51
3.3.2.	Corte Basal Admisible	52
3.3.3.	Tensión Admisible para Pandeo Local en el Manto	52
3.3.3.1.	Según normas AWWA	52
3.3.3.2.	Según NCh2369	53
3.3.4.	Compresión Admisible en el Manto	53
3.3.4.1.	Estanque Soldado	53
3.3.4.2.	Estanque Apernado	54
3.3.5.	Tracción Admisible en el Manto	54
3.3.5.1.	Estanque Soldado	54
3.3.5.2.	Estanque Apernado	55
3.3.6.	Tensión Admisible para Aplastamiento de Perforaciones	55
3.3.7.	Tracción Admisible en los Pernos de Anclaje	55
3.3.8.	Corte Admisible en los Pernos de Anclaje	56
3.3.9.	Tensión Admisible en Soldaduras	56
3.3.10.	Corte Admisible en los Pernos de Manto	57
4.	Diseño de Estanques de Acero: Descripción del Estanque Estudiado	58
4.1.	Descripción General	58
4.2.	Conexiones: Estanque Soldado	65
4.3.	Conexiones: Estanque Apernado	66
5.	Cálculo y Verificaciones de Diseño	68
5.1.	Cargas	68
5.1.1.	Cargas Muertas	68
5.1.2.	Cargas Vivas	68
5.1.3.	Cargas de Agua	69
5.1.4.	Cargas de Viento	69
5.1.5.	Aceleraciones Sísmicas	69
5.1.6.	Momentos Volcantes	70
5.1.7.	Compresión en el Manto	70

5.1.8.	Cortes Basales	71
5.1.9.	Cargas en Pernos de Anclaje	71
5.1.9.1.	Cargas de Levantamiento	71
5.1.9.2.	Cargas Cortantes	71
5.1.10.	Cargas sobre Silla de Anclaje	72
5.1.11.	Cargas en Pernos de Manto	72
5.2.	Resumen Verificaciones. Estanque Soldado	73
5.3.	Resumen Verificaciones. Estanque Apernado	75
6.	Modelo de Elementos Finitos	77
6.1.	Consideraciones Generales	77
6.2.	Definición de Cargas	78
6.2.1.	Cargas de Viento	78
6.2.2.	Cargas Vivas	78
6.2.3.	Cargas Sísmicas	79
6.2.4.	Cargas de Agua	81
6.2.5.	Combinaciones de Carga	81
6.3.	Modelo N°1: Presiones en el manto	82
6.4.	Modelo N°2: Link Support	85
6.5.	Modelo N°3: Masas en el Manto y Frames	88
6.6.	Modelo N°4: Frames	93
7.	Análisis de Resultados	97
7.1.	Análisis y Comparación de las Normas de Diseño	97
7.1.1.	Cargas Sísmicas	97
7.1.2.	Cargas de Viento	100
7.1.3.	Diseño de Anclajes	101
7.1.4.	Diferencias en Tensiones Admisibles	101
7.2.	Análisis de los Estanques Diseñados	102
7.2.1.	Estructuración	102
7.2.2.	Verificaciones del diseño	106
7.2.3.	Costos de Fabricación, Transporte y Montaje	107
7.3.	Comparación Planilla de Cálculo - Modelos	109
7.3.1.	Análisis de los Períodos de Vibrar	111
7.3.2.	Análisis de las Tensiones en el Manto	112
7.3.3.	Análisis de las Cargas en Pernos de Anclaje	113
7.3.4.	Análisis de los Cortes Basales y Momentos Volcantes	114
7.4.	Análisis de las Metodologías Utilizadas en los Modelos Computacionales	115
7.4.1.	Modelo N°1: Presiones	115
7.4.2.	Modelo N°2: Link Support	115
7.4.3.	Modelo N°3: Frames y Masas en el Manto	116
7.4.4.	Modelo N°4: Frames	117
7.5.	Análisis de las combinaciones de Cargas	118

8. Comentarios y Conclusiones	119
8.1. Normas de Diseño	119
8.2. Modelos Computacionales	121
8.3. Estanques Soldados y Apernados	122
8.4. Otras Conclusiones	123
Bibliografía	124
9. Anexos	126