

## TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. MOTIVACIÓN.....	1
1.2. OBJETIVOS .....	3
1.2.1. Objetivos generales.....	3
1.2.2. Objetivos específicos .....	3
1.3. METODOLOGÍA.....	5
1.3.1. Estudio de conexiones .....	5
1.3.2. Modelación y análisis de muelles transparentes.....	5
1.3.3. Prediseño de conexiones.....	5
1.3.4. Modelación de conexiones .....	6
1.3.5. Análisis de Resultados.....	6
CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES.....	7
2.1. INTRODUCCIÓN.....	7
2.2. LUGAR DE OPERACIÓN.....	7
2.2.1. Contexto lugar de operación.....	8
2.2.2. Características generales de los sitios de atraque seleccionados para estudio .....	8
2.3. ESTRUCTURAS DE MUELLES.....	9
2.3.1. Clasificación de muelles de acuerdo a su orientación .....	10
2.3.1.1. Muelle de Penetración.....	10
2.3.1.2. Muelle Marginal.....	10
2.3.2. Clasificación de muelles de acuerdo a su impacto en la dinámica costera.....	10
2.3.2.1. Muelle Transparente.....	10
2.3.2.2. Muelle Opaco .....	11
2.4. MUELLE TRANSPARENTE .....	12
2.4.1. Estructuración muelle transparente .....	12
2.4.2. Conexión entre viga de hormigón y pilote para muelles transparentes.....	13
2.4.2.1. Elementos principales y terminología de conexión.....	13
2.4.2.2. Tipos de conexiones con pilote de acero.....	14
2.4.2.3. Imposibilidad de inspección y reparación de elementos dañados.....	15
2.4.2.4. Mecanismo de falla de conexión tipo Concrete Plug (ASCE 61-14).....	17
2.4.3. Normas y guías de diseño para muelles transparentes .....	18
2.4.3.1. Norma NCh 2369 Of. 2003 (actualizada) .....	18
2.4.3.2. Guía Para el Diseño, Construcción, Operación y Conservación de Obras Marítimas y Costeras .....	23
2.4.3.3. ASCE 61-14 Seismic Design of Piers and Wharves .....	24
2.5. MATERIALES .....	29
2.5.1. Materiales considerados en modelación de muelles.....	29
2.5.1.1. Materiales pertenecientes al muelle Sitio 3.....	29
2.5.1.2. Materiales pertenecientes al muelle Extensión Sitio 3.....	29

2.5.2.	Materiales considerados en modelación de conexiones .....	30
2.5.2.1.	Materiales de conexión con pilote vertical.....	30
2.5.2.2.	Materiales de conexión con pilote inclinado.....	30
2.5.2.3.	Modelos tensión-deformación de materiales.....	31
2.6.	TENSIONES PARA ANÁLISIS DE CONEXIONES.....	32
2.6.1.	Tensión de Von Mises .....	33
CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE CONEXIÓN .....		34
3.1.	INTRODUCCIÓN .....	34
3.2.	ZONA DE CONEXIÓN.....	34
3.2.1.	Identificación de zona de conexión .....	34
3.2.2.	Ejemplos de zona de conexión en proyectos de muelles transparentes.....	35
3.3.	DESCRIPCIÓN DE NUEVO SISTEMA DE CONEXIÓN SÍSMICA ENTRE VIGA Y PILOTE DE ACERO PARA MUELLES TRANSPARENTES .....	36
3.3.1.	Motivación para nuevo sistema de conexión entre viga y pilote de acero para muelles transparentes .....	36
3.3.2.	Descripción general de la conexión.....	38
3.3.3.	Descripción de elementos constituyentes de la conexión.....	39
3.4.	ESFUERZOS EXTERNOS Y APOYOS PARA EL MODELO DE CONEXIÓN CON PILOTE VERTICAL EN ANSYS .....	45
3.4.1.	Modelo de muelle transparente para análisis de esfuerzos en la conexión .....	45
3.4.1.1.	Geometría.....	45
3.4.1.2.	Apoyos .....	45
3.4.1.3.	Uniones y rigidez de elementos .....	45
3.4.1.4.	Modelo de estructura.....	46
3.4.1.5.	Aplicación de cargas .....	46
3.4.2.	Análisis de esfuerzos de conexión en el plano transversal.....	47
3.4.3.	Análisis de esfuerzos de conexión en los planos transversal y longitudinal .....	48
3.5.	ESFUERZOS EXTERNOS Y APOYOS PARA EL MODELO DE CONEXIÓN CON PILOTE INCLINADO EN ANSYS.....	49
3.5.1.	Modelo de muelle transparente para análisis de esfuerzos en la conexión .....	49
3.5.1.1.	Geometría.....	49
3.5.1.2.	Apoyos .....	49
3.5.1.3.	Uniones y rigidez de elementos .....	49
3.5.1.4.	Modelo .....	50
3.5.1.5.	Aplicación de cargas .....	50
3.5.2.	Análisis de esfuerzos de conexión en el plano transversal.....	51
3.5.3.	Análisis de conexión en los planos transversal y longitudinal .....	52
3.6.	ANÁLISIS SECCIONAL DE CONEXIÓN CON PILOTE VERTICAL O INCLINADO .....	53
3.6.1.	Transmisión de esfuerzos en conexión.....	53
3.6.2.	Secciones resistentes a lo largo del pilote .....	54
3.6.2.1.	Sección en plano de corte A-A´ .....	54

3.6.2.2.	Sección en plano de corte B-B´ .....	55
3.6.2.3.	Sección en plano de corte C-C´ .....	55
3.6.3.	Análisis de sección en plano de corte C-C´ (sección crítica) .....	55
3.7.	RESULTADOS DEL CAPÍTULO .....	57
CAPÍTULO 4: MODELACIÓN Y ANÁLISIS DE MUELLES TRANSPARENTES.....		58
4.1.	INTRODUCCIÓN .....	58
4.2.	DESCRIPCIÓN DE CARGAS .....	58
4.2.1.	Cargas muertas o permanentes .....	58
4.2.1.1.	Peso Propio.....	58
4.2.1.2.	Columna de agua.....	58
4.2.2.	Cargas vivas o sobrecargas.....	59
4.2.2.1.	Sobrecarga de uso.....	59
4.2.2.2.	Cargas de equipo pesado .....	59
4.2.3.	Cargas sísmicas .....	60
4.2.3.1.	Factor de importancia.....	60
4.2.3.2.	Parámetros que dependen del tipo de suelo .....	60
4.2.3.3.	Zona sísmica.....	60
4.2.3.4.	Factor de modificación de la respuesta (R) y razón de amortiguamiento ( $\xi$ ) ..	60
4.3.	COMBINACIONES DE CARGAS .....	61
4.3.1.	Normas para combinaciones de cargas.....	61
4.3.2.	Simbología para cargas.....	61
4.3.3.	Especificaciones para demandas sísmicas .....	61
4.3.3.1.	Combinación de efectos de componentes horizontales del sismo.....	61
4.3.3.2.	Demanda sísmica vertical.....	61
4.3.3.3.	Combinaciones para demandas sísmicas.....	62
4.3.4.	Combinaciones de cargas .....	63
4.3.4.1.	Combinaciones de cargas según método LRFD .....	63
4.3.4.2.	Combinaciones de cargas según método ASD.....	63
4.4.	MODELACIÓN Y ANÁLISIS - SITIO 3 .....	64
4.4.1.	Valoración de cargas .....	64
4.4.1.1.	Columna de agua.....	64
4.4.1.2.	Sobrecarga de uso.....	64
4.4.1.3.	Carga de equipo pesado - Grúa Gantry (incluye impactos de grúa) .....	64
4.4.1.4.	Cargas sísmicas .....	64
4.4.2.	Modelación de estructura de muelle.....	65
4.4.2.1.	Geometría de estructura de muelle.....	65
4.4.2.2.	Modelación de estructura de muelle.....	68
4.4.3.	Análisis de estructura de muelle.....	72
4.4.3.1.	Masa sísmica para análisis .....	72
4.4.3.2.	Análisis.....	72
4.5.	MODELACIÓN Y ANÁLISIS - EXTENSIÓN DEL SITIO 3 .....	73

4.5.1.	Valoración de cargas .....	73
4.5.1.1.	Columna de agua.....	73
4.5.1.2.	Sobrecarga de uso.....	73
4.5.1.3.	Carga de equipo pesado - Grúa Gantry (incluye impactos de grúa) .....	73
4.5.1.4.	Cargas sísmicas .....	73
4.5.2.	Modelación de estructura de muelle.....	74
4.5.2.1.	Geometría de estructura de muelle.....	74
4.5.2.2.	Modelación de estructura de muelle.....	79
4.5.3.	Análisis de estructura de muelle.....	83
4.5.3.1.	Masa sísmica para análisis .....	83
4.5.3.2.	Análisis.....	83
4.6.	RESULTADOS DEL CAPÍTULO .....	84
4.6.1.	Resultados del análisis – Sitio 3 .....	84
4.6.1.1.	Solicitación máxima de momento – Sitio 3 .....	84
4.6.1.2.	Solicitación máxima axial – Sitio 3.....	85
4.6.1.3.	Solicitación máxima de corte – Sitio 3.....	86
4.6.2.	Resumen Solicitaciones máximas – Sitio 3.....	87
4.6.3.	Resultados del análisis – Extensión sitio 3.....	88
4.6.3.1.	Solicitación máxima de momento – Extensión sitio 3 .....	88
4.6.3.2.	Solicitación máxima axial – Extensión sitio 3 .....	89
4.6.3.3.	Solicitación máxima de corte– Extensión sitio 3 .....	90
4.6.4.	Resumen Solicitaciones máximas – Extensión Sitio 3.....	91
4.6.5.	Distribución de momentos máximos en conexiones del muelle sitio 3.....	92
CAPÍTULO 5: PREDISEÑO DE CONEXIONES .....		95
5.1.	INTRODUCCIÓN .....	95
5.2.	MATERIALES .....	95
5.3.	SOLICITACIONES.....	95
5.4.	PREDISEÑO DE CONEXIÓN CON PILOTE VERTICAL .....	96
5.4.1.	Criterios de diseño .....	96
5.4.2.	Dimensionamiento del tapón de hormigón.....	97
5.4.3.	Prediseño de las barras de anclaje .....	97
5.4.3.1.	Etapas de rutina desarrollada en Matlab .....	97
5.5.	PREDISEÑO DE CONEXIÓN CON PILOTE INCLINADO.....	103
5.5.1.	Criterios de diseño .....	103
5.5.2.	Dimensionamiento del tapón de hormigón.....	103
5.5.3.	Prediseño de las barras de anclaje .....	103
5.6.	RESULTADOS DEL CAPÍTULO .....	105
5.6.1.	Resultados del prediseño de la conexión con pilote vertical.....	105
5.6.2.	Resultados del prediseño de la conexión con pilote inclinado .....	105
CAPÍTULO 6: MODELACIÓN Y ANÁLISIS DE CONEXIONES .....		106

6.1.	INTRODUCCIÓN .....	106
6.2.	METODOLOGÍA DE MODELACIÓN .....	106
6.2.1.	Etapa 1: Definir alcance de modelación .....	106
6.2.2.	Etapa 2: Definición de materiales .....	107
6.2.3.	Etapa 3: Creación de geometría .....	108
6.2.4.	Etapa 4: Mallado .....	108
6.2.5.	Etapa 5: Condiciones del modelo .....	109
6.2.6.	Etapa 6: Solución y obtención de resultados .....	109
6.3.	MODELACIÓN Y ANÁLISIS DE CONEXIÓN CON PILOTE VERTICAL .....	110
6.3.1.	Geometría del modelo .....	110
6.3.1.1.	Pilote de acero vertical .....	112
6.3.1.2.	Sistema de anclaje para barras al pilote vertical .....	113
6.3.1.3.	Barras de anclaje .....	115
6.3.1.4.	Viga de hormigón armado .....	116
6.3.1.5.	Tapón de hormigón .....	117
6.3.1.6.	Anillo de acero superior .....	118
6.3.1.7.	Tuercas .....	118
6.3.1.8.	Vista general del modelo de conexión con pilote vertical .....	119
6.3.2.	Mallado de conexión .....	120
6.3.3.	Condiciones del modelo .....	121
6.3.3.3.	Cargas del modelo .....	123
6.4.	MODELACIÓN Y ANÁLISIS DE CONEXIÓN CON PILOTE INCLINADO .....	124
6.4.1.	Geometría del modelo .....	124
6.4.1.1.	Pilote de acero inclinado .....	126
6.4.1.2.	Sistema de anclaje para barras al pilote inclinado .....	127
6.4.1.3.	Barras de anclaje .....	129
6.4.1.4.	Viga de hormigón armado .....	130
6.4.1.5.	Tapón de hormigón .....	131
6.4.1.6.	Anillo de acero superior .....	132
6.4.1.7.	Tuercas .....	132
6.4.1.8.	Suples .....	133
6.4.1.9.	Vista general del modelo de conexión con pilote inclinado .....	134
6.4.2.	Mallado de conexión .....	135
6.4.3.	Condiciones del modelo .....	136
6.4.3.3.	Cargas del modelo .....	138
6.5.	RESULTADOS DEL CAPÍTULO .....	139
6.5.1.	Análisis de conexión con pilote vertical .....	139
6.5.1.1.	Tensiones en la viga y tapón de hormigón .....	139
6.5.1.2.	Tensiones en las barras de anclaje .....	142
6.5.1.3.	Tensiones en el pilote de acero vertical .....	143
6.5.1.4.	Tensiones en el anillo de acero superior .....	145
6.5.2.	Análisis de conexión con pilote inclinado .....	146

6.5.2.1.	Tensiones en la viga y tapón de hormigón.....	146
6.5.2.2.	Tensiones en las barras de anclaje.....	149
6.5.2.3.	Tensiones en el pilote de acero inclinado.....	150
6.5.2.4.	Tensiones en el anillo de acero superior .....	152
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		153
7.1.	CONCLUSIONES .....	153
7.1.1.	Conclusiones sobre el estudio del nuevo sistema de conexión .....	153
7.1.2.	Conclusiones sobre la modelación y análisis de muelles transparentes .....	154
7.1.3.	Conclusiones sobre el modelo bidimensional de la conexión con pilote vertical .	155
7.1.4.	Conclusiones sobre la modelación y análisis de la conexión con pilote vertical ..	158
7.1.5.	Conclusiones sobre la modelación y análisis de la conexión con pilote inclinado	159
7.1.6.	Conclusiones finales sobre el sistema de conexión con barras de anclaje .....	159
7.2.	RECOMENDACIONES.....	160
7.2.1.	Protección de elementos de acero.....	160
7.2.2.	Minimizar el diámetro de las camisas de acero.....	160
7.2.3.	Ejecución de estudios experimentales de la conexión.....	160
BIBLIOGRAFÍA.....		161
ANEXOS.....		163

## ÍNDICE DE TABLAS

### TABLAS CAPÍTULO 2

Tabla 2.1: Características generales de los sitios de atraque seleccionados para estudio. ....	8
Tabla 2.2: Disposiciones de la Norma NCh 2369 utilizadas en los modelos desarrollados. .	18
Tabla 2.3: Factores R y $\xi$ para estructuras marítimo-portuarias específicas. ....	22
Tabla 2.4: Estados de carga a considerar según Guía Para el Diseño, Construcción, Operación y Conservación de Obras Marítimas y Costeras. ....	23
Tabla 2.5: Materiales considerados en modelación de muelle Sitio3. ....	29
Tabla 2.6: Materiales considerados en modelación de muelle Extensión sitio3. ....	29
Tabla 2.7: Materiales considerados en modelación de conexión con pilote vertical. ....	30
Tabla 2.8: Materiales considerados en modelación de conexión con pilote inclinado. ....	30

### TABLA CAPÍTULO 3

Tabla 3.1: Etapas previas para modelación de conexiones. ....	57
---	----

### TABLAS CAPÍTULO 4

Tabla 4.1: Casos analizados en función del número y posición de grúas sobre el tablero. ....	59
Tabla 4.2: Factores R y $\xi$ para muelles transparentes en estudio. ....	60
Tabla 4.3: Simbología para cargas. ....	61
Tabla 4.4: Combinaciones de cargas según método LRFD. ....	63
Tabla 4.5: Combinaciones de cargas según método ASD. ....	63
Tabla 4.6: Valores para carga de columna de agua. ....	64
Tabla 4.7: Valores de sobrecarga de uso. ....	64
Tabla 4.8: Valores de cargas máximas sobre rieles (Grúa Gantry). ....	64
Tabla 4.9: Sistema de planos ortogonales para sitio 3. ....	65
Tabla 4.10: Valores para carga de columna de agua. ....	73
Tabla 4.11: Valores de sobrecarga de uso. ....	73
Tabla 4.12: Valores de cargas máximas sobre rieles (Grúa Gantry). ....	73
Tabla 4.13: Sistema de planos ortogonales para extensión del sitio 3. ....	74
Tabla 4.14: Momento sísmico máximo para muelle Sitio 3- Dirección transversal. ....	84
Tabla 4.15: Momento sísmico máximo para muelle Sitio 3- Dirección longitudinal. ....	84
Tabla 4.16: Compresión sísmica máxima para muelle Sitio 3- Dirección transversal. ....	85
Tabla 4.17: Tracción sísmica máxima para muelle Sitio 3- Dirección transversal. ....	85
Tabla 4.18: Corte sísmico máximo para muelle Sitio 3- Dirección transversal. ....	86
Tabla 4.19: Corte sísmico máximo para muelle Sitio 3- Dirección longitudinal. ....	86
Tabla 4.20: Solicitaciones máximas en la conexión viga-pilote del sitio3. ....	87
Tabla 4.21: Momento sísmico máximo para muelle Ext. Sitio 3- Dirección transversal. ....	88
Tabla 4.22: Momento sísmico máximo para muelle Ext. Sitio 3- Dirección longitudinal. ....	88
Tabla 4.23: Compresión sísmica máxima para muelle Ext. Sitio 3- Dirección longitudinal. ....	89
Tabla 4.24: Tracción sísmica máxima para muelle Ext. Sitio 3- Dirección longitudinal. ....	89
Tabla 4.25: Corte sísmico máximo para muelle Ext. Sitio 3- Dirección transversal. ....	90
Tabla 4.26: Corte sísmico máximo para muelle Ext. Sitio 3- Dirección longitudinal. ....	90
Tabla 4.27: Solicitaciones máximas en la conexión viga-pilote de la extensión del sitio3. ....	91

## TABLAS CAPÍTULO 5

Tabla 5.1: Esfuerzos considerados en el prediseño de las conexiones.....	95
Tabla 5.2: Prediseño de barras de anclaje para la conexión con pilote vertical. ....	105
Tabla 5.3: Prediseño de barras de anclaje para la conexión con pilote inclinado. ....	105

## TABLAS CAPÍTULO 6

Tabla 6.1: Características de los elementos finitos utilizados en la modelación.....	108
Tabla 6.2: Tipos de contactos utilizados en la modelación. ....	109
Tabla 6.3: Contactos entre elementos de la conexión con pilote vertical – Parte 1. ....	121
Tabla 6.4: Contactos entre elementos de la conexión con pilote vertical – Parte 2. ....	122
Tabla 6.5: Contactos entre elementos de la conexión con pilote inclinado – Parte 1. ....	136
Tabla 6.6: Contactos entre elementos de la conexión con pilote inclinado – Parte 2. ....	137



## ÍNDICE DE FIGURAS

### FIGURA CAPÍTULO 1

Figura 1.1: Puerto de San Vicente (izquierda) y Puerto de Valparaíso (derecha).....	1
---	---

### FIGURAS CAPÍTULO 2

Figura 2.1: Ubicación de los sitios de atraque seleccionados - Bahía del puerto de Valparaíso. .....	8
Figura 2.2: Estructura de muelle y sus principales elementos.....	9
Figura 2.3: Tipos de muelle de acuerdo a su orientación. ....	10
Figura 2.4: Tipos de muelles de acuerdo al impacto en la dinámica costera. ....	11
Figura 2.5: Principales elementos de un muelle transparente típico. ....	12
Figura 2.6: Elementos principales de conexión entre viga y pilote para muelles transparentes. .....	13
Figura 2.7: Ejemplos de conexiones con pilote de acero (armadura de refuerzo no se muestra). ....	14
Figura 2.8: Conexión tipo Embedded Pile sin hormigonar. ....	15
Figura 2.9: Mecanismo de falla de conexión tipo Concrete Plug.....	17
Figura 2.10: Mecanismo de falla por corte en el tapón de hormigón confinado. ....	25
Figura 2.11: Tensiones normales y tangenciales en el interior del nudo.....	26
Figura 2.12: Secciones resistentes horizontal (izquierda) y vertical (derecha). ....	26
Figura 2.13: Modelo no lineal tensión-deformación para el hormigón confinado en compresión. ....	31
Figura 2.14: Modelo no lineal tensión-deformación para el acero en tracción. ....	31
Figura 2.15: Tensiones normales del tensor de tensiones. ....	32
Figura 2.16: Superficie de fluencia según el criterio de Von Mises. ....	33

### FIGURAS CAPÍTULO 3

Figura 3.1: Zona de conexión entre superestructura y subestructura de muelle transparente típico. ....	34
Figura 3.2: Ejemplo 1 de zona de conexión en proyecto de muelle transparente. ....	35
Figura 3.3: Ejemplo 2 de zona de conexión en proyecto de muelle transparente. ....	35
Figura 3.4: Elementos principales del sistema de conexión con barras de anclaje reemplazables. ....	38
Figura 3.5: Detalle del refuerzo transversal en espiral para la conexión.....	39
Figura 3.6: Parámetros de diseño para las llaves de corte.....	40
Figura 3.7: Detalle de la camisa de acero.....	40
Figura 3.8: Detalle del anillo de acero inferior.....	41
Figura 3.9: Detalle de tapa de camisa.....	41
Figura 3.10: Flexión en anillo de acero debido a la tracción de la barra de anclaje.....	42
Figura 3.11: Disposición de atiesadores en conexión de columna con placa base. ....	42
Figura 3.12: Detalle del anillo de acero superior. ....	43
Figura 3.13: Detalle de barra de anclaje (Capítulo 14, norma NCh2369 actualizada).....	44
Figura 3.14: Modelo estructural - Sitio 3 del puerto de Valparaíso. ....	46
Figura 3.15: Modelo estructural de muelle para análisis con aplicación de cargas. ....	46
Figura 3.16: Esfuerzos transferidos a la conexión por los elementos conectores. ....	47

Figura 3.17: Conexión aislada de estructura con sistema de apoyos de empotramiento. ....	47
Figura 3.18: Sistema de solicitaciones y apoyos para el modelo de conexión con pilote vertical. ....	48
Figura 3.19: Modelo estructural - Extensión sitio 3 del puerto de Valparaíso. ....	50
Figura 3.20: Modelo estructural de muelle para análisis con aplicación de cargas. ....	50
Figura 3.21: Esfuerzos transferidos a la conexión por los elementos conectores. ....	51
Figura 3.22: Conexión aislada de estructura con sistema de apoyos de empotramiento. ....	51
Figura 3.23: Separación entre los puntos de trabajo de los pilotes inclinados. ....	52
Figura 3.24: Sistema de solicitaciones y apoyos para el modelo de conexión con pilote inclinado. ....	52
Figura 3.25: Transmisión de esfuerzo axial de compresión en conexión. ....	53
Figura 3.26: Transmisión de esfuerzo de corte en conexión. ....	53
Figura 3.27: Transmisión de flexión en conexión. ....	53
Figura 3.28: Secciones resistentes del elemento pilote. ....	54
Figura 3.29: Momento M aplicado a sección crítica. ....	55
Figura 3.30: Zonas de compresión y tracción en la sección crítica. ....	56

#### FIGURAS CAPÍTULO 4

Figura 4.1: Espectros de diseño para sitio 3 del puerto de Valparaíso. ....	64
Figura 4.2: Vista tridimensional n°1 - principales direcciones horizontales. ....	65
Figura 4.3: Vista tridimensional n°2, geometría de sitio 3. ....	66
Figura 4.4: Vista en elevación del plano 1 de geometría, paralelo a plano Y-Vertical. ....	66
Figura 4.5: Vista en elevación del plano A de geometría, paralelo a plano X-Vertical. ....	67
Figura 4.6: Vista en elevación del plano B de geometría, paralelo a plano X-Vertical. ....	67
Figura 4.7: Vista en elevación del plano C de geometría, paralelo a plano X-Vertical. ....	67
Figura 4.8: Vista en elevación del plano D de geometría, paralelo a plano X-Vertical. ....	67
Figura 4.9: Vista en planta de geometría, paralelo a plano X-Y. ....	67
Figura 4.10: Vista tridimensional n°1 de modelación - Sitio 3. ....	68
Figura 4.11: Vista tridimensional n°2 de modelación - Sitio 3. ....	69
Figura 4.12: Vista tridimensional n°3 de modelación - Sitio 3. ....	69
Figura 4.13: Vista tridimensional n°4 de modelación - Sitio 3. ....	70
Figura 4.14: Vista tridimensional n°5 de modelación - Sitio 3. ....	70
Figura 4.15: Vista en planta de modelación, paralelo a plano X-Y. ....	71
Figura 4.16: Vista en elevación del plano A de modelación, paralelo a plano X-Vertical. ...	71
Figura 4.17: Vista en elevación del plano 1 de modelación, paralelo a plano Y-Vertical. ....	71
Figura 4.18: Momento obtenido mediante análisis- Sitio 3. ....	72
Figura 4.19: Espectros de diseño para la extensión del sitio 3 del puerto de Valparaíso. ....	73
Figura 4.20: Vista tridimensional n°1 - principales direcciones horizontales. ....	74
Figura 4.21: Vista tridimensional n°2, geometría extensión sitio 3. ....	75
Figura 4.22: Vista en planta de geometría, paralelo a plano X-Y'. ....	75
Figura 4.23: Vista en elevación del plano 1 de geometría, paralelo a plano Y-Vertical'. ....	76
Figura 4.24: Vista en elevación del plano 21 de geometría, paralelo a plano Y-Vertical'. ...	76
Figura 4.25: Vista en elevación del plano A de geometría, paralelo a plano X-Vertical'. ....	77
Figura 4.26: Vista en elevación del plano B de geometría, paralelo a plano X-Vertical'. ....	77
Figura 4.27: Vista en elevación del plano C de geometría, paralelo a plano X-Vertical'. ....	77

Figura 4.28: Vista en elevación del plano D de geometría, paralelo a plano X-Vertical'.....	77
Figura 4.29: Vista en elevación del plano E de geometría, paralelo a plano X-Vertical'.....	78
Figura 4.30: Vista en elevación del plano F de geometría, paralelo a plano X-Vertical'.....	78
Figura 4.31: Vista en elevación del plano G de geometría, paralelo a plano X-Vertical'.....	78
Figura 4.32: Vista en elevación del plano H de geometría, paralelo a plano X-Vertical'.....	78
Figura 4.33: Vista tridimensional n°1 de modelación - Extensión sitio 3.....	79
Figura 4.34: Vista tridimensional n°2 de modelación - Extensión sitio 3.....	80
Figura 4.35: Vista tridimensional n°3 de modelación - Extensión sitio 3.....	80
Figura 4.36: Vista tridimensional n°4 de modelación - Extensión sitio 3.....	81
Figura 4.37: Vista tridimensional n°5 de modelación - Extensión sitio 3.....	81
Figura 4.38: Vista en planta de modelación, paralelo a plano X-Y'.....	82
Figura 4.39: Vista en elevación del plano A de modelación, paralelo a plano X-Vertical'...	82
Figura 4.40: Vista en elevación del plano I de modelación, paralelo a plano Y-Vertical'...	82
Figura 4.41: Momento obtenido mediante análisis- Extensión sitio 3.....	83
Figura 4.42: Dirección de sismo transversal sobre muelle Sitio 3.....	84
Figura 4.43: Dirección de sismo longitudinal sobre muelle Sitio 3.....	84
Figura 4.44: Dirección de sismo transversal sobre muelle Sitio 3.....	85
Figura 4.45: Dirección de sismo transversal sobre muelle Sitio 3.....	85
Figura 4.46: Dirección de sismo transversal sobre muelle Sitio 3.....	86
Figura 4.47: Dirección de sismo longitudinal sobre muelle Sitio 3.....	86
Figura 4.48: Dirección de sismo transversal sobre muelle Extensión sitio 3.....	88
Figura 4.49: Dirección de sismo longitudinal sobre muelle Extensión sitio 3.....	88
Figura 4.50: Dirección de sismo longitudinal sobre muelle Extensión sitio 3.....	89
Figura 4.51: Dirección de sismo longitudinal sobre muelle Extensión sitio 3.....	89
Figura 4.52: Dirección de sismo transversal sobre muelle Extensión sitio 3.....	90
Figura 4.53: Dirección de sismo longitudinal sobre muelle Extensión sitio 3.....	90
Figura 4.54: Conexiones viga-pilote para cada fila de pilotes.....	92
Figura 4.55: Posiciones relativas de los marcos rígidos seleccionados.....	92
Figura 4.56: Posiciones de grúas consideradas para estudio de distribución de momentos...	93
Figura 4.57: Distribución de momentos máximos para 40 conexiones viga-pilote del sitio 3. .....	93

## FIGURAS CAPÍTULO 5

Figura 5.1: Sección del tapón de hormigón para la conexión con pilote vertical.....	97
Figura 5.2: Partición del tapón de hormigón (no se muestra la partición completa).....	98
Figura 5.3: Ejemplo de sección configurada con barras de anclaje.....	98
Figura 5.4: Sección crítica del tapón de hormigón confinado en flexión.....	102
Figura 5.5: Sección del tapón de hormigón para la conexión con pilote vertical.....	103

## FIGURAS CAPÍTULO 6

Figura 6.1: Curva tensión-deformación para hormigones confinados.....	107
Figura 6.2: Curva tensión-deformación para aceros.....	107
Figura 6.3: Vista general de conexión con pilote vertical y sus principales elementos.....	110
Figura 6.4: Vista frontal de conexión con pilote vertical.....	111
Figura 6.5: Vista aérea de conexión con pilote vertical.....	111
Figura 6.6: Vista lateral de conexión con pilote vertical.....	111

Figura 6.7: Vista exterior del pilote (izquierda) y vista interior del pilote (derecha).....	112
Figura 6.8: Vista área del pilote vertical. ....	112
Figura 6.9: Sistema de anclaje para barras al pilote vertical y sus principales elementos. ..	113
Figura 6.10: Dimensiones del sistema de anclaje para barras al pilote (vista interior del pilote).....	113
Figura 6.11: Perforaciones en los anillos de acero para el paso de las barras de anclaje.....	114
Figura 6.12: Vista inferior del anillo de acero inferior (zona interior del pilote).....	114
Figura 6.13: Número y diámetro de las barras de anclaje .....	115
Figura 6.14: Detalle de las barras de anclaje (vista lateral).....	115
Figura 6.15: Dimensiones de la viga de hormigón armado.....	116
Figura 6.16: Detalle de la zona superior de la viga de hormigón.....	116
Figura 6.17: Dimensiones del tapón de hormigón. ....	117
Figura 6.18: Detalle de la zona de intrusión del pilote vertical en la viga de hormigón armado. ....	117
Figura 6.19: Dimensiones del anillo de acero superior. ....	118
Figura 6.20: Dimensiones de tuercas tipo M48 hexagonales (viga de hormigón no se muestra). ....	118
Figura 6.21: Vista general del modelo de conexión con pilote vertical. ....	119
Figura 6.22: Mallado de la conexión con pilote vertical. ....	120
Figura 6.23: Mallado de las barras de anclaje. ....	120
Figura 6.24: Apoyos fijos en extremos de viga de la conexión con pilote vertical.....	123
Figura 6.25: Puntos de aplicación de los esfuerzos en la conexión con pilote vertical (izquierda) y pretensión de barras de anclaje (derecha). ....	123
Figura 6.26: Vista general de conexión con pilote inclinado y sus principales elementos. .	124
Figura 6.27: Vista frontal de conexión con pilote inclinado. ....	125
Figura 6.28: Vista aérea de conexión con pilote inclinado. ....	125
Figura 6.29: Vista lateral de conexión con pilote inclinado.....	125
Figura 6.30: Vista exterior del pilote (izquierda) y vista interior del pilote (derecha).....	126
Figura 6.31: Vista área del pilote inclinado.....	126
Figura 6.32: Sistema de anclaje para barras al pilote inclinado y sus principales elementos. .....	127
Figura 6.33: Dimensiones del sistema de anclaje para barras al pilote (vista interior del pilote).....	127
Figura 6.34: Perforaciones en los anillos de acero para el paso de las barras de anclaje.....	128
Figura 6.35: Vista inferior del anillo de acero inferior (zona interior del pilote inclinado). 128	
Figura 6.36: Número y diámetro de las barras de anclaje (los demás elementos no se muestran). ....	129
Figura 6.37: Largo de las barras de anclaje (vista lateral).....	129
Figura 6.38: Dimensiones de la viga de hormigón armado.....	130
Figura 6.39: Detalle de la zona superior de la viga de hormigón.....	130
Figura 6.40: Dimensiones del tapón de hormigón. ....	131
Figura 6.41: Detalle de la zona de intrusión del pilote inclinado en la viga de hormigón armado. ....	131
Figura 6.42: Dimensiones del anillo de acero superior. ....	132

Figura 6.43: Dimensiones de tuercas tipo M39 hexagonales (viga de hormigón no se muestra).....	132
Figura 6.44: Detalle de encuentro de tuerca con el anillo de acero superior.....	133
Figura 6.45: Detalle del suple para el apoyo de la tuerca en el anillo de acero superior. ....	133
Figura 6.46: Vista general del modelo de conexión con pilote inclinado. ....	134
Figura 6.47: Mallado de la conexión con pilote inclinado. ....	135
Figura 6.48: Mallado de las barras de anclaje. ....	135
Figura 6.49: Apoyos fijos en extremos de viga de la conexión con pilote inclinado.....	138
Figura 6.50: Puntos de aplicación de los esfuerzos en la conexión con pilote inclinado (izquierda) y pretensión de barras de anclaje (derecha). ....	138
Figura 6.51: Distribución de tensiones normales en la viga y tapón de hormigón para el caso con pilote vertical y set de esfuerzos de $M_{max}$ (captura n°1).....	139
Figura 6.52: Distribución de tensiones normales en el tapón de hormigón para el caso con pilote vertical y set de esfuerzos de $M_{max}$ (captura n°2).....	140
Figura 6.53: Distribución de tensiones normales en la zona superior del tablero de hormigón para el caso con pilote vertical y set de esfuerzos de $M_{max}$ (captura n°3).....	141
Figura 6.54: Distribución de tensiones de Von Mises en las barras de anclaje para el caso con pilote vertical y set de esfuerzos de $M_{max}$ (captura n°4).....	142
Figura 6.55: Distribución de tensiones normales en el pilote vertical para el caso con set de esfuerzos de $M_{max}$ (captura n°5).....	143
Figura 6.56: Distribución de tensiones normales en el pilote vertical (captura n°6). ....	144
Figura 6.57: Distribución de tensiones normales en el pilote vertical (captura n°7). ....	144
Figura 6.58: Distribución de tensiones equivalentes en el anillo de acero superior (captura n°8). ....	145
Figura 6.59: Distribución de tensiones normales en la viga y tapón de hormigón para el caso con pilote inclinado y set de esfuerzos de $P_{max}$ (captura n°1). ....	146
Figura 6.60: Distribución de tensiones normales en el tapón de hormigón para el caso con pilote inclinado y set de esfuerzos de $P_{max}$ (captura n°2). ....	147
Figura 6.61: Distribución de tensiones normales en la zona superior del tablero de hormigón para el caso con pilote inclinado y set de esfuerzos de $P_{max}$ (captura n°3). ....	148
Figura 6.62: Distribución de tensiones de Von Mises en las barras de anclaje para el caso con pilote inclinado y set de cargas de $P_{max}$ (captura n°4). ....	149
Figura 6.63: Distribución de tensiones normales en el pilote inclinado para el caso con set de esfuerzos de $P_{max}$ (captura n°5). ....	150
Figura 6.64: Distribución de tensiones equivalentes en el pilote inclinado (captura n° 6). .	151
Figura 6.65: Distribución de tensiones equivalentes en el anillo de acero superior (captura n°7). ....	152