



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO SÍSMICO
DE LAS VIVIENDAS SOCIALES DE
ALBAÑILERÍA DE LA CIUDAD DE ARICA**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

ANGELO AUGUSTO CRISPIERI RAGGIO

**PROFESOR GUÍA
MAXIMILIANO ASTROZA INOSTROZA**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
MARÍA OFELIA MORONI YADLIN
RODOLFO SARAGONI HUERTA**

**SANTIAGO DE CHILE
AGOSTO 2011**

RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL
POR: ANGELO CRISPIERI RAGGIO
FECHA: 30/08/2011
PROF.GUÍA:SR. MAXIMILANO ASTROZA

"CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO SÍSMICO DE LAS VIVIENDAS SOCIALES DE ALBAÑILERÍA DE LA CIUDAD DE ARICA"

En este Trabajo de Título se realizó una caracterización y un diagnóstico del nivel de daño probable ante un escenario sísmico extremo, en una muestra de viviendas sociales de albañilería construida en los últimos 28 años en la ciudad de Arica.

Para lograr el objetivo del estudio se reunieron antecedentes relacionados con las amenazas que representa un terremoto de magnitud mayor o igual a 8 grados, con epicentro en las proximidades de la ciudad. Se consideraron 26 conjuntos habitacionales de dos pisos y uno de tres (4.487 viviendas), construidos con albañilería reforzada con armadura distribuida en el interior de los huecos y con pilares y cadenas de hormigón armado. Con la información reunida, se calcularon los índices de vulnerabilidad sísmica estructural propuestos por Meli, Lourenco&Roque y Gallegos&Ríos.

Los antecedentes permitieron evidenciar que algunos conjuntos habitacionales se ubican en zonas expuestas a los efectos de fenómenos naturales como remoción en masa, licuefacción de suelos y tsunami. Además, los valores de los índices de vulnerabilidad mostraron que la estructura sismorresistente de la mayoría de los edificios, que forman estos conjuntos, poseen una baja densidad de muros en una de las direcciones de la planta (debido a su diseño arquitectónico). Adicionalmente, se verificó que no se cumplen las limitaciones de diseño recomendadas por las normas chilenas de diseño y cálculo de edificios de albañilería. Esta última condición hace que la densidad de muros sea determinante en el diagnóstico del nivel de daño.

Como resultado de lo anterior y teniendo en cuenta la experiencia reunida en los terremotos que han afectado a Chile en los últimos 40 años, se concluye que las viviendas sociales seleccionadas en la muestra se encuentran en una situación crítica ante la ocurrencia de un terremoto de gran magnitud ($M \geq 8.0$ gados). Esto se traduciría en que del total de viviendas de la muestra, el 74.1% (3.326 viviendas) presentaría un *daño sísmico Alto* y un 22.6% (1.012 viviendas) un *daño sísmico Moderado*.

*A mis padres,
a mis hermanos
y a mis abuelos.*

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas las personas que me ayudaron a realizar el presente trabajo de título, especialmente a mi profesor guía Sr. Maximiliano Astroza, quien pese a mis a problemas familiares, confió en mí para desarrollar este trabajo hasta el final. Agradezco su gran dedicación, ayuda, críticas, llamadas de atención y consejos, que me sirvieron para desarrollar este trabajo lo mejor posible.

Al profesor Rodolfo Saragoni y a la profesora María Ofelia Moroni por su gran calidad como docentes y por el apoyo que brindan a todos los alumnos de la Escuela.

A la Municipalidad de Arica, principalmente al director de Obras Municipales, quien me brindó su autorización y confianza. A todos los funcionarios, por su gran voluntad para ayudarme a obtener la información necesaria para dar vida a este trabajo, especialmente a Maribel.

Agradezco a mi familia, principalmente a mi madre, quien me ha enseñado todo lo que soy y a ser cada día una persona mejor. A mi padre, quien a pesar de estar lejos, siempre me ha hecho sentir que está presente. A mis hermanos y la Nora por acompañarme con su cariño.

También, agradezco a todos mis amigos, a mi grupo de la Universidad, a los del colegio y a los de la vida. A todos lo que me acompañaron y compartieron esta última etapa, especialmente al Departamento de Ingeniería Civil (terzo piano), que me acogió con cariño y amabilidad.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 OBJETIVOS	1
1.3 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO	2
CAPÍTULO 2 ANTECEDENTES GENERALES	3
2.1 ANTECEDENTES SISMOLÓGICOS	3
2.2 SISMICIDAD DE LA XV REGIÓN Y DE LA CIUDAD DE ARICA	4
2.2.1 HISTORIA SÍSMICA DE ARICA	5
2.2.1.1 Terremoto del 24 de Noviembre de 1604	5
2.2.1.2 Terremoto del 16 de Septiembre de 1615	5
2.2.1.3 Terremoto del 13 de Mayo de 1784.....	5
2.2.1.4 Terremoto del 13 de Agosto de 1868	5
2.2.1.5 Terremoto del 9 de Mayo de 1877	6
2.2.1.6 Terremoto del 8 de Agosto 1987.....	6
2.2.1.7 Terremoto del 23 de Junio de 2001	6
2.2.2 SISMICIDAD REGIONAL.....	7
2.3 ANTECEDENTES GEOLÓGICOS DE LA XV REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA	8
2.3.1 GEOMORFOLOGÍA DE LA REGIÓN.....	8
2.3.1.1 Cordillera de la Costa.....	9
2.3.1.2 Pampa.....	9
2.3.1.3 Cordillera de los Andes	9
2.3.2 GEOLOGÍA DE LA CIUDAD DE ARICA	11
2.4 HIDROGRAFÍA	12
2.4.1 ANTECEDENTES DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CIUDAD DE ARICA	13
2.5 ZONIFICACIÓN DE LOS SUELOS DE LA CIUDAD DE ARICA	15
2.5.1 Suelo Tipo I y II: Rocas del Morro	15
2.5.2 Suelo Tipo III: Escombros de falda Morro	16
2.5.3 Suelo Tipo IV: Escombros de falda Morro con costras de sal	16
2.5.4 Suelo Tipo V: Abanico aluvial del río San José.....	16
2.5.5 Suelo Tipo VI: Depósitos Marinos Arenosos o Arenas de Playa	16
2.5.6 Suelo Tipo VII: Escombros de falda Cerro Chuño	17
2.5.7 Suelo Tipo VIII: Relleno Artificial	17
2.6 BASAMENTO ROCOSO DE LA CIUDAD	19
2.7 AMENAZAS NATURALES DE LA CIUDAD DE ARICA	20
2.7.1 LICUEFACCIÓN	20

2.7.2	TSUNAMI.....	22
2.7.3	DESLIZAMIENTOS Y DERRUMBES.....	24
2.8	ANTECEDENTES SOBRE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	26
2.8.1	LADRILLOS	26
2.8.2	BLOQUES DE HORMIGÓN.....	26
2.8.3	CEMENTOS	27
2.8.4	ÁRIDOS.....	27
2.8.5	HORMIGÓN Y MORTEROS.....	28
2.9	DATOS DE POBLACIÓN Y VIVIENDA.....	29
2.10	RIESGO SÍSMICO DE LA CIUDAD DE ARICA.....	32
CAPÍTULO 3 ÍNDICE DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL.....		35
3.1	ÍNDICES DE VULNERABILIDAD DE PRIMER NIVEL	35
3.1.1	ÍNDICE DE MELI.....	35
3.1.1.1	Relación entre el índice de densidad de muros por unidad de pisos (d/n) y el nivel de daño..	37
3.1.2	ÍNDICE DE LOURENCO Y ROQUE.....	38
3.1.2.1	Razón de área de muros en planta.....	38
3.1.2.2	Razón entre el área de muros en planta y el peso del edificio.....	39
3.1.2.3	Índice de seguridad global	40
3.2	ÍNDICES DE VULNERABILIDAD DE SEGUNDO NIVEL	42
3.2.1	ÍNDICE DE GALLEGOS Y RÍOS.....	42
CAPÍTULO 4 CARACTERÍSTICAS DE LOS CONJUNTOS SELECCIONADOS		44
4.1	TIPO DE CONSTRUCCIÓN	44
4.1.1	Conjuntos de Albañilería Reforzados con Armadura Distribuida Horizontal y Verticalmente (AADHV).....	45
4.1.2	Conjuntos de Albañilería con Paños de Albañilería Enmarcados con Pilares y Cadenas de Hormigón Armado (AEPC).....	46
4.2	CONJUNTOS SELECCIONADOS.....	48
4.3	FICHAS DE LOS CONJUNTOS Y SUS ÍNDICES	51
CONJUNTOS PAREADOS.....		52
4.3.1	CONJUNTO A	52
4.3.2	CONJUNTO B	56
4.3.3	CONJUNTO C	59
4.3.4	CONJUNTO D	63
4.3.5	CONJUNTO E.....	68
4.3.6	CONJUNTO F.....	71
4.3.7	CONJUNTO G	76
4.3.8	CONJUNTO H	80
4.3.9	CONJUNTO I.....	83

4.3.10	CONJUNTO J	87
4.3.11	CONJUNTO K	91
4.3.12	CONJUNTO L.....	97
4.3.13	CONJUNTO M.....	100
TRENES DE VIVIENDAS.....		104
4.3.14	CONJUNTO N	104
4.3.15	CONJUNTO O	109
4.3.16	CONJUNTO P.....	115
4.3.17	CONJUNTO Q	120
4.3.18	CONJUNTO R	126
4.3.19	CONJUNTO S.....	131
4.3.20	CONJUNTO T.....	136
4.3.21	CONJUNTO U	141
4.3.22	CONJUNTO V	146
4.3.23	CONJUNTO W	152
4.3.24	CONJUNTO X	161
4.4	COMENTARIOS.....	166
4.4.1	BASES DE CÁLCULO	166
4.4.2	ANTECEDENTES DE LOS MATERIALES	166
4.4.3	LIMITACIONES DE DISEÑO DE LOS CONJUNTOS DE ALBAÑILERÍA ARMADA	167
4.4.4	LIMITACIONES DE DISEÑO DE LOS CONJUNTOS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA ...	168
CAPÍTULO 5 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		171
5.1	ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	171
5.1.1	ÍNDICE DE MELI.....	171
5.1.1.1	Conjuntos de Albañilería contruidos con ladrillo cerámico.....	173
5.1.1.2	Conjuntos de Albañilería contruidos con Bloques Huecos de Hormigón.....	174
5.1.2	ÍNDICE DE LOURENCO Y ROQUE.....	178
5.1.2.1	Primer Índice de Lourenco y Roque.....	178
5.1.2.2	Segundo Índice de Lourenco y Roque.....	181
5.1.2.3	Tercer Índice de Lourenco y Roque	182
5.1.3	ÍNDICE DE GALLEGOS Y RÍOS.....	183
5.1.3.1	Índice Básico de Calidad Sismorresistente	184
5.1.3.2	Análisis de Parámetros Componentes del Índice Básico (IB).....	186
5.2	DIAGNÓSTICO SÍSMICO DE LOS CONJUNTOS	195
5.2.1	Comentarios.....	198
5.2.2	Conclusiones del Diagnóstico de Daño Sísmico.....	201
CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES.....		202
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		204

ANEXO A	ANTECEDENTES	A.1
ANEXO B	CRITERIO PARA EL CÁLCULO DE LOS ÍNDICES	B.1
B.1	ÍNDICE BÁSICO DE LA CALIDAD ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE.....	B.1
B.1.1	ÍNDICE DE PLANTA (P).....	B.1
B.1.2	ÍNDICE DE ELEVACIÓN (E).....	B.3
B.1.3	ÍNDICE DE COMPONENTES DEL SISTEMA ESTRUCTURAL (S)	B.4
B.1.4	ÍNDICE DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL (C).....	B.6
B.1.5	FACTOR DE ADECUACIÓN (F).....	B.9
ANEXO C	TABLAS PARA CÁLCULO DE ÍNDICES	C.1
C.1	ÍNDICES DE PRIMER NIVEL.....	C.1
C.2	ÍNDICE DE SEGUNDO NIVEL.....	C.51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1: Propiedad de los Áridos utilizados en Construcción.	28
Tabla 2. 2: Población total en Chile (INE, 2002).	29
Tabla 2. 3: Población total de la XV Región según provincia y área urbana (INE, 2002).	30
Tabla 2. 4: Material de construcción de la XV Región según provincia (INE, 2002).	30
Tabla 2. 5: Material de construcción por Regiones de Chile, en porcentajes (INE, 2002).	31
Tabla 3. 1: Relación entre el nivel de daño y la densidad de muros de edificios de albañilería construidos con ladrillos cerámicos (Küpfer, 1993).	37
Tabla 3. 2: Relación entre el nivel de daño y la densidad de muros de edificios de albañilería construidos con bloques huecos de hormigón, en el Norte de Chile (Román, 2009).	37
Tabla 3. 3: Categoría de daños.	38
Tabla 3. 4: Valores unitarios para calcular el peso de un edificio.	39
Tabla 3. 5: Valores máximos del coeficiente sísmico (C_{max}).	41
Tabla 4. 1: Conjuntos Seleccionados.	48
Tabla 4. 2: Clasificación de Suelos.	50
Tabla 4. 3: Limitaciones de Diseño Conjunto A.	53
Tabla 4. 4: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto A.	53
Tabla 4. 5: Limitaciones de Diseño Conjunto B.	57
Tabla 4. 6: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto B.	57
Tabla 4. 7: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto C.	60
Tabla 4. 8: Limitaciones de Diseño Conjunto C.	61
Tabla 4. 9: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto D1.	65
Tabla 4. 10: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto D2.	66
Tabla 4. 11: Limitaciones de Diseño Conjunto D.	66
Tabla 4. 12: Limitaciones de Diseño Conjunto E.	69
Tabla 4. 13: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto E.	69
Tabla 4. 14: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto F1.	73
Tabla 4. 15: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto F2.	74
Tabla 4. 16: Limitaciones de Diseño Conjunto F.	74
Tabla 4. 17: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto G.	77
Tabla 4. 18: Limitaciones de Diseño Conjunto G.	78
Tabla 4. 19: Limitaciones de Diseño Conjunto H.	81
Tabla 4. 20: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto H.	81
Tabla 4. 21: Limitaciones de Diseño Conjunto I.	85
Tabla 4. 22: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto I.	85
Tabla 4. 23: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto J.	88
Tabla 4. 24: Limitaciones de Diseño Conjunto J.	89
Tabla 4. 25: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto K.	92
Tabla 4. 26: Limitaciones de Diseño Conjunto K.	93

Tabla 4. 27: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto L.....	97
Tabla 4. 28: Limitaciones de Diseño Conjunto L.....	98
Tabla 4. 29: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto M.....	100
Tabla 4. 30: Limitaciones de Diseño Conjunto M.....	101
Tabla 4. 31: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto N (tren de 6 viviendas).....	105
Tabla 4. 32: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto N (tren de 8 viviendas).....	106
Tabla 4. 33: Limitaciones de Diseño Conjunto N.....	106
Tabla 4. 34: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto O (tren de 3 viviendas).....	111
Tabla 4. 35: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto O (tren de 5 viviendas).....	111
Tabla 4. 36: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto O (tren de 8 viviendas).....	112
Tabla 4. 37: Limitaciones de Diseño Conjunto O.....	112
Tabla 4. 38: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto P (tren de 5 viviendas).....	116
Tabla 4. 39: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto P (tren de 6 viviendas).....	116
Tabla 4. 40: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto P (tren de 8 viviendas).....	117
Tabla 4. 41: Limitaciones de Diseño Conjunto P.....	117
Tabla 4. 42: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto Q (tren de 4 viviendas).....	121
Tabla 4. 43: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto Q (tren de 5 viviendas).....	122
Tabla 4. 44: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto Q (tren de 7 viviendas).....	122
Tabla 4. 45: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto Q (tren de 8 viviendas).....	122
Tabla 4. 46: Limitaciones de Diseño Conjunto Q.....	123
Tabla 4. 47: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto R (tren de 6 viviendas).....	127
Tabla 4. 48: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto R (tren de 8 viviendas).....	128
Tabla 4. 49: Limitaciones de Diseño Conjunto R.....	128
Tabla 4. 50: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto S.....	132
Tabla 4. 51: Limitaciones de Diseño Conjunto S (tren de 4 viviendas).....	133
Tabla 4. 52: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto T.....	137
Tabla 4. 53: Limitaciones de Diseño Conjunto T (tren de 4 viviendas).....	138
Tabla 4. 54: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto U.....	142
Tabla 4. 55: Limitaciones de Diseño Conjunto U (tren de 4 viviendas).....	143
Tabla 4. 56: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto V (tren de 4 viviendas).....	147
Tabla 4. 57: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto V (tren de 5 viviendas).....	147
Tabla 4. 58: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto V (tren de 6 viviendas).....	148
Tabla 4. 59: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto V (tren de 7 viviendas).....	148
Tabla 4. 60: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto V (tren de 8 viviendas).....	148
Tabla 4. 61: Limitaciones de Diseño Conjunto V.....	149
Tabla 4. 62: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto W (tren de 2 viviendas).....	153
Tabla 4. 63: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto W (tren de 3 viviendas).....	154
Tabla 4. 64: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto W (tren de 4 viviendas).....	154
Tabla 4. 65: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto W (tren de 5 viviendas).....	154
Tabla 4. 66: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto W (tren de 6 viviendas).....	155
Tabla 4. 67: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto W (tren de 7 viviendas).....	155
Tabla 4. 68: Limitaciones de Diseño Conjunto W.....	156

Tabla 4. 69: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto X (tren de 4 viviendas).	162
Tabla 4. 70: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto X (tren de 5 viviendas).	162
Tabla 4. 71: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto X (tren de 8 viviendas).	163
Tabla 4. 72: Limitaciones de Diseño Conjunto X.....	163
Tabla 4. 73: Coeficiente Sísmico de los Conjuntos.	166
Tabla 4. 74: Mortero de Junta.	167
Tabla 4. 75: Limitaciones de Diseño de Conjuntos de albañilería reforzada con armadura distribuida.	167
Tabla 4. 76: Limitaciones de Diseño de Conjuntos de albañilería enmarcada con pilares y cadenas de H.A.	168
Tabla 5. 1: Índice de densidad de muros por unidad de piso.	172
Tabla 5. 2: Índices de de Lourenco y Roque.	178
Tabla 5. 3: Índice de Gallegos para cada dirección de la planta.	183
Tabla 5. 4: Índice de Proporción de Planta.	187
Tabla 5. 5: Continuidad de Muros.	190
Tabla 5. 6: Niveles de Daño Sísmico.....	196
Tabla 5. 7: Intensidades Macrosísmicas esperadas (Astroza, 2011).	196
Tabla 5. 8: Índices de Meli en la dirección de la fachada, tipo de suelo, nivel freático y amenazas sísmicas presentes.	197
Tabla 5. 9: Diagnóstico de daño sísmico.....	198
Tabla A. 1: Sismos de Magnitud superior a 5.9 entre los 18° y los 22° de latitud Sur, durante Siglo XX.	A.2
Tabla A. 2: Intensidad del Sismo del 13 de Agosto de 1868.....	A.5
Tabla A. 3: Intensidad del Sismo del 9 de Mayo de 1877.....	A.6
Tabla B. 1: Valor del índice según su calificación.	B.1
Tabla B. 2: Valor de calificativo según proporción en Planta.	B.2
Tabla B. 3: Valor de calificativo según continuidad en Planta.	B.2
Tabla B. 4: Valor de calificativo según simetría en Elevación.	B.3
Tabla B. 5: Valor de calificativo según proporción en Elevación.	B.3
Tabla B. 6: Valor de calificativo según densidad de elementos verticales.....	B.4
Tabla B. 7: Valor de calificativo según continuidad de muros.	B.5
Tabla B. 8: Valor de calificativo según tipo de conexión de muros.	B.6
Tabla B. 9: Valor de calificativo según simetría y uniformidad.	B.7
Tabla B. 10: Valor de calificativo según distribución de rigidez.....	B.7
Tabla B. 11: Valor de calificativo según simetría de masas.....	B.8
Tabla B. 12: Valor de calificativo según relación con elementos no estructurales.....	B.8
Tabla B. 13: Valores de los factores de adecuación según su condición.....	B.9
Tabla B. 14: Valor de calificativo según tipo de suelo.....	B.9
Tabla B. 15: Valor de calificativo según tipo de uso... ..	B.9
Tabla B. 16: Valor de calificativo según altura de la estructura.	B.10
Tabla B. 17: Valor de calificativo según relación suelo-altura.....	B.10

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1: Distribución superficial y movimiento de las Placas Tectónicas.	3
Figura 2. 2: Fuentes sismogénicas de la subducción en Chile.	4
Figura 2. 3: Curvas Isosistas, escala de Mercalli Modificada-IMM.	8
Figura 2. 4: Rasgos fisiográficos de la XV Región de Arica y Parinacota.	11
Figura 2. 5: Profundidad del nivel freático en la ciudad de Arica (Carta N°3).	14
Figura 2. 6: Zonificación de Suelos.	18
Figura 2. 7: Perfil transversal del basamento rocoso.	19
Figura 2. 8: Ubicación en planta del perfil transversal del basamento rocoso.	19
Figura 2. 9: Área propensa a licuefacción en la ciudad de Arica (Carta N°6).	21
Figura 2. 10: Área de inundación por Tsunami en la ciudad de Arica.	23
Figura 2. 11: Áreas propensas a remociones en masas o deslizamientos en la ciudad de Arica (Carta N°5)	25
Figura 2. 12: Material de construcción utilizado en la ciudad de Arica (INE, 2002).	31
Figura 2. 13: Tipo de construcción en la ciudad de Arica (INE, 2002).	31
Figura 2. 14: Vulnerabilidad global por amenaza sísmica inducida en la ciudad de Arica (Carta N°12).	33
Figura 4. 1: Ubicación de Conjuntos.	49
Figura 4. 2: Ficha de Conjunto A.	53
Figura 4. 3: Planos de planta y elevación Conjunto A.	54
Figura 4. 4: Planos de elevación Conjunto A.	55
Figura 4. 5: Ficha de Conjunto B.	57
Figura 4. 6: Planos de planta y elevación Conjunto B.	58
Figura 4. 7: Ficha de Conjunto C.	60
Figura 4. 8: Planos de planta y elevación Conjunto C.	62
Figura 4. 9: Ficha de Conjunto D1.	63
Figura 4. 10: Ficha de Conjunto D2.	64
Figura 4. 11: Ficha de Conjunto D.	65
Figura 4. 12: Planos de planta y elevación Conjunto D.	67
Figura 4. 13: Ficha de Conjunto E.	69
Figura 4. 14: Planos de planta y elevación Conjunto E.	70
Figura 4. 15: Ficha de Conjunto F1.	71
Figura 4. 16: Ficha de Conjunto F2.	72
Figura 4. 17: Ficha de Conjunto F.	73
Figura 4. 18: Planos de planta y elevación Conjunto F.	75
Figura 4. 19: Ficha de Conjunto G.	77
Figura 4. 20: Planos de planta y elevación Conjunto G.	79
Figura 4. 21: Ficha de Conjunto H.	81
Figura 4. 22: Planos de planta y elevación Conjunto H.	82
Figura 4. 23: Ficha de Conjunto I.	84
Figura 4. 24: Planos de planta y elevación Conjunto I.	86
Figura 4. 25: Ficha de Conjunto J.	88

Figura 4. 26: Planos de elevación Conjunto J.	89
Figura 4. 27: Planos de planta y elevación Conjunto J.	90
Figura 4. 28: Ficha de Conjunto K.	92
Figura 4. 29: Planos de elevación Conjunto K.	93
Figura 4. 30: Planos de planta y elevación Conjunto K.	94
Figura 4. 31: Ficha de Conjunto L y M.	96
Figura 4. 32: Ficha de Conjunto L.	97
Figura 4. 33: Planos de planta y elevación Conjunto L.	99
Figura 4. 34: Ficha de Conjunto M.	100
Figura 4. 35: Planos de planta Conjunto M.	102
Figura 4. 36: Planos de elevación Conjunto M.	103
Figura 4. 37: Ficha de Conjunto N.	105
Figura 4. 38: Planos de planta Conjunto N.	107
Figura 4. 39: Planos de elevación Conjunto N.	108
Figura 4. 40: Ficha de Conjunto O1.	109
Figura 4. 41: Ficha de Conjunto O2.	110
Figura 4. 42: Ficha de Conjunto O.	111
Figura 4. 43: Planos de planta Conjunto O.	113
Figura 4. 44: Planos de elevación Conjunto O.	114
Figura 4. 45: Ficha de Conjunto P.	116
Figura 4. 46: Planos de planta Conjunto P.	118
Figura 4. 47: Planos de elevación Conjunto P.	119
Figura 4. 48: Ficha de Conjunto Q.	121
Figura 4. 49: Planos de planta Conjunto Q.	124
Figura 4. 50: Planos de elevación Conjunto Q.	125
Figura 4. 51: Ficha de Conjunto R.	127
Figura 4. 52: Planos de planta Conjunto R.	129
Figura 4. 53: Planos de elevación Conjunto R.	130
Figura 4. 54: Ficha de Conjunto S.	132
Figura 4. 55: Planos de planta Conjunto S.	134
Figura 4. 56: Planos de elevación Conjunto S.	135
Figura 4. 57: Ficha de Conjunto T.	137
Figura 4. 58: Planos de planta Conjunto T.	139
Figura 4. 59: Planos de elevación Conjunto T.	140
Figura 4. 60: Ficha de Conjunto U.	142
Figura 4. 61: Planos de planta Conjunto U.	144
Figura 4. 62: Planos de elevación Conjunto U.	145
Figura 4. 63: Ficha de Conjunto V.	147
Figura 4. 64: Planos de planta Conjunto V.	150
Figura 4. 65: Planos de elevación Conjunto V.	151
Figura 4. 66: Ficha de Conjunto W.	153
Figura 4. 67: Planos de planta Conjunto W.	157

Figura 4. 68: Planos de elevación Conjunto W.	158
Figura 4. 69: Daño Estructural en Conjunto G.	159
Figura 4. 70: Daño Estructural en Conjunto W.	160
Figura 4. 71: Ficha de Conjunto X.	162
Figura 4. 72: Planos de planta Conjunto X.	164
Figura 4. 73: Planos de elevación Conjunto X.	165
Figura 5. 1: Densidad de muros en piso 1 (Viviendas construidas con ladrillo cerámico).	173
Figura 5. 2: Densidad de muros en piso 2 (Viviendas construidas con ladrillo cerámico).	174
Figura 5. 3: Densidad de muros en piso 1 (Viviendas construidas con bloques de hormigón).	175
Figura 5. 4: Densidad de muros en piso 2 (Viviendas construidas con bloques de hormigón).	176
Figura 5. 5: Primer Índice de Lourenco y Roque (LR1) para ambas direcciones de la planta del primer piso.	179
Figura 5. 6: Relación entre Índices de Lourenco y Roque y de Meli (Piso 1).	180
Figura 5. 7: Relación entre Índices de Lourenco y Roque y de Meli (Piso 2).	180
Figura 5. 8: Segundo Índice de Lourenco y Roque (LR2).	181
Figura 5. 9: Tercer Índice de Lourenco y Roque LR3.	182
Figura 5. 10: Índice Básico de Calidad Sismorresistente (IB) según ambas direcciones de la planta.	185
Figura 5. 11: Densidad de Muros en la dirección longitudinal (S_{1x}).	189
Figura 5. 12: Densidad de Muros en la dirección transversal (S_{1y}).	189
Figura 5. 13: Índice de Componentes del Sistema Estructural (S) para ambas direcciones de la planta.	190
Figura 5. 14: Índice de la Configuración Estructural (C) para ambas direcciones de la planta.	191
Figura 5. 15: Factor de Adecuación (F).	192
Figura 5. 16: Índice de Gallegos (IG) según ambas direcciones de la planta.	194
Figura 5. 17: Índice de Meli (d/n) y Amenazas Sísmicas.	199
Figura 5. 18: Diagnóstico de Daño Sísmico.	201
Figura A. 1: Ruinas de la ciudad de Arica, tras el terremoto y tsunami de 1868.	A.1
Figura A. 2: Ruinas de la ciudad de Arica, tras el terremoto y tsunami de 1877.	A.1
Figura A. 3: Tipos de Ladrillos Melus (e = 14 cm).	A.7
Figura A. 4: Tipos de Bloques de Hormigón, Empresa Bottai.	A.8
Figura B. 1: Continuidad en Planta.	B.2
Figura B. 2: Continuidad en Elevación.	B.3
Figura B. 3: Continuidad de Muros.	B.6
Figura B. 4: Posición de simetría de masas.	B.8

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN

A través de los siglos, la experiencia reunida ha mostrado la inclemencia de la naturaleza en nuestro país, el cual ha estado expuesto constantemente a la ocurrencia de fenómenos sísmicos a lo largo de toda su costa. En particular, la ciudad de Arica ha experimentado grandes terremotos y tsunamis asociados. Los dos últimos eventos ocurrieron en el siglo XIX, en 1868 y 1877, provocando ambos gran destrucción y tsunamis devastadores.

Según el censo de población y vivienda del año 2002, el 59.3% de las viviendas en la ciudad de Arica está construida de albañilería (INE, 2002). Dentro de este marco, la vivienda social de albañilería es uno de los tipos de construcción más expuesto.

Por lo anterior, es importante determinar el daño esperado que podrían tener las viviendas sociales de albañilería frente a un futuro evento sísmico de características destructivas (Intensidad sísmica mayor que VIII), como es el que se espera que ocurra en el norte de Chile.

En el presente trabajo se realiza un estudio de viviendas sociales de albañilería en la ciudad de Arica, con el propósito de caracterizar y formular un diagnóstico del comportamiento que podrían tener estas viviendas ante un escenario sísmico como el esperado.

1.2 OBJETIVOS

Los objetivos de esta memoria son:

- Caracterizar las viviendas sociales de albañilería construidas en la ciudad de Arica.
- Estudiar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas sociales de albañilería reforzada.
- Establecer un diagnóstico sobre los daños que puedan ocurrir en un escenario sísmico extremo, teniendo en cuenta las características de la amenaza sísmica y la vulnerabilidad de estas construcciones.

1.3 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

Esta memoria se divide en seis capítulos, los cuales se describen a continuación:

Capítulo 1: Introducción. Se presenta un prefacio y los objetivos del estudio.

Capítulo 2: Antecedentes Generales. Se describe la sismicidad de la XV Región de Arica y Parinacota y la historia sísmica de la ciudad de Arica, destacando los eventos sísmicos ocurridos durante los últimos 4 siglos y los daños que han ocasionado. Se describen las características geológicas de la Región, destacando la hidrografía y zonificación de suelos de la ciudad de Arica. También, se describen los materiales usados en la construcción de albañilería (últimos 30 años) en la ciudad de Arica y se presenta los datos del último censo de población y vivienda del año 2002 para la XV Región. Por último, se describen las amenazas sísmicas, desde el punto de vista de los fenómenos naturales y se muestran los sectores más vulnerables de la ciudad de Arica.

Capítulo 3: Índices de vulnerabilidad. Se detallan los índices utilizados para evaluar la vulnerabilidad sísmica estructural de las viviendas sociales de albañilería de la ciudad de Arica.

Capítulo 4: Estudio de conjuntos seleccionados. Se describe la tipología estructural de conjuntos de viviendas sociales de la ciudad de Arica. Se detalla la ubicación, las amenazas sísmicas, las características estructurales y los valores de los índices de vulnerabilidad sísmica de cada conjunto.

Capítulo 5: Análisis de Resultados. Teniendo en cuenta los valores de los índices de vulnerabilidad, las amenazas sísmicas y la tipología estructural, se entrega un diagnóstico y se determinan los niveles de daño que podrían experimentar las viviendas frente a un evento sísmico de gran magnitud ($M \geq 8$ grados).

Capítulo 6: Conclusiones. Se desarrollan los comentarios y conclusiones del estudio de vulnerabilidad de las viviendas sociales de la ciudad de Arica.

En Chile se reconocen cuatro fuentes sismogénicas asociadas a la subducción de la placa de Nazca, identificadas según la zona de la corteza terrestre donde se ubican (Figura 2.2). Los terremotos interplaca tipo Thrust (Tipo B) se generan en la zona de contacto entre ambas placas, un ejemplo de ellos son los terremotos ocurridos en la zona comprendida entre el sur de Perú y el norte de Chile (Arica en 1868, Pisagua en 1877 y Tocopilla en 2007). Este tipo de sismo puede ser de gran magnitud, como el último registrado en el área de estudio el 9 de mayo de 1877, con una magnitud estimada de 8.3 grados y un largo de ruptura estimado de 500 kilómetros, extendiéndose esta ruptura desde el sur de Arica hasta el norte de Antofagasta (Mendez, 2004).

Los terremotos intraplaca de profundidad intermedia o intraplaca oceánica (Tipo C), se generan en el interior de la placa de Nazca una vez que se pierde el contacto entre las placas, ejemplos de ellos son el terremoto de Arica de 1987 y el de Tarapacá de 2005. Los terremotos corticales (Tipo D) corresponden a fenómenos superficiales generados indirectamente por el proceso de subducción, y principalmente por fallas, por compresión y/o distensión, en el interior de las placas; como el terremoto de Chusmiza de 2001.

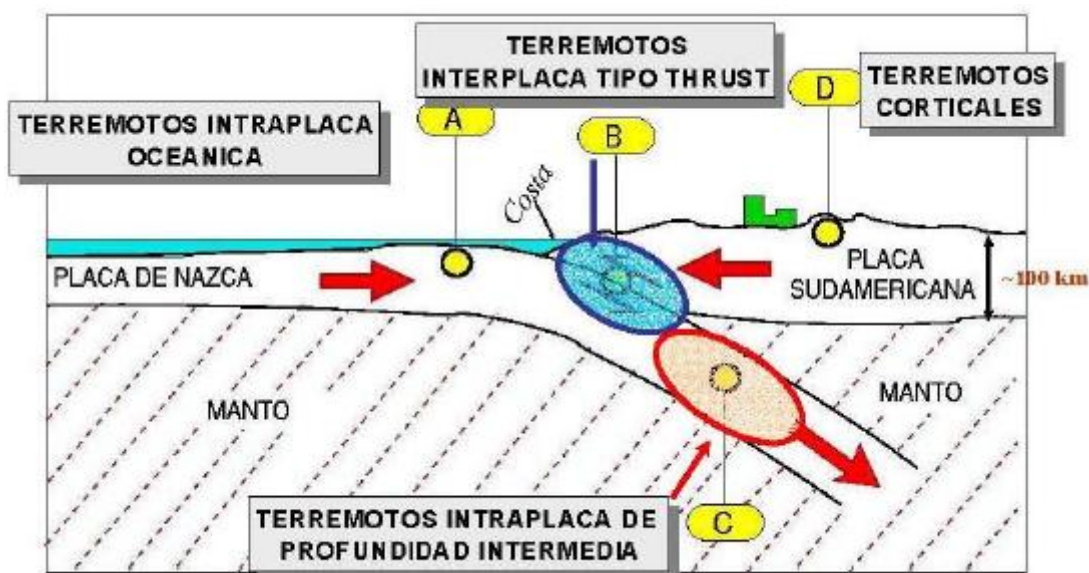


Figura 2. 2: Fuentes sismogénicas de la subducción en Chile.

2.2 SISMICIDAD DE LA XV REGIÓN Y DE LA CIUDAD DE ARICA

La ciudad de Arica, al igual que la mayor parte de las ciudades de la costas de Chile, se encuentra próxima a la fosa que representa el contacto entre las placas de Nazca y Sudamericana (aproximadamente a 178 km de Arica). Por lo anterior, el diseño sísmico queda controlado principalmente por los terremotos del tipo Thrust Tipo B (Figura 2.2), como se comprueba al revisar la historia sísmica de la ciudad.

2.2.1 HISTORIA SÍSMICA DE ARICA

2.2.1.1 Terremoto del 24 de Noviembre de 1604

El terremoto del 24 de noviembre de 1604 se localizó en las coordenadas 17.88° de latitud Sur y 70.94° de longitud Oeste frente a las costas del Sur de Perú, con una magnitud aproximada de 8.4° en la escala de Richter (Comte et al., 1988). Corresponde a uno de los terremotos más destructivos que ha enfrentado la ciudad Arica producto del gran tsunami que se generó; las olas de hasta 16 metros de altura, destruyeron prácticamente toda la ciudad que se localizaba en la Zona de Chinchorro Norte, motivo por el cual se decidió realizar su reconstrucción a los pies del morro (Urrutia y Lanza, 1993).

2.2.1.2 Terremoto del 16 de Septiembre de 1615

El terremoto del 16 de Septiembre de 1615 tuvo epicentro, según el SISRA de Chile, en las coordenadas 18.50° de latitud Sur y 70.35° de longitud Oeste, con una magnitud de 7.5° en la escala de Richter, calculado por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile (Mendez, 2004).

Este evento fue muy destructivo para la ciudad, la mayoría de las construcciones fueron destruidas, entre ellas: la iglesia Mayor de San Marcos, el fuerte y gran parte de las construcciones de adobe. Sin embargo, no se reportaron víctimas fatales (Urrutia y Lanza, 1993).

2.2.1.3 Terremoto del 13 de Mayo de 1784

El epicentro del terremoto del 13 de Mayo de 1784 se localizó en las coordenadas 16.50° de latitud Sur y 72.00° de longitud Oeste. Tuvo una profundidad de 40 km y se estimó una magnitud de 8.4° (Comte et al., 1988). Este terremoto afectó severamente a la ciudad de Arequipa y las localidades situadas dentro de un radio de 100 km. En la ciudad de Arica no se reportaron daños.

2.2.1.4 Terremoto del 13 de Agosto de 1868

Este evento ocurrió alrededor de las cinco de la tarde del 13 de Agosto de 1868 afectando a las regiones comprendidas entre Ica (sur del Perú) y Tarapacá (norte de Chile). El epicentro del terremoto se localizó en las coordenadas 18.50° de latitud Sur y 70.35° de longitud Oeste, estimándose una magnitud de 8.5° (Mendez, 2004).

En la ciudad de Arica producto del terremoto, incendios y posterior maremoto, hubo aproximadamente trescientas víctimas y daños cuantiosos, como la destrucción de la antigua Basílica de San Marcos de Arica (Anexo A, Figura A.1- (a)), que estuvo en pie por más de 200 años. La ciudad quedó totalmente destruida. El tsunami generado alcanzó olas de aproximadamente 18 metros de altura, destrozando numerosos barcos que se encontraban en la costa. El caso más recordado es el buque de guerra norteamericano Wateree, el cual fue lanzado a casi un kilómetro de la costa

(Anexo A, Figura A.1- (d)). Además, los caminos quedaron completamente destruidos y la ruta ferroviaria quedó inhabilitada (Urrutia y Lanza, 1993).

2.2.1.5 Terremoto del 9 de Mayo de 1877

El 9 de mayo de 1877, pasada las ocho de la noche, Arica fue nuevamente asolada por un gran terremoto y posterior tsunami. El movimiento telúrico fue percibido hasta Valparaíso; mientras que el maremoto afectó las costas del Pacífico hasta Chiloé en Chile, Japón y Nueva Zelanda.

El epicentro del terremoto se ubicó en las coordenadas 19.60° de latitud Sur y 70.23° de longitud Oeste y tuvo una magnitud estimada de 8.3° . Además, según los daños y el tsunami generado, se estimó que el hipocentro se ubicó a una profundidad de 10 kilómetros (Mendez, 2004).

La ciudad quedó parcialmente destruida (Anexo A, Figura A.2) y se informó de 5 muertos. Se destruyó la línea férrea y la zona costera de la ciudad. Las olas del tsunami se dejaron caer sobre la ciudad una hora más tarde del evento telúrico, alcanzando aproximadamente los 19 metros de altura. Producto de este evento el buque Wateree, mencionado en el terremoto del año 1868, fue arrastrado nuevamente hacia la playa quedando varado en la playa Las Machas, donde actualmente se encuentran restos de sus calderas como vestigio de este desastre (Urrutia y Lanza, 1993).

2.2.1.6 Terremoto del 8 de Agosto 1987

El 8 de Agosto de 1987, alrededor de la 11:50 (hora local), se produjo un evento sísmico con características de cuasiterremoto. El epicentro se ubicó cerca de la desembocadura del río Camarones, al sur de la ciudad, a 60 kilómetros al norte de Pisagua.

El epicentro fue registrado por el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile. Según el NEIC, el epicentro del terremoto se ubicó en las coordenadas 19.02° de latitud Sur y 79.00° de longitud Oeste. Se determinó que el hipocentro se ubicó a una profundidad de 70 kilómetros y se estimó una magnitud de 6.9° . Este evento fue del tipo Intraplaca de Profundidad Intermedia y provocó daños en toda la XV Región, especialmente en las comunas de Arica y Camarones (Rojas, 2000). Sin embargo, no se registró un tsunami en las costas Chilenas, característica de este tipo de terremoto.

2.2.1.7 Terremoto del 23 de Junio de 2001

Este evento ocurrió el 23 de Junio del 2001. El epicentro se localizó en las coordenadas 15.54° de latitud Sur y 73.37° de longitud Oeste, el hipocentro se ubicó a 33 kilómetros de profundidad y se estimó una magnitud de 8.2° (Mendez, 2004). Este evento sólo causó pequeños incrementos en el nivel del mar, por lo que no generó un tsunami en las costas Chilenas. Sin embargo, en algunas localidades costeras del sur de Perú se reportaron olas de grandes dimensiones.

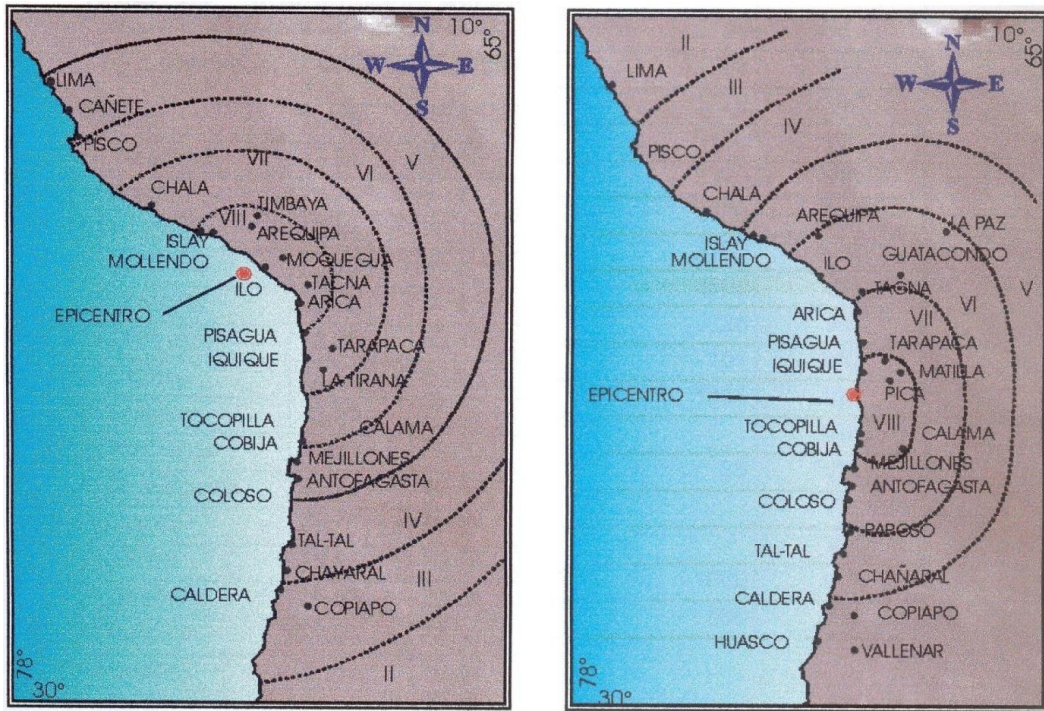
2.2.2 SISMICIDAD REGIONAL

A partir de rigurosos estudios nacionales e internacionales (Saragoni et al., 1976; Barrientos, 1980; Comte et al., 1988 y 1989; Fercovic, 1989; Arias, 1998; Tapia, 2000; Boroschek et al., 2001), se ha detallado las características tectónicas del Norte de Chile y Sur del Perú; aproximadamente desde el puerto de San Juan, en Perú, hasta Antofagasta, en Chile. De dichos estudios se extraen tres conclusiones relevantes para las sismicidad de la Región de Arica y Parinacota (Mendez, 2004).

- La zona comprendida al sur de Perú y al norte de Chile presenta una diferenciación en la dinámica tectónica, es decir, la sismicidad no es homogénea a lo largo de toda la zona, permitiendo dividirla en dos. La zona 1 se ubicada entre los 16° y los 19° de latitud Sur y la zona 2 entre los 19° y 22° de latitud Sur (Comte et al., 1988). Según esta división, la ciudad de Arica se encuentra en la zona 1. Sin embargo, es afectada por los eventos que ocurren en ambas zonas.
- Existe una brecha sísmica (Gap Sísmico) en la región, indicando un alto potencial de ocurrencia de un evento sísmico, debido a que los últimos eventos con magnitud superior a los 8.0° ocurrieron a fines del siglo XIX y los más recientes no pertenecen a un evento interplaca. Para lo cual, se estima un período de retorno de 120 años para la zona 1 y 113 años para la zona 2, habiéndose sobrepasado esta estimación en ambas zonas (Mendez, 2004).
- Existiría una zona sísmica doble (DSZ) bajo el codo de Arica, es decir, aparece un doble plano de Benioff-Wadati (Arias, 1998; Tapia, 2000). Esta doble zona permitiría un menor acoplamiento sísmico interplaca en la profundidad intermedia y abismal. Por último, se señala que el codo de Arica representa una barrera geométrica importante que ha detenido el avance de la ruptura de eventos sísmicos mayores en el pasado (Mendez, 2004).

Con la sismicidad registrada durante todo el siglo XX entre los 18° y 22° de latitud Sur (Anexo A, Tabla A.1), se aprecia que el segmento norte presenta una calma sísmica entre 1922 y 1979, reactivándose en 1979 y 1988, formando un anillo espacio-temporal que indicaría que esta zona estaría completando su ciclo sísmico. El segmento sur, asociado al evento de 1877, presenta una mayor actividad sísmica que el segmento norte, distribuida en torno a los límites de ruptura del evento mencionado anteriormente; pero aún no se observa la formación final del anillo espacio-temporal. Por lo tanto, la zona 1 sería la más probable de originar un sismo de gran magnitud, dado que está llegando al final de su "Gap Sísmico". Cabe señalar, que los terremotos ocurridos en Tarapacá el 2005 y en Tocopilla el 2007, muestran que la zona 2 ha liberado energía, mientras que en la zona 1 se espera la ocurrencia de un evento sísmico importante. Sin embargo, la probabilidad de ocurrencia de un sismo mayor a 8° es similar para ambas zonas (Rojas, 2000).

De los dos últimos grandes terremotos ocurridos en la ciudad de Arica, en los años 1868 y 1877 (Anexo A, Tabla A.2 y A.3), se puede apreciar los efectos de las diferentes direcciones de propagación de la ruptura. Quedando en evidencia la existencia de dos zonas sísmicas y justificando el reducido lapso de tiempo entre ambos eventos. En el sismo de 1868 las intensidades VIII o superiores se ubican de Arica hacia el norte, mientras que, en el terremoto de 1877 las intensidades VIII o mayores están situadas de Pisagua hacia el sur. Esto se muestra en la Figura 2.3, donde las isosistas son aproximadamente elípticas, con su eje mayor orientado en la dirección de propagación de la ruptura (González, 1998).



Sismo del 13-08-1868

Sismo del 09-05-1877

Figura 2. 3: Curvas Isosistas, escala de Mercalli Modificada-IMM.

Fuente: Kausel (1986).

2.3 ANTECEDENTES GEOLÓGICOS DE LA XV REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA

2.3.1 GEOMORFOLOGÍA DE LA REGIÓN

La región de Arica y Parinacota se ubicada en el extremo septentrional de Chile. En la región se reconocen tres unidades fisiográficas que caracterizan la morfología en esta parte del país. Tales rasgos tienen orientación aproximadamente sur y son, de oeste a este, los siguientes: Cordillera de la Costa, Pampa y Cordillera de los Andes.

2.3.1.1 Cordillera de la Costa

En esta región, la Cordillera de la Costa está constituida por un angosta cadena de cerros de poca elevación; alcanza su altura máxima en el cerro Punta Madrid (1.200 m), a unos 50 km al sur de Arica. En su lado occidental está limitada por un gran barranco de 600 a 800 m sobre el nivel del mar (s.n.m.); hacia el norte termina abruptamente en el Morro de Arica (125 m).

Al norte del Morro, la cordillera de la Costa es reemplazada por una planicie costera de 2 a 3 km de ancho, que alcanza hasta los 60 m s.n.m., y que termina a pocos metros junto a la costa. En la superficie tiene largos cordones de cerros y extensas planicies, donde hay rellenos de varios centenares de metros, formados por rodados del desierto. Dos quebradas profundas, que pertenecen a los sistemas fluviales Vítor y Camarones, atraviesan esta unidad morfológica.

2.3.1.2 Pampa

La zona de la Pampa, de una altura que varía aproximadamente entre 700 y 2000 m s.n.m., conforma gran parte de la superficie de la región. Se extiende desde la Cordillera de la Costa hasta los faldeos de la Sierra de Huaylillas, con una inclinación de pocos grados hacia el oeste. La Pampa está surcada por los profundos valles de Lluta, Azapa, Vítor, Camarones y otras quebradas menores.

Al norte de la quebrada de Tana o Camiña, la pampa es disectada por algunos cauces profundos de este-oeste, que la dividen en varias regiones: la pampa Colorada y la pampa de Chuño, que empalman con un cambio de pendiente con la planicie costera; y las pampas de Chaca, Camarones y Tana, que se comunican casi sin discontinuidad con algunas de las planicies de la cordillera de la Costa. Al sur de la quebrada de Tana, o más específicamente al sur del pueblo de Zapiaga, la pampa es una sola gran planicie de 30 a 40 km de ancho, con pendientes que bajan hacia el oeste y hacia el sur (González, 1998).

La región de la Pampa podría considerarse como la continuación norte de la Pampa del Tamarugal, que algunos autores estiman como la continuación del Valle Longitudinal de Chile Central.

2.3.1.3 Cordillera de los Andes

En la Cordillera de los Andes se pueden distinguir siete unidades fisiográficas que, enumeradas de oeste a este, son las siguientes: Sierra de Huaylillas, Pampa de Oxaya, Pampa de Huaylas, Precordillera, Cadena Occidental, Altiplano y Cadena Oriental, las cuales se describen a continuación y se muestran en la Figura 2.4.

-Sierra de Huaylillas: La Sierra de Huaylillas nace en las inmediaciones de los cerros Lamparalles (4.260 m s.n.m.), en el límite chileno-peruano; hacia el sur disminuye en elevación hasta confundirse con los suaves lomajes de la Pampa de Oxaya. Cerca del pueblo de Socoroma un cordón transversal

une la Sierra de Huaylillas con la Precordillera, separando las hoyas hidrográficas del río Lluta y quebrada Azapa.

-Pampa de Oxaya: Corresponde a una meseta alargada de dirección noroeste, comprendida entre la Sierra de Huaylillas y la Precordillera, que se extiende entre la quebrada Azapa y el cerro Márquez; su altura media es 3.200 m. s.n.m, presentando una suave inclinación hacia el este.

-Pampa de Huaylas: Es una planicie que se extiende entre la Sierra de Huaylillas y la Cadena Occidental en el área del curso superior del río Lluta.

-Precordillera: Al sur del río Lluta, limitadas hacia el oeste por la Sierra de Huaylillas y la Pampa de Oxaya y, hacia el este, por la Cadena Occidental, se encuentran algunas serranías que se conocen con el nombre de Precordillera. Estas serranías alcanzan alturas entre 3.000 y 4.000 m s.n.m.

En la zona de la Precordillera existe una apreciable densidad de población en los pueblos de Putre, Socoroma, Zapahuira, Epispacha, Chapiquiña, Belén, Lupica, Saxamar, Tignamar, Timalchaca.

-Cadena Occidental: Constituye la parte occidental de la región más elevada de los Andes Chilenos. Incluye los volcanes Chupiquiña (5.787 m), Tacora (5.988 m), Taapaca (5.815 m); y los cerros Chapiquiña (5.040 m), Belén (5.260), Márquez (4.960 m), Vilacollo (4.600 m) y Guaichane (4.640), nombrados de norte a Sur.

-Cadena Oriental: La cadena Oriental se desprende hacia el sureste del volcán Tacora en los nevados de Caracarani (5.120 m), Chuquiananta (5.488 m) y Cosapilla (5.370 m), continuando al sur en elevadas sierras, que marcan el límite internacional con Bolivia; éstas son los nevados de Payachatas (6.330 m), y de Quimsachatas (6.050 m) y los volcanes Puquintica (5.760 m), Llicaya (5.580 m), Guallatiri (6.060 m) y Arintica (5.590 m).

Los picos más elevados en la Cordillera Andina chilena en la región, son los nevados de Quimsachata y Payachatas, cuyos volcanes Guallatiri y Parinacota alcanzan alturas sobre los 6.000 m y mantienen nieves eternas en sus conos.

-Altiplano chileno o Puna: El altiplano es una meseta de alrededor de 4.200 m s.n.m., comúnmente llamada Puna, que se ubica entre las Cadenas Occidental y Oriental de la Cordillera de los Andes, en la región de Arica y Parinacota. Dos cordones transversales lo dividen en tres cuencas, que están rellenas por sedimentos y material volcánico moderno: la del lado norte constituye la pampa de General Lagos-Caquena; la del centro, la pampa del río Lauca; y la del sur, el salar de Surire. La primera, las nacientes de los sistemas fluviales del río Mauri, resultante de la unión de los ríos Uchusuma (que nace en Perú), Colpas, Cosapilla y Caquena; la segunda, los sistemas fluviales del río Lauca, que nace en las ciénagas de Parinacota con afluentes provenientes del cordón de Choquelimpie y los ríos Guallatiri y Quiburcana; y la tercera, la cuenca cerrada del salar de Surire (Salas et al., 1966).

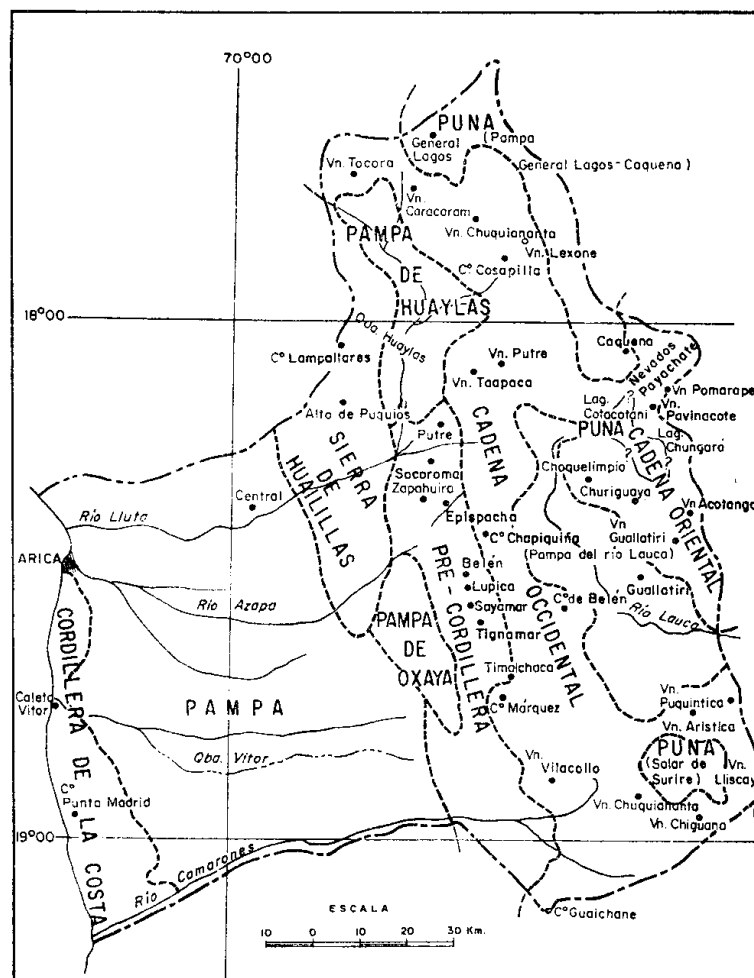


Figura 2. 4: Rasgos fisiográficos de la XV Región de Arica y Parinacota.

Fuente: Salas et al.(1966).

2.3.2 GEOLOGÍA DE LA CIUDAD DE ARICA

La ciudad de Arica, capital de la XV Región de Arica y Parinacota, se ubica en los 18°28 de latitud Sur y los 70°18 de longitud Oeste en un área aproximada de 41.9 km², emplazada en la desembocadura del valle de Azapa, al sur de la terraza fluvio-marina que se extiende desde los pies del Morro hasta unos 13 km al Sur de la frontera con Perú.

La terraza fluvio-marina tuvo su origen en procesos geotectónicos ocurridos en la región durante el Cenozoico. Éstos dieron lugar al desarrollo de quebradas y planicies aluviales y/o coluvio-aluviales, conformadas por el material acarreado por las quebradas a través de los ríos y depositados en su parte terminal, formando los valles de Azapa y Lluta. La planicie fue rellenada con sedimentos transportados por los ríos San José y Lluta en Chile, y por el río Caplina en Perú; así como por esporádicos depósitos marinos bajo la cota 50 m s.n.m. (Vogel y Villa, 1980). Los rellenos del Neógeno tienen en esta zona un espesor de 50 a 70 m en la desembocadura de los ríos San José y Lluta, siendo un poco menores (20 a 30 m) en la zona de Concordia-Chacalluta (Gonzáles, 1998).

En la actualidad, la ciudad ocupa casi completamente el abanico aluvial del río San José, que está compuesto de materiales de relleno, de origen continental y marino, arenas con intercalaciones de arcilla, ceniza volcánica en la parte superior y horizontes de conchas en las cercanías de la costa. El extremo sur de la ciudad se localiza parcialmente sobre escombros de los cerros que forman el límite norte de la Cordillera de la Costa, y la zona noreste se localiza sobre los escombros del cordón del cerro Chuño. En estos sectores, los depósitos son de origen riolítico, los cuales se pueden apreciar en las laderas abruptas de los valles y tienen algunas costras salinas. Estas últimas se ubican en grietas de materiales riolíticos o más antiguos, donde se formaron lagunas temporales con sales provenientes de la lixiviación de otros salares ubicados a mayor altura (González, 1998).

Actualmente la ciudad se ha ido expandiendo hacia el norte, ocupando sectores muy próximos al borde costero y sobre suelos que no presentan muy buena calidad, con una alta probabilidad de experimentar licuefacción durante un sismo.

2.4 HIDROGRAFÍA

En la región de Arica y Parinacota existen dos sistemas fluviales que corren hacia Bolivia y cuatro sistemas que van hacia el Pacífico. Los dos primeros están constituidos por el río Cosapilla, que recibe en su curso superior las aguas del río Caquena y desemboca en el río Mauri, y por el río Lauca, que nace en las ciénagas de Parinacota y recoge las aguas de los tributarios menores Choquelimpie, Guallatiri, Quiburcanca y laguna de Challaviento. Los cuatro sistemas fluviales que desembocan en el océano Pacífico son: Lluta, San José de Azapa, Vítor y Camarones. En general, el caudal de estos ríos aumenta en los meses de diciembre a marzo, debido a la lluvias que se producen en las regiones cordilleranas y del altiplano (invierno altiplánico).

El río Lluta es el más grande de los ríos de la región, nace en el faldeo poniente de la Cadena Occidental de la Cordillera de los Andes y capta las aguas de los ríos tributarios Socoroma, Azufre, Aroma, Colpitas y Putre. Durante todo el año llega al mar con cierta cantidad de agua, pero debido a la alta salinidad, que se cree es proveniente del tributario Azufre, ésta fuente de recurso hídrico no es totalmente aprovechable para la agricultura (Salas et al., 1966).

El río San José de Azapa, que en su curso superior se denomina quebrada de Azapa, recibe agua de los tributarios Tignamar, Chapiquiña y otros ríos menores de la zona. En la actualidad, el caudal de las aguas de este río está siendo incrementado con parte de las aguas del río Lauca.

La quebrada Vítor recibe sus aguas de los tributarios Umirpa, en su curso superior; Subitaya en su curso medio; y Garzas, Apanzas y otros menores, en su curso inferior. El cauce de esta quebrada lleva agua todo el año solamente en sus cursos medio y superior, perdiéndose su caudal en las cercanías del poblado de Pitatani.

El río Camarones recibe sus aguas de numerosos tributarios; sus afluentes principales son los ríos Ajatama, Caritaya y Saguara.

La escasez de aguas superficiales en los tramos bajos de ríos y quebradas se debe a precipitaciones prácticamente nulas bajo 2000 m s.n.m (promedio anual inferior a 10 mm). A partir de esta cota, las lluvias aumentan hasta alcanzar valores de 50 mm por año a los 3000 m s.n.m., subiendo rápidamente hasta 160 mm sobre los 3500 m s.n.m. y 350 mm anuales a los 4500 m s.n.m (González, 1998).

Esta región se ha caracterizado por tener régimen de lluvias poco constante a lo largo de la historia, presentando ciclos de 5 a 7 años lluviosos y otros ciclos de igual duración de sequía. Existen años en que las precipitaciones son altísimas, provocando escurrimientos de grandes flujos de agua y barro en los cauces secos (aluviones), que en algunos casos llegan al mar, como el aluvión ocurrido en la ciudad de Arica el año 2001.

ANTECEDENTES DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CIUDAD DE ARICA

En los meses de excedente hídrico, en la precordillera se producen infiltraciones que recargan los acuíferos y/o alimentan las vertientes existentes en las secciones inferiores de los cauces San José y Lluta. Este fenómeno es responsable de acuíferos costeros, como el humedal existente frente a la desembocadura del río Lluta, al norte de la ciudad de Arica.

El nivel freático en la ciudad de Arica se ubica a la profundidad de escurrimiento del caudal subterráneo del río San José. Sin embargo, a lo largo de los años el agua subterránea de este río ha tenido variaciones importantes, debido a los pozos ubicados a lo largo del valle de Azapa. En 1968 se produjeron los niveles históricos más bajos de la ciudad, temiéndose la intrusión del agua de mar en la napa. No obstante, debido a la construcción del canal Lauca en la década del 60, se permitió recuperar los niveles normales de los acuíferos (González, 1998).

En la planicie costera los niveles de agua subterránea no varían mayormente, debido a la influencia del mar y a la ausencia de pozos en esta zona (Karzulovic, 1968).

Méndez (2004), elaboró una Carta indicando la posible profundidad del nivel freático en la ciudad de Arica (Figura 2.5), a partir de los datos proporcionados por la Empresa de Servicios Sanitarios de Tarapacá (ESSAT) en 2003.

Los valores de profundidad de la napa freática, estimados en forma aproximada para diferentes sectores de la ciudad, corresponden a los siguientes (ESSAT, 2003):

- *Depósitos marinos arenosos:* Menos de 10 metros (afloramientos eventuales).
- *Abanico Aluvial del río San José:* Entre 10 y 50 metros.

Los sectores junto a la playa presentan niveles que varían entre 0.6 y 2.0 metros, con afloramientos eventuales, y el sector céntrico, vecino a los faldeos del Morro, presenta niveles que rodean los 4 metros (González, 1998).

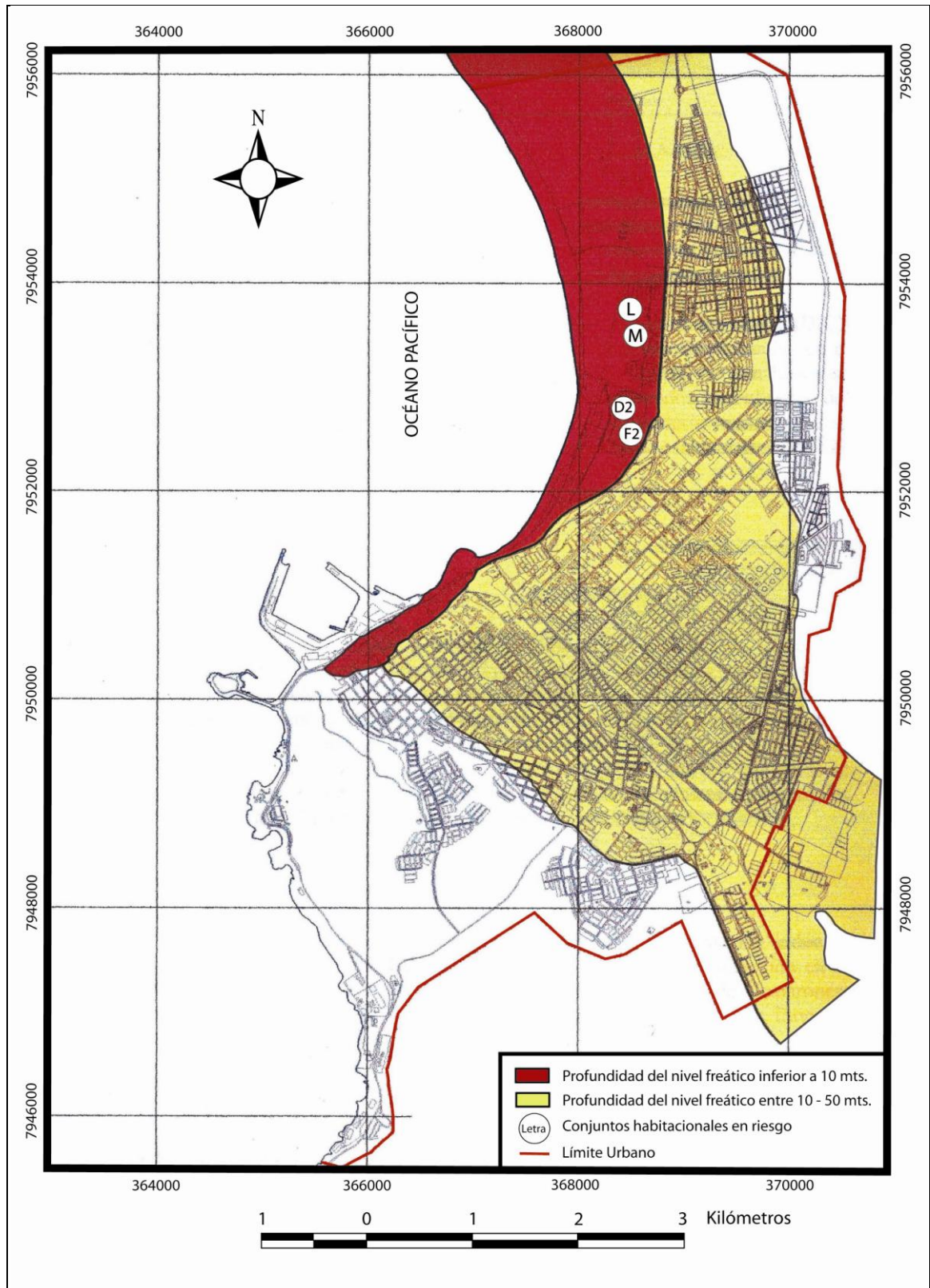


Figura 2. 5: Profundidad del nivel freático en la ciudad de Arica (Carta N°3). La profundidad del nivel freático se muestra en colores y los conjuntos habitacionales expuestos con letras.

Fuente: Modificado de Méndez (2004).

2.5 ZONIFICACIÓN DE LOS SUELOS DE LA CIUDAD DE ARICA

Los procesos geotectónicos ocurridos en la región han sido controlados por cambios climáticos originados durante el Neógeno. Estos dieron lugar al desarrollo de quebradas y planicies aluviales y/o coluvio-aluviales, conformadas por el material acarreado por las quebradas o cursos de agua y depositados en su parte terminal, formando los valles de Azapa y Lluta. En este marco, la ciudad de Arica se encuentra emplazada en la planicie costera, frente al valle de Azapa, localizándose la mayor parte de la ciudad en el abanico aluvial del río San José.

González (1998), identificó siete tipos de depósitos clasificados según su origen, ubicación, características y calidad. Estos fueron definidos como: *Rocas del Morro*, *Escombros de falda Morro*, *Escombros de falda Morro con costras de sal*, *Abanico aluvial del río San José*, *Arenas de Playa o Depósitos Marinos Arenosos*, *Escombros de falda Cerro Chuño* y *Relleno Artificial*. Posteriormente, Rojas (2000) clasificó y describió los tipos de suelos propuestos por González, a través de información reunida por IDIEM.

Rojas (2000) modificó la zonificación de González considerando ocho tipos de suelos, para lo cual dividió la zona *Rocas del Morro* en dos, para identificar el área que presenta un alto riesgo por desprendimientos.

Finalmente la zonificación de los suelos de la ciudad de Arica queda conformada por ocho suelos diferentes, los cuales se detallan a continuación:

2.5.1 Suelo Tipo I y II: Rocas del Morro

Los depósitos de esta zona corresponden a rocas sedimentarias marinas y rocas volcánicas localizadas a escasos metros de la superficie, las primeras están constituidas principalmente por secuencias de areniscas y calizas pobres fosilíferas, mientras que las segundas están constituidas de lavas almohadillas de composición andesítica y andesitas filonianas (Rojas, 2000). Las capas superficiales de este suelo están formadas por pequeños estratos de arenas y limos, con presencia de costras salinas en algunos casos.

Estos depósitos corresponden a los de mejor calidad para la fundación de estructuras en la ciudad, exceptuando el extremo norte de la zona del morro.

La zona I y II pertenece a la misma formación y corresponde a rocas de iguales características. Estas difieren entre sí por el alto riesgo que presenta la zona II a desprendimiento de rocas por fallamiento de tipo volcamiento (Rojas, 2000).

2.5.2 Suelo Tipo III: Escombros de falda Morro

Los depósitos de esta zona corresponden a arenas y limos, que se encuentran sueltos en las capas superiores (inferior a 2.5 m), mientras que los suelos arenosos y areno-limosos más profundos presentan una compactación media a alta (González, 1998). Además, se puede apreciar que a mayor profundidad aparecen estratos granulares con bolones de tamaño 6" (30%), grava y arena media compactada y cementada, con compactación general alta y humedad baja (Rojas, 2000).

2.5.3 Suelo Tipo IV: Escombros de falda Morro con costras de sal

Los depósitos de esta zona están formados principalmente por arenas finas, arenas limosas y limos con algunas costras de sal, producidos por la degradación de rocas sedimentarias del período terciario (González, 1998). En los primeros 1.5 m de profundidad, este suelo presenta arena de grano fino, compactación media y sectores con presencia de finos tipo arcilla con plasticidad media. En el estrato inferior a los 1.5 m, se observa arenas cementadas por sales de compactación alta, dureza media, humedad baja y ligeramente salina, cementada y seca (Rojas, 2000).

2.5.4 Suelo Tipo V: Abanico aluvial del río San José

El cauce del río San José, durante la mayor parte del año, permanece normalmente seco; pero entre los meses de Enero y Marzo presenta grandes crecidas o aluviones, producto de las lluvias altiplánicas, que son capaces de transportar gran cantidad de materiales. Debido a este fenómeno, los sedimentos en las proximidades del cauce del río San José tienen una gran concentración de gravas arenosas, arenas gruesas y bolones con algunos lentes de limos. Conformándose este tipo de suelo con gravas arenosas y arenas mal graduadas, con finos de carácter limosos. El primer estrato de este suelo presenta una compactación densa y porcentajes de finos de 6% de carácter no plásticos y el segundo estrato presenta una compactación media para las gravas, con espesores máximos de 1.3 m para ambos estratos (Rojas, 2000).

2.5.5 Suelo Tipo VI: Depósitos Marinos Arenosos o Arenas de Playa

Esta zona está conformada por arenas de origen marino, con intercalaciones de gravas provenientes del contacto con la terraza fluvio-marina. El estrato superficial (1.0 m) está formado por arenas finas con limo no plástico, de compactación media-alta y humedad baja. El estrato siguiente (1.5 m) está conformado por arenas de depositación marina con presencia de algunas gravas dispersas y conchas marinas en baja proporción. Presenta compactación media y humedad media (3.5%) (Rojas, 2000). El nivel freático es inferior a los 10 m y en las zonas más próximas a la costa se encuentra entre los 0.6 y 2.0 m, con afloramientos eventuales. Además, en este suelo se encuentran capas salinas y extensas zonas de depósitos eólicos. Por lo anterior, y debido a que los estratos subsuperficiales presentan una baja compactación, este suelo presenta una mala calidad de fundación (González, 1998).

2.5.6 Suelo Tipo VII: Escombros de falda Cerro Chuño

En esta zona los depósitos del estrato superior presentan un conjunto de arenas limosas, que aumenta su compacidad con la profundidad. En el estrato superficial (1.0 m) predomina la arena fina, algo limosa, con lentes o costras salinas cuya cantidad disminuye con la profundidad. El siguiente estrato (1.5 m) presenta arena limosa fina a media, algo cementado por sales de compacidad media-alta, con presencia esporádica de lentes salinos aislados y lentes de gravas. Luego presenta arenas arcillosas de media compacidad, alcanzando hacia los dos metros de profundidad arena gravosa (origen marino) de alta compacidad y baja humedad. Este suelo, debido a sus características, presenta una calidad mediana a buena como depósito de fundación (González, 1998).

2.5.7 Suelo Tipo VIII: Relleno Artificial

Este suelo corresponde principalmente a bloques con agregados de materiales muy finos, procedentes de las excavaciones efectuadas en la zona del Morro. Se ubica en pequeños sectores sobre la terraza fluvio-marina frente al Morro, correspondiendo a la zona del puerto y la plataforma que une la ex isla Alacrán. Estos rellenos son de especial cuidado, dado que podría producirse sobre ellos una amplificación sísmica causada por la poca compacidad de los materiales que lo componen (Duque, 1998).

En la Figura 2.6 se muestra la zonificación propuesta por Gonzales (1998) y Rojas (2000). A esta zonificación se le realizó las siguientes modificaciones:

- El suelo denominado Escombros de falda cerro Chuño (VII), se expandió hasta la Av. Capitán Avalos, debido a que el basamento rocoso de la ciudad alcanza profundidades superiores a los 400 m en el sector de Cerro Colo-Colo (Aravena, 1997; Araneda et al., 1997).
- El suelo Escombros de falda Morro con costras de Sal (IV), se expandió hasta la Av. San Ignacio de Loyola, debido a los asentamientos que han experimentado los conjuntos G y W producto del suelo salino.
- El suelo Rocas del Morro con riesgo de deslizamientos (II), se expandió por la ladera oeste del Morro hasta el sector sur del barrio residencial La Lisera, según los sectores propensos a generar deslizamientos identificados por Méndez (2004).

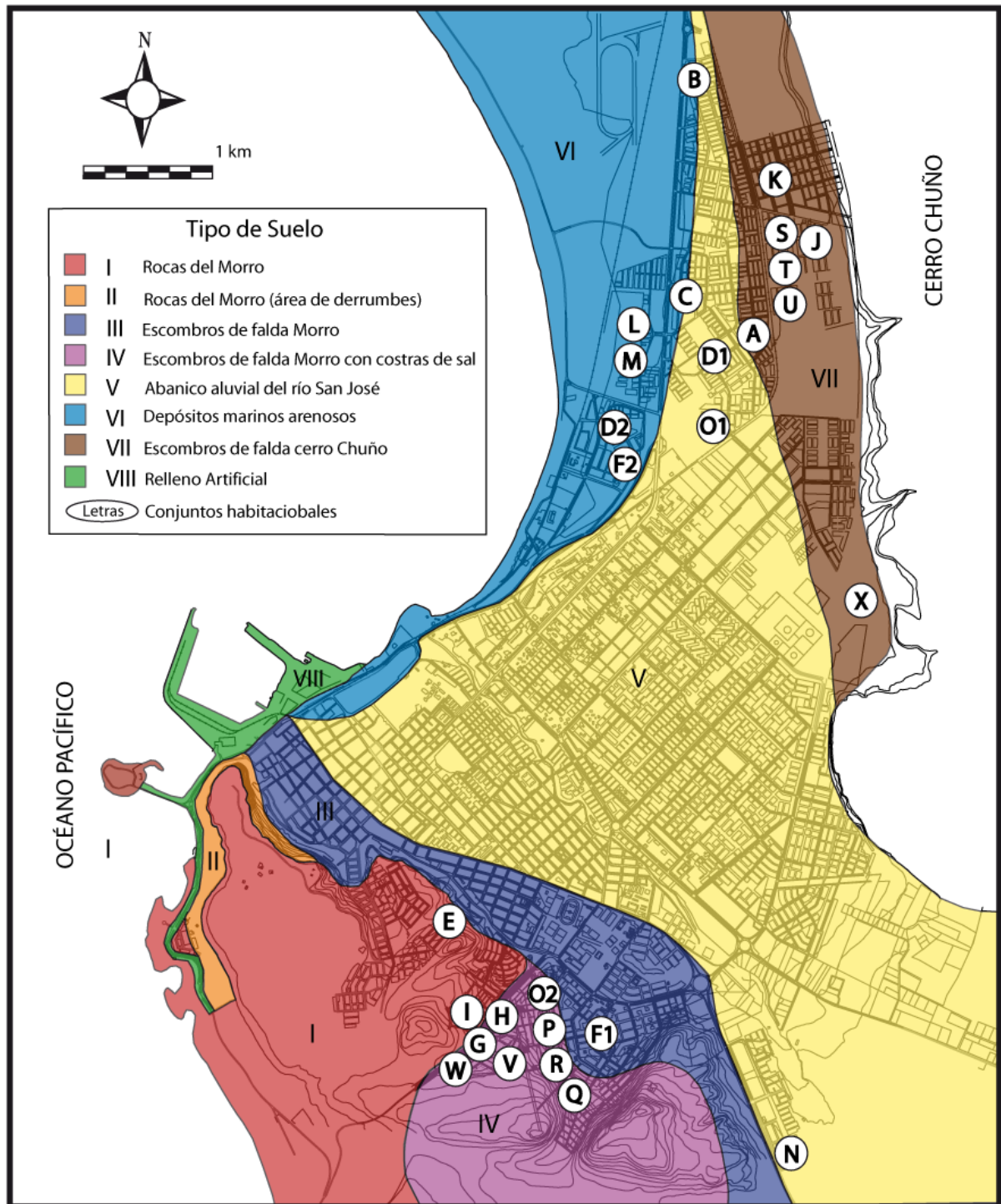


Figura 2. 6: Zonificación de Suelos. Los tipos de suelos se definen con números romanos (I-VIII) y los conjuntos habitacionales seleccionados con letras (A-X).

Fuente: Modificado de González (1998); Rojas (2000).

2.6 BASAMENTO ROCOSO DE LA CIUDAD

El basamento rocoso de la ciudad de Arica se profundiza rápidamente desde el Morro hacia el noreste, alcanzado profundidades de 340 m entre las Avenidas General Velásquez y José Victorino Lastarria (1.2 km desde el Morro), bajo los conjuntos Pucarani y Chungara. Luego, la profundidad comienza a disminuir rápidamente hasta alcanzar profundidades de 140 m entre las Avenidas Gonzalo Cerda y Santa María (2.5 km desde el Morro). Finalmente el basamento vuelve a profundizarse, pero más lentamente, hasta alcanzar profundidades superiores a los 400 m en el Sector Cerro Colo-Colo. El perfil transversal y su ubicación en planta se pueden ver en las Figuras 2.7 y 2.8 (Aravena, 1997; Araneda et al., 1997).

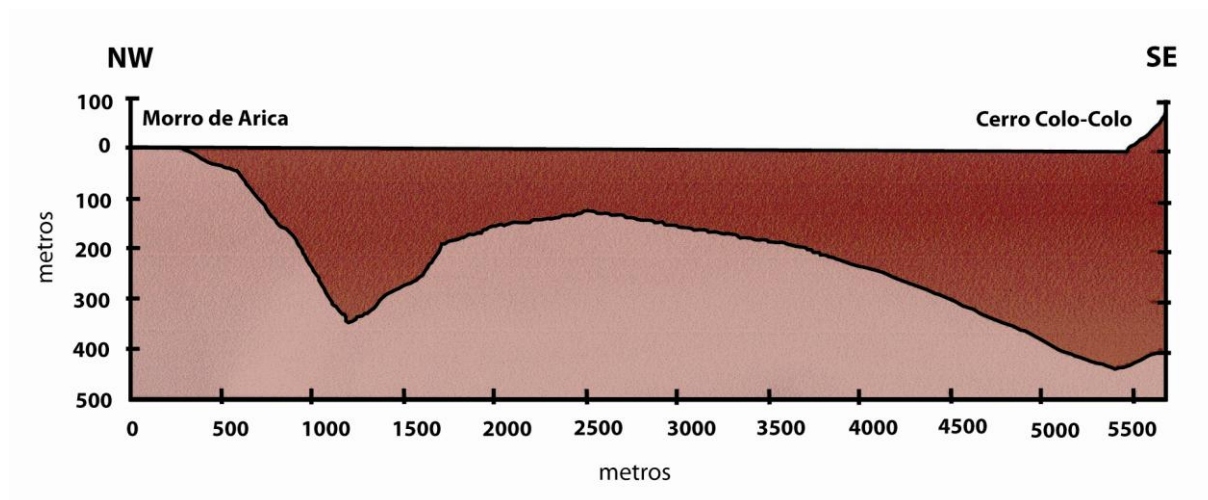


Figura 2. 7: Perfil transversal del basamento rocoso.

Fuente: Araneda et al.(1997).

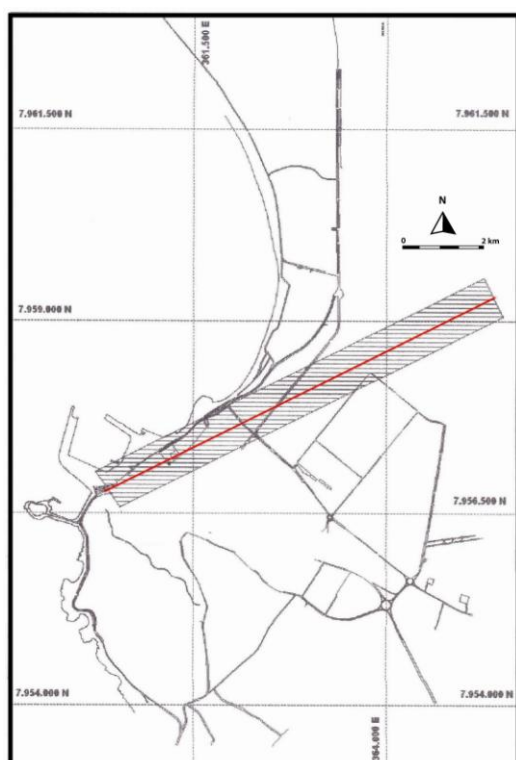


Figura 2. 8: Ubicación en planta del perfil transversal del basamento rocoso.

Fuente: Araneda et al.(1997).

2.7 AMENAZAS NATURALES DE LA CIUDAD DE ARICA

De los antecedentes históricos, se puede destacar que la ciudad de Arica ha sido afectada por sismos de gran magnitud en los años 1604, 1868 y 1877. Motivo por el cual presenta un alto riesgo sísmico en la medida que en el área se presenten condiciones vulnerables producto de las intervenciones del ser humano, en especial las relacionadas con las viviendas que se han construido los últimos años en los programas de vivienda social y los lugares que se han seleccionado para ubicarlas.

En relación con esto último, es necesario contar con antecedentes sobre las amenazas naturales que presenta la ciudad de Arica, entre las que destacan las que se detallan a continuación.

2.7.1 LICUEFACCIÓN

Una de las amenazas sísmicas que presenta la ciudad de Arica está relacionada con la potencialidad de que se produzca licuefacción en algunos sectores, lo cual puede afectar seriamente la estabilidad de las estructuras fundadas en arenas, como se ha podido comprobar en los dos últimos años en los terremotos ocurridos en Chile (2010) y Japón (2011).

La zona de la ciudad de Arica expuesta a experimentar licuefacción ha sido identificada por Méndez (2004), quien a través del estudio de la compacidad de los suelos y la baja profundidad del nivel freático, elaboró la Carta N° 6 (ver Figura 2.9). El estudio indica que la probabilidad de que se produzca licuefacción durante un evento sísmico es mayor en la zona costera del sector Chinchorro, donde abundan las arenas de playa o depósitos marinos arenosos.

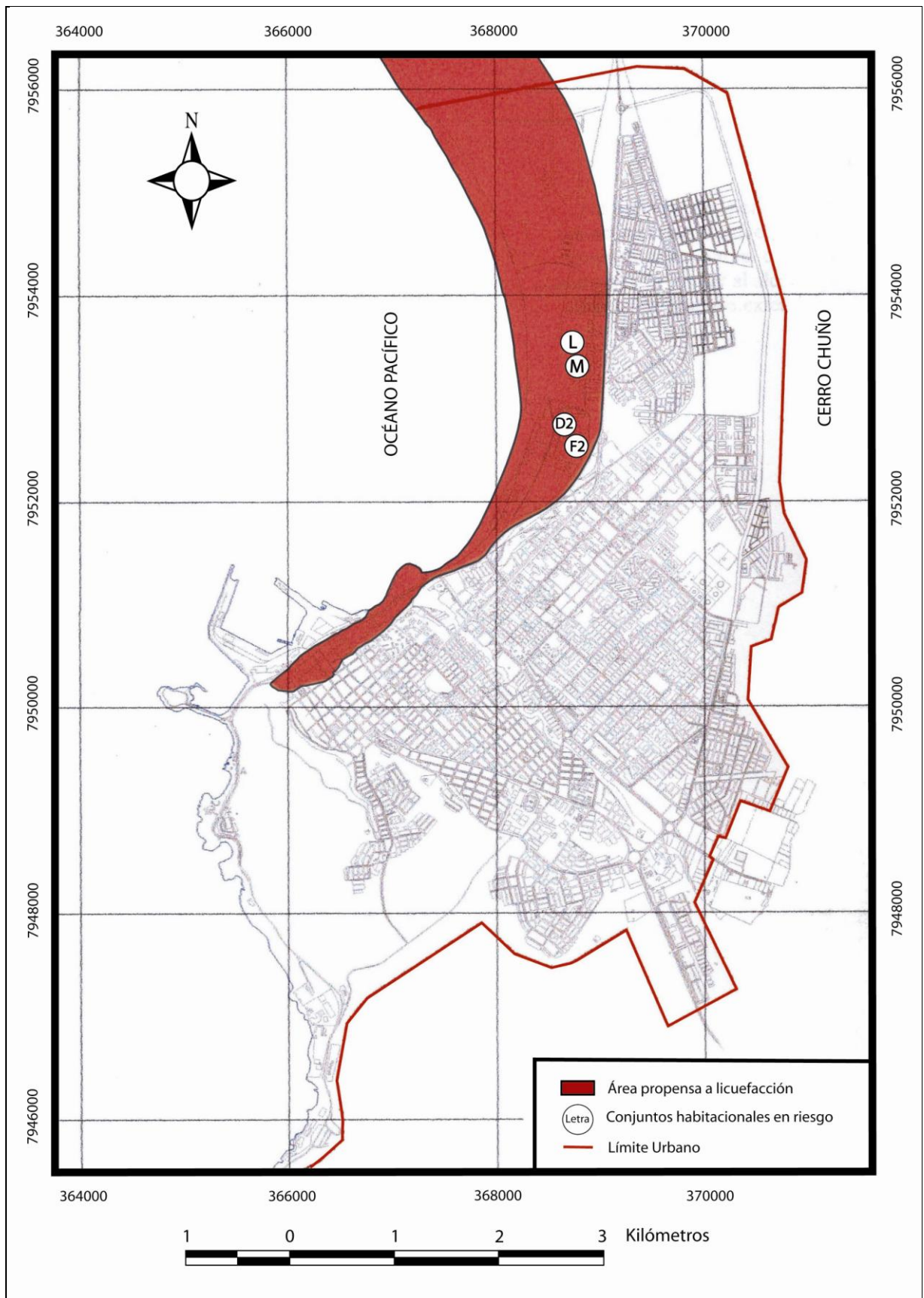


Figura 2. 9: Área propensa a licuefacción en la ciudad de Arica (Carta N°6). El área propensa a licuefacción se muestra en color y los conjuntos habitacionales expuestos con letras.

Fuente: Modificado de Méndez (2004).

2.7.2 TSUNAMI

Este fenómeno se produce cuando algún evento extraordinario desplaza una gran masa de agua y ésta se propaga en varias direcciones a una gran velocidad y a grandes distancias, como se ha comprobado en los grandes terremotos con epicentro costa afuera ocurridos en el mundo. Entre ellos se destacan, en los últimos 50 años, los terremotos ocurridos en el sur de Chile el 22 de mayo de 1960 ($M = 9.5^\circ$) y el 27 de febrero de 2010 ($M = 8.8^\circ$).

Las olas generadas se desplazan casi imperceptibles en mar abierto. Sin embargo, a medida que se acercan a las aguas poco profundas de la costa se transforman en olas de gran altura. Según registros históricos, el tsunami ocurrido en el océano Índico el 2004, registró olas de 30 m de altura.

Los tsunamis son generadas en un 90% por actividad sísmica en zonas de subducción en terremotos del tipo interplacas, recibiendo el nombre de maremotos tectónicos, pero también pueden ser generados por erupciones volcánicas, como la erupción del volcán Krakatoa en 1883 en Indonesia y por deslizamientos de Tierras, como el derrumbe ocurrido en Punta Tortuga en la Región de Aysén en 2007 en Chile, donde enormes laderas del cerro que conforman el fiordo de Puerto Aysén generaron olas de hasta 6 m de altura.

El Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) elaboró una carta de inundación por Tsunami para la ciudad de Arica, mediante la simulación numérica de los tsunamis ocurridos en los terremotos de los años 1868 y 1877 (SHOA, 1997). Para ello, se utilizaron datos digitales de topografía y batimetría del área; información urbana simplificada; antecedentes sísmicos de los eventos de 1868 y 1877 y antecedentes históricos para la validación de los resultados de la simulación.

En la figura 2.10, se muestra el contorno de la máxima inundación alcanzada por los eventos simulados. Sin embargo, se podrían presentar variaciones respecto al modelo, debido a los cambios que ha experimentado el borde costero producto de la intervención humana en esta zona.

El área de inundación establecida por el SHOA, contempla desde el sector costero sur de la ciudad, a partir de la zona de las pesqueras hacia el norte. El tsunami inundaría la terraza costera sur, siguiendo el contorno de la Avenida San Martín y el sector residencial del Balneario La Lisera. La ex isla Alacrán se inundaría completamente, seguida del Puerto, muelle pesquero y el astillero. El avance de la ola sería detenido parcialmente por el Morro, no obstante alcanzaría parte del sector céntrico, estimándose su avance hasta las calles Bolognesi y 21 de Mayo. Según registros históricos, el tsunami ocurrido en 1877, llegó a pocos metros de la catedral San Marcos. La ola continuaría su avance por la prolongación de la Avenida General Velásquez, hasta la desembocadura del río San José. A partir de este último, hacia el norte, se produce un aumento de nivel en el terreno, de 25 m aproximadamente, que continúa por la Avenida Luis Beretta hasta Avenida Antártica, el cual ofrece una barrera natural al avance del tsunami hacia la zona Los Industriales. Finalmente, el sector costero

de Chinchorro sería el más dañado de todos, debido al suave desnivel que presenta su topografía, por lo cual se estima que el área de inundación llegaría a pocos metros de la Avenida Alcalde Santiago Arata, siguiendo su contorno hasta el extremo norte de la ciudad, inundando algunos conjuntos habitacionales, tales como, Andrés Bello, Villa Aduana, John Wall y Poconchile. Sin embargo, los registros del tsunami de 1877, muestran que la inundación alcanzó niveles superiores, hasta los pies del cerro Chuño, pero de forma menos violenta.



Figura 2. 10: Área de inundación por Tsunami en la ciudad de Arica. El área de inundación se muestra en color y los conjuntos habitacionales seleccionados con letras (A-X).

Fuente: Elaborado a partir de datos del SHOA (1997).

2.7.3 DESLIZAMIENTOS Y DERRUMBES

Un deslizamiento corresponde a un fenómeno de remoción en masa de tierra provocado normalmente por la inestabilidad de un talud. Este fenómeno es causado por terremotos, flujos de agua, erupciones volcánicas o inestabilidad en las zonas circundantes al área afectada.

Según estudios de deslizamientos de tierra, en Chile el 43% de los deslizamientos y derrumbes en las regiones de Tarapacá, Arica y Parinacota son causados por sismos (ONEMI-PUC, 1983). En la ciudad de Arica se pueden distinguir ciertas zonas que se encuentran propensas a ser afectadas por fenómenos de esta naturaleza, debido a que la ciudad se ha ido expandiendo hacia las laderas de los Cerros del Cordón del Morro y la zona de Cerro Chuño.

Este fenómeno en el área de estudio se puede clasificar en tres tipos según los suelos de la ciudad; Caída de Rocas, Deslizamiento de Rocas y Caída de Suelos (Keefer, 1984). Las caídas de rocas o rodados (rock falls) se producen en todo tipo de rocas, principalmente en las fuertemente erosionadas y se presenta sobre los 45° de inclinación. Los deslizamientos de rocas (rock slides) se producen en masas de rocas débilmente cohesionadas y segregadas en fragmentos; se presentan sobre los 35° de inclinación. Por último, la caída de suelos (soil falls) corresponde al desprendimiento de un estrato de suelo de su masa principal y se presenta sobre los 40° de inclinación (Mendez, 2004).

Méndez (2004) identificó 9 sectores propensos a generar deslizamientos, para ello elaboró la Carta N°5 (Figura 2.11) y los agrupó en dos zonas según el origen topográfico: la zona Cordón del Morro y la zona Cerro Chuño. En la primera zona se concentran ocho de los nueve sectores identificados, debido a la fuerte pendiente que presenta esta cadena de cerros. Los dos primeros sectores presentan deslizamientos tipo soil falls y se ubican en el camino a playa Corazones, en la costa sur de la ciudad y junto al cordón de cerros del Morro. El tercer sector presenta el mismo tipo de deslizamiento y se ubica sobre el barrio "La Lisera". El Cuarto sector presenta deslizamientos tipo rock falls y rock slides, y se ubica en el flanco del Morro frente al puerto. El quinto sector se ubica en el flanco noreste del Morro y presenta deslizamientos tipo rock falls y soil falls, bajo éste se encuentra la zona céntrica más antigua de la ciudad. El sexto sector corresponde al flanco sureste del Morro y podría presentar deslizamientos tipo soil falls. El séptimo sector se ubica al costado este del Cerro la Cruz, presenta deslizamientos tipo rock slides y soil falls. Por la Avenida 21 de Mayo se encuentra ubicada una zona residencial que estaría expuesta a este tipo de evento, como es el caso del conjunto "Cotacotani". El octavo sector se ubica en la vertiente oriental del Portezuelo Pampa Nueva, presenta deslizamientos tipo soil falls y bajo esta área se encuentra un denso barrio residencial, compuesto por el conjunto habitacional "Pampa Nueva". El noveno y último sector, se encuentra en la segunda zona, en la ladera poniente del cerro Chuño; presenta deslizamiento tipo soil falls y en él, se encuentran zonas residenciales como el conjunto habitacional "Campo Verde" (Mendez, 2004).

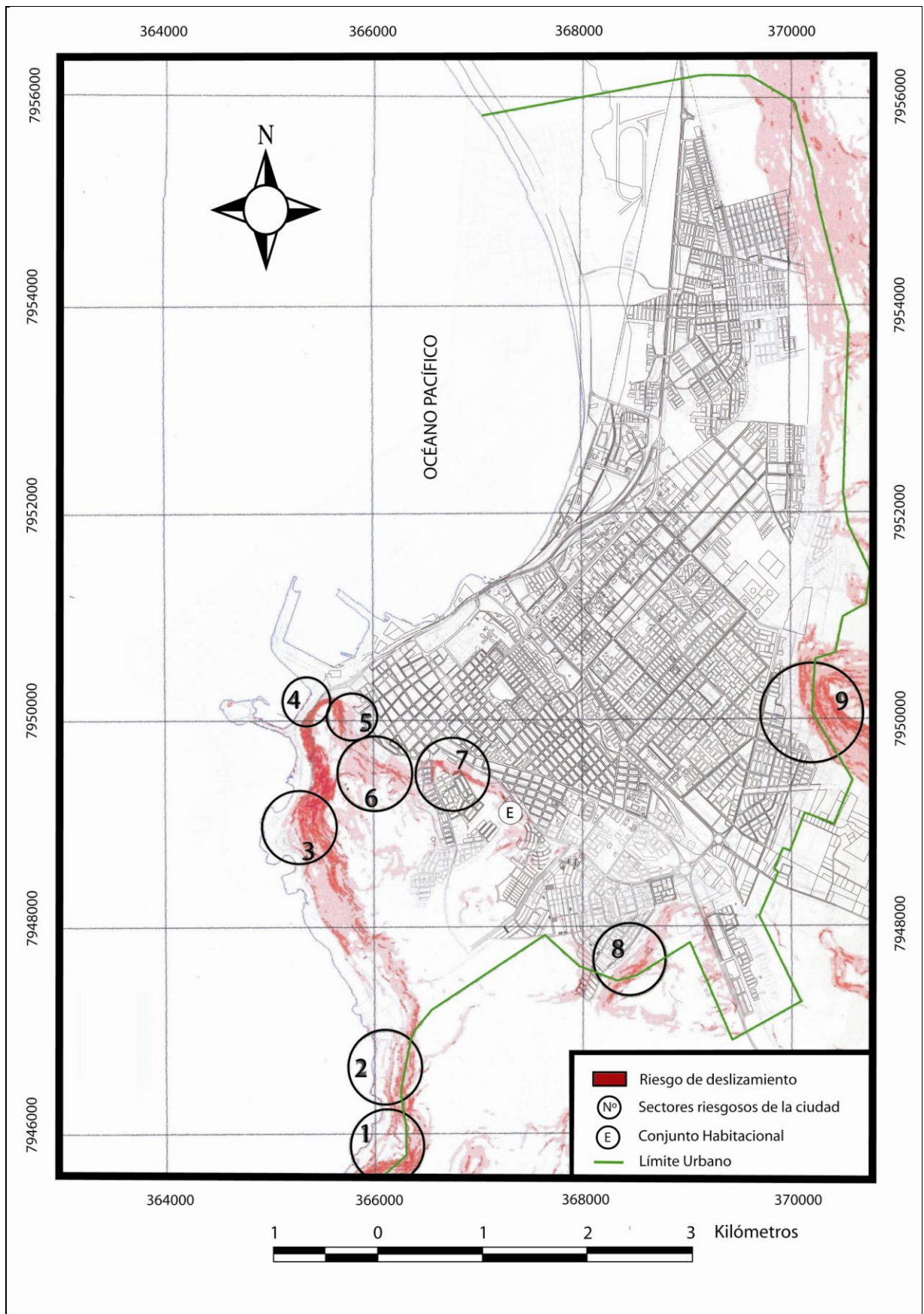


Figura 2. 11: Áreas propensas a remociones en masas o deslizamientos en la ciudad de Arica (Carta N°5). Las áreas propensas a deslizamientos y derrumbes se muestran en color. Los números indican los 9 sectores descritos por Méndez (2004) y el conjunto habitacional expuesto se muestra con su letra identificativa.

Fuente: Modificada de Méndez (2004).

2.8 ANTECEDENTES SOBRE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

2.8.1 LADRILLOS

El ladrillo utilizado en las construcciones de albañilería proviene de la fábrica de ladrillos "Melús", empresa con más de 50 años de experiencia, que fabrica distintos tipos de ladrillos (Anexo A-Figura A.3) y abastece a las principales ciudades del norte de Chile. Los ladrillos de arcilla son fabricados a máquina bajo estrictas normas de control de calidad, con arcillas extraídas del valle de Azapa, prensado al vacío y cocidos a altas temperaturas en hornos especiales (Rojas, 2000).

Los ladrillos utilizados en la construcción de estructuras de albañilería corresponden al tipo MqH Grado 1, con perforaciones y huecos verticales, regularmente distribuidos y dispuestos perpendicularmente a la cara de apoyo y con un volumen mayor o igual al 50% del volumen bruto o total. Las propiedades mecánicas de estas unidades son las siguientes (NCh169): una resistencia mínima a la compresión de 15 [MPa], una absorción máxima de agua de 14 % y una adherencia mínima de 0.4 [MPa]. En la actualidad el ladrillo más utilizado para viviendas de dos pisos corresponde al de la línea "Sanson Grande" (24x14x7 [cm]), alcanzando resistencias del orden de 15 [MPa] a la compresión, 0.7 [MPa] de Adherencia y una absorción de agua de 13.7 % (Rojas, 2000). Todos los conjuntos seleccionados en este estudio, usan ladrillos de espesor de 14 [cm], valor mínimo recomendado por la norma NCh2123.Of 97 y NCh1928.Of 93 para unidades hechas a máquina.

Para los efectos del cálculo de los índices de vulnerabilidad usados en esta memoria, se utiliza los valores indicativos dados en la norma NCh2123.Of 97 para estimar la resistencia básica de corte (τ_m) de la albañilería, correspondiendo a estas unidades a 0.5 [MPa].

2.8.2 BLOQUES DE HORMIGÓN

Los bloques de hormigón de cemento utilizados en la construcción son fabricados por la empresa "Bottai S.A.", empresa con una larga trayectoria desde el año 1929. La fabricación se realiza con maquinaria especial bajo asesoría técnica especializada y todos los productos son controlados en un laboratorio. Los bloques huecos de hormigón, usados como elementos resistentes en la construcción de viviendas, clasifican en clase A y cumplen con la norma NCh181.Of 65. El cemento usado corresponde al fabricado por "Inacesa" y los áridos se obtienen de la quebrada de Hacha, pasando por lavado de sales; otros insumos se adquieren en "Ready Mix" (Rojas, 2000).

Los bloques de hormigón (Anexo A-Figura A.4) utilizados en viviendas de albañilería dependen del tipo de muro estructural que se construye, los bloques de espesor de 10 [cm] se usan en muros no estructurales e interiores, y los bloques de espesores de 14 y 15 [cm] se utilizan en muros estructurales para viviendas de 1 y 2 pisos. La resistencia que pueden alcanzar estas unidades rodean los 9 [MPa] y tienen una absorción promedio de agua de 140 [kg/m³] (Rojas, 2000).

En la ciudad de Arica existen otras fábricas que elaboran bloques sin ningún tipo de control de calidad de las materias primas, ni tampoco asistencia técnica calificada en el proceso de fabricación, generando un producto de menor calidad, con propiedades mecánicas más bajas que las exigidas por la norma NCh181.Of 65. Estas unidades son utilizadas en la autoconstrucción de viviendas y en las ampliaciones de las viviendas sociales.

Para los efectos del cálculo de los índices de vulnerabilidad usados en esta memoria, se utiliza los valores indicativos dados en la norma NCh2123.Of 97 para estimar la resistencia básica de corte (τ_m) de la albañilería, correspondiendo a estas unidades a 0.3 [MPa].

2.8.3 CEMENTOS

El cemento más utilizado corresponde al Inacesa Especial. De acuerdo con la norma NCh148.Of 68 se clasifica según su resistencia y composición como cemento clase puzolánico, grado corriente. Este cemento presenta las siguientes propiedades: buen desarrollo de resistencias normales, altas resistencias finales, menor calor de hidratación y resistencia a los sulfatos y agua de mar.

También se ha utilizado el cemento Yura puzolánico de fabricación Peruana, pero en menor cantidad, debido a la desventaja de presentar un fraguado rápido, presumiblemente debido a los altos contenidos de cal (Rojas, 2000).

Por último, también se ha utilizado cemento Polpaico especial, el cual es muy adecuado para obras en ambientes agresivos, tiene buen comportamiento frente a sales y sulfatos, garantiza la resistencia y durabilidad en el tiempo, y desarrolla bajo calor de hidratación.

2.8.4 ÁRIDOS

La extracción de áridos a lo largo de los años se ha realizado principalmente en el valle de Azapa, desde la ribera del río San José, el cual presenta arenas bien graduadas y de buena calidad, con bajo contenido de sales y finos. También se ha utilizado la ribera del río Lluta, ubicada más al norte de la ciudad en el valle del mismo nombre, pero en menor medida debido a los altos contenidos de sales presentes en los áridos.

Las constructoras compran los materiales a procesadores de áridos que producen un elemento lavado y chancado, obtenido principalmente de pozos ubicados en la quebrada de Acha, valle de Azapa y Lluta; como por ejemplo, los pozos Horpac e Iglesias.

A partir de 1996 se estableció la empresa "Ready Mix", productora de hormigón premezclado, quienes presentan su propia producción de áridos lavados y chancados en planta. Su pozo de extracción está ubicado en el sector norte de la ciudad (Rojas, 2000).

En la Tabla 2.1 se detallan las principales propiedades de los áridos utilizados en la ciudad de Arica.

Tabla 2. 1: Propiedad de los Áridos utilizados en Construcción.

Árido	Granulometría	Cantidad de Finos	Cloruros y Sulfatos
Arena	<i>Bien Graduadas, cumpliendo con la norma NCh2256</i>	<i>< Tamiz N°200. Alrededor de 2.0 sobre la norma NCh1223</i>	<i>Excedido de la norma NCh1444</i>
Grava	<i>Bien Graduadas, cumpliendo con la norma NCh163</i>	<i>< Tamiz N°200. Alrededor de 0.2 bajo la norma NCh1223</i>	<i>Para los cloruros se presenta cercano a límite que estipula la norma NCh1444 y para los sulfatos se presenta bajo ella</i>
Gravilla	<i>Bien Graduadas, cumpliendo con la norma NCh163</i>	<i>< Tamiz N°200. Alrededor de 0.3 bajo la norma NCh1223</i>	<i>Para los cloruros se presenta levemente superior al límite que estipula la norma NCh1444 y para los sulfatos se presenta bajo ella</i>

Fuente: Rojas (2000)

2.8.5 HORMIGÓN Y MORTEROS

La presencia de "Ready Mix" en el mercado de la ciudad, ha mejorado la calidad de los hormigones utilizados en la construcción. Sin embargo, algunos hormigones confeccionados antes de que esta empresa apareciera tienen un buen comportamiento, como se puede ver en los ensayos realizados a testigos de los muros del edificio de la Gobernación Marítima de Arica ($f_c > 18$ [MPa]). En los hormigones confeccionados para la autoconstrucción de pilares y cadenas, se obtienen resistencias muy variables, entre 121 y 278 [kg/cm²] a los 28 días (Rojas, 2000).

Los ensayos de control realizado a diferentes probetas de hormigón, por el Instituto de Investigaciones y Ensayos de Materiales (IDIEM), muestran que los conjuntos seleccionados cumplen con las resistencias especificadas por los calculistas de cada proyecto. Por consiguiente, se puede aceptar que los hormigones utilizados en los elementos estructurales de las viviendas cumplen con la resistencia mínima a la compresión requerida por la ACI 318-95, y que también, el hormigón de relleno cumple con lo requerido por la norma NCh1928.Of 03 ($f_c > 17.5$ [MPa]).

El mortero de junta es un elemento muy importante en las construcciones de albañilería, debido a sus múltiples funciones, entre ellas: unir las unidades; impedir la penetración de aire y agua; y adherir las armaduras de refuerzo ubicada en las juntas, las amarras metálicas y los pernos de anclaje. Ensayos realizados a probetas de mortero entregan una resistencia promedio de 17.3 [MPa] (Rojas, 2000). Este valor es aceptable, dado que en ningún caso esta resistencia debe ser menor que 10 [MPa] cuando la albañilería se construye con unidades hechas a máquina (NCh2123.Of 03; NCh1928.Of 03).

2.9 DATOS DE POBLACIÓN Y VIVIENDA

Los datos entregados corresponden al XVII Censo Nacional de Población y al VI de Vivienda, realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) el año 2002. A la fecha que se realizó el censo, los datos fueron registrados antes de que la región de Arica y Parinacota se separara de la región de Tarapacá. Sin embargo, debido a que el Censo entregó información para cada Provincia de la antigua I Región de Tarapacá, es posible obtener los datos para la nueva XV Región de Arica y Parinacota.

A nivel nacional la XV Región de Arica y Parinacota tiene el 1.25% de la población total del país, correspondiendo a una de las regiones más despobladas, junto a las regiones I, III, XI y XII. En la Tabla 2.2 se muestra la cantidad de habitantes por región al año 2002, se observa que las zonas más extremas del país tienen los porcentajes más bajo de población y queda de manifiesto la gran centralización que existe en la región Metropolitana de Santiago, que concentra a más del 40 % de la población total del país.

Tabla 2. 2: Población total en Chile (INE, 2002).

<i>Población a nivel nacional</i>			
Región	Nombre	Cantidad	%
I	Tarapacá	238.950	1.58
II	Antofagasta	493.984	3.27
III	Atacama	254.336	1.68
IV	Coquimbo	603.210	3.99
V	Valparaíso	1.539.852	10.19
VI	Bernardo O'Higgins	780.627	5.16
VII	Maule	908.097	6.01
VIII	Biobío	1.861.562	12.31
IX	Araucanía	869.535	5.75
X	Los Lagos	716.739	4.74
XI	Aysén	91.492	0.61
XII	Magallanes	150.826	1.00
RM	Metropolitana	6.061.185	40.10
XIV	Los Ríos	356.396	2.36
XV	Arica y Parinacota	189.644	1.25
Total	Chile	15.116.435	100.00

Según los datos aportados por el Censo 2002, la región de Arica y Parinacota está poblada por 189.644 habitantes y su densidad alcanza los 11.2 habitantes por km² al año 2002. De los cuales 176.676 habitantes se encuentran en las áreas urbanas de la región (93.2 %), siendo la ciudad más poblada Arica con 175.441 habitantes. En la Tabla 2.3 se puede ver la cantidad de habitantes según provincia y área urbana de la XV Región.

Tabla 2. 3: Población total de la XV Región según provincia y área urbana (INE, 2002).

<i>Región de Arica y Parinacota</i>						
Área	Provincia				Total de la Región	
	Arica		Parinacota			
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
Urbana	175.441	92.5	1.235	0.7	176.676	93.2
Rural	11.047	5.8	1.921	1.0	12.968	6.8
Total	186.488	98.3	3.156	1.7	189.644	100

El espacio urbano de la ciudad de Arica acoge al 92.5% de la población total de la región, en una superficie de 41.89 km², correspondiendo a la ciudad más poblada de todas. En el 2007 Arica tenía más de 185.000 habitantes, sin contar los habitantes de los valles de Azapa y Lluta; con estos llegarían casi a los 194.000 habitantes.

Respecto a los materiales utilizados en construcción, en la XV Región de Arica y Parinacota, se tiene que la albañilería es el material más usado, ocupando un 59.3% del total de la región. Al año 2002 hay construidas 13.249 viviendas de ladrillo (28.8%) y 14.004 viviendas de bloque de hormigón (30.5%), de un total de 45.948 viviendas en la región (ver Tabla 2.4 y Figura 2.12). A nivel nacional, la región de Arica y Parinacota ocupa el segundo lugar en la utilización de albañilería como material principal para la construcción de viviendas; liderando la región Metropolitana con un 62% al año 2002 (ver Tabla 2.5).

Tabla 2. 4: Material de construcción de la XV Región según provincia (INE, 2002).

<i>Región de Arica y Parinacota</i>						
Material de Construcción	Arica		Parinacota		Total Región	
	Viviendas	%	Viviendas	%	Viviendas	%
Hormigón armado	7.657	16.9	35	4.7	7.692	16.7
Ladrillo	13.220	29.2	29	3.9	13.249	28.8
Bloque (prefabricado)	13.871	30.7	133	17.8	14.004	30.5
Madera o tabique forrado	9.171	20.3	71	9.5	9.242	20.1
Internit	429	0.9	1	0.1	430	0.9
Adobe	559	1.2	457	61.2	1.016	2.2
Desechos	294	0.7	21	2.8	315	0.7
Total	45.201	100	747	100	45.948	100

Tabla 2. 5: Material de construcción por Regiones de Chile, en porcentajes (INE, 2002).

Regiones de Chile	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	R.M	XIV	XV
Material de Construcción															
Hormigón armado	22	34	14	10	17	4	4	13	6	4	4	5	19	4	17
Ladrillo	16	5	8	33	35	53	50	25	10	2	2	7	58	3	29
Paneles estructurales, bloque (prefabricado)	30	46	38	18	5	3	2	3	3	3	8	3	4	3	30
Madera o tabique forrado	27	10	19	21	29	21	20	48	75	87	79	82	15	86	20
Internit	2	1	9	5	7	2	1	7	6	4	5	2	1	4	1
Adobe, barro empajado	2	4	12	12	7	16	22	4	1	0	2	0	3	0	2
Desechos (lata, cartones, plástico,etc.)	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

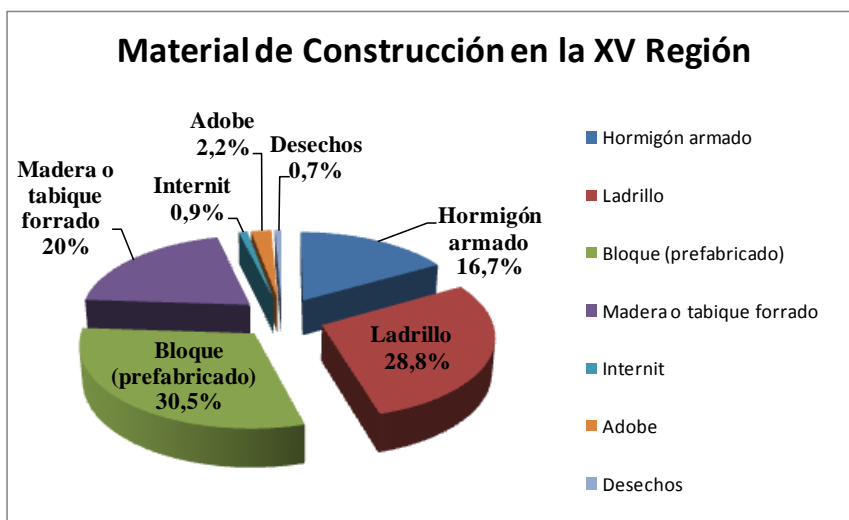


Figura 2. 12: Material de construcción utilizado en la ciudad de Arica (INE, 2002).

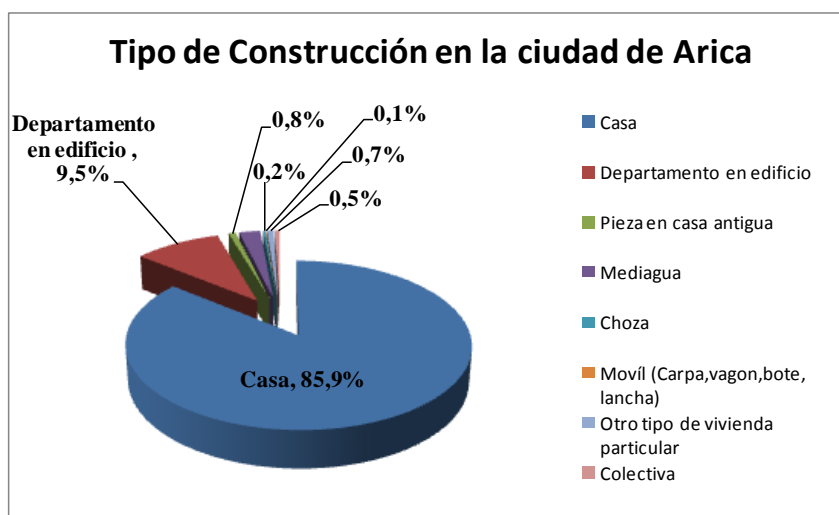


Figura 2. 13: Tipo de construcción en la ciudad de Arica (INE, 2002).

Según los datos estadísticos del censo de vivienda se puede comprobar que en la ciudad de Arica se encuentran emplazadas la mayor cantidad de viviendas construidas de albañilería de la región y que el tipo de construcción predominante corresponde a las viviendas de tipo casa (Figura 2.13). Por lo anterior, el presente estudio considera una muestra de las viviendas clasificada como "casa" y construidas de albañilería.

2.10 RIESGO SÍSMICO DE LA CIUDAD DE ARICA

Para evaluar el riesgo sísmico que existe en la ciudad de Arica frente a un evento telúrico, es necesario considerar la amenaza sísmica y los fenómenos naturales asociados con ella y la vulnerabilidad de los elementos que se han incorporado al ambiente natural.

En el estudio del riesgo sísmico de la ciudad de Arica, Méndez (2004) considera las amenazas sísmicas locales que ponen en peligro las estructuras, estas son: tsunamis, licuefacción, deslizamientos y derrumbes. Para determinar la vulnerabilidad global de la ciudad de Arica frente a una amenaza sísmica, Méndez (2004) utiliza la metodología multicriterio de análisis jerárquico de Saaty (1997). Para ello divide la ciudad en 9 zonas y pondera los factores de riesgo; la amenaza sísmica en un 60% y la vulnerabilidad sísmica en un 40%. Para cuantificar la amenaza sísmica inducida utiliza la ponderación de diferentes valores adoptados para cada zona con riesgo de tsunamis (65%), licuefacción (23%) y deslizamientos (12%). Mientras que para cuantificar la vulnerabilidad sísmica utiliza dos criterios diferentes: la vulnerabilidad socioeconómica (40%), cuyo parámetro es la densidad poblacional neta; y la vulnerabilidad de la construcción (60%), cuyos parámetros son la calidad y materialidad de las construcciones.

Con los resultados obtenidos, Méndez (2004) elaboró un mapa de vulnerabilidad global para la amenaza sísmica de la ciudad de Arica (Carta N°12), agrupando en cuatro niveles la vulnerabilidad global: muy alta, alta, media y baja. Los resultados se observan en la Figura 2.14.

De este estudio se concluye que los sectores de Chinchorro y Centro-Puerto presentan un rango de vulnerabilidad global muy alto. El sector Chinchorro presenta el porcentaje ponderado más elevado de licuefacción y tsunami, como también, el segundo porcentaje ponderado más alto en calidad y materialidad de la construcción. Más al sur de la ciudad, el sector Centro Puerto presenta el porcentaje ponderado más elevado en calidad y materialidad de la construcción, y altos porcentajes ponderados de densidad poblacional neta y tsunami.

Los sectores de la zona de Arica Sur y Costa Sur presentan un rango de vulnerabilidad global alto. El sector de Arica Sur presenta el porcentaje ponderado más elevado en densidad poblacional neta y un porcentaje ponderado medio en la calidad y materialidad de la construcción. La Costa Sur presenta un alto porcentaje ponderado de tsunami, mientras que presenta bajos valores en el resto de los parámetros.

Los sectores de Cardenal Silva Enríquez y Chile presentan un rango de vulnerabilidad global medio. El primero presenta porcentajes ponderados medios en calidad y materialidad de la construcción, densidad de población neta y tsunami. El sector Chile posee porcentajes ponderados medios en calidad y materialidad de la construcción, como también, en densidad de población neta.

Los sectores de Morro, Industriales y Saucache-Magisterio, presentan bajos porcentajes ponderados en todos los parámetros estudiados.

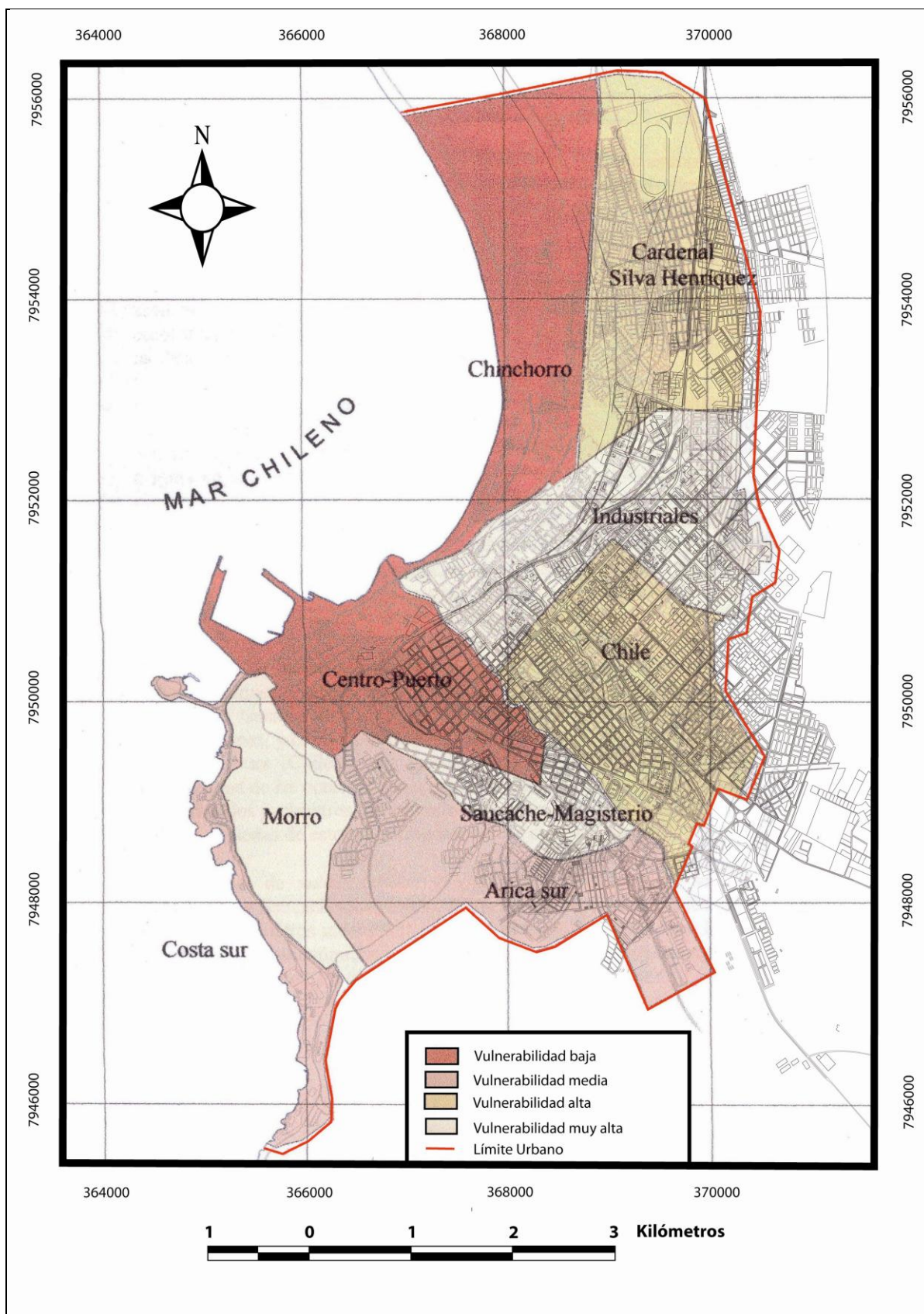


Figura 2. 14: Vulnerabilidad global por amenaza sísmica inducida en la ciudad de Arica (Carta N°12).
Fuente: Méndez (2004)

A partir del análisis y jerarquización de la vulnerabilidad al riesgo sísmico de la ciudad de Arica, realizado por Méndez (2004), se concluyen los siguientes puntos:

- La vulnerabilidad global por amenaza sísmica en la ciudad de Arica presenta los valores más elevados en los sectores costeros Chinchorro, Centro-Puerto y Costa Sur; como también, el sector de Arica Sur.
- El sector de Chinchorro corresponde a la zona más vulnerable y expuesta de todas, debido a la baja consolidación de sus sedimentos, sumado a la baja profundidad del nivel freático con altas probabilidades de experimentar licuefacción y al hecho de estar ante la amenaza de impacto e inundación de un eventual tsunami. Además, este sector está expuesto a experimentar las aceleraciones efectivas más elevadas de la ciudad, como se pudo comprobar con los datos instrumentales de aceleración registrados en el sismo del sur de Perú de 2001 (Boroschek et al., 2001). En este sismo, la aceleración máxima se produjo en los depósitos marinos arenosos, mientras que, para el mismo evento, en los depósitos del abanico aluvial del río San José se tuvo una aceleración mucho menor. Cabe señalar que el estudio realizado para definir las zonas de inundación considera los eventos históricos que han ocasionado tsunamis, sin suponer que un sismo superior a los ocurridos, podría producir inundaciones mayores a las proyectadas. Por lo tanto, todas las viviendas ubicadas frente al borde costero en el sector de Chinchorro y parte de las ubicadas en el sector de Cardenal Silva Henríquez presentan un gran riesgo de inundación y destrucción, como el que se produjo en el terremoto de Japón de 2011.
- El sector de Arica Sur, en la parte ubicada sobre los escombros de falda del Morro con costras de Sal, se presenta otra zona con alto riesgo de vulnerabilidad por amenaza sísmica, debido a que los terrenos donde se ubican algunas construcciones contienen gran concentración de sales, susceptibles a la lixiviación, lo que puede provocar la socavación de las fundaciones de las viviendas. Este fenómeno ya ha producido que algunas viviendas, sufran asentamientos diferenciales en sus fundaciones, agrietando sus muros, con la consecuente reducción de resistencia de éstos, como se puede ver en los conjuntos habitacionales G y W (ver Figuras 4.69 y 4.70 - Capítulo 4).
- La calidad de las construcciones en general es buena en un 85% de la ciudad. Presenta el calificativo regular en algunas zonas de los sectores Cardenal Silva Henríquez y Chile, mientras que, la peor calidad se concentra en el sector Centro-Puerto, correspondiente al sector más antiguo de la ciudad, y en el cual predominan las construcciones de adobe (Mendez, 2004).

CAPÍTULO 3

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

Para caracterizar las viviendas sociales de albañilería de la ciudad de Arica se usan tres índices de vulnerabilidad, que consideran las propiedades sismorresistente de los edificios en su determinación.

Teniendo en cuenta el número de propiedades que se consideran en la determinación de cada índice, éstos se clasifican en diferentes niveles, correspondiendo a los índices de menor nivel aquellos que consideran menor número de propiedades.

3.1 ÍNDICES DE VULNERABILIDAD DE PRIMER NIVEL

El uso de este tipo de índice es útil para estudios preliminares de vulnerabilidad sísmica de estructuras, para las cuales se cuenta con poca información.

3.1.1 ÍNDICE DE MELI

Este índice fue propuesto por Roberto Meli (1991). El índice se basa en el método simplificado de diseño presentado en la norma de diseño sísmico mexicana, bajo el supuesto que la fuerza de corte generada por un sismo en cada entrepiso, se distribuye en cada dirección de la planta del edificio en forma proporcional al área de cada muro.

Igualando la capacidad resistente de un piso con la demanda sísmica en él, se obtiene la expresión del Índice de Meli:

$$d = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} (F_i \cdot A_i)}{A_p} = \frac{F_c \cdot C_s \cdot n \cdot w}{V_m \cdot F_r} \quad \text{Ec. 3.1}$$

La ecuación anterior se puede expresar por unidad de pisos para cada dirección de la planta, ecuación que se conoce como el índice de densidad de muros por unidad de piso:

$$d/n = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} (F_i \cdot A_i)}{n \cdot A_p} * 100 \text{ [%]} \quad \text{Ec. 3.2}$$

donde :

A_i : área bruta de la sección transversal del muro orientado en la dirección de análisis;

A_p : área total de la planta del piso analizado, medida entre los ejes perimetrales;

n : número de pisos por sobre el nivel considerado;

m : número de muros orientados en la dirección de análisis;

F_i : factor de reducción de la resistencia al corte por efecto de la esbeltez del muro, se considera su efecto en los muros cuya altura excede 1.33 veces el largo;

$$\begin{aligned} F_i &= 1 && \text{Si } H_i/L_i \leq 1.33 \\ F_i &= (1.33 \cdot L_i/H_i)^2 && \text{Si } H_i/L_i > 1.33 \end{aligned}$$

H_i : altura del muro;

L_i : largo del muro.

En el caso de existir muros de hormigón armado en el edificio, se transforman por una sección equivalente de albañilería de igual resistencia al corte, para lo cual se utiliza el factor de transformación FR_2 de la ecuación 3.3 (Osorio, 1995).

$$FR_2 = \frac{0.29 \cdot \sqrt{f'_c}}{0.23 \cdot \tau_0 + 0.12 \cdot \sigma_0} \quad \text{Ec. 3.3}$$

donde :

f'_c : resistencia cilíndrica a la compresión del hormigón [kg/cm^2];

τ_0 : resistencia básica de corte de la albañilería [kg/cm^2];

σ_0 : tensión normal debido al esfuerzo axial que producen las cargas verticales [kg/cm^2].

Producto de esta transformación la ecuación del índice queda expresada por la ecuación 3.4.

$$d/n = \frac{\sum_{i=1}^{na} (F_i \cdot A_{Ai}) + \sum_{j=1}^{nh} (F_j \cdot A_{Hj}) \cdot FR_2}{n \cdot A_p} * 100 \quad [\%] \quad \text{Ec. 3.4}$$

donde :

A_{Ai} : área de muro de albañilería;

A_{Hj} : área de muro de hormigón armado;

na : número de muros de albañilería en la dirección de análisis;

nh : número de muros de hormigón armado en la dirección de análisis.

Para los efectos de esta transformación no se consideran los pilares de confinamiento de hormigón armado.

3.1.1.1 Relación entre el índice de densidad de muros por unidad de pisos (d/n) y el nivel de daño

A través de la información reunida de dos terremotos ocurridos en las últimas décadas; en particular los terremotos ocurridos en Chile Central (1985) y en Tocopilla (2007), se ha podido comprobar que el nivel de daños observados en estructuras de albañilería se pueden relacionar con la densidad de muros por unidad de piso. Con esta información se ha podido establecer una relación entre la densidad de muros por unidad de piso (d/n) y cuatro niveles de daño para estructuras de albañilería construidas con unidades cerámicas hechas a máquina (Küpfer, 1993) y con bloques de hormigón en el Norte de Chile (Román y Astroza, 2009). Estas relaciones se indican en las Tablas 3.1 y 3.2.

Tabla 3. 1: Relación entre el nivel de daño y la densidad de muros de edificios de albañilería construidos con ladrillos cerámicos (Küpfer, 1993).

Nivel de daño	Categoría de daño	Densidad de muros, (d/n) en %
Daño Leve	0 y 1	≥ 1.15
Daño Moderado	2	$1.15 > d/n \geq 0.85$
Daño Severo	3	$0.85 > d/n \geq 0.50$
Daño Grave	4 y 5	< 0.50

Tabla 3. 2: Relación entre el nivel de daño y la densidad de muros de edificios de albañilería construidos con bloques huecos de hormigón, en el Norte de Chile (Román, 2009).

Nivel de daño	Categoría de daño	Densidad de muros, (d/n) en %
Daño Leve	0 y 1	≥ 2.5
Daño Moderado	2	$2.5 > d/n \geq 2.0$
Daño Severo	3	$2.0 > d/n \geq 1.0$
Daño Grave	4 y 5	< 1.0

Cabe destacar que el trabajo de Küpfer (1993) está basado en el estudio de los daños observados en edificios de albañilería, construidos con ladrillos cerámicos hechos a máquina, durante el terremoto del 3 de marzo de 1985 en la ciudad de Santiago. La muestra corresponde a 17 edificios de entre 3 y 4 pisos de altura, de uso habitacional y construidos entre los años 1975 y 1985. Los edificios se ubican en sectores donde las intensidades macrosísmicas fueron entre VII y VIII grados en la escala MSK-64.

Por otro lado, el trabajo de Román (2009) está basado en el estudio de los daños observados en viviendas de albañilería armada y confinada construida con bloques huecos de hormigón. La muestra corresponde a 19 conjuntos de viviendas de 1 y 2 pisos de altura, de uso habitacional. Estas viviendas estuvieron expuestas al terremoto del 14 de noviembre del año 2007, de magnitud 7.5° en la escala de Richter. Cabe destacar que los valores mostrados en la Tabla 3.2 corresponden a viviendas ubicadas en

la ciudad de Tocopilla y que no cumplen con las normas de diseño NCh2123 y NCh1928 y que se sitúan en sectores donde las intensidades macrosísmicas fueron entre VII y VIII grados.

Las categorías de daño corresponden a la descrita en la Tabla 3.3.

Tabla 3. 3: Categoría de daños.

n	Categoría	Descripción
0	Sin Daño	Sin daño
1	Daño no estructural pequeño	Grietas finas en estucos, caída de trozos de estucos en zonas limitadas.
2	Daño estructural pequeño	Pequeñas grietas en muros de albañilería, desprendimiento de trozos de estuco en zonas extendidas. Daños en elementos no estructurales como chimeneas, estanques, frontones, cornisas, etc. La capacidad resistente de la estructura no está reducida apreciablemente. Fallas generalizadas en los elementos no estructurales.
3	Daño estructural moderado	Grietas grandes y profundas en muros de albañilería; extenso agrietamiento en muros, columnas y machones de hormigón armado. Inclinación o caída de chimeneas, estanques, etc. La capacidad resistente de la estructura está parcialmente reducida.
4	Daño estructural severo	Se caen trozos de muros, se parten los muros interiores y exteriores, y se producen desplomes entre sus trozos. Corte en elementos que unen parte del edificio. Aproximadamente falla un 40% de los elementos estructurales principales. El edificio toma una condición peligrosa.
5	Colapso	Colapso de una gran parte o el total del edificio.

3.1.2 ÍNDICE DE LOURENCO Y ROQUE

Lourenco y Roque (2006) proponen tres índices de vulnerabilidad de primer nivel para evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificios de albañilería. Estos índices son los siguientes.

3.1.2.1 Razón de área de muros en planta

Este índice se determina por la relación entre el área total de muros resistentes sísmicamente en cada una de las direcciones principales de la planta y el área total de la planta de la estructura en estudio. Para su cálculo se utiliza la ecuación 3.5.

$$LR_1 = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} A_i}{A_p} * 100 \quad [\%] \quad \text{Ec. 3.5}$$

donde :

A_i : área bruta de la sección transversal del muro orientado en la dirección de la planta que se analiza;

A_p : área total de la planta del piso analizado, medida entre los ejes perimetrales;

m : número de muros orientados en la dirección de análisis.

3.1.2.2 Razón entre el área de muros en planta y el peso del edificio

Este índice se determina por la relación entre el área total de muros resistentes sísmicamente en cada una de las direcciones principales de la planta y el peso sísmico total del edificio. Para su cálculo se utiliza la ecuación 3.6.

$$LR_2 = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} A_i}{P} \quad [L^2 F^{-1}] \quad \text{Ec. 3.6}$$

donde :

A_i : área bruta de la sección transversal del muro orientado en la dirección de análisis;

P : peso total del edificio sobre el nivel basal;

m : número de muros orientados en la dirección de análisis.

Para los efectos de esta memoria, el peso sísmico total de cada edificio se calcula considerando los valores unitarios de la Tabla 3.4. Además, el peso sísmico del edificio se calcula considerando el 25% de las sobrecargas de uso, según la recomendación de la norma chilena de diseño sísmico de edificios (NCh433.Of 96).

Tabla 3. 4: Valores unitarios para calcular el peso de un edificio.

Material	Valor	Unidad
Losa, cadenas y pilares armados	2.500	[kg/m ³]
Albañilería	1.700	[kg/m ³]
Techumbre	50	[kg/m ²]
Tabiques y terminaciones	55	[kg/m ²]
Sobrecarga de uso	50	[kg/m ²]

Para el cálculo del peso sísmico de un nivel de piso cualquiera se considera la losa y cadenas del respectivo nivel, la mitad del peso de los muros hacia arriba y hacia abajo de éstas, las cargas de tabiquería, terminaciones y sobrecarga de uso. Para el cálculo del peso sísmico del último nivel se considera la cadena de este nivel, la mitad del peso de los muros hacia abajo de la cadena y las cargas de techumbre. En el último nivel no se considera la presencia de sobrecargas de uso.

3.1.2.3 Índice de seguridad global

Este índice representa el Factor de Seguridad del edificio desde el punto de vista de la resistencia al corte, capacidad que controla el comportamiento sísmico de los edificios de albañilería. Corresponde a la razón entre el esfuerzo de corte resistente en cada una de las direcciones de la planta y la demanda de esfuerzo de Corte Basal.

La expresión del índice de seguridad global (LR_3), para cada dirección de la planta, está dada por la ecuación 3.7.

$$LR_3 = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} V_{ai}}{Q_o} = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} (0.23\tau_m + 0.12\sigma_o) \cdot A_i}{C \cdot I \cdot P} \quad \text{Ec. 3.7}$$

donde :

V_a : esfuerzo de corte resistente admisible para cargas contenidas en el plano de un muro;

Q_o : esfuerzo de corte Basal;

A_i : área bruta de la sección transversal del muro orientado en la dirección de análisis, incluido los pilares (no se usa sección transformada);

τ_m : resistencia básica de corte de la albañilería medida sobre el área bruta;

$\tau_m = 0.3 [MPa]$, para albañilería construida con bloques de hormigón.

$\tau_m = 0.5 [MPa]$, para albañilería construida con ladrillos cerámicos.

valores indicativos recomendados por la norma de albañilería confinada NCh2123.Of 03.

σ_o : tensión media de compresión producida por el esfuerzo axial que actúa sobre la sección.

$$\sigma_o = \frac{P}{\left(\sum_{i=1}^{i=nmx} A_{ix} + \sum_{j=1}^{j=ny} A_{jy} \right)} \quad [L^{-2}F^1]$$

El esfuerzo de corte resistente admisible corresponde al producto entre el área total de muros en una de las direcciones de análisis de la planta, por la resistencia al corte de la albañilería obtenido según las disposiciones de la norma chilena de Albañilería Confinada NCh2123.Of 03, y el esfuerzo de corte basal se calcula a través del método de análisis estático dado en la norma chilena de diseño sísmico NCh433.Of 96.

El esfuerzo de corte basal está dado por la ecuación 3.8.

$$Q_o = C \cdot I \cdot P \quad \text{Ec. 3.8}$$

donde :

C : coeficiente sísmico, se utiliza el máximo (C_{max});

I : coeficiente relativo al edificio;

$I = 1.0$, las viviendas clasifican en categoría C según la norma NCh 433.Of 96.

P : peso total del edificio sobre el nivel basal.

El coeficiente sísmico máximo (C_{max}) está dado por la ecuación 3.9 según el tipo de sistema estructural.

$$C_{max} = 0.55 SA_o/g \quad \text{Albañilería Confinada (R = 4)} \quad \text{Ec. 3.9}$$

$$C_{max} = 0.60 SA_o/g \quad \text{Albañilería Armada (R = 3)}$$

donde :

C_{max} : coeficiente sísmico máximo;

S : parámetro que depende del tipo de suelo;

A_o : aceleración efectiva máxima del suelo;

$A_o = 0.40 g$, la ciudad de Arica se ubica en la zona sísmica 3 según NCh 433.Of 96.

g : aceleración de gravedad;

R : factor de modificación de la respuesta estructural (análisis estático).

El coeficiente sísmico queda determinado por el tipo de suelo y el sistema estructural de los conjuntos. En la tabla 3.5 se muestra los valores máximos del coeficiente sísmico (C_{max}).

Tabla 3. 5: Valores máximos del coeficiente sísmico (C_{max}).

Tipo de Suelo	S	Coeficiente sísmico máximo, C_{max}	
		Alb. Confinada (R=4)	Alb. Armada (R=3)
I	0.9	0.198	0.216
II	1.0	0.220	0.240
III	1.2	0.264	0.288
IV	1.3	0.286	0.312

(*) Los coeficientes sísmicos destacados corresponden a los utilizados para el cálculo del esfuerzo de corte basal de los conjuntos.

Teniendo en cuenta la expresión LR_3 (Ec. 3.7) y aceptando que se puede aplicar el método simplificado de análisis propuesto por la norma mexicana de diseño sísmico (NTC 1-DF, 2004), donde se considera que el esfuerzo de corte basal se distribuye en forma proporcional al área de la sección transversal de los muros orientados en la dirección de la planta considerada, se puede demostrar que en la medida que LR_3 sea mayor que 2.0, el esfuerzo de corte promedio solicitante de los muros es menor que el 50% del esfuerzo de corte admisible. Un valor de LR_3 de esta magnitud representa una baja vulnerabilidad sísmica estructural, en la medida que los materiales tengan las propiedades exigidas por las normas de diseño y cálculo de edificios de albañilería estructural.

3.2 ÍNDICES DE VULNERABILIDAD DE SEGUNDO NIVEL

3.2.1 ÍNDICE DE GALLEGOS Y RÍOS

Gallegos y Ríos (1986) propusieron un índice para determinar la calidad sismorresistente de una estructura a partir de sus cualidades más relevantes. Para ello proponen criterios que califican numéricamente las características de la configuración sismorresistente de la estructura, a partir de sus cualidades de forma y del sistema estructural que lo compone.

La expresión del índice está dada por la ecuación 3.10, donde se define cada variable que interviene; los detalles de éstas se entregan en el anexo B.

$$I_g = [P \cdot E \cdot S \cdot C] \cdot F \quad \text{Ec. 3.10}$$

donde :

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3$$

$$E = E_1 \cdot E_2 \cdot E_3$$

$$S = S_1 \cdot [R_c \cdot (S_2 \cdot S_3) + R_m \cdot (S_4 \cdot S_5)]$$

$$C = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4$$

$$F = F_1 \cdot F_2 \cdot F_3 \cdot F_4$$

$$R_c = A_c / A_{cm}$$

$$R_m = A_m / A_{cm}$$

donde:

P* :** ***Índice de Planta.

P_1 : simetría;

P_2 : proporción;

P_3 : continuidad.

E* :** ***Índice de Elevación.

E_1 : simetría;

E_2 : proporción;

E_3 : continuidad.

S* :** ***Índice de Comportamiento del sistema Estructural.

S_1 : densidad de elementos verticales;

S_2 : continuidad de pórticos;

S_3 : relación columna-vigas;

S_4 : continuidad de muros;

S_5 : conexión de muros.

C* :** ***Índice de Configuración Estructural.

C_1 : simetría y uniformidad;

C_2 : distribución de rigidez;

C_3 : simetría de masas;

C_4 : relación con elementos no estructurales.

F* :** ***Factor de Adecuación.

F_1 : suelo;

F_2 : uso;

F_3 : altura;

F_4 : relación suelo-altura.

A_c : suma área de columnas.

A_m : suma área de muros.

A_{cm} : suma área de columnas y muros.

CAPÍTULO 4

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONJUNTOS SELECCIONADOS

En este capítulo se entrega información que caracteriza desde el punto de vista estructural los conjuntos de viviendas de albañilería armada y confinada que forman la muestra seleccionada en la ciudad de Arica.

Con este propósito se reunió información relacionada con: la modalidad de refuerzo, los materiales, los planos de planta y de elevación y las bases de cálculo; información necesaria para realizar un diagnóstico preliminar desde el punto de vista de la vulnerabilidad de estas estructuras ante la acción de un sismo de características destructivas ($M \geq 8$ grados).

4.1 TIPO DE CONSTRUCCIÓN

Los conjuntos habitacionales seleccionados corresponden a viviendas del tipo unifamiliar pareadas de 2 pisos, que han sido estructuradas con muros de albañilería con algún tipo de refuerzo, armadura distribuida o elementos de confinamiento. La distribución de los muros es prácticamente simétrica, presentando normalmente un eje de simetría en la dirección paralela al muro medianero.

Todos los conjuntos tienen cadenas de hormigón armado como refuerzo en el entrepiso entre el primer y segundo piso y a nivel de la techumbre. Estas cadenas forman un cinturón a lo largo del perímetro exterior de la planta de las viviendas.

La estructura del entrepiso entre el primer y segundo piso corresponde a una losa de hormigón armado hecha en situ o prefabricado, lo que constituye a un diafragma rígido que conecta todos los muros del piso logrando un trabajo conjunto de ellos ante la acción sísmica.

La estructura a nivel del techo está constituida por cadenas de hormigón armado y cerchas de madera cubiertas con planchas de asbesto cemento. Siendo la cadena de hormigón armado la que permite tener una integridad global y local de los muros de ese nivel, pero no un trabajo conjunto entre ellos. Los únicos conjuntos que presentan una losa de hormigón armado a nivel de la techumbre son los conjuntos A, Q y V.

Las fundaciones, para los casos en que se tiene información, corresponden en la mayoría de los conjuntos a zapatas corridas y en el resto de los casos se ha utilizado una losa de cimentación.

Es conveniente destacar, que parte de los conjuntos de la muestra corresponden a trenes de viviendas de 3, 4, 5, 6, 7 y 8 módulos habitacionales, que tienen las mismas características del sistema estructural usado en las viviendas pareadas. Asimismo, se incorporó en el estudio un conjunto de 3 pisos.

4.1.1 Conjuntos de Albañilería Reforzados con Armadura Distribuida Horizontal y Verticalmente (AADHV).

Los conjuntos habitacionales de este tipo corresponden a aquellas viviendas donde los muros llevan incorporados refuerzos de barras de acero en los huecos verticales de las unidades y en las juntas horizontales de mortero. Los componentes que permiten la integración de las armaduras con el muro de albañilería son el hormigón de relleno (Grout), y el mortero de junta cuando las armaduras se colocan en las juntas horizontales.

El diseño de este tipo de estructuras debe realizarse con las disposiciones y limitaciones de la norma chilena NCh1928. "Albañilería Armada – Requisitos para el diseño y cálculo". Para que este tipo califique como una albañilería armada, se debe colocar las cantidades mínimas de acero que recomienda esta norma, para asegurar la integridad de los muros una vez que se agrieten y que el comportamiento que se produzca ante un terremoto no sea frágil (Astroza, 2009). Para ello la norma NCh1928.Of 03 establece limitaciones de diseño que garantizan un comportamiento adecuado de las estructuras, donde se pueden destacar los siguientes aspectos para el diseño de muros:

-Los muros resistentes de albañilería armada deben tener un espesor mayor o igual al $1/25$ del menor valor entre la altura libre y el ancho libre del muro. El espesor no debe ser menor que 14 cm.

-La suma de áreas de las armaduras distribuidas vertical y horizontalmente, en cada muro de albañilería armada, debe ser superior a un 0.15% del área bruta de la sección transversal del muro y al menos un 0.06% debe estar colocada en una de estas dos direcciones.

-El diámetro mínimo de la armadura vertical distribuida debe ser 8 mm.

-La máxima separación de la armadura vertical u horizontal no debe ser mayor que seis veces el espesor del muro, ni mayor que 120 cm.

-La armadura vertical mínima en los bordes libres y en los encuentros de muros debe ser igual a una barra de 12 mm de diámetro.

-Alrededor de los vanos deben colocarse barras verticales de diámetro mayor o igual a 10 mm. Las barras alrededor de vanos deben prolongarse un mínimo de 60 cm más allá de las esquinas del vano.

-Todos los huecos que tiene armadura de refuerzo deben llenarse con hormigón de relleno. Este debe tener una resistencia mínima a la compresión de 17.5 MPa.

Cinco conjuntos de la muestra seleccionada corresponden a este tipo de albañilería, identificados con las letras A, B, E, H e I (808 viviendas). De ellos, únicamente el conjunto I cumple con las limitaciones de diseño de la norma NCh1928.Of 03.

4.1.2 Conjuntos de Albañilería con Paños de Albañilería Enmarcados con Pilares y Cadenas de Hormigón Armado (AEPC).

Los conjuntos habitacionales de este tipo corresponden a aquellos en que el paño de albañilería se refuerza enmarcándolo en todo su contorno con elementos esbeltos de hormigón armado, de modo de lograr el confinamiento del paño. Los elementos verticales de confinamiento se conocen localmente como "pilares" y los horizontales como "cadenas".

El diseño de este tipo de estructuras se realiza con las disposiciones y limitaciones de la norma chilena NCh2123."Albañilería Confinada – Requisitos de diseño y cálculo". La capacidad resistente de cada muro de albañilería confinada está controlada por la calidad resistente de la albañilería y por los confinamientos.

Para los efectos de diseño, se acepta que la resistencia al esfuerzo de corte y al esfuerzo axial de compresión está controlada por la albañilería, mientras que la resistencia a la flexión simple o compuesta, está controlada por los elementos de confinamiento vertical, es decir, por los pilares de hormigón armado ubicados en los bordes de los muros (Astroza, 2009).

Dadas las pequeñas dimensiones de los elementos de confinamiento, pilares y cadenas, de hormigón armado, se acepta que no contribuyen a aumentar la resistencia al corte del muro de albañilería confinada (NCh2123). La función de estos elementos es aumentar la capacidad de deformación inelástica, una vez que se produce el agrietamiento diagonal del muro y las debilidades de estos elementos contribuyen al colapso total o parcial de la vivienda una vez que se produce el agrietamiento diagonal de los paños de albañilería.

La norma NCh2123.Of 03 establece limitaciones de diseño que garantizan un comportamiento adecuado de las estructuras, donde se pueden destacar los siguientes aspectos para el diseño de muros:

-Los muros que forman los paños de albañilería, deben tener un espesor mayor o igual a la veinticincoava parte de la menor distancia entre los bordes internos de los elementos paralelos de confinamiento del paño. Sin embargo, el espesor debe ser mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina, y a 15 cm, cuando se usen unidades hechas a mano.

-El área máxima de un paño en su plano debe ser menor a 12.5 m^2 y la dimensión horizontal máxima de éste debe ser 6 m.

-Los pilares de hormigón armado se deben ubicar en todos los bordes libres y en las intersecciones de los muros que forman parte de la estructura resistente del edificio.

-Las cadenas de hormigón armado se deben colocar a nivel de la techumbre y de los pisos.

-Las aberturas de los muros que forman parte de la estructura resistente del edificio deben reforzarse. Los refuerzos deben ser elementos de hormigón armado o armaduras incluidas en los huecos de las unidades y en las juntas horizontales de mortero. Sólo se aceptan armaduras cuando el esfuerzo de corte en los elementos de un muro adyacente a la abertura sea menor que el 50% de su valor admisible; el área mínima de la armadura vertical en los bordes debe ser igual a 0.8 cm^2 y el diámetro mínimo de esta debe ser igual a 8 mm; el área mínima de la armadura horizontal debe ser igual a 0.5 cm^2 y esta debe colocarse en la primera junta horizontal o en las dos primeras juntas horizontales bajo la abertura. Por último, la armadura vertical y horizontal debe anclarse en los elementos de confinamiento.

-Los pilares y cadenas deben tener un espesor igual o mayor que el espesor del muro y un ancho igual o mayor que 20 cm.

- La armadura longitudinal mínima de una cadena y de un pilar debe ser cuatro barras de 10 mm de diámetro.

-El diámetro mínimo de los estribos debe ser 6 mm. Cuando se usen armaduras electrosoldadas, el diámetro mínimo de los estribos debe ser 4.2 mm.

En los pilares y cadenas se deben distinguir dos zonas críticas, ubicadas en los extremos, y una zona intermedia comprendida entre ellas.

-La separación máxima entre estribos para pilares y cadenas debe ser igual a 10 cm para las zonas críticas y de 20 cm para las zonas intermedia.

-La longitud de la zona crítica en un pilar, medida desde el borde interno de los elementos de confinamiento horizontal, debe ser el mayor valor entre dos veces el ancho del pilar y 60 cm.

La longitud de la zona crítica en la cadena, medida a partir del borde interno del pilar, debe ser 60 cm. No deben considerarse zonas críticas, en el caso de emplearse una losa maciza en el piso, sin bovedillas y hormigonada simultáneamente con la cadena.

En edificios bajos, de hasta 2 pisos, la separación máxima entre los estribos de las cadenas y pilares de confinamiento podrá ser de 20 cm, cuando el esfuerzo de corte solicitante del muro sea igual o menor que el 50% del esfuerzo de corte admisible del muro.

Por último, 22 conjuntos de la muestra seleccionada corresponden a este tipo de albañilería (3.679 viviendas) y de ellos, únicamente el conjunto M cumple con las limitaciones de diseño de la norma NCh2123.Of 03.

4.2 CONJUNTOS SELECCIONADOS

A continuación se entrega información de cada uno de los conjuntos seleccionados. Esta información se obtuvo en la Dirección de Obras Municipales de la ciudad de Arica y corresponde a los planos de cálculo, memorias de cálculo, informes de mecánica de suelos y planos de loteo. La información reunida se resume en fichas elaboradas para cada conjunto, las que se entregan como parte del presente capítulo.

En la Tabla 4.1 se indican los conjuntos seleccionados, destacando su identificación, la cantidad de viviendas, la modalidad de refuerzo, las unidades usadas en la construcción de los muros y el año de construcción.

Tabla 4. 1: Conjuntos Seleccionados.

Conjunto	Cantidad		Modalidad de Refuerzo (*)	Tipo de Unidad	Año de Construcción	
	Viviendas	Edificios				
Viviendas Pareadas	A	30	10	AADHV	Ladrillo	1980
	B	136	68	AADHV	Ladrillo	1985
	C	118	59	AEPC	Bloque	1988
	D1	100	50	AEPC	Bloque	1989
	D2	100	50	AEPC	Bloque	1989
	E	44	22	AADHV	Ladrillo	1990
	F1	90	45	AEPC	Ladrillo	1993
	F2	60	30	AEPC	Ladrillo	1993
	G	230	115	AEPC	Bloque	1996
	H	118	59	AADHV	Bloque	1997
	I	480	240	AA	Ladrillo	1999
	J	144	72	AEPC	Bloque	2001
	K	42	21	AEPC	Bloque	2001
	L	106	53	AEPC	Ladrillo	2001
	M	30	15	AC	Ladrillo	2001
Tren de Viviendas	N	170	23	AEPC	Bloque	1991
	O1	80	11	AEPC	Bloque	1992
	O2	138	19	AEPC	Bloque	1992
	P	149	20	AEPC	Ladrillo	1992
	Q	134	18	AEPC	Bloque	1992
	R	128	17	AEPC	Bloque	1993
	S	320	80	AEPC	Bloque	1999
	T	272	68	AEPC	Bloque	2000
	U	399	100	AEPC	Bloque	2000
	V	221	32	AEPC	Bloque	2000
	W	463	85	AEPC	Bloque	Después de 2001
	X	185	25	AEPC	Bloque	Después de 2001
Total	4.487	1.407				

(*) *Modalidad de Refuerzo:*

- AADHV : Albañilería Reforzada con Armadura Distribuida Horizontal y Verticalmente.
- AA : Albañilería Armada que cumple limitaciones de diseño de la Norma NCh1928.Of 03.
- AEPC : Albañilería Enmarcada con Pilares y Cadenas de Hormigón Armado.
- AC : Albañilería Confinada que cumple limitaciones de diseño de la Norma NCh2123.Of 03.

Los conjuntos habitacionales seleccionados corresponden a 4.487 viviendas sociales de 1.397 edificios de 2 pisos y a 10 edificios de 3 pisos, construidos entre los años 1980 y 2008. En las viviendas de 2 niveles, en el primer piso se ubica la cocina, el comedor y el baño, y en algunos casos un dormitorio; mientras que en el segundo piso sólo se ubican dormitorios.

La elección de los conjuntos se hizo considerando viviendas ubicadas en los sectores expuestos a las distintas amenazas que se han identificado en la ciudad de Arica, con la finalidad de obtener una muestra en la cual estén presente los efectos de ellas en el diagnóstico. En la Figura 4.1 se muestra la ubicación de los conjuntos seleccionados en un mapa de la ciudad de Arica.



Figura 4. 1: Ubicación de Conjuntos. Los conjuntos habitacionales seleccionados se indican con letras (A-X) en la ciudad de Arica.

Además, para los efectos del diagnóstico que representa la amenaza sísmica, en las Figuras 2.5, 2.6, 2.9, 2.10 y 2.11 se ubican los conjuntos seleccionados en los mapas de: profundidad del nivel freático, zonificación de suelos, área propensa a licuefacción, área de inundación por tsunami y áreas propensas a remociones en masas o deslizamientos en la ciudad de Arica.

A partir del mapa de zonificación de suelos (Figura 2.6) de la ciudad de Arica, propuestos por González (1998) y Rojas (2000), se determinó el tipo de suelo sobre el cual se encuentra cada conjunto según la clasificación de la norma NCh433.Of 96 y según la clasificación usada por Gallegos y Ríos (1986). Para este efecto se usó la descripción de las unidades y el resultado se indica en las dos últimas columnas de la Tabla 4.2.

Tabla 4. 2: Clasificación de Suelos.

Suelo		Clasificación	
		NCh 433.Of 96	Gallegos
Rocas del Morro	I	II	Duro
Escombros de falda Morro	III	III	Medio
Escombros de falda Morro con costras de sal	IV	III	Medio
Abanico aluvial del río San José	V	II	Duro
Depósitos Marinos Arenosos	VI	III	Blando
Escombros de falda cerro Chuño	VII	III	Medio
Relleno Artificial	VIII	IV	Blando

Cabe destacar que la información disponible relacionada con las propiedades de los suelos es escasa y en muchos casos no se encontró a nivel del proyecto, por lo tanto se tuvo que recurrir a la información del estudio realizado por los dos autores mencionados anteriormente, la cual está relacionada más bien con el origen de los depósitos (Geología) y por lo mismo no se cuenta con la información requerida para calificar el suelo, teniendo en cuenta la clasificación de la norma NCh433.Of 96.

Los suelos clasificados según la norma NCh 433.Of 96 como tipo II, corresponden a grava o arena densa con compacidad alta. Mientras que los suelos clasificados como tipo III corresponden a grava o arena no saturada con mediana a baja compacidad. El suelo clasificado como tipo IV corresponde al suelo llamado relleno artificial y se caracteriza por presentar una baja compacidad.

Los suelos calificados según la descripción de Gallegos y Ríos (1986) como "*Duro*", corresponden a roca, grava o grava arenosa. Los suelos calificados como "*Medio*", corresponden a arena densa, suelo cohesivo duro o firme sin presencia de agua. Por último, los suelos clasificados como "*Blando*", corresponden a arena suelta, suelos cohesivos medios o blandos con o sin agua.

4.3 FICHAS DE LOS CONJUNTOS Y SUS ÍNDICES

A continuación se entrega información de cada uno de los conjuntos habitacionales seleccionados para realizar la caracterización y diagnóstico sísmico, para ello se elaboraron fichas con las características principales de cada conjunto habitacional, las cuales se describen a continuación:

Antecedentes Generales: Se describen las características generales de cada conjunto, tales como, ubicación, cantidad y tipo de viviendas, número de pisos, año de construcción, tipo de suelo, nivel freático y riegos naturales a los que se encuentra expuesto, entre ellos, deslizamientos y derrumbes, tsunamis y licuefacción. Además, se proporcionan imágenes de cada vivienda y una imagen satelital del loteo.

Antecedentes Técnicos: Se describen características estructurales de las viviendas, tales como, altura de piso, altura total, área de planta, tipo de albañilería, espesor de muros, espesor de losa, dimensiones de pilares y cadenas y armaduras de refuerzo utilizada en los elementos de confinamiento.

Antecedentes de Materiales: Se detallan las propiedades de los materiales exigidos por los calculistas, tales como, la resistencia de los hormigones utilizados en las fundaciones, sobrecimientos, losas, pilares y cadenas, resistencia del acero de las enfierraduras, tipo de unidad de albañilería, dosificaciones del mortero de pega y tipo de madera utilizada en las vigas de los techos.

Bases de Cálculo: Se detalla las bases de cálculo dadas por el calculista, para los casos que se tiene información. En ellas se indica la presión admisible del suelo, las solicitaciones de peso propio, techumbre, viento y el coeficiente sísmico utilizado.

Limitaciones de Diseño: Se detalla el cumplimiento de las limitaciones de diseño, establecidas por las normas de diseño de Albañilería Armada (NCh1928.Of 03) y Confinada (NCh2123.Of 03), según corresponda.

Índices de Vulnerabilidad: Se muestran los índices de vulnerabilidad de primer y segundo nivel obtenidos. El detalle del cálculo de estos índices se entrega en el Anexo C (ver CD adjunto).

Por último, se detallan los planos de planta y elevación de cada conjunto, con los respectivos refuerzos utilizados en cada muro. Sólo se muestran los refuerzos en la mitad de las viviendas, debido a que estas son simétricas respecto al muro medianero que las divide.

CONJUNTOS PAREADOS

4.3.1 CONJUNTO A

Antecedentes Generales

Conjunto Habitacional	A
Ubicación	Av. Cancha Rayada, Av. La Concepción, Comandante Robles y Buena Esperanza.
Cantidad de Viviendas	30
Cantidad de Bloques	10
Número de Pisos	3
Año de Recepción	1980

Vista Frontal y Lateral



Elevación Eje A y 1



Elevación Eje C y 4 (Piso 2 y 3)

Plano Loteo



Suelo: Escombros de falda cerro Chuño (VII)
 Nivel Freático (menor a 10 mts.) : NO
 Riesgo de deslizamiento : NO
 Riesgo de Tsunami : NO
 Riesgo de Licuefacción : NO
 Tipo de Suelo: III (NCh 433.Of 96)

Antecedentes Técnicos

Altura Piso Tipo	[m]	2,35		
Altura Total	[m]	7,05		
Área Planta Tipo	[m ²]	56,8		
Tipo de Albañilería		Reforzada con Armadura distribuida Horizontal y Vertical		
Espesor de Muro	[cm]	14		
Espesor Losa	[cm]	10		
Cadena Sobrecimiento	[cm]	14/40	4φ10 y Lat 2φ8	E φ6@14
Dimensión Pilar P1	[cm]	14x14	2φ10	E φ6@15

Antecedentes de Materiales		
Hormigón		
Fundaciones		$R28 \geq 80$ [kg/cm ²] 170 kg cemento/m ³ + 20% de bolón
Losas y Pilares P1		$R28 \geq 160$ [kg/cm ²]
Acero		
Tensores		A44-28H y ACMA, 1φ8 S.I.C
Tipo de Unidad		Ladrillo prensado hecho a máquina. e = 14 [cm]
Mortero de Pega		1:3
Tipo de Relleno de Huecos		Relleno parcial de los huecos
Madera		-
Plano N°		16 - 1

Figura 4. 2: Ficha de Conjunto A.

Tabla 4. 3: Limitaciones de Diseño Conjunto A.

Limitaciones de Diseño (NCh1928 Of.03)				
Conjunto Habitacional : A			Cumple	No Cumple
1	Espesor de Muros			
	Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina		X	
2	Detalle de la Armadura de Refuerzo de Muros			
	Diámetro mínimo de armadura vertical distribuida debe ser 8 [mm]		X	
	Armadura vertical mínima en los bordes libres y en los encuentros de muros debe ser 1φ12			X
	Separación máxima de armadura vertical u horizontal ≤ 6 veces espesor muro y < 120 [cm]			X
	Armadura vertical mínima alrededor de vanos debe ser de diámetro ≥ 10 [mm]			X
	Barras alrededor de vanos deben prolongarse 60 [cm] más allá de las esquinas del vano		X	
	Cuantía en la dirección vertical ≥ 0,06 %			X
	Cuantía en la dirección horizontal ≥ 0,06 %			X
	Suma de cuatía vertical y horizontal ≥ 0,15%			X

Tabla 4. 4: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto A.

Conjunto A								
Índice	Piso	Eje X		Eje Y		Unidad		
Meli	1	d x1	=	3,28	d y1	=	5,84	[%]
	2	d x2	=	3,41	d y2	=	5,64	[%]
	3	d x3	=	2,85	d y3	=	6,15	[%]
	1	d/n x1	=	1,09	d/n y1	=	1,95	[%]
	2	d/n x2	=	1,43	d/n y2	=	2,82	[%]
	3	d/n x3	=	2,85	d/n y3	=	6,15	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1	=	3,49	LR1 y1	=	6,18	[%]
	2	LR1 x2	=	3,49	LR1 y2	=	5,97	[%]
	3	LR1 x3	=	3,10	LR1 y3	=	6,15	[%]
	1	LR2 x	=	0,018	LR2 y	=	0,032	[m2 / Ton]
	1	LR3 x	=	0,88	LR3 y	=	1,56	[]
Gallegos	1	IB x	=	0,72	IB y	=	0,72	[]
	1	IG x	=	0,61	IG y	=	0,61	[]

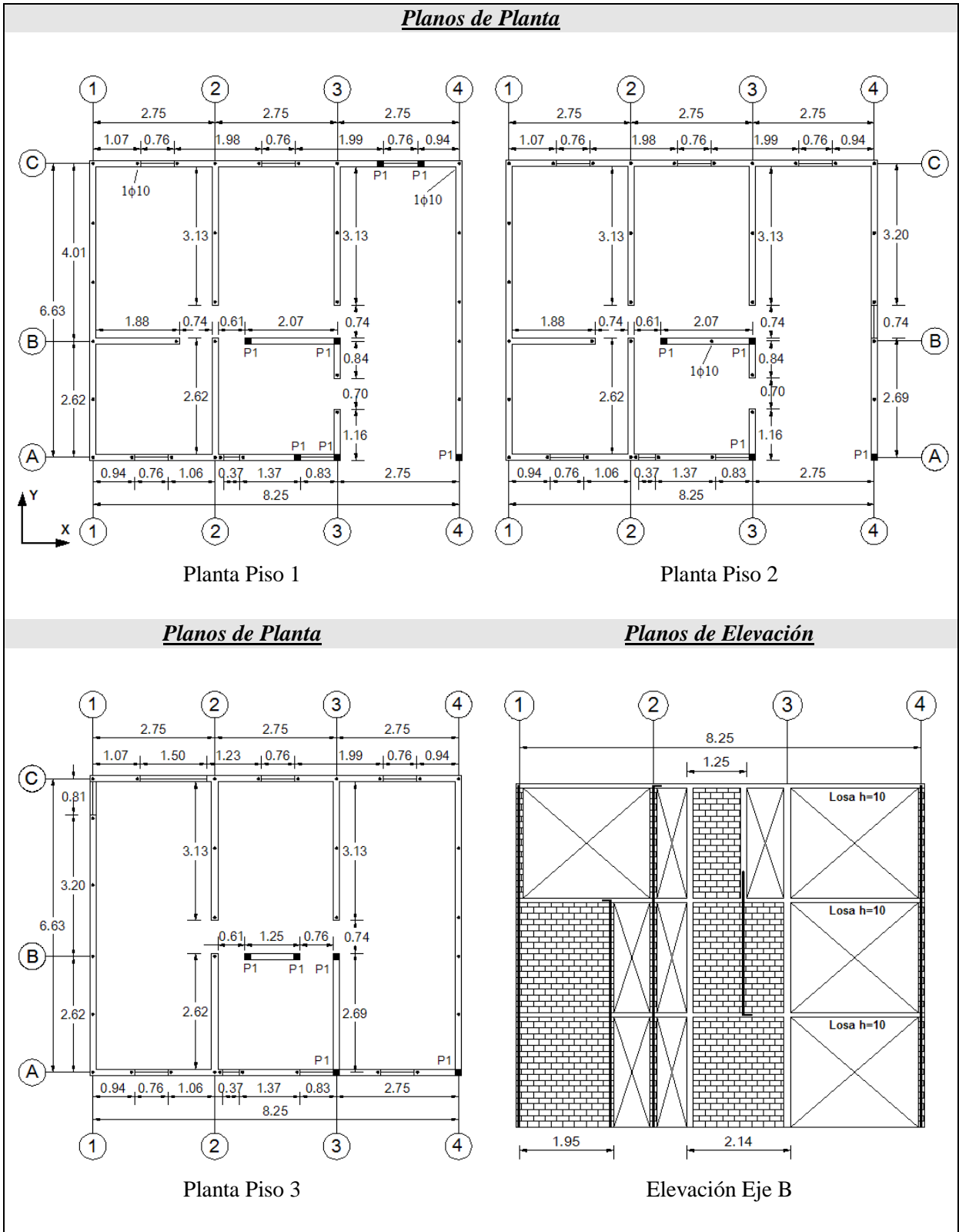
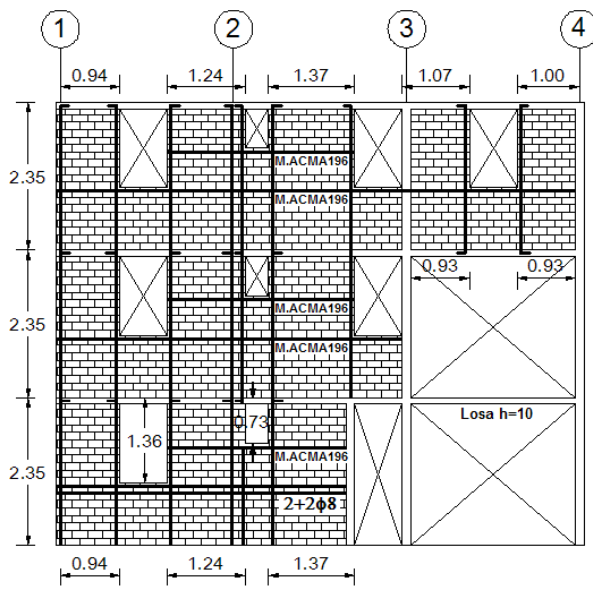
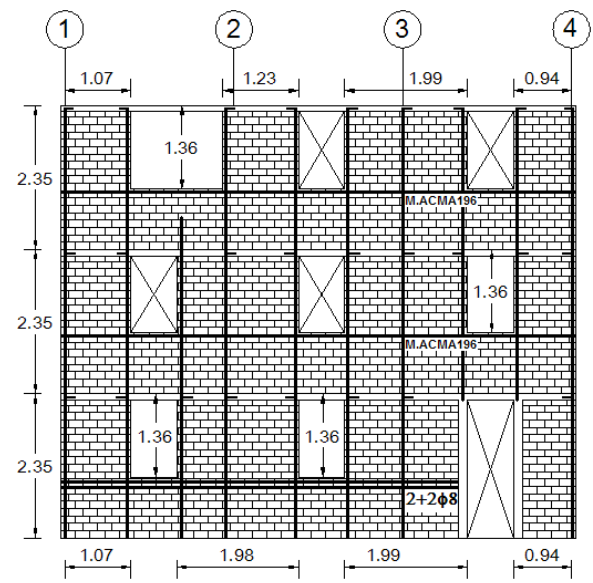


Figura 4. 3: Planos de planta y elevación Conjunto A.

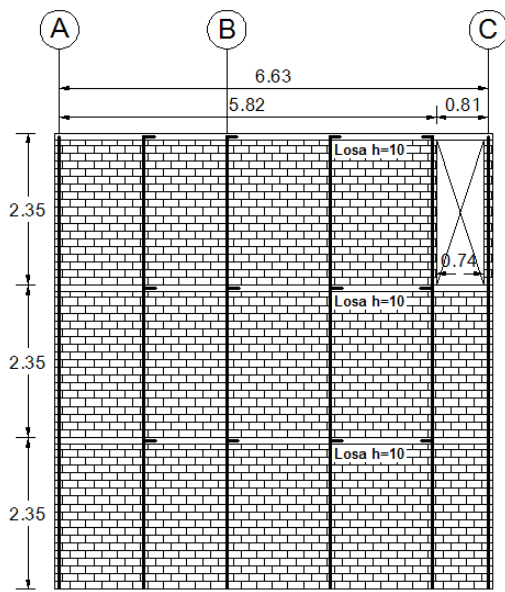
Planos de Elevación



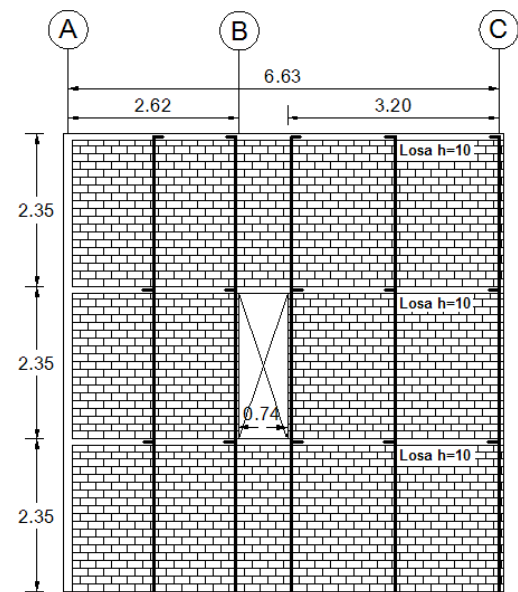
Elevación Eje A



Elevación Eje C



Elevación Eje 1



Elevación Eje 4

Figura 4. 4: Planos de elevación Conjunto A.

4.3.2 CONJUNTO B

Antecedentes Generales

Conjunto Habitacional	B
Ubicación	Cancha Rayada, La Concepción, Los Araucanos y Diaguitas.
Cantidad de Viviendas	136
Tipo	Pareada
Número de Pisos	2
Año de Recepción	1985

Vista Frontal y Lateral



Elevación Eje A y 1



Elevación Eje A

Plano Loteo



Suelo: Depósitos Marinos Arenosos (VI)
 Nivel Freático (menor a 10 mts.) : NO
 Riesgo de deslizamiento : NO
 Riesgo de Tsunami : NO
 Riesgo de Licuefacción : NO
 Tipo de Suelo: III (NCh 433.Of 96)

Antecedentes Técnicos

Altura Piso 1	[m]		2,4		
Altura Piso 2	[m]		2,2		
Altura Total	[m]		4,6		
Área Planta Tipo	[m ²]		35,66		
Tipo de Albañilería			Reforzada con Armadura distribuida Horizontal y Vertical		
Espesor de Muro	[cm]		14		
Espesor Losa	[cm]		10		
Cadena Sobrecimiento	[cm]		14/20	4φ10	E φ6@20
Viga Sobrecimiento	[cm]	(Eje 1 2 y 3)	15/30	4φ12	E φ6@20
Cadena Piso 1	[cm]		14/28	4φ10	E φ6@20
Cadena Piso 2	[cm]		14/20		
Dimensión Pilar P1	[cm]		14x15	4φ10	E φ6@20

<u>Antecedentes de Materiales</u>	
Hormigón	
Fundaciones	170 kg cemento/m ³ + 20% de bolón desplazador
Radier	212,5 kg cemento/m ³
Losas, Pilar P1 y Cadenas	R28 ≥ 180 [kg/cm ²]
Acero	
Tensores	A44-28H con resaltes, excepto φ6
Escalerillas	A56-50H
Tipo de Unidad	Ladrillo prensado hecho a máquina e = 14 [cm], 24x14x6,8 [cm]
Mortero de Pega	Relación cemento/arena (1:4) en volumen
Tipo de Relleno de Huecos	Relleno parcial de los huecos
Madera	Pino estructural Impregnado
Plano N°	E84/84 - 101

<u>Bases de Cálculo</u>	
Solicitaciones	
Peso Propio [kg/m ²]	200
Techumbre [kg/m ²]	30
Viento [kg/m ²]	50
Sismo [kg/m ²]	Según NCh 433
Coefficiente Sísmico	C = 0.12

Figura 4. 5: Ficha de Conjunto B.

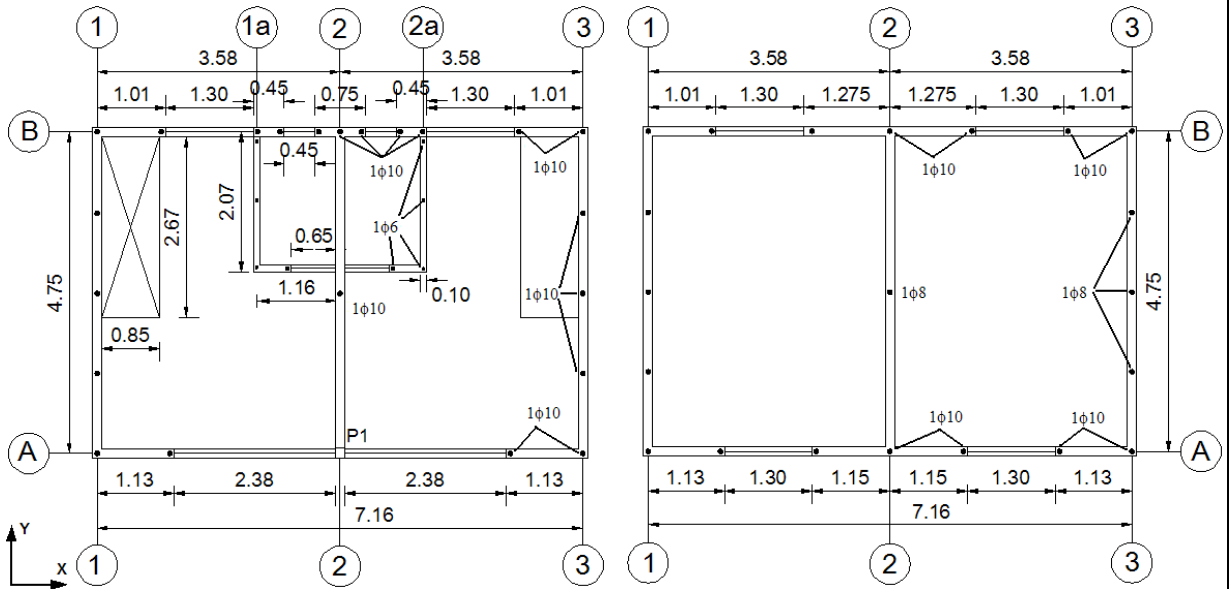
Tabla 4. 5: Limitaciones de Diseño Conjunto B.

<i>Limitaciones de Diseño (NCh1928 Of.03)</i>			
Conjunto Habitacional : B		Cumple	No Cumple
1	<u>Espesor de Muros</u> Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina	X	
2	<u>Detalle de la Armadura de Refuerzo de Muros</u> Diámetro mínimo de armadura vertical distribuida debe ser 8 [mm] Armadura vertical mínima en los bordes libres y en los encuentros de muros debe ser 1 φ12 Separación máxima de armadura vertical u horizontal ≤ 6 veces espesor muro y < 120 [cm] Armadura vertical mínima alrededor de vanos debe ser de diámetro ≥ 10 [mm] Barras alrededor de vanos deben prolongarse 60 [cm] más allá de las esquinas del vano Cuantía en la dirección vertical ≥ 0,06 % Cuantía en la dirección horizontal ≥ 0,06 % Suma de cuatía vertical y horizontal ≥ 0,15%	X X X X X	 X X X X X

Tabla 4. 6: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto B.

Conjunto B				
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad
Meli	1	d x1 = 1,10	d y1 = 7,07	[%]
	2	d x2 = 3,75	d y2 = 5,86	[%]
	1	d/n x1 = 0,55	d/n y1 = 3,54	[%]
	2	d/n x2 = 3,75	d/n y2 = 5,86	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 2,44	LR1 y1 = 7,07	[%]
	2	LR1 x2 = 3,75	LR1 y2 = 5,86	[%]
	1	LR2 x = 0,023	LR2 y = 0,068	[m ² / Ton]
	1	LR3 x = 1,04	LR3 y = 3,02	[]
Gallegos	1	IB x = 0,72	IB y = 1,00	[]
	1	IG x = 0,61	IG y = 0,85	[]

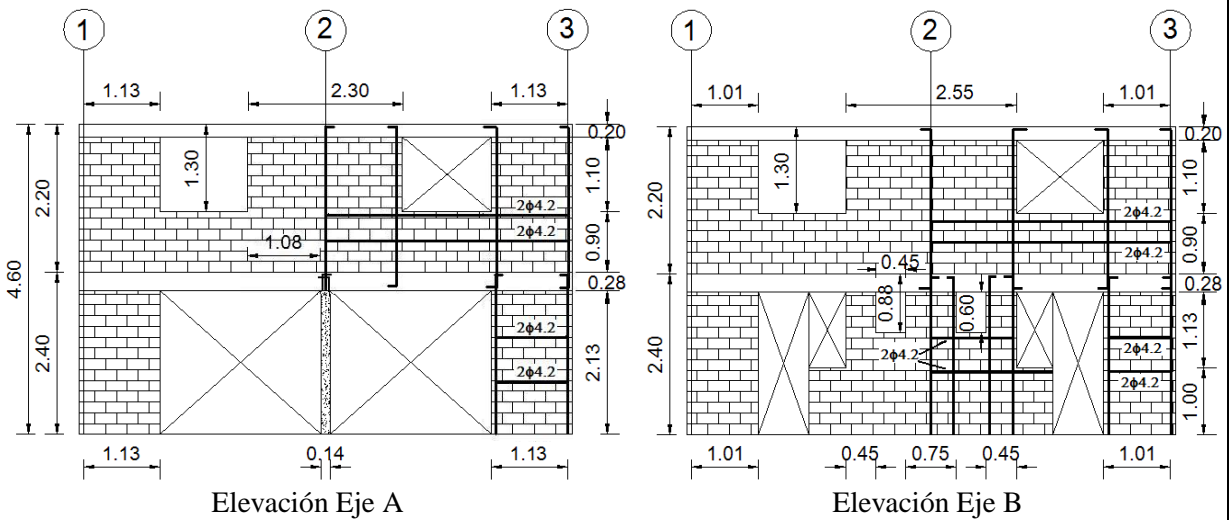
Planos de Planta



Planta Piso 1

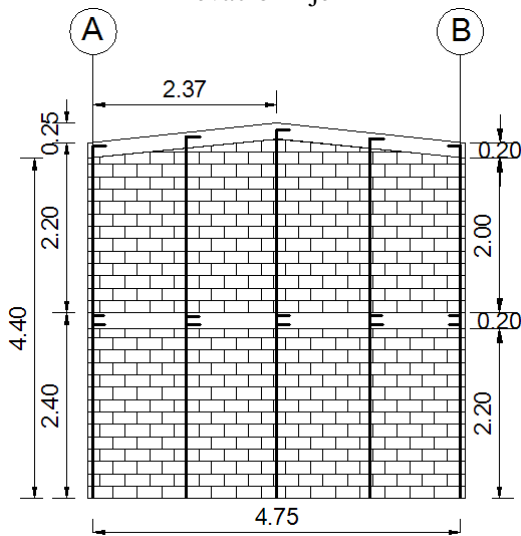
Planta Piso 2

Planos de Elevación



Elevación Eje A

Elevación Eje B



Elevación Eje 1, 2 y 3

Observaciones

No hay detalle de la armadura horizontal en los ejes de elevación 1, 2 y 3.

Figura 4. 6: Planos de planta y elevación Conjunto B.

4.3.3 CONJUNTO C

Antecedentes Generales

Conjunto Habitacional	C
Ubicación	El Roble, Malalhue y Llacolén.
Cantidad de Viviendas	118
Tipo	Pareada
Número de Pisos	2
Año de Recepción	1988

Vista Frontal y Lateral



Elevación Eje A



Elevación Eje A y 3

Plano Loteo



Suelo: Depósitos Marinos Arenosos (VI)
 Nivel Freático (menor a 10 mts.) : NO
 Riesgo de deslizamiento : NO
 Riesgo de Tsunami : NO
 Riesgo de Licuefacción : NO
 Tipo de Suelo: III (NCh 433.Of 96)

<i>Antecedentes Técnicos</i>				
Altura Piso 1	[m]	2,35		
Altura Piso 2	[m]	2,30		
Altura Total	[m]	4,65		
Área Planta Tipo	[m ²]	39,25		
Tipo de Albañilería		Enmarcada con Pilares y Cadenas de H.A.		
Espesor de Muro	[cm]	15		
Espesor Losa	[cm]	10		
Cadena Sobrecimiento	[cm]	15/20		
Cadena Piso 1	[cm]	15/33	4φ10	E φ6@20
Cadena Piso 2	[cm]	15/28	4φ10	E φ6@20
Dimensión Pilar P1	[cm]	20x15	4φ10	E φ6@20
Dimensión Muro M1	[cm]	135x15		
Dimensión Muro M2	[cm]	164x15		

<i>Antecedentes de Materiales</i>	
Hormigón	
Fundaciones	170 kg cemento/m ³ + 20% de bolón desplazador
Sobrecimiento	R28 ≥ 180 [kg/cm ²], Tipo C
Losas, Cadenas y Pilares	R28 ≥ 180 [kg/cm ²], Tipo C
Acero	
A44-28H con resaltes	
Tipo de Unidad	Bloque de Hormigón, e = 15 [cm]
Mortero de Pega	Relación cemento/cal/arena (1:1/4:4) en volumen
Tipo de Relleno de Huecos	Relleno Parcial de Huecos
Madera	Pino Estructural
Plano N°	-

Figura 4. 7: Ficha de Conjunto C.

Tabla 4. 7: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto C.

<i>Conjunto C</i>					
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad	
Meli	1	d x1 = 3,41	d y1 = 6,14	[%]	
	2	d x2 = 2,98	d y2 = 6,90	[%]	
	1	d/n x1 = 1,71	d/n y1 = 3,07	[%]	
	2	d/n x2 = 2,98	d/n y2 = 6,90	[%]	
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 4,41	LR1 y1 = 6,15	[%]	
	2	LR1 x2 = 3,30	LR1 y2 = 6,90	[%]	
	1	LR2 x = 0,039	LR2 y = 0,054	[m2 / Ton]	
	1	LR3 x = 1,88	LR3 y = 2,62	[]	
Gallegos	1	IB x = 0,64	IB y = 0,72	[]	
	1	IG x = 0,54	IG y = 0,61	[]	

Tabla 4. 8: Limitaciones de Diseño Conjunto C.

Limitaciones de Diseño (NCh2123 Of.03)				
Conjunto Habitacional : C				
			Cumple	No Cumple
1	<u>Espesor de Muros</u>			
		Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina	X	
2	<u>Dimensiones Máximas de los Paños de Albañilería</u>			
		Área máxima del paño en su plano $\leq 12,5$ [m ²]	X	
		Dimensión horizontal máxima del paño ≤ 6 [m]	X	
3	<u>Ubicación de los Pilares</u>			
		Todos los bordes libres		X
		Todas las intersección de los muros	X	
4	<u>Ubicación de las Cadenas</u>			
		A nivel de la techumbre y de los piso	X	
5	<u>Refuerzos de Aberturas</u>			
		Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible		X
		Todos los bordes libres	X	
	Arm. Vertical	Área mínima de la armadura vertical en los bordes $\geq 0,8$ [cm ²]	X	
		Diámetro mínimo ≥ 8 mm	X	
	Arm. Horizontal	Área mínima de la armadura horizontal $\geq 0,5$ [cm ²]		X
		Colocada en la primera o en las 2 primeras juntas horizontales bajo la abertura	X	
		Armadura vertical y horizontal anclada en elementos de confinamiento	X	
6	<u>Detalle de la Armadura de Refuerzo</u>			
		Armadura longitudinal mínima de cadena y pilar debe ser 4 barras de $\phi 10$ [mm]	X	
		Diámetro mínimo de los estribos debe ser 6 [mm]	X	
		Diámetro mínimo de los estribos debe ser 4,2 [mm] (Para armadura electrosoldada)	-	
	Pilares	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]	X	
		Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*))		X
		Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X	
	Cadena	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]	X	
		Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*) o (**))	-	
		Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X	

(*) Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible

(**) Uso de losa maciza en el piso

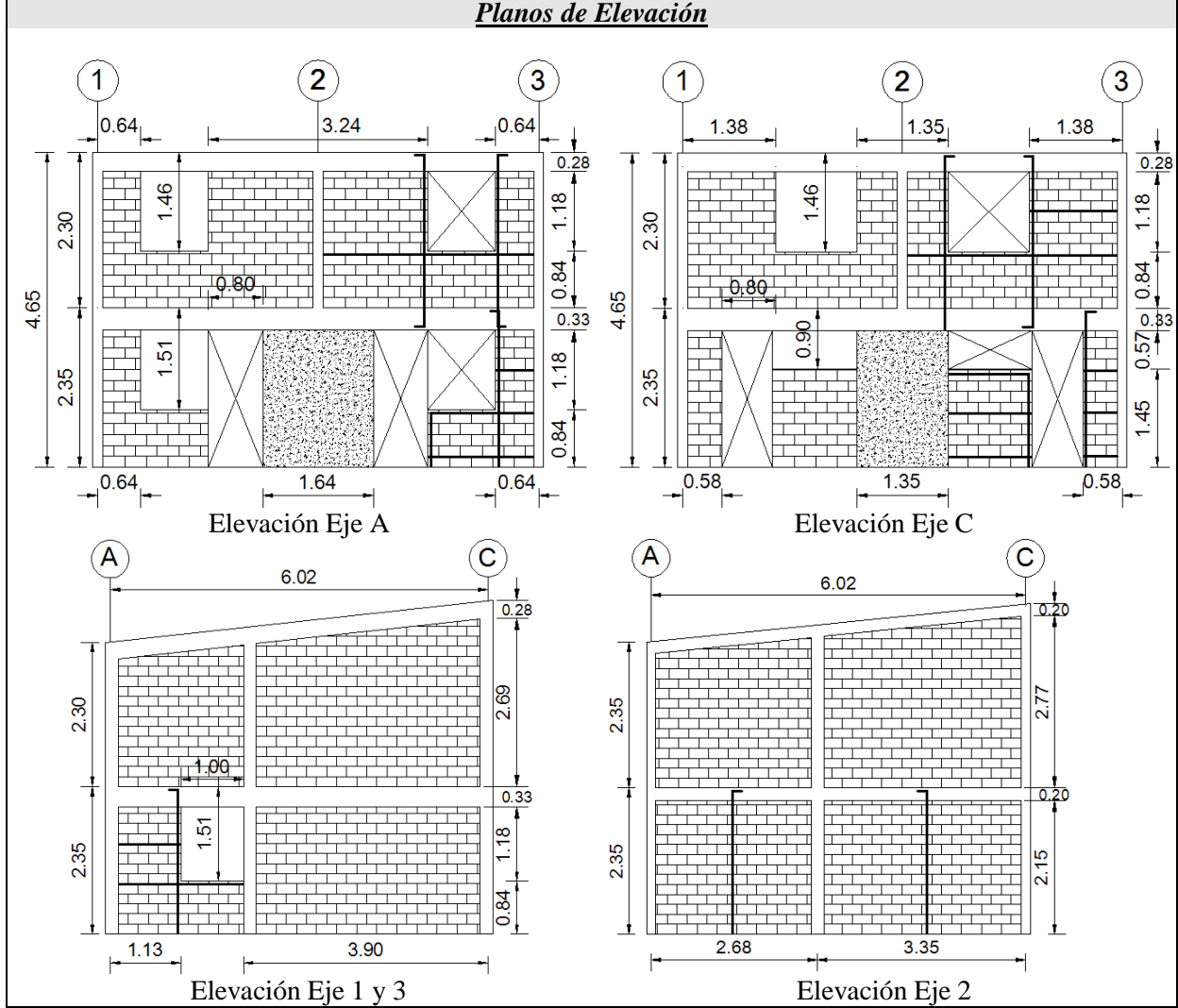
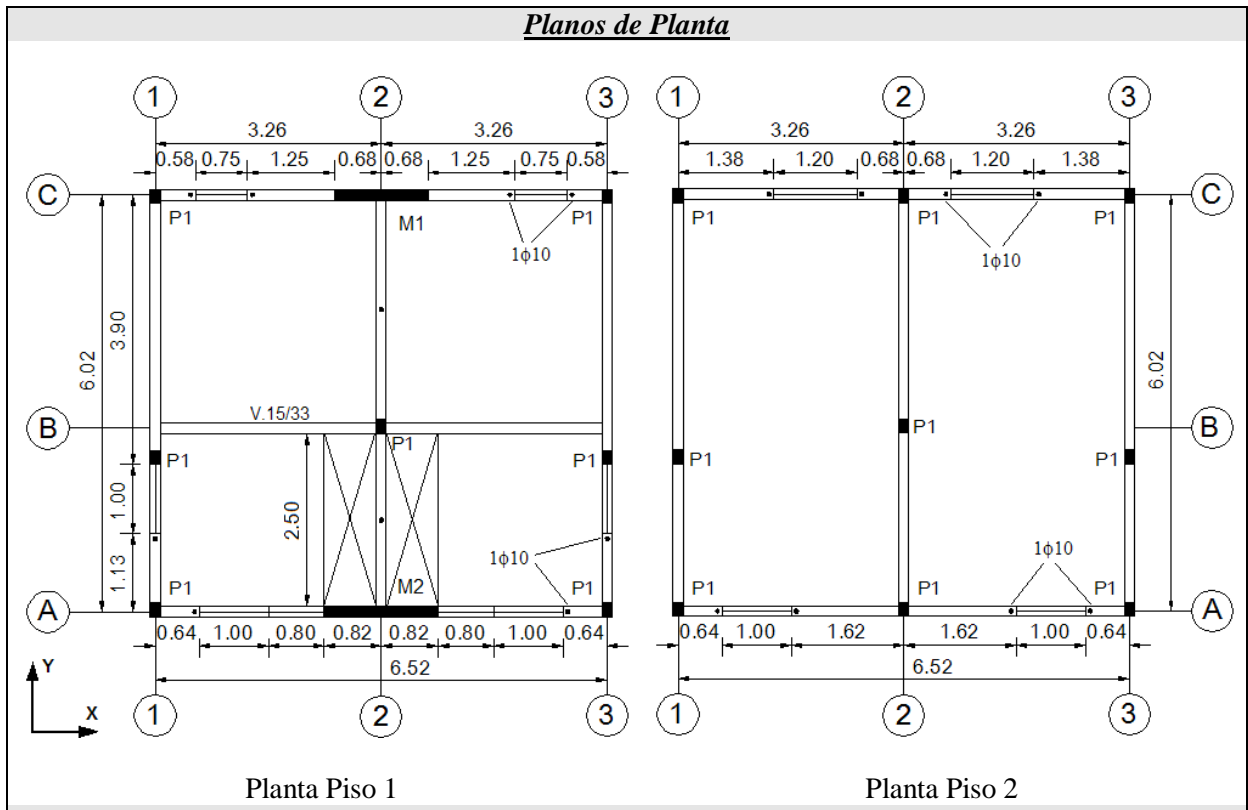


Figura 4. 8: Planos de planta y elevación Conjunto C.

4.3.4 CONJUNTO D

Antecedentes Generales

Conjunto Habitacional	D1
Ubicación	La Concepción, Los Artesanos, Cancha Rayada, Jotabache y Pje. Miraflores.
Cantidad de Viviendas	100
Tipo	Pareada
Número de Pisos	2
Año de Recepción	1989

Vista Frontal y Lateral



Elevación Eje A y 1



Elevación Eje A y 1 (Piso 2)

Plano Loteo



Suelo: Abanico Aluvial del río San José (V)
 Nivel Freático (menor a 10 mts.) : NO
 Riesgo de deslizamiento : NO
 Riesgo de Tsunami : NO
 Riesgo de Licuefacción : NO
 Tipo de Suelo: II (NCh 433.Of 96)

Figura 4. 9: Ficha de Conjunto D1.

Antecedentes Generales

Conjunto Habitacional	D2
Ubicación	Edmundo Pérez Zujovic, Av. España, Ramón Carnicer, Pje. Arístides Martínez y Pje. Juan Melgarejo.
Cantidad de Viviendas	100
Tipo	Pareada
Número de Pisos	2
Año de Recepción	1989

Vista Frontal y Lateral



Elevación Eje A



Elevación Eje 1 (Piso 2)

Plano Loteo



Suelo: Depósitos Marinos Arenosos (VI)	
Nivel Freático (menor a 10 mts.)	: SI
Riesgo de deslizamiento	: NO
Riesgo de Tsunami	: SI
Riesgo de Licuefacción	: SI
Tipo de Suelo: III (NCh 433.Of 96)	

Figura 4. 10: Ficha de Conjunto D2.

<i>Antecedentes Técnicos</i>				
Altura Piso 1	[m]	2,31		
Altura Piso 2	[m]	2,22		
Altura Total	[m]	4,53		
Área Planta Tipo	[m ²]	53,94		
Tipo de Albañilería		Enmarcada con Pilares y Cadenas de H.A.		
Espesor de Muro	[cm]	15		
Espesor Losa	[cm]	9	(lleva 6 viguetas, espaciadas a 1 m)	
Cadena Sobrecimiento	[cm]	15/15	4φ10	E φ6@20
Cadena Piso 1	[cm]	15/29	4φ10	E φ6@20
Viga Piso 1 (Eje B)	[cm]	20/31		
Cadena Piso 2	[cm]	15/20	4φ10	E φ6@20
Viga Piso 2 (Eje B)	[cm]	20/26		
Dimensión Pilar P1	[cm]	15x15	4φ10	E φ6@20
Dimensión Pilar P2	[cm]	20x15	4φ10	E φ6@20

<i>Antecedentes de Materiales</i>	
Hormigón	
Fundaciones	170 kg cemento/m ³ + 20% de bolón desplazador
Sobrecimiento	212,5 kg cemento/m ³
Losas, Viguetas y Pilares	R28 ≥ 180 [kg/cm ²], Tipo C
Acero	
Tensores	A44-28H con resaltes, excepto φ6
Viguetas Loseta	A56-50H
Tipo de Unidad	Bloque de Hormigón hecho a máquina, e = 15 [cm], 15x19x40 [cm]
Mortero de Pega	Relación cemento/cal/arena (1:1:6) en volumen
Tipo de Relleno de Huecos	-
Madera	-
Plano N° (Conjunto C1)	Plano N°5 Obra N° E 88-57-101
Plano N° (Conjunto C2)	Plano N°5 Obra N° E 88-57-101 y plano 1834-A

Figura 4. 11: Ficha de Conjunto D.

Tabla 4. 9: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto D1.

<i>Conjunto D1</i>				
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad
Meli	1	d x1 = 3,10	d y1 = 3,67	[%]
	2	d x2 = 3,61	d y2 = 4,83	[%]
	1	d/n x1 = 1,55	d/n y1 = 1,83	[%]
	2	d/n x2 = 3,61	d/n y2 = 4,83	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 3,10	LR1 y1 = 3,67	[%]
	2	LR1 x2 = 3,61	LR1 y2 = 4,83	[%]
	1	LR2 x = 0,033	LR2 y = 0,039	[m2 / Ton]
	1	LR3 x = 1,28	LR3 y = 1,52	[]
Gallegos	1	IB x = 0,72	IB y = 0,64	[]
	1	IG x = 0,72	IG y = 0,64	[]

Tabla 4. 10: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto D2.

Conjunto D2				
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad
Meli	1	d x1 = 3,10	d y1 = 3,67	[%]
	2	d x2 = 3,61	d y2 = 4,83	[%]
	1	d/n x1 = 1,55	d/n y1 = 1,83	[%]
	2	d/n x2 = 3,61	d/n y2 = 4,83	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 3,10	LR1 y1 = 3,67	[%]
	2	LR1 x2 = 3,61	LR1 y2 = 4,83	[%]
	1	LR2 x = 0,033	LR2 y = 0,039	[m2 / Ton]
	1	LR3 x = 1,07	LR3 y = 1,27	[]
Gallegos	1	IB x = 0,72	IB y = 0,64	[]
	1	IG x = 0,50	IG y = 0,45	[]

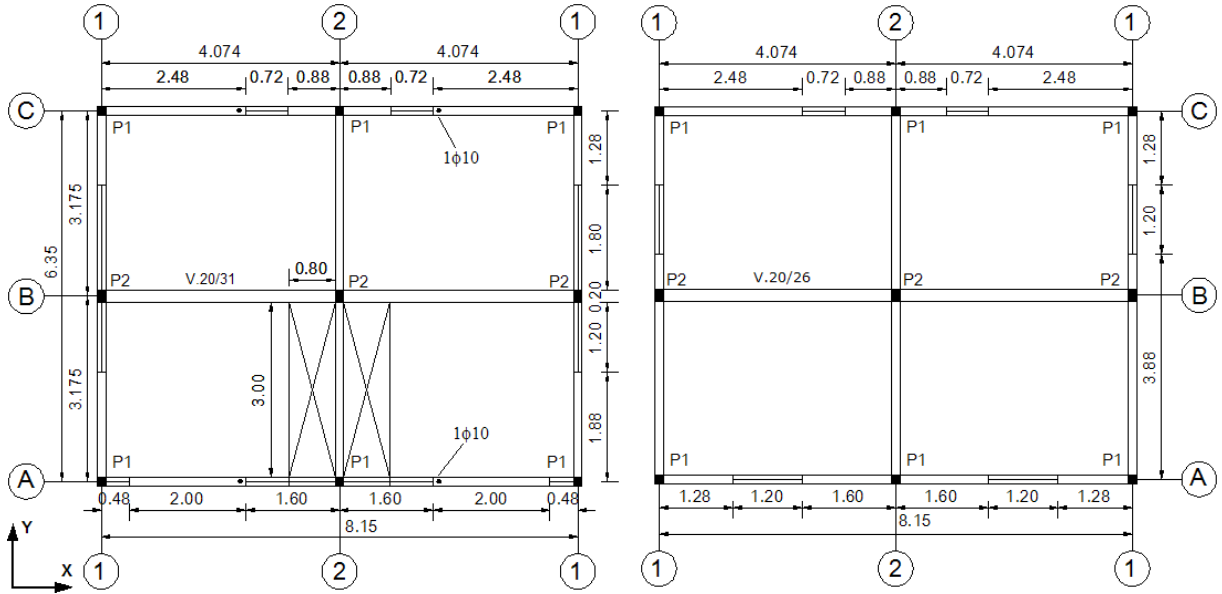
Tabla 4. 11: Limitaciones de Diseño Conjunto D.

Limitaciones de Diseño (NCh2123 Of.03)					
Conjunto Habitacional : D			Cumple	No Cumple	
1	Espesor de Muros Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina		X		
2	Dimensiones Máximas de los Paños de Albañilería Área máxima del paño en su plano $\leq 12,5$ [m ²] Dimensión horizontal máxima del paño ≤ 6 [m]		X X		
3	Ubicación de los Pilares Todos los bordes libres Todas las intersección de los muros		X	X	
4	Ubicación de las Cadenas A nivel de la techumbre y de los piso		X		
5	Refuerzos de Aberturas Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible Todos los bordes libres			X X	
Arm. Vertical	Área mínima de la armadura vertical en los bordes $\geq 0,8$ [cm ²] Diámetro mínimo ≥ 8 mm		- -		
	Arm. Horizontal	Área mínima de la armadura horizontal $\geq 0,5$ [cm ²] Colocada en la primera o en las 2 primeras juntas horizontales bajo la abertura			X X
Armadura vertical y horizontal anclada en elementos de confinamiento		-			
6	Detalle de la Armadura de Refuerzo Armadura longitudinal mínima de cadena y pilar debe ser 4 barras de $\phi 10$ [mm] Diámetro mínimo de los estribos debe ser 6 [mm] Diámetro mínimo de los estribos debe ser 4,2 [mm] (Para armadura electrosoldada)		X X -		
Pilares	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm] Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*)) Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia			X X	
	Cadena	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm] Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*) o (**)) Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia		X - X	

(*) Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible

(**) Uso de losa maciza en el piso

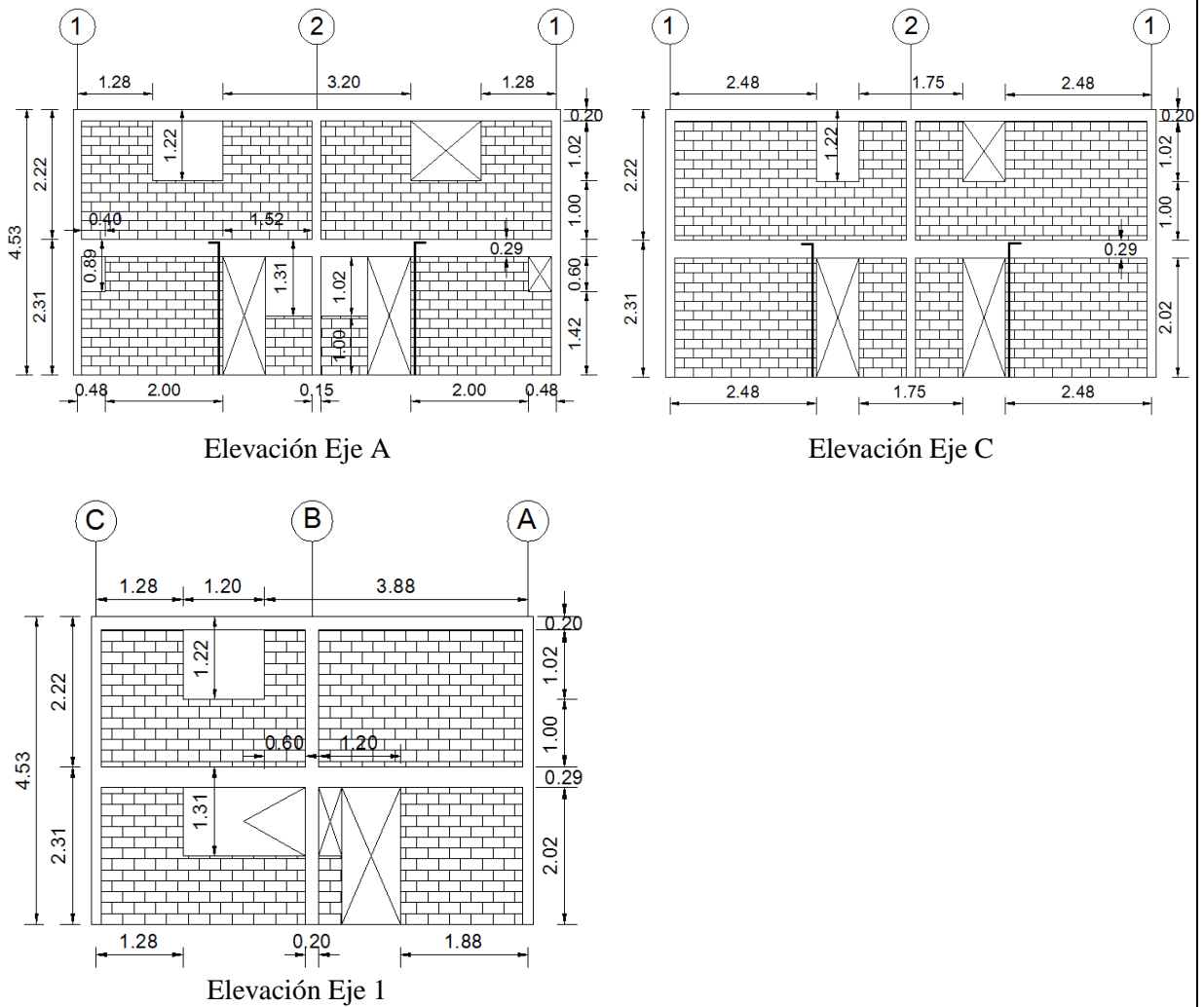
Planos de Planta



Planta Piso 1

Planta Piso 2

Planos de Elevación



Elevación Eje A

Elevación Eje C

Elevación Eje 1

Figura 4. 12: Planos de planta y elevación Conjunto D.

4.3.5 CONJUNTO E

Antecedentes Generales

Conjunto Habitacional	E
Ubicación	Las Codornices y San Antonio.
Cantidad de Viviendas	44
Tipo	Pareada
Número de Pisos	2
Año de Recepción	1990

Vista Frontal y Lateral



Elevación Eje A y I



Elevación Eje C

Plano Loteo



Suelo: Rocas del Morro (I)
 Nivel Freático (menor a 10 mts.) : NO
 Riesgo de deslizamiento : SI
 Riesgo de Tsunami : NO
 Riesgo de Licuefacción : NO
 Tipo de Suelo: II (NCh 433.Of 96)

Antecedentes Técnicos

Altura Piso 1	[m]	2,31		
Altura Piso 2	[m]	2,00		
Altura Total	[m]	4,31		
Área Planta Tipo	[m ²]	44,15		
Tipo de Albañilería		Reforzada con Armadura distribuida Horizontal y Vertical		
Espesor de Muro	[cm]	14		
Espesor Losa	[cm]	9		(lleva 6 viguetas, espaciadas a 1 m)
Cadena Sobrecimiento	[cm]	15/30		
Cadena Piso 1	[cm]	14/29		
Viga Piso 1 (Eje B)	[cm]	20/30		
Cadena Piso 2	[cm]	14/20	4φ10	E φ6@20
Cadena Piso 2 (Eje 1 y 2)	[cm]	25/14	4φ10	E φ6@20
Dimensión Pilar P1	[cm]	89x14	8φ10	E φ6@20

Antecedentes de los Materiales	
Hormigón	
Fundaciones	170 kg cemento/m ³ + 20% de bolón desplazador
Losas, Viguetas, Pilares y Cadenas	R28 ≥ 180 [kg/cm ²]
Acero	A44-28H con resaltes, excepto φ6
Tipo de Unidad	Ladrillo prensado hecho a máquina e = 14 [cm], 14x7x24 [cm]
Mortero de Pega	Relación cemento/cal/arena (1:1/4:5) en volumen
Tipo de Relleno de Huecos	-
Madera	Pino estructural Clase II, Humedad ≤ 18%
Plano N°	-

Bases de Cálculo	
Solicitaciones	
Peso Propio [kg/m ²]	200
Techumbre [kg/m ²]	30, NCh 1537
Viento [kg/m ²]	70
Sismo [kg/m ²]	Según NCh 433
Coefficiente Sísmico	C = 0.10

Figura 4. 13: Ficha de Conjunto E.

Tabla 4. 12: Limitaciones de Diseño Conjunto E.

Limitaciones de Diseño (NCh1928 Of.03)		
Conjunto Habitacional : E		
		Cumple No Cumple
1	<u>Espesor de Muros</u> Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina	X
2	<u>Detalle de la Armadura de Refuerzo de Muros</u> Diámetro mínimo de armadura vertical distribuida debe ser 8 [mm] Armadura vertical mínima en los bordes libres y en los encuentros de muros debe ser 1φ12 Separación máxima de armadura vertical u horizontal ≤ 6 veces espesor muro y < 120 [cm] Armadura vertical mínima alrededor de vanos debe ser de diámetro ≥ 10 [mm] Barras alrededor de vanos deben prolongarse 60 [cm] más allá de las esquinas del vano Cuantía en la dirección vertical ≥ 0,06 % Cuantía en la dirección horizontal ≥ 0,06 % Suma de cuatía vertical y horizontal ≥ 0,15%	X X X X X X X

Tabla 4. 13: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto E.

Conjunto E				
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad
Meli	1	d x1 = 1,40	d y1 = 4,76	[%]
	2	d x2 = 2,53	d y2 = 5,33	[%]
	1	d/n x1 = 0,70	d/n y1 = 2,38	[%]
	2	d/n x2 = 2,53	d/n y2 = 5,33	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 4,25	LR1 y1 = 4,81	[%]
	2	LR1 x2 = 3,28	LR1 y2 = 5,33	[%]
	1	LR2 x = 0,045	LR2 y = 0,051	[m2 / Ton]
	1	LR3 x = 2,39	LR3 y = 2,70	[]
Gallegos	1	IB x = 0,64	IB y = 0,72	[]
	1	IG x = 0,64	IG y = 0,72	[]

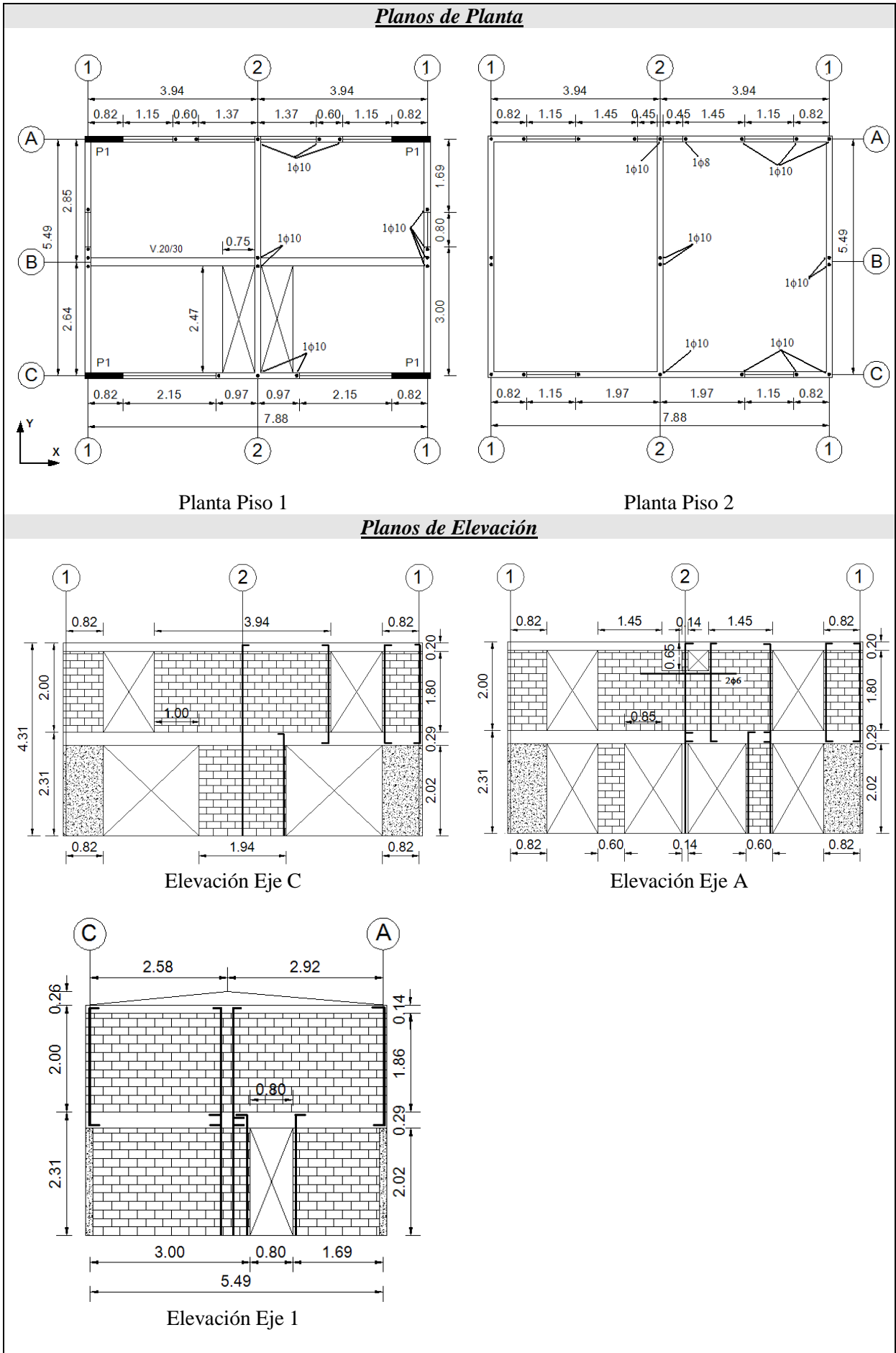


Figura 4. 14: Planos de planta y elevación Conjunto E.

4.3.6 CONJUNTO F

Antecedentes Generales

Conjunto Habitacional	F1
Ubicación	Antonio Weinborn, Pudahuel y Cerrillos.
Cantidad de Viviendas	90
Tipo	Pareada
Número de Pisos	2
Año de Recepción	1993

Vista Frontal y Lateral



Elevación Eje A



Elevación Eje A y 3

Plano Loteo



Suelo: Escombros de falda Morro (III)
 Nivel Freático (menor a 10 mts.) : NO
 Riesgo de deslizamiento : NO
 Riesgo de Tsunami : NO
 Riesgo de Licuefacción : NO
 Tipo de Suelo: III (NCh 433.Of 96)

Figura 4. 15: Ficha de Conjunto F1.

Antecedentes Generales

Conjunto Habitacional	F2
Ubicación	Ramón Carnicer, Joaquín Prieto y Edmundo Pérez Zujovic.
Cantidad de Viviendas	60
Tipo	Pareada
Número de Pisos	2
Año de Recepción	1993

Vista Frontal y Lateral



Elevación Eje A y 3



Elevación Eje B

Plano Loteo



Suelo: Depósitos Marinos Arenosos (VI)
Nivel Freático (menor a 10 mts.) : SI
Riesgo de deslizamiento : NO
Riesgo de Tsunami : SI
Riesgo de Licuefacción : SI
Tipo de Suelo: III (NCh 433.Of 96)

Figura 4. 16: Ficha de Conjunto F2.

Antecedentes Técnicos				
Altura Piso 1	[m]	2,40		
Altura Piso 2	[m]	2,21		
Altura Total	[m]	4,61		
Área Planta Tipo	[m ²]	59,62		
Tipo de Albañilería		Enmarcada con Pilares y Cadenas de H.A.		
Espesor de Muro	[cm]	14		
Espesor Losa	[cm]	12		
Cadena Sobrecimiento	[cm]	15/20	4φ10	E φ6@20
Cadena Piso 1	[cm]	14/28	4φ10	E φ6@15
Cadena Piso 2	[cm]	14/18	4φ10	E φ6@15
Dimensión Pilar P1	[cm]	14x14	4φ10	E φ6@15

Antecedentes de Materiales	
Hormigón	
Fundaciones	170 kg cemento/m ³ Tamaño máximo de áridos 25 [mm] En zonas no armadas se podrá usar un 20% de bolón desplazador
Sobrecimiento	255 kg cemento/m ³
Losas, Pilares y Cadenas	R28 ≥ 180 [kg/cm ²], Tipo C
Acero	A44-28H con resaltes, excepto φ6
Tipo de Unidad	Ladrillo Prensado Tipo Titan, e = 14 [cm], 13x29x14 [cm]
Mortero de Pega	Relación cemento/arena (1:4) en volumen
Tipo de Relleno de Huecos	Relleno Parcial de los huecos
Madera	Pino Estructural, Humedad ≤ 18%, RR ≥ 50%
Plano N°	-

Bases de Cálculo		
Suelo		
Presión Admisible Estática	[kg/cm ²]	2,0
Presión Admisible Sísmica	[kg/cm ²]	2,5
Solicitaciones		
Peso Propio	[kg/m ²]	-
Techumbre	[kg/m ²]	30
Viento	[kg/m ²]	Según NCh 432/of. 71
Sismo	[kg/m ²]	Según NCh 433/of. 72
Coefficiente Sísmico		12 %

Figura 4. 17: Ficha de Conjunto F.

Tabla 4. 14: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto F1.

Conjunto F1				
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad
Meli	1	d x1 = 1,74	d y1 = 4,37	[%]
	2	d x2 = 2,70	d y2 = 4,82	[%]
	1	d/n x1 = 0,87	d/n y1 = 2,18	[%]
	2	d/n x2 = 2,70	d/n y2 = 4,82	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 2,09	LR1 y1 = 4,37	[%]
	2	LR1 x2 = 2,72	LR1 y2 = 4,82	[%]
	1	LR2 x = 0,022	LR2 y = 0,047	[m ² / Ton]
	1	LR3 x = 1,12	LR3 y = 2,34	[]
Gallegos	1	IB x = 0,80	IB y = 0,72	[]
	1	IG x = 0,68	IG y = 0,61	[]

Tabla 4. 15: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto F2.

Conjunto F2				
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad
Meli	1	d x1 = 1,74	d y1 = 4,37	[%]
	2	d x2 = 2,70	d y2 = 4,82	[%]
	1	d/n x1 = 0,87	d/n y1 = 2,18	[%]
	2	d/n x2 = 2,70	d/n y2 = 4,82	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 2,09	LR1 y1 = 4,37	[%]
	2	LR1 x2 = 2,72	LR1 y2 = 4,82	[%]
	1	LR2 x = 0,022	LR2 y = 0,047	[m2 / Ton]
	1	LR3 x = 1,12	LR3 y = 2,34	[]
Gallegos	1	IB x = 0,80	IB y = 0,72	[]
	1	IG x = 0,56	IG y = 0,50	[]

Tabla 4. 16: Limitaciones de Diseño Conjunto F.

Limitaciones de Diseño (NCh2123 Of.03)				
Conjunto Habitacional : F			Cumple	No Cumple
1	<u>Espesor de Muros</u> Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina		X	
2	<u>Dimensiones Máximas de los Paños de Albañilería</u> Área máxima del paño en su plano $\leq 12,5$ [m ²] Dimensión horizontal máxima del paño ≤ 6 [m]		X X	
3	<u>Ubicación de los Pilares</u> Todos los bordes libres Todas las intersección de los muros		X	X
4	<u>Ubicación de las Cadenas</u> A nivel de la techumbre y de los piso		X	
5	<u>Refuerzos de Aberturas</u> Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible Todos los bordes libres		X	X
Arm. Vertical	Área mínima de la armadura vertical en los bordes $\geq 0,8$ [cm ²]		X	
	Diámetro mínimo ≥ 8 mm		X	
Arm. Horizontal	Área mínima de la armadura horizontal $\geq 0,5$ [cm ²]			X
	Colocada en la primera o en las 2 primeras juntas horizontales bajo la abertura Armadura vertical y horizontal anclada en elementos de confinamiento		X X	
6	<u>Detalle de la Armadura de Refuerzo</u> Armadura longitudinal mínima de cadena y pilar debe ser 4 barras de $\phi 10$ [mm] Diámetro mínimo de los estribos debe ser 6 [mm] Diámetro mínimo de los estribos debe ser 4,2 [mm] (Para amadura electrosoldada)		X X -	
Pilares	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]			X
	Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*))			X
	Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia		X	
Cadena	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]			X
	Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*) o (**))		-	
	Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia		X	

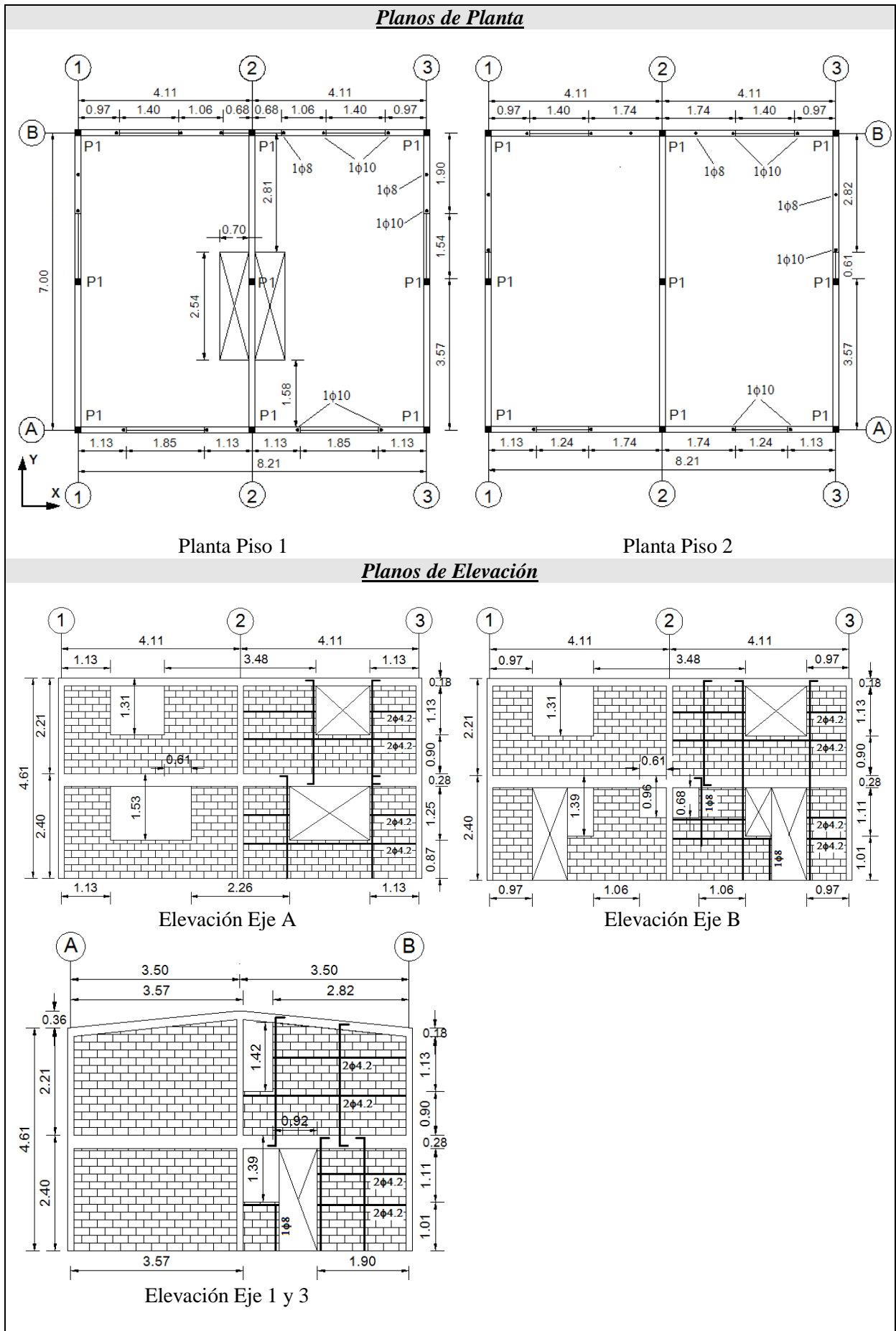


Figura 4. 18: Planos de planta y elevación Conjunto F.

4.3.7 CONJUNTO G

Antecedentes Generales

Conjunto Habitacional	G
Ubicación	San Ignacio de Loyola, José Vial, Pje. Ignacio Vergara y Jim Hosey.
Cantidad de Viviendas	230
Tipo	Pareada
Número de Pisos	2
Año de Recepción	1996

Vista Frontal y Lateral



Elevación Eje A



Elevación Eje A y 3

Plano Loteo



Suelo: Escombros de falda Morro con costras de Sal (IV)

Nivel Freático (menor a 10 mts.)	: NO
Riesgo de deslizamiento	: NO
Riesgo de Tsunami	: NO
Riesgo de Licuefacción	: NO
Tipo de Suelo: III (NCh 433.Of 96)	

<i>Antecedentes Técnicos</i>				
Altura Piso 1	[m]	2,36		
Altura Piso 2	[m]	2,25		
Altura Total	[m]	4,61		
Área Piso 1	[m]	43,71		
Área Piso 2	[m ²]	53,23		
Tipo de Albañilería		Enmarcada con Pilares y Cadenas de H.A.		
Espesor de Muro	[cm]	15		
Espesor Losa	[cm]	11		
Cadena Sobrecimiento	[cm]	15/30	4φ10	E φ6@20
Cadena Piso 1	[cm]	15/34	4φ10	E φ6@20
Cadena Piso 1 (Eje B)	[cm]	15/34	4φ10	E φ6@20
Cadena Piso 1 (Eje C)	[cm]	15/29	4φ10	E φ6@20
Cadena Piso 2	[cm]	15/23	4φ10	E φ6@20
Cadena Piso 2 (Eje 2)	[cm]	25/15	4φ10	E φ6@20
Dimensión Pilar P1	[cm]	15x15	4φ10	E φ6@20
Dimensión Pilar P2	[cm]	15x25	4φ10	E φ6@20

<i>Antecedentes de Materiales</i>	
Hormigón	
Fundaciones	170 kg cemento/m ³ + 20% bolón desplazador
Armado en General	R28 ≥ 200 [kg/cm ²]
Acero	A44-28H con resaltes, excepto φ6
Tipo de Unidad	Bloque Hormigón, e = 15 [cm]
Mortero de Pega	-
Tipo de Relleno de Huecos	-
Madera	Pino Estructural Grado 3, Humedad ≤ 18%, RR ≥ 50%
Plano N ^o	-

Figura 4. 19: Ficha de Conjunto G.

Tabla 4. 17: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto G.

<i>Conjunto G</i>				
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad
Meli	1	d x1 = 2,09	d y1 = 5,37	[%]
	2	d x2 = 2,64	d y2 = 6,17	[%]
	1	d/n x1 = 1,05	d/n y1 = 2,69	[%]
	2	d/n x2 = 2,64	d/n y2 = 6,17	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 2,78	LR1 y1 = 5,37	[%]
	2	LR1 x2 = 2,64	LR1 y2 = 6,17	[%]
	1	LR2 x = 0,023	LR2 y = 0,044	[m2 / Ton]
	1	LR3 x = 0,76	LR3 y = 1,46	[]
Gallegos	1	IB x = 0,64	IB y = 0,80	[]
	1	IG x = 0,54	IG y = 0,68	[]

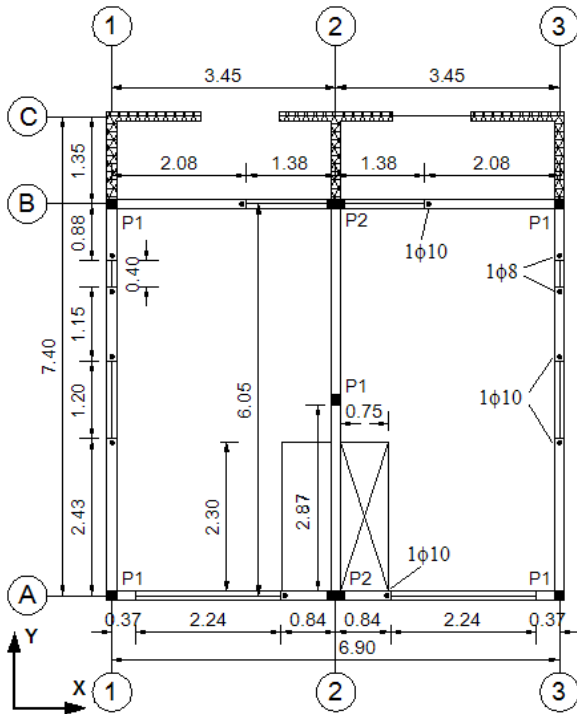
Tabla 4. 18: Limitaciones de Diseño Conjunto G.

Limitaciones de Diseño (NCh2123 Of.03)				
Conjunto Habitacional : G				
			Cumple	No Cumple
1	<u>Espesor de Muros</u>			
	Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina		X	
2	<u>Dimensiones Máximas de los Paños de Albañilería</u>			
	Área máxima del paño en su plano $\leq 12,5$ [m ²]		X	
	Dimensión horizontal máxima del paño ≤ 6 [m]		X	
3	<u>Ubicación de los Pilares</u>			
	Todos los bordes libres			X
	Todas las intersección de los muros			X
4	<u>Ubicación de las Cadenas</u>			
	A nivel de la techumbre y de los piso		X	
5	<u>Refuerzos de Aberturas</u>			
	Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible			X
	Todos los bordes libres			X
	Arm. Vertical	Área mínima de la armadura vertical en los bordes $\geq 0,8$ [cm ²]	X	
		Diámetro mínimo ≥ 8 mm	X	
	Arm. Horizontal	Área mínima de la armadura horizontal $\geq 0,5$ [cm ²]		X
		Colocada en la primera o en las 2 primeras juntas horizontales bajo la abertura	X	
		Armadura vertical y horizontal anclada en elementos de confinamiento	X	
6	<u>Detalle de la Armadura de Refuerzo</u>			
	Armadura longitudinal mínima de cadena y pilar debe ser 4 barras de $\phi 10$ [mm]		X	
	Diámetro mínimo de los estribos debe ser 6 [mm]		X	
	Diámetro mínimo de los estribos debe ser 4,2 [mm] (Para amadura electrosoldada)		-	
	Pilares	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]		X
		Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*))		X
		Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X	
	Cadena	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]	X	
		Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*) o (**))	-	
		Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X	

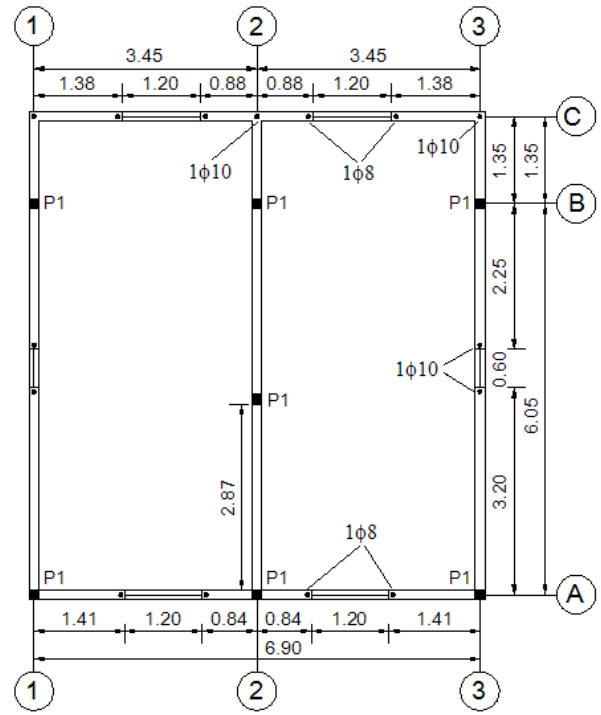
(*) Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible

(**) Uso de losa maciza en el piso

Planos de Planta

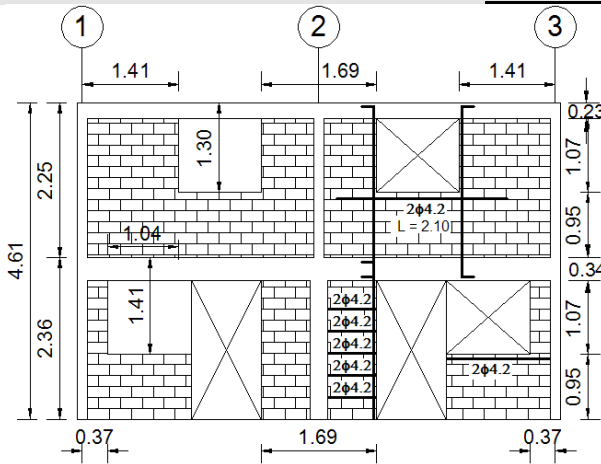


Planta Piso 1

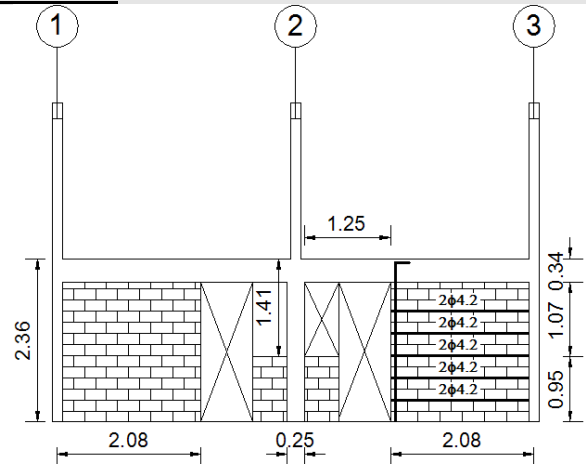


Planta Piso 2

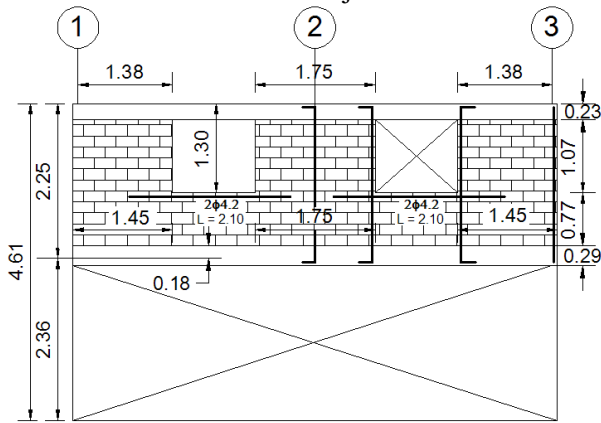
Planos de Elevación



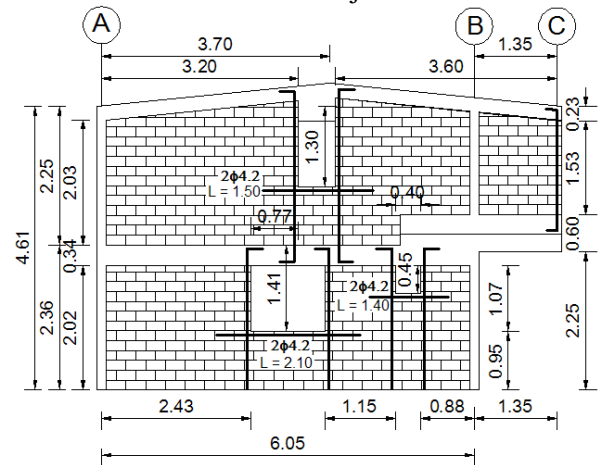
Elevación Eje A



Elevación Eje B



Elevación Eje C



Elevación Eje 1 y 3

Figura 4. 20: Planos de planta y elevación Conjunto G.

4.3.8 CONJUNTO H

Antecedentes Generales

Conjunto Habitacional	H
Ubicación	San Ignacio Loyola, Nana Gutiérrez, Miguel Squella y Jim Hosey.
Cantidad de Viviendas	118
Tipo	Pareada
Número de Pisos	2
Año de Recepción	1997

Vista Frontal y Lateral



Elevación Eje B y 3



Elevación Eje B

Plano Loteo



Suelo: Escombros de falda Morro con costras de Sal (IV)

Nivel Freático (menor a 10 mts.)	: NO
Riesgo de deslizamiento	: NO
Riesgo de Tsunami	: NO
Riesgo de Licuefacción	: NO
Tipo de Suelo:	III (NCh 433.Of 96)

Antecedentes Técnicos

Altura Piso 1	[m]	2,30		
Altura Piso 2	[m]	2,02		
Altura Total	[m]	4,32		
Área Planta Tipo	[m ²]	48,06		
Tipo de Albañilería				Reforzada con Armadura distribuida Horizontal y Vertical
Espesor de Muro	[cm]	14		
Espesor Losa	[cm]	10		
Cadena Sobrecimiento (Eje A y B)	[cm]	15/30	4φ8	E φ6@15
Cadena Sobrecimiento (Eje 1 y 3)	[cm]	15/30	4φ10	E φ6@12
Cadena Piso 1	[cm]	14/28	4φ8	E φ4.2@15
Cadena Piso 2	[cm]	14/20	4φ8	E φ4.2@15

Antecedentes de Materiales	
Hormigón	
Fundaciones	H30, en Pilotes de ϕ 0,18x3,0 [m]
Sobrecimiento	H18 con 80% de nivel de confianza
Losas y Vigas	H18 con 80% de nivel de confianza
Acero	A63-42H con resaltes, excepto ϕ 6 liso con A44-28H
Tipo de Unidad	Bloque de Hormigón hecho a máquina, e = 14 [cm], 39x19x14 [cm]
Mortero de Pega	Relación cemento/cal/arena (1:1/4:4) en volumen
Tipo de Relleno de Huecos	-
Madera	Pino estructural, humedad \leq 17%
Plano N°	01, Obra N°112

Bases de Cálculo	
Suelo	
Presión Admisible Estática [kg/cm ²]	2,5
Presión Admisible Sísmica [kg/cm ²]	3,0

Figura 4. 21: Ficha de Conjunto H.

Tabla 4. 19: Limitaciones de Diseño Conjunto H.

Limitaciones de Diseño (NCh1928 Of.03)			
Conjunto Habitacional : H		Cumple	No Cumple
1	<u>Espesor de Muros</u> Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina	X	
2	<u>Detalle de la Armadura de Refuerzo de Muros</u> Diámetro mínimo de armadura vertical distribuida debe ser 8 [mm] Armadura vertical mínima en los bordes libres y en los encuentros de muros debe ser 1 ϕ 12 Separación máxima de armadura vertical u horizontal \leq 6 veces espesor muro y < 120 [cm] Armadura vertical mínima alrededor de vanos debe ser de diámetro \geq 10 [mm] Barras alrededor de vanos deben prolongarse 60 [cm] más allá de las esquinas del vano Cuantía en la dirección vertical \geq 0,06 % Cuantía en la dirección horizontal \geq 0,06 % Suma de cuatía vertical y horizontal \geq 0,15%	X X	 X X X X X X

Tabla 4. 20: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto H.

Conjunto H				
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad
Meli	1	d x1 = 0,23	d y1 = 4,88	[%]
	2	d x2 = 2,64	d y2 = 5,60	[%]
	1	d/n x1 = 0,12	d/n y1 = 2,44	[%]
	2	d/n x2 = 2,64	d/n y2 = 5,60	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 1,16	LR1 y1 = 4,88	[%]
	2	LR1 x2 = 2,66	LR1 y2 = 5,60	[%]
	1	LR2 x = 0,013	LR2 y = 0,055	[m2 / Ton]
	1	LR3 x = 0,39	LR3 y = 1,66	[]
Gallegos	1	IB x = 0,72	IB y = 0,72	[]
	1	IG x = 0,61	IG y = 0,61	[]

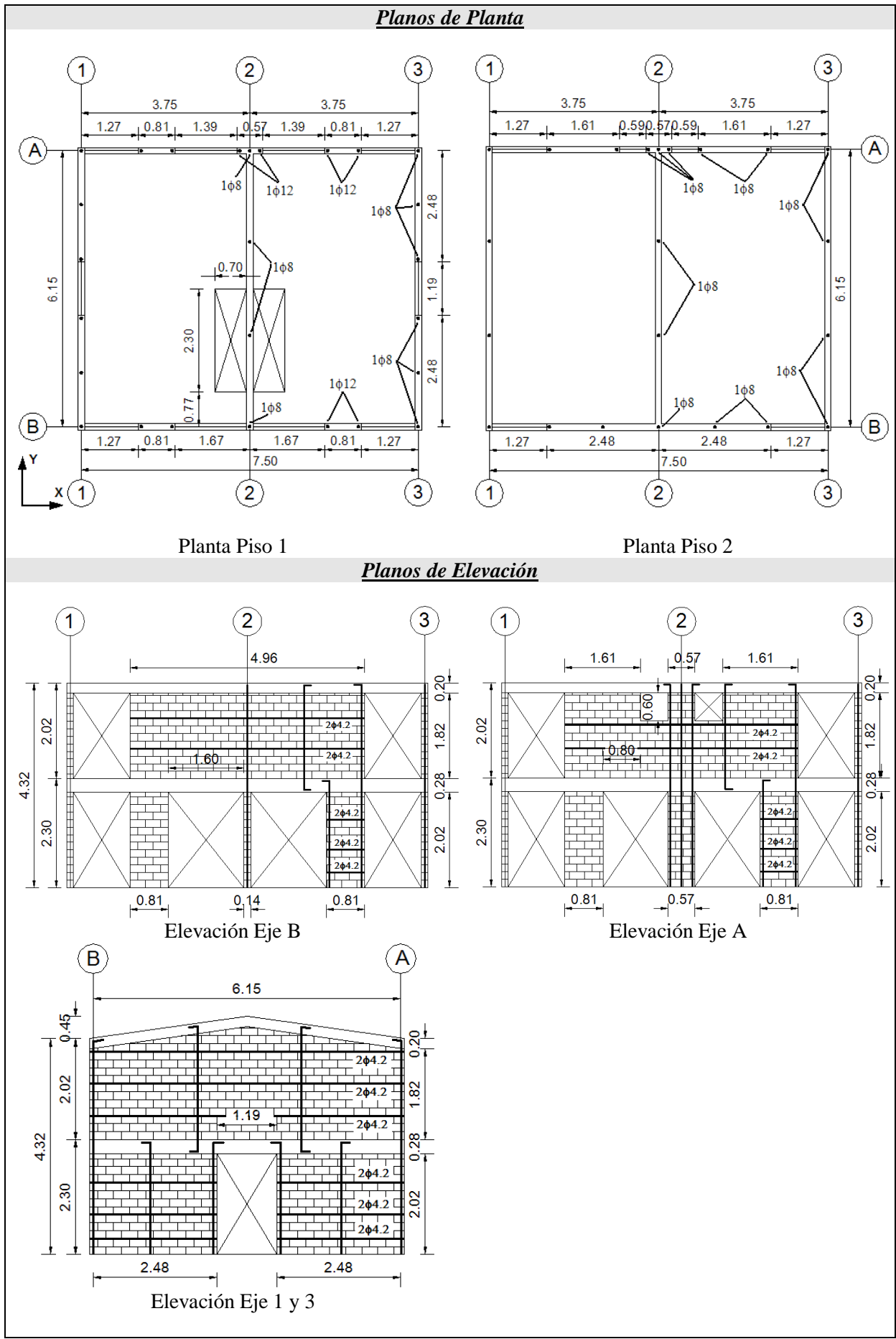


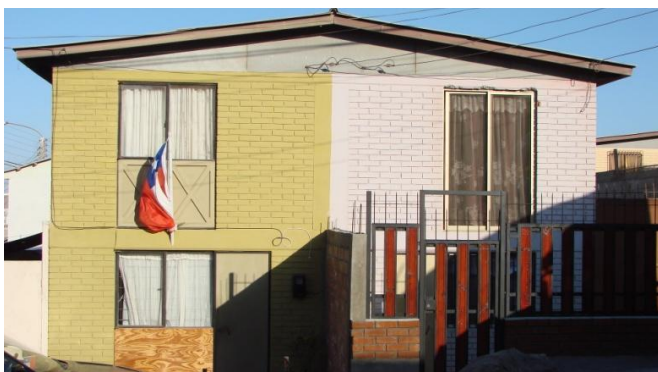
Figura 4. 22: Planos de planta y elevación Conjunto H.

4.3.9 CONJUNTO I

Antecedentes Generales

Conjunto Habitacional	I
Ubicación	Ignacio de Loyola, Chiguayante, Carlos Villarroel, Tío Cánepa.
Cantidad de Viviendas	480
Tipo	Pareada
Número de Pisos	2
Año de Recepción	1999

Vista Frontal y Posterior



Elevación Eje A



Elevación Eje C (Piso 2)

Plano Loteo



Suelo: Rocas del Morro (I)	
Nivel Freático (menor a 10 mts.)	: NO
Riesgo de deslizamiento	: NO
Riesgo de Tsunami	: NO
Riesgo de Licuefacción	: NO
Tipo de Suelo: II (NCh 433.Of 96)	

Antecedentes Técnicos

Altura Piso 1	[m]	2,31		
Altura Piso 2	[m]	2,22		
Altura Total	[m]	4,53		
Área Planta Tipo	[m ²]	48,13		
Tipo de Albañilería		Albañilería Armada		
Espesor de Muro	[cm]	14		
Espesor Losa	[cm]	11		
Cadena Piso 1	[cm]	14/28	4φ10	E φ6@15
Cadena Piso 1 (Eje 1,2 y 3)	[cm]	14/28	4φ10	E φ6@20
Cadena Piso 2	[cm]	14/20	4φ10	E φ6@15
Dimensión Pilar P1	[cm]	14x40	4φ10 + 2φ6	E φ6@15

<u>Antecedentes de los Materiales</u>	
Hormigón de Fundaciones	H20, con 90% de nivel de Confianza
Hormigón Armado	H20, con 90% de nivel de Confianza Tamaño máximo de áridos 3/4" en elementos verticales y 1.1/4" para vigas y losas
Acero	
Hormigón Armado	A63-42H con resaltes, excepto $\phi 6$
Tensores	A44-28H con resaltes
Escalerillas	AT56-50H con resaltes (Tipo Acma)
Tipo de Unidad	Ladrillo prensado hecho a máquina, e = 14 [cm] Tipo 1- grado 3.
Mortero de Pega	Relación cemento/cal/arena (1:1/4:4) en volumen, R28 > 100 [kg/cm ²]
Tipo de Relleno de Huecos	Relleno parcial de los huecos
Madera	Pino estructural Grado 2, humedad $\leq 18\%$, RR $\geq 50\%$
Plano N ^o	9907-01

<u>Bases de Cálculo</u>	
Suelo	
Presión de Trabajo Estática [kg/cm ²]	1,8
Presión de Trabajo Sísmica [kg/cm ²]	2,3
Peso Propio [kg/m ²]	200
Techumbre [kg/m ²]	30
Viento [kg/m ²]	60, NCh 432 /of.71
Sismo [kg/m ²]	Según NCh 433 /of.96
Coefficiente Sísmico	C = 0.18

Figura 4. 23: Ficha de Conjunto I.

Observaciones

El subsuelo en el cual se encuentra ubicado este conjunto presenta las siguientes características:

En el sector alto del terreno, cumbre del cerro, existe roca meteorizada con planos de clivaje rellenos con películas salinas de sulfatos y cloruros de baja solubilidad (0,87%). Sobre esta roca existe una costra salina de 20 cm de espesor que fue removida. Hacia el este, la pendiente va en descenso y la roca se va clavando o escondiendo paulatinamente a 1,65 m y a 2,10 de profundidad. En este sector predomina el subsuelo compuesto por una costra salina superficial de 25 cm de espesor bajo la cual existe un suelo compuesto por arena limo arcillosa muy compactada y fuertemente cementada por sales, seca y muy dura. La cantidad de sales solubles según ensayos es entre 3,5 y 4, 6%, valor que no es muy alto. Finalmente, la roca es dura y los planos de clivaje son muy finos y el porcentaje de sal entre ellos es muy bajo y no hay peligro de asentamiento por eventual ingreso de aguas.

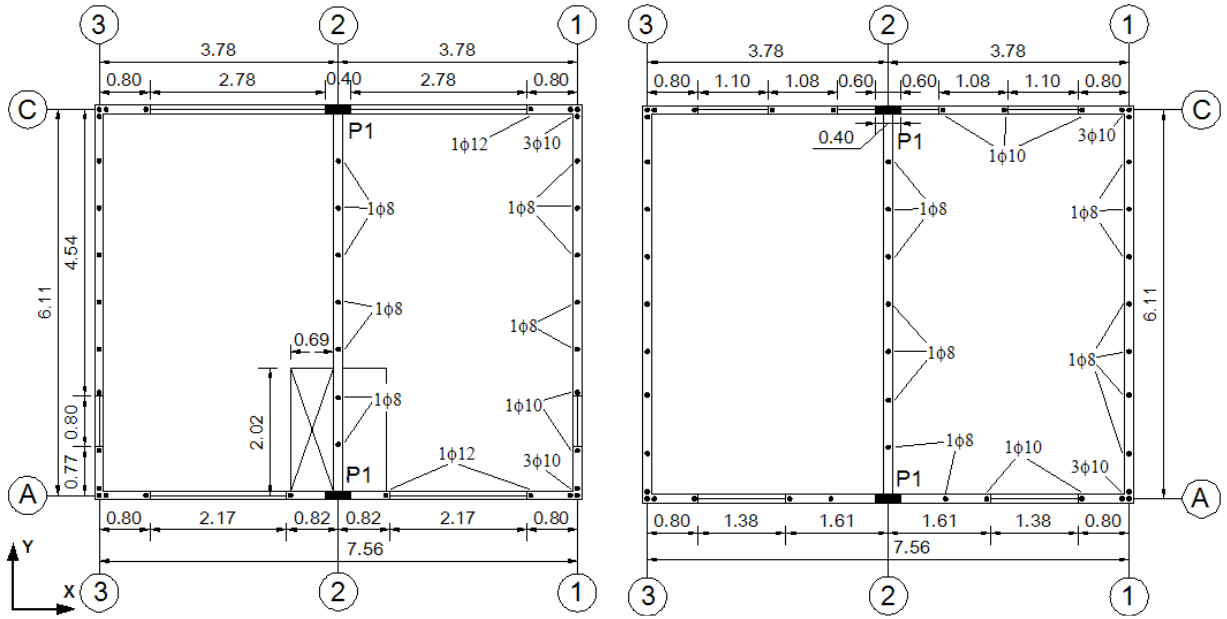
Tabla 4. 21: Limitaciones de Diseño Conjunto I.

Limitaciones de Diseño (NCh1928 Of.03)			
Conjunto Habitacional : I		Cumple	No Cumple
1	<u>Espesor de Muros</u> Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina	X	
2	<u>Detalle de la Armadura de Refuerzo de Muros</u> Diámetro mínimo de armadura vertical distribuida debe ser 8 [mm] Armadura vertical mínima en los bordes libres y en los encuentros de muros debe ser 1 ϕ 12 Separación máxima de armadura vertical u horizontal \leq 6 veces espesor muro y < 120 [cm] Armadura vertical mínima alrededor de vanos debe ser de diámetro \geq 10 [mm] Barras alrededor de vanos deben prolongarse 60 [cm] más allá de las esquinas del vano Cuantía en la dirección vertical \geq 0,06 % Cuantía en la dirección horizontal \geq 0,06 % Suma de cuatía vertical y horizontal \geq 0,15%	X X X X X X X X	

Tabla 4. 22: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto I.

Conjunto I				
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad
Meli	1	d x1 = 0,66	d y1 = 4,70	[%]
	2	d x2 = 2,09	d y2 = 5,56	[%]
	1	d/n x1 = 0,33	d/n y1 = 2,35	[%]
	2	d/n x2 = 2,09	d/n y2 = 5,56	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 1,84	LR1 y1 = 5,07	[%]
	2	LR1 x2 = 3,02	LR1 y2 = 5,56	[%]
	1	LR2 x = 0,019	LR2 y = 0,053	[m2 / Ton]
	1	LR3 x = 1,05	LR3 y = 2,88	[]
Gallegos	1	IB x = 0,58	IB y = 0,72	[]
	1	IG x = 0,58	IG y = 0,72	[]

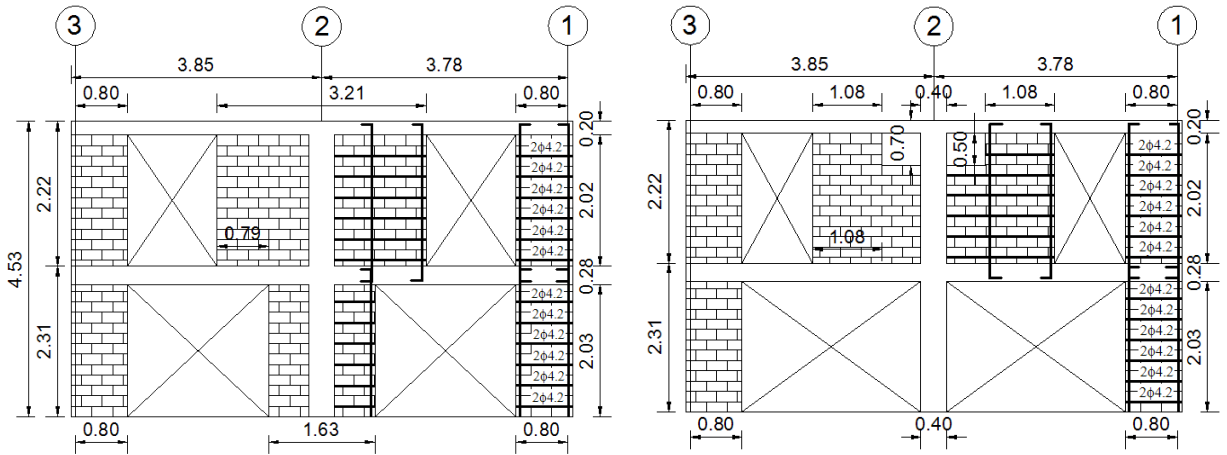
Planos de Planta



Planta Piso 1

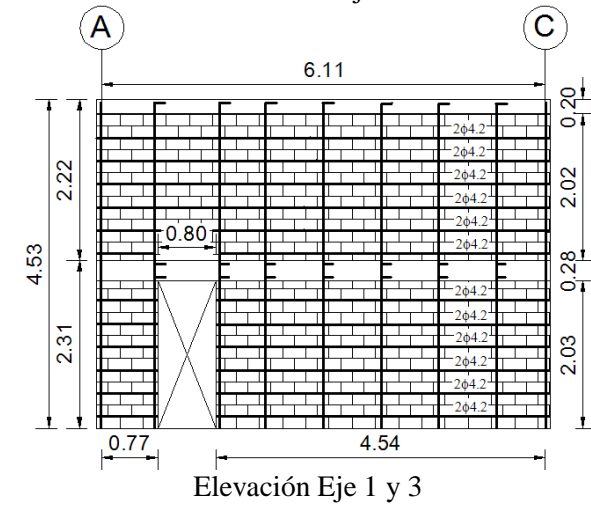
Planta Piso 2

Planos de Elevación



Elevación Eje A

Elevación Eje C



Elevación Eje 1 y 3

Figura 4. 24: Planos de planta y elevación Conjunto I.

4.3.10 CONJUNTO J

Antecedentes Generales

Conjunto Habitacional	J
Ubicación	Amador Neghme, Juan de Dios Flores, Orozimbo Barboza y Fortunato Valencia.
Cantidad de Viviendas	144
Tipo	Pareada
Número de Pisos	2
Año de Recepción	2001

Vista Frontal y Lateral

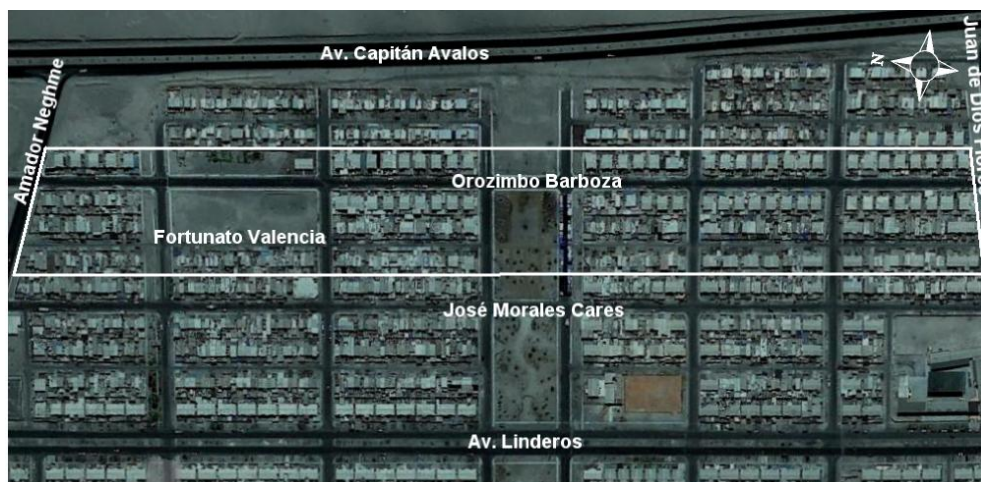


Elevación Eje A y 1



Elevación Eje A

Plano Loteo



Características del suelo

Suelo: Escombros de falda cerro Chuño (VII)
 Nivel Freático (menor a 10 mts.) : NO
 Riesgo de deslizamiento : NO
 Riesgo de Tsunami : NO
 Riesgo de Licuefacción : NO
 Tipo de Suelo: III (NCh 433.Of 96)

<u>Antecedentes Técnicos</u>				
Altura Piso 1	[m]	2,39		
Altura Piso 2	[m]	2,20		
Altura Total	[m]	4,59		
Área Planta Tipo	[m ²]	76,93		
Tipo de Albañilería		Enmarcada con Pilares y Cadenas de H.A.		
Espesor de Muro	[cm]	14		
Espesor Losa	[cm]	9		
Cadena Sobrecimiento	[cm]	14/20	4φ10	E φ6@15
Cadena Piso 1	[cm]	14/20	4φ10	E φ6@15
Cadena Piso 1 (Eje A')	[cm]	40/15		
Cadena Piso 1 (Eje A-B)	[cm]	14/20 y 14/37	4φ10	E φ6@15
Cadena Piso 2	[cm]	14/20	4φ10	E φ6@15
Cadena Piso 2 (Eje 1,2 y 3)	[cm]	20/20	4φ10	E φ6@15
Dimensión Pilar P1	[cm]	14x20	4φ10	E φ6@15
Dimensión Pilar P2	[cm]	14x30	4φ12	E φ8@15

<u>Antecedentes de Materiales</u>	
Hormigón	
Fundaciones	H10, R28 \geq 100 [kg/cm ²] con un 90 % de nivel de confianza y 25% de bolón desplazador (Tamaño máximo 6")
Sobrecimiento	H20, R28 \geq 200 [kg/cm ²], considerar aditivo hidrófugo incorporado
Losas, Pilares, Vigas, Cadenas y Radieres	H20, R28 \geq 200 [kg/cm ²]
Acero	
Pilares y Cadenas	A63-42H con resaltes, excepto φ6 AT56-50H (Alternativa)
Tipo de Unidad	Bloque de Hormigón, e = 14 [cm]. Resistencia individual mínima a la compresión 50 kg/cm ²
Mortero de Pega	Relación cemento/cal/arena (1:1/4:4) en volumen
Tipo de Relleno de Huecos	Relleno total de huecos en muros eje A y B En los antepechos se rellenan todos los huecos
Madera	Pino, grado estructural N°2
Plano N°	E-24-00-101 y E-24-00-102

<u>Bases de Cálculo</u>		
Suelo		
Presión de Trabajo Estática	[kg/cm ²]	1,0
Presión de Trabajo Sísmica	[kg/cm ²]	1,3

Figura 4. 25: Ficha de Conjunto J.

Tabla 4. 23: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto J.

Conjunto J					
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad	
Meli	1	d/n x1 = 0,17	d/n y1 = 3,00	[%]	
	2	d/n x2 = 1,06	d/n y2 = 5,55	[%]	
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 1,39	LR1 y1 = 6,00	[%]	
	2	LR1 x2 = 1,36	LR1 y2 = 5,55	[%]	
	1	LR2 x = 0,016	LR2 y = 0,071	[m ² / Ton]	
	1	LR3 x = 0,52	LR3 y = 2,22	[]	
Gallegos	1	IB x = 0,65	IB y = 1,00	[]	
	1	IG x = 0,55	IG y = 0,85	[]	

Tabla 4. 24: Limitaciones de Diseño Conjunto J.

Limitaciones de Diseño (NCh2123 Of.03)				
Conjunto Habitacional : J			Cumple	No Cumple
1	Espesor de Muros Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina		X	
2	Dimensiones Máximas de los Paños de Albañilería Área máxima del paño en su plano $\leq 12,5$ [m ²] Dimensión horizontal máxima del paño ≤ 6 [m]		X X	
3	Ubicación de los Pilares Todos los bordes libres Todas las intersección de los muros		X	X
4	Ubicación de las Cadenas A nivel de la techumbre y de los piso		X	
5	Refuerzos de Aberturas Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible Todos los bordes libres		X	X
	Arm. Vertical	Área mínima de la armadura vertical en los bordes $\geq 0,8$ [cm ²] Diámetro mínimo ≥ 8 mm	X X	
	Arm. Horizontal	Área mínima de la armadura horizontal $\geq 0,5$ [cm ²] Colocada en la primera o en las 2 primeras juntas horizontales bajo la abertura	X X	
		Armadura vertical y horizontal anclada en elementos de confinamiento	X	
6	Detalle de la Armadura de Refuerzo Armadura longitudinal mínima de cadena y pilar debe ser 4 barras de $\phi 10$ [mm] Diámetro mínimo de los estribos debe ser 6 [mm] Diámetro mínimo de los estribos debe ser 4,2 [mm] (Para armadura electrosoldada)		X X -	
	Pilares	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm] Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*)) Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X X X	X
	Cadena	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm] Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*) o (**)) Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X - X	

(*) Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible

(**) Usos de losa maciza en el piso

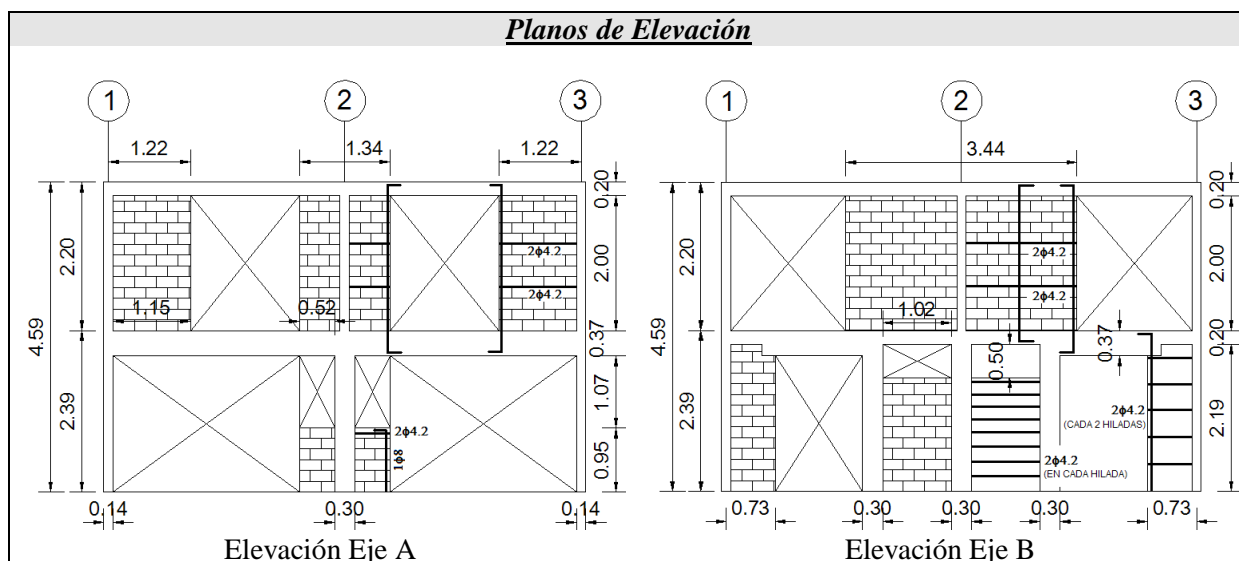
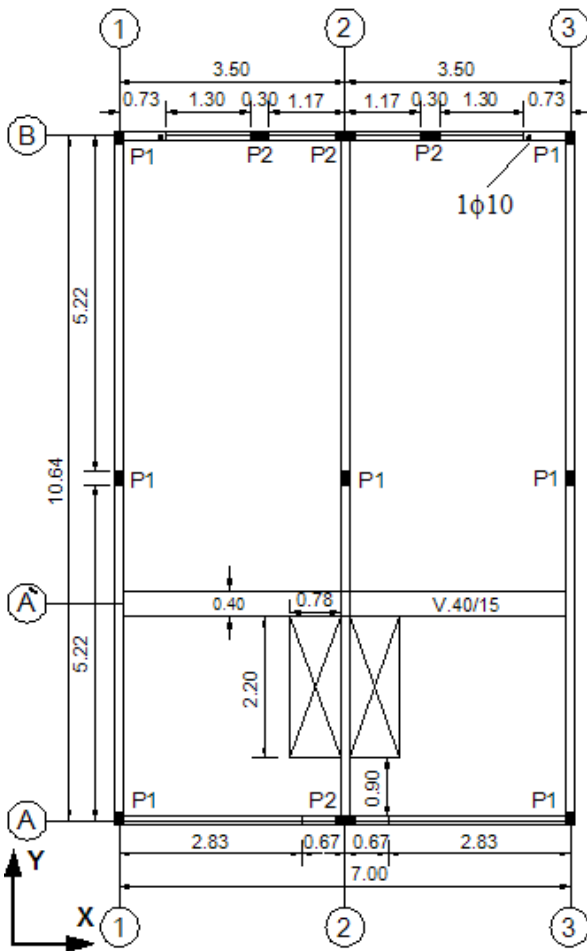
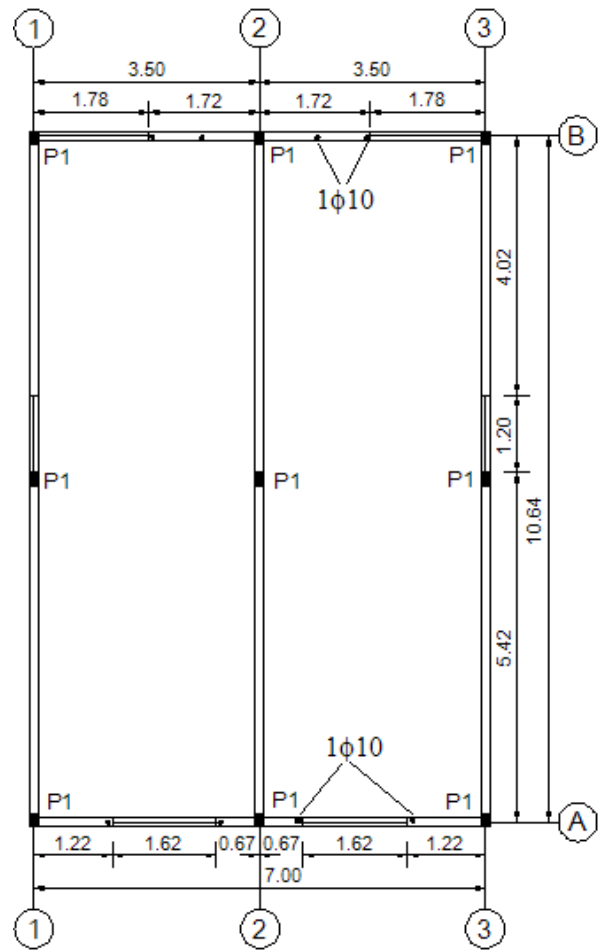


Figura 4. 26: Planos de elevación Conjunto J.

Planos de Planta

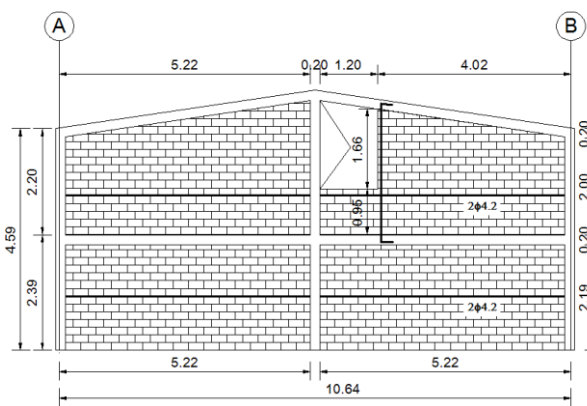


Planta Piso 1

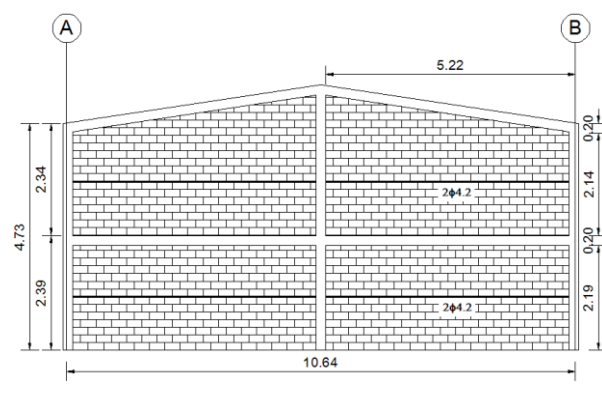


Planta Piso 2

Planos de Elevación



Elevación Eje 1 y 3



Elevación Eje 2

Figura 4. 27: Planos de planta y elevación Conjunto J.

4.3.11 CONJUNTO K

Antecedentes Generales

Conjunto Habitacional	K
Ubicación	Av. Linderos, Tome y Moisés Zúñiga.
Cantidad de Viviendas	42
Tipo	Pareada
Número de Pisos	2
Año de Recepción	2001

Vista Frontal y Lateral



Elevación Eje A



Elevación Eje B (Piso 2)

Plano Loteo



Características del suelo

Suelo: Escombros de falda cerro Chuño (VII)
Nivel Freático (menor a 10 mts.) : NO
Riesgo de deslizamiento : NO
Riesgo de Tsunami : NO
Riesgo de Licuefacción : NO
Tipo de Suelo: III (NCh 433.Of 96)

<u>Antecedentes Técnicos</u>				
Altura Piso 1	[m]	2,39		
Altura Piso 2	[m]	2,20		
Altura Total	[m]	4,59		
Área Planta Tipo	[m ²]	60,05		
Tipo de Albañilería		Enmarcada con Pilares y Cadenas de H.A.		
Espesor de Muro	[cm]	14		
Espesor Losa	[cm]	9		
Cadena Sobrecimiento	[cm]	14/20	4φ10	E φ6@15
Cadena Piso 1	[cm]	14/20	4φ10	E φ6@15
Cadena Piso 1 (Eje A')	[cm]	40/15		
Cadena Piso 1 (Eje A-B)	[cm]	14/20 y 14/37	4φ10	E φ6@15
Cadena Piso 2	[cm]	14/20	4φ10	E φ6@15
Dimensión Pilar P1	[cm]	14x20	4φ10	E φ6@15
Dimensión Pilar P2	[cm]	14x30	4φ12	E φ8@15

<u>Antecedentes de Materiales</u>	
Hormigón	
Fundaciones	H10, R28 \geq 100 [kg/cm ²] con un 90 % de nivel de confianza y 25% de bolón desplazador (Tamaño máximo 6")
Sobrecimiento	H20, R28 \geq 200 [kg/cm ²], considerar aditivo hidrófugo incorporado
Losas, Pilares, Vigas, Cadenas y Radieres	H20, R28 \geq 200 [kg/cm ²]
Acero	
Pilares y Cadenas	A63-42H con resaltes, excepto φ6 ACMA AT56-50H (Alternativa)
Tipo de Unidad	Bloque de Hormigón, e = 14 [cm]. Resistencia individual mínima a la compresión 50 kg/cm ²
Mortero de Pega	Relación cemento/cal/arena (1:1/4:4) en volumen
Tipo de Relleno de Huecos	Relleno total de huecos en muros eje A y B En los antepechos se rellenan todos los huecos
Madera	Pino, grado estructural N°2
Plano N°	E-51-00-101 y E-51-00-102

<u>Bases de Cálculo</u>		
Suelo		
Presión de Trabajo Estática	[kg/cm ²]	1,0
Presión de Trabajo Sísmica	[kg/cm ²]	1,3

Figura 4. 28: Ficha de Conjunto K.

Tabla 4. 25: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto K.

Conjunto K				
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad
	1	d/n x1 = 0,22	d/n y1 = 3,00	[%]
	2	d/n x2 = 1,37	d/n y2 = 6,00	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 1,79	LR1 y1 = 6,00	[%]
	2	LR1 x2 = 1,75	LR1 y2 = 6,00	[%]
	1	LR2 x = 0,020	LR2 y = 0,067	[m2 / Ton]
	1	LR3 x = 0,63	LR3 y = 2,11	[]
Gallegos	1	IB x = 0,65	IB y = 1,00	[]
	1	IG x = 0,55	IG y = 0,85	[]

Tabla 4. 26: Limitaciones de Diseño Conjunto K.

Limitaciones de Diseño (NCh2123 Of.03)				
Conjunto Habitacional : K				
			Cumple	No Cumple
1	Espesor de Muros Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina		X	
2	Dimensiones Máximas de los Paños de Albañilería Área máxima del paño en su plano $\leq 12,5$ [m ²] Dimensión horizontal máxima del paño ≤ 6 [m]		X X	
3	Ubicación de los Pilares Todos los bordes libres Todas las intersección de los muros		X	X
4	Ubicación de las Cadenas A nivel de la techumbre y de los piso		X	
5	Refuerzos de Aberturas Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible Todos los bordes libres		X	X
Arm. Vertical	Área mínima de la armadura vertical en los bordes $\geq 0,8$ [cm ²]		X	
	Diámetro mínimo ≥ 8 mm		X	
Arm. Horizontal	Área mínima de la armadura horizontal $\geq 0,5$ [cm ²]		X	X
	Colocada en la primera o en las 2 primeras juntas horizontales bajo la abertura		X	
	Armadura vertical y horizontal anclada en elementos de confinamiento		X	
6	Detalle de la Armadura de Refuerzo Armadura longitudinal mínima de cadena y pilar debe ser 4 barras de $\phi 10$ [mm] Diámetro mínimo de los estribos debe ser 6 [mm] Diámetro mínimo de los estribos debe ser 4,2 [mm] (Para armadura electrosoldada)		X X -	
Pilares	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]		X	
	Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*))		X	X
	Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia		X	
Cadena	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]		X	
	Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*) o (**))		-	
	Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia		X	

(*) Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible

(**) Uso de losa maciza en el piso

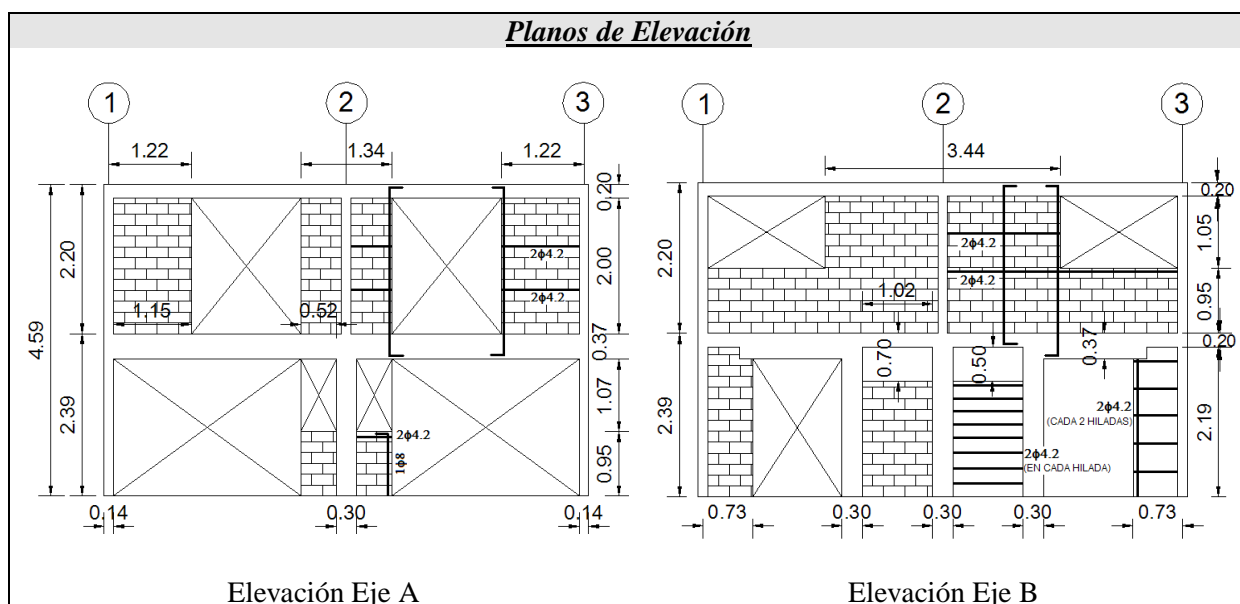


Figura 4. 29: Planos de elevación Conjunto K.

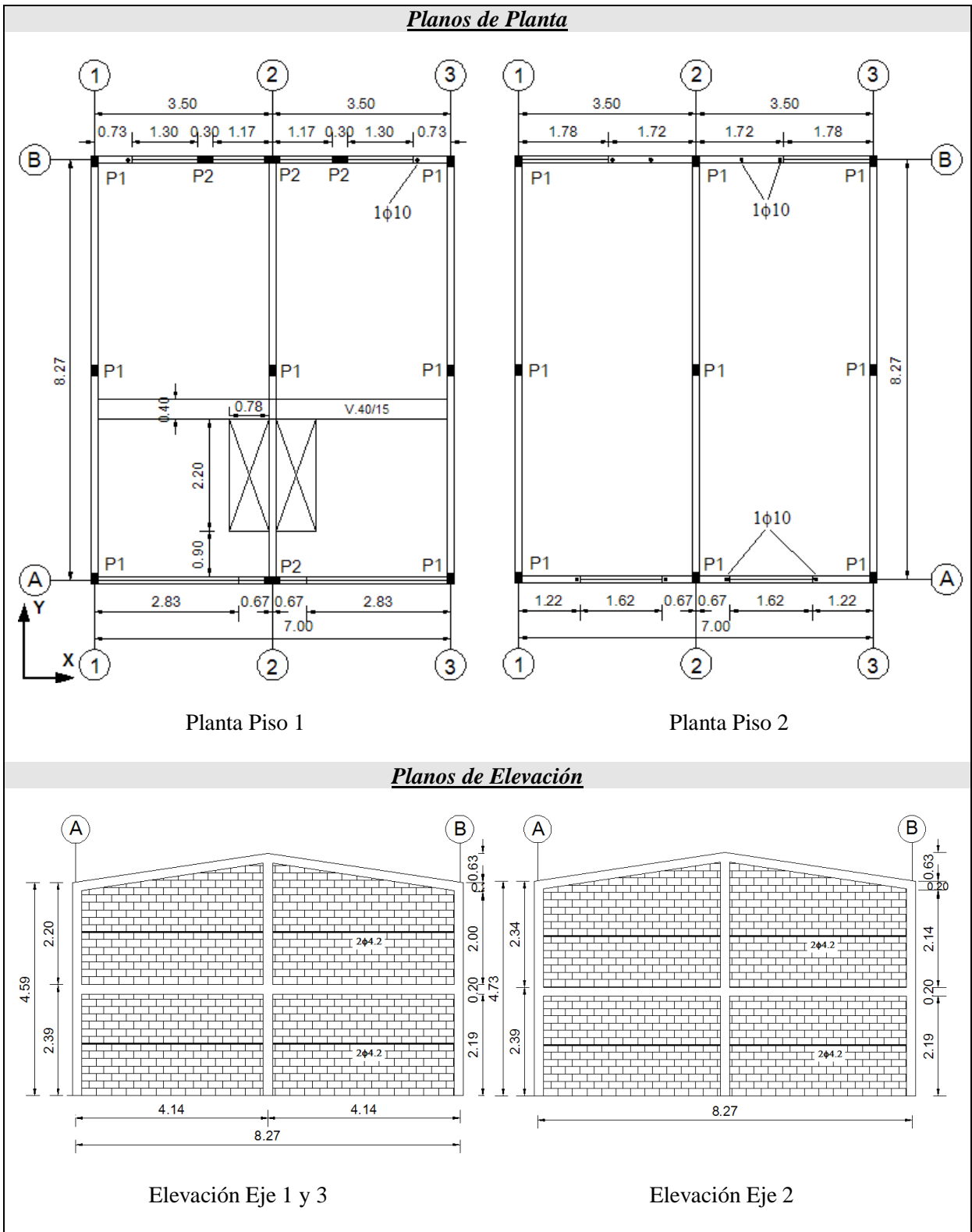


Figura 4. 30: Planos de planta y elevación Conjunto K.

CONJUNTO L y M

<u>Antecedentes Generales</u>	
Conjunto Habitacional	L y M
Ubicación	Marsella, Paris, Borgoña y Luis Pasteur.
Cantidad de Viviendas	136
L	106
M	30
Tipo	Pareada
Número de Pisos	2
Año de Recepción	2001

<u>Antecedentes de los Materiales</u>	
Hormigón	
Fundaciones	Losa de Fundación H20, con 90% de nivel de Confianza Acero A63-42H con resaltes, excepto $\phi 6$ que será A44-28H Bajo losa de fundación se debe usar polietileno de 2 [mm] sobre cama de estabilizado
Cimientos	H10, con 90% de nivel de Confianza + 20% de bolón desplazador (máx. 6")
Losa, Pilares y Cadenas	H20, con 90% de nivel de Confianza Tamaño máximo de áridos 3/4" en elementos verticales y 1.1/4" para vigas y losas
Acero	
Hormigón Armado	A63-42H con resaltes, excepto $\phi 6$
Tensores y Anclajes	A44-28H
Escalerillas	AT56-50H (Tipo Acma)
Tipo de Unidad	Ladrillo prensado hecho a máquina, e = 14[cm] Tipo 1- grado 3, 29x14x7 [cm]
Mortero de Pega	Relación cemento/cal/arena (1:1/4:4) en volumen, R28 > 100 [kg/cm ²] R28 \geq 100 [kg/cm ²] a la compresión
Tipo de Relleno de Huecos	Relleno parcial de los huecos
Madera	Pino estructural grado 2, humedad \leq 18%, RR \geq 50%
Plano N° (Conjunto L)	2001_30-01A
Plano N° (Conjunto M)	2001_30-01B y 2001_30-02B

Bases de Cálculo

Suelo		
Presión de Trabajo Estática	[kg/cm ²]	0,7
Presión de Trabajo Sísmica	[kg/cm ²]	1,0
Presión Admisible Estática	[kg/cm ²]	1,5
Presión Admisible Sísmica	[kg/cm ²]	2,0
Solicitaciones		
Peso Propio	[kg/m ²]	300, NCh 1537 /of.86
Tabique	[kg/m ²]	50
Techumbre	[kg/m ²]	30, NCh 1537 /of.86
Viento	[kg/m ²]	50, NCh 432 /of.71
Sismo	[kg/m ²]	Según NCh 433 /of.96

Plano Loteo

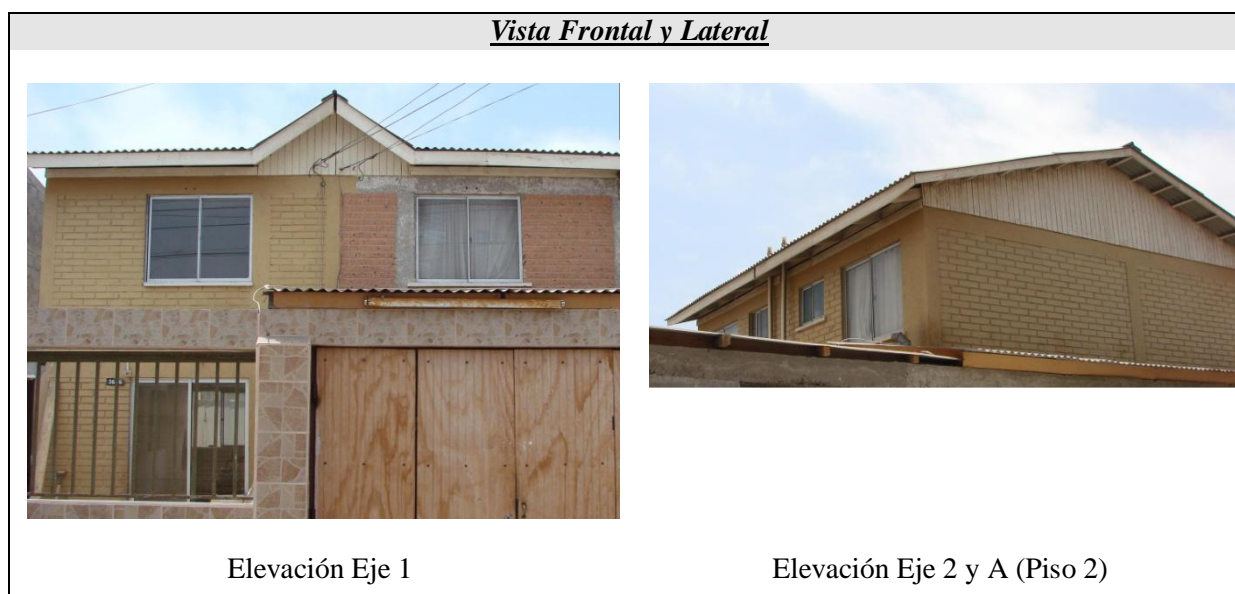


Características del suelo

Suelo: Depósitos Marinos Arenosos (VI)
Nivel Freático (menor a 10 mts.) : SI
Riesgo de deslizamiento : NO
Riesgo de Tsunami : SI
Riesgo de Licuefacción : SI
Tipo de Suelo: III (NCh 433.Of 96)

Figura 4. 31: Ficha de Conjunto L y M.

4.3.12 CONJUNTO L



Antecedentes Técnicos

Altura Piso 1	[m]	2,31		
Altura Piso 2	[m]	2,27		
Altura Total	[m]	4,58		
Área Planta Tipo	[m ²]	47,23		
Tipo de Albañilería		Enmarcada con Pilares y Cadenas de H.A.		
Espesor de Muro	[cm]	14		
Espesor Losa	[cm]	11		
Cadena Sobrecimiento	[cm]	Losa de Fundación		
Cadena Piso 1	[cm]	14/29	4φ10	E φ6@15
Cadena Piso 2	[cm]	14/25	4φ10	E φ6@15
Dimensión Pilar P1	[cm]	14x20	4φ10	E φ6@15
Dimensión Pilar P2	[cm]	14x40	4φ10 y Lat 2φ6	E φ6@15
Dimensión Pilar P3	[cm]	14x50	4φ10 y Lat 2φ6	E φ6@15

Figura 4. 32: Ficha de Conjunto L.

Tabla 4. 27: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto L.

Conjunto L				
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad
Meli	1	d x1 = 1,18	d y1 = 4,84	[%]
	2	d x2 = 2,07	d y2 = 5,80	[%]
	1	d/n x1 = 0,59	d/n y1 = 2,42	[%]
	2	d/n x2 = 2,07	d/n y2 = 5,80	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 2,93	LR1 y1 = 4,84	[%]
	2	LR1 x2 = 2,93	LR1 y2 = 5,80	[%]
	1	LR2 x = 0,029	LR2 y = 0,048	[m2 / Ton]
	1	LR3 x = 1,44	LR3 y = 2,39	[]
Gallegos	1	IB x = 0,80	IB y = 0,64	[]
	1	IG x = 0,56	IG y = 0,45	[]

Tabla 4. 28: Limitaciones de Diseño Conjunto L.

Limitaciones de Diseño (NCh2123 Of.03)				
Conjunto Habitacional : L				
			Cumple	No Cumple
1	<u>Espesor de Muros</u>			
		Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina	X	
2	<u>Dimensiones Máximas de los Paños de Albañilería</u>			
		Área máxima del paño en su plano $\leq 12,5$ [m ²]	X	
		Dimensión horizontal máxima del paño ≤ 6 [m]	X	
3	<u>Ubicación de los Pilares</u>			
		Todos los bordes libres		X
		Todas las intersección de los muros	X	
4	<u>Ubicación de las Cadenas</u>			
		A nivel de la techumbre y de los piso	X	
5	<u>Refuerzos de Aberturas</u>			
		Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible		X
		Todos los bordes libres	X	
	Arm. Vertical	Área mínima de la armadura vertical en los bordes $\geq 0,8$ [cm ²]	X	
		Diámetro mínimo ≥ 8 mm	X	
	Arm. Horizontal	Área mínima de la armadura horizontal $\geq 0,5$ [cm ²]	X	
		Colocada en la primera o en las 2 primeras juntas horizontales bajo la abertura	X	
		Armadura vertical y horizontal anclada en elementos de confinamiento	X	
6	<u>Detalle de la Armadura de Refuerzo</u>			
		Armadura longitudinal mínima de cadena y pilar debe ser 4 barras de $\phi 10$ [mm]	X	
		Diámetro mínimo de los estribos debe ser 6 [mm]	X	
		Diámetro mínimo de los estribos debe ser 4,2 [mm] (Para armadura electrosoldada)	-	
	Pilares	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]	X	
		Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*))		X
		Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X	
	Cadena	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]	X	
		Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*) o (**))	-	
		Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X	

(*) Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible

(**) Uso de losa maciza en el piso

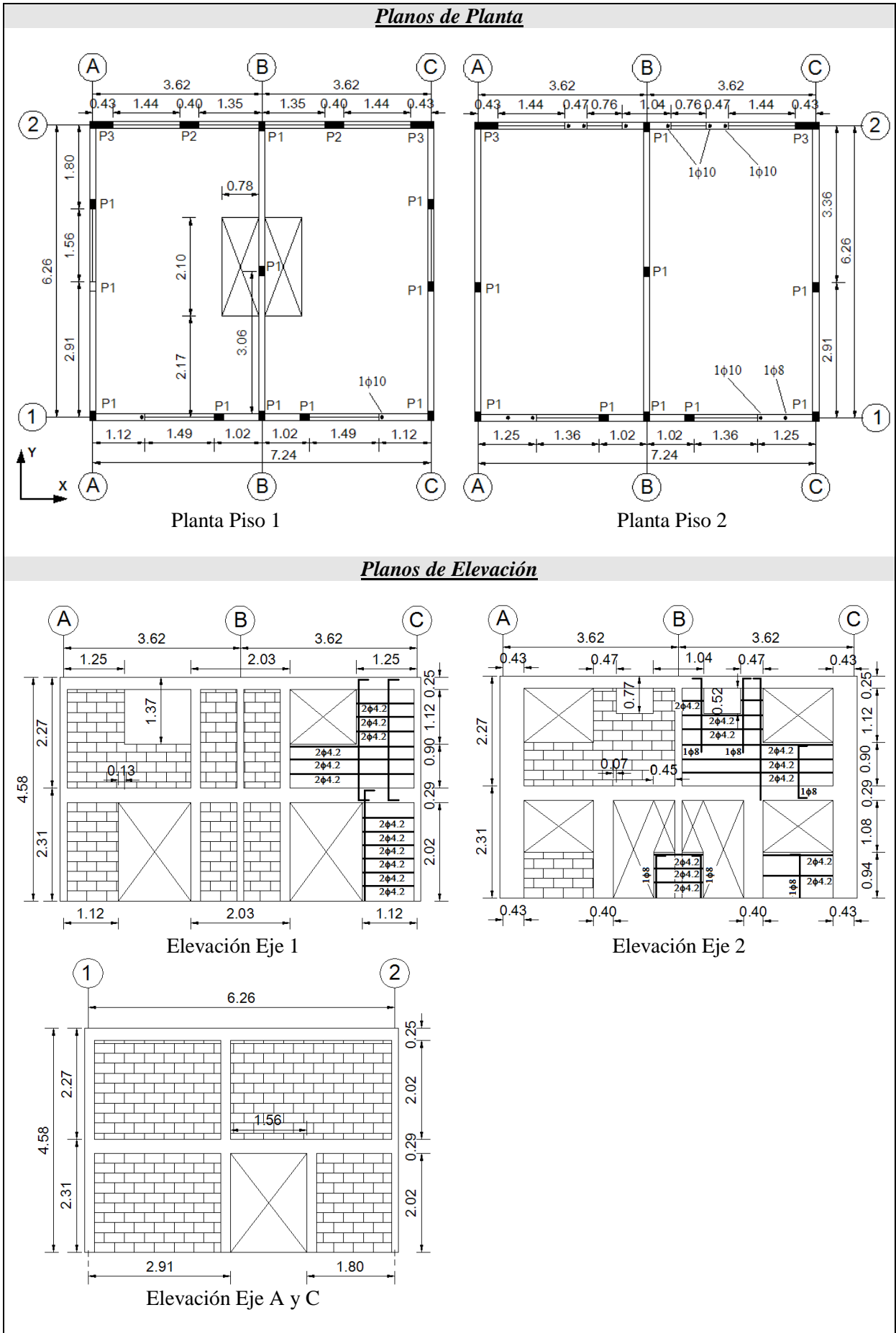


Figura 4. 33: Planos de planta y elevación Conjunto L.

4.3.13 CONJUNTO M



<i>Antecedentes Técnicos</i>				
Altura Piso 1	[m]	2,31		
Altura Piso 2	[m]	2,27		
Altura Total	[m]	4,58		
Área Planta Tipo	[m ²]	82,82		
Tipo de Albañilería		Enmarcada con Pilares y Cadenas de H.A.		
Espesor de Muro	[cm]	14		
Espesor Losa	[cm]	11		
Cadena Sobrecimiento	[cm]	Losa de Fundación		
Cadena Piso 1	[cm]	14/29	4φ10	E φ6@15
Cadena Piso 2	[cm]	14/25	4φ10	E φ6@15
Dimensión Pilar P1	[cm]	14x20	4φ10	E φ6@15
Dimensión Pilar PM1	[cm]	10x10x0.03	(Metálico)	
Dimensión Muro M1	[cm]	14x0,59	4φ10 y Lat 4φ6	E φ6@15
Dimensión Muro M2	[cm]	14x0,62	4φ10 y Lat 4φ6	E φ6@15
Dimensión Muro M3	[cm]	14x0,94	4φ10 y Lat 8φ6	E φ6@15
Dimensión Muro M4	[cm]	14x0,30	4φ10 y Lat 2φ6	E φ6@15

Figura 4. 34: Ficha de Conjunto M.

Tabla 4. 29: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto M.

<i>Conjunto M</i>						
Índice	Piso	Eje X		Eje Y		Unidad
		Símbolo	Valor	Símbolo	Valor	
Meli	1	d x1 =	3,10	d y1 =	2,91	[%]
	2	d x2 =	2,69	d y2 =	3,13	[%]
	1	d/n x1 =	1,55	d/n y1 =	1,45	[%]
	2	d/n x2 =	2,69	d/n y2 =	3,13	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 =	3,98	LR1 y1 =	2,91	[%]
	2	LR1 x2 =	2,97	LR1 y2 =	3,14	[%]
	1	LR2 x =	0,049	LR2 y =	0,036	[m2 / Ton]
	1	LR3 x =	2,40	LR3 y =	1,75	[]
Gallegos	1	IB x =	0,64	IB y =	0,80	[]
	1	IG x =	0,45	IG y =	0,56	[]

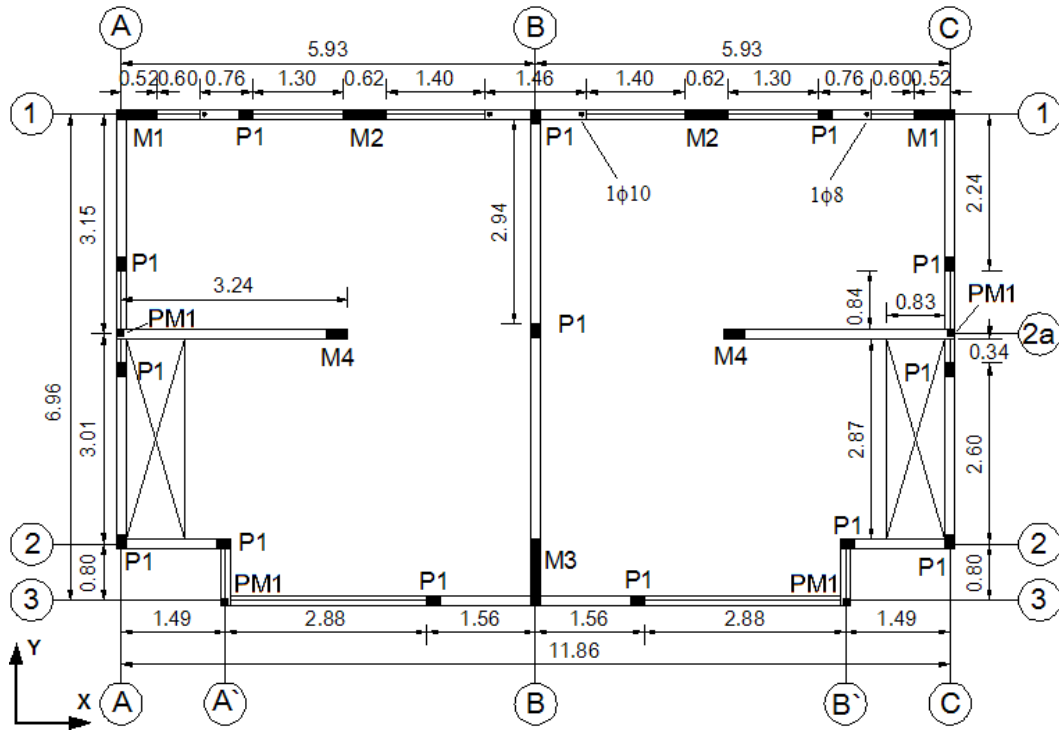
Tabla 4. 30: Limitaciones de Diseño Conjunto M.

Limitaciones de Diseño (NCh2123 Of.03)				
Conjunto Habitacional : M			Cumple	No Cumple
1	<u>Espesor de Muros</u> Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina		X	
2	<u>Dimensiones Máximas de los Paños de Albañilería</u> Área máxima del paño en su plano $\leq 12,5$ [m ²] Dimensión horizontal máxima del paño ≤ 6 [m]		X X	
3	<u>Ubicación de los Pilares</u> Todos los bordes libres Todas las interseccion de los muros		- X	
4	<u>Ubicación de las Cadenas</u> A nivel de la techumbre y de los piso		X	
5	<u>Refuerzos de Aberturas</u> Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible Todos los bordes libres		X X	
	Arm. Vertical	Área mínima de la armadura vertical en los bordes $\geq 0,8$ [cm ²] Diámetro mínimo ≥ 8 mm	X X	
	Arm. Horizontal	Área mínima de la armadura horizontal $\geq 0,5$ [cm ²] Colocada en la primera o en las 2 primeras juntas horizontales bajo la abertura	X X	
		Armadura vertical y horizontal anclada en elementos de confinamiento	X	
6	<u>Detalle de la Armadura de Refuerzo</u> Armadura longitudinal mínima de cadena y pilar debe ser 4 barras de $\phi 10$ [mm] Diámetro mínimo de los estribos debe ser 6 [mm] Diámetro mínimo de los estribos debe ser 4,2 [mm] (Para amadura electrosoldada)		X X -	
	Pilares	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]	X	
		Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*))	-	
		Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X	
	Cadena	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]	X	
		Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*) o (**))	-	
		Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X	

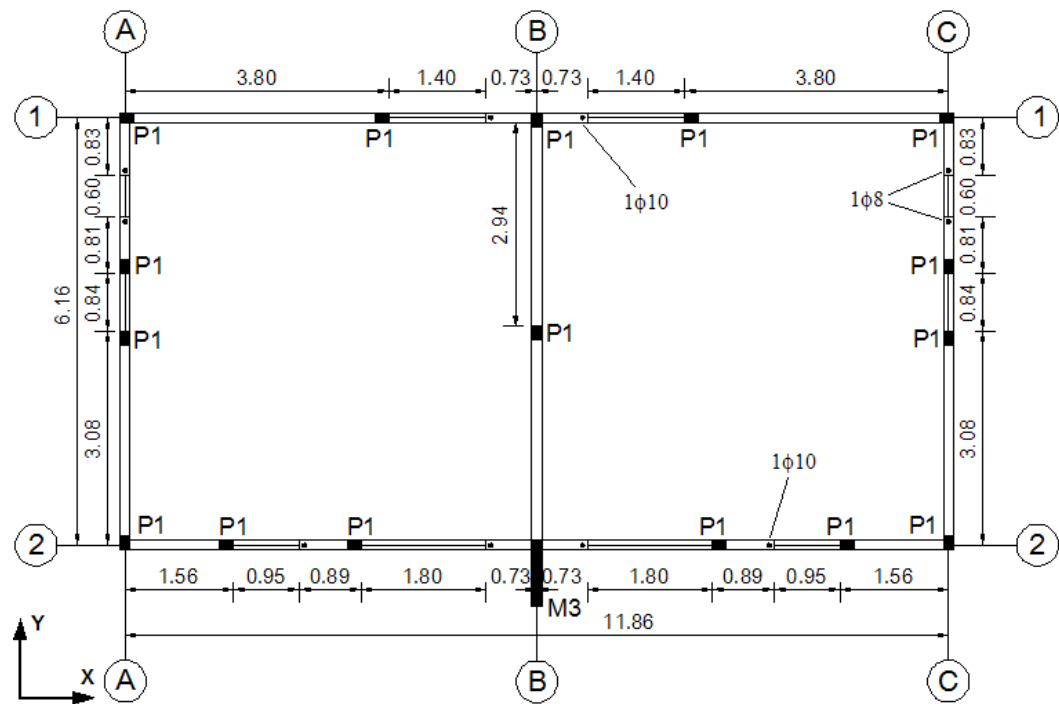
(*) Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible

(**) Uso de losa maciza en el piso

Planos de Planta



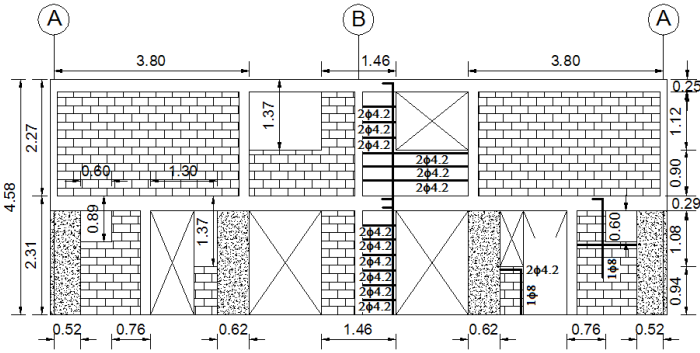
Planta Piso 1



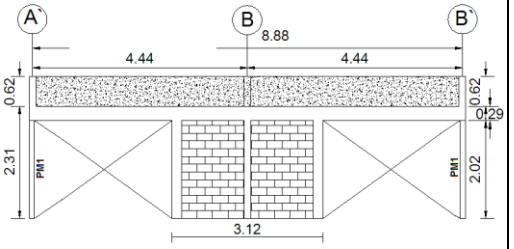
Planta Piso 2

Figura 4. 35: Planos de planta Conjunto M.

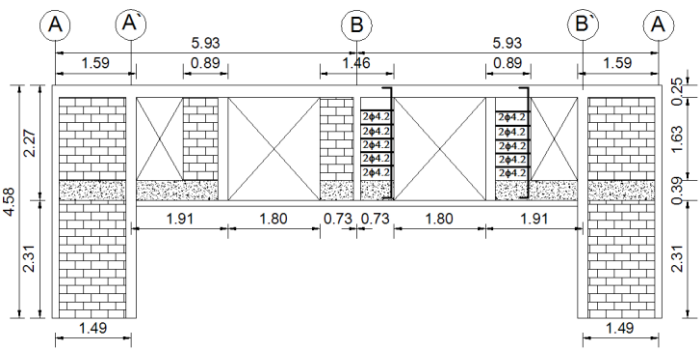
Planos de Elevación



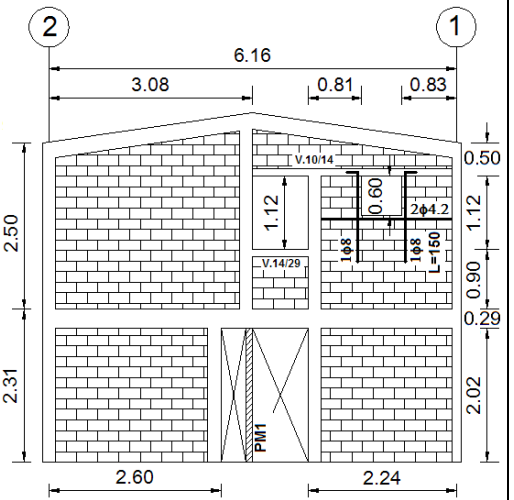
Elevación Eje 1



Elevación Eje 3



Elevación Eje 2



Elevación Eje A y C

Figura 4. 36: Planos de elevación Conjunto M.

TRENES DE VIVIENDAS

4.3.14 CONJUNTO N

Antecedentes Generales

Conjunto Habitacional	N
Ubicación	Panamericana Sur, Tambo Quemado, Río Cisnes y El Pedregal.
Cantidad de Viviendas	170
Tipo	Trenes de Viviendas
Bloque 6 Viviendas	7
Bloque 8 Viviendas	16
Número Total de Bloques	23
Número de Pisos	2
Año de Recepción	1991

Vista Frontal



Elevación Eje A

Plano Loteo



Suelo: Abanico aluvial del río San José (V)
 Nivel Freático (menor a 10 mts.) : NO
 Riesgo de deslizamiento : NO
 Riesgo de Tsunami : NO
 Riesgo de Licuefacción : NO
 Tipo de Suelo: II (NCh 433.Of 96)

Antecedentes Técnicos				
Altura Piso 1	[m]	2,35		
Altura Piso 2	[m]	2,20		
Altura Total	[m]	4,55		
Área Planta Tipo	[m ²]	34,98		
Tipo de Albañilería		Enmarcada con Pilares y Cadenas de H.A.		
Espesor de Muro	[cm]	15		
Espesor Losa	[cm]	10		
Cadena Sobrecimiento	[cm]	15/20	4φ8	E φ6@15
Cadena Piso 1	[cm]	15/32	2φ10 y 2φ8	E φ6@15
Cadena Piso 2	[cm]	15/20	4φ8	E φ6@15
Dimensión Pilar P1	[cm]	15x15	4φ8	E φ6@15

Antecedentes de los Materiales	
Hormigón	
Fundaciones	170 kg cemento/m ³ + 20% de bolón desplazador
Losa, Pilares, Vigas y Cadenas	R28 ≥ 180 [kg/cm ²], Clase C
Acero	
Hormigón Armado	A63-42H con resaltes, excepto φ 6 liso A44-28H
Tipo de Unidad	Bloque de Hormigón, e = 15 [cm] Tipo A (NCh181)
Mortero de Pega	Relación cemento/cal/arena (4:1:17) en volumen
Tipo de Relleno de Huecos	Relleno parcial de huecos
Madera	Pino Insigne, humedad ≤ 17%
Plano N°	E - 2 y E - 3, Obra N° 2036

Bases de Cálculo	
Suelo	
Presión de Trabajo Estática [kg/cm ²]	1,0
Presión de Trabajo Sísmica [kg/cm ²]	1,6
Solicitaciones	
Peso Propio [kg/m ²]	-
Techumbre [kg/m ²]	30 (NCh 1537)
Viento [kg/m ²]	50 (NCh 432.Of 71)
Sismo [kg/m ²]	NCh 433.Of 72
Coefficiente Sísmico	0,12 (NCh 433.Of 72)

Figura 4. 37: Ficha de Conjunto N.

Tabla 4. 31: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto N (tren de 6 viviendas).

Conjunto N (Tren de 6 Viviendas)						
Índice	Piso	Eje X		Eje Y		Unidad
		Símbolo	Valor	Símbolo	Valor	
Meli	1	d x1 =	2,09	d y1 =	5,19	[%]
	2	d x2 =	3,63	d y2 =	5,19	[%]
	1	d/n x1 =	1,04	d/n y1 =	2,60	[%]
	2	d/n x2 =	3,63	d/n y2 =	5,19	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 =	2,41	LR1 y1 =	5,19	[%]
	2	LR1 x2 =	3,73	LR1 y2 =	5,19	[%]
	1	LR2 x =	0,025	LR2 y =	0,053	[m2 / Ton]
	1	LR3 x =	0,94	LR3 y =	2,03	[]
Gallegos	1	IB x =	0,58	IB y =	0,90	[]
	1	IG x =	0,58	IG y =	0,90	[]

Tabla 4. 32: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto N (tren de 8 viviendas).

Conjunto N (Tren de 8 Viviendas)						
Índice	Piso	Eje X		Eje Y		Unidad
		Símbolo	Valor	Símbolo	Valor	
Meli	1	d x1	= 2,09	d y1	= 5,01	[%]
	2	d x2	= 3,66	d y2	= 5,01	[%]
	1	d/n x1	= 1,05	d/n y1	= 2,50	[%]
	2	d/n x2	= 3,66	d/n y2	= 5,01	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1	= 2,41	LR1 y1	= 5,01	[%]
	2	LR1 x2	= 3,73	LR1 y2	= 5,01	[%]
	1	LR2 x	= 0,025	LR2 y	= 0,052	[m2 / Ton]
	1	LR3 x	= 0,95	LR3 y	= 1,99	[]
Gallegos	1	IB x	= 0,51	IB y	= 0,80	[]
	1	IG x	= 0,51	IG y	= 0,80	[]

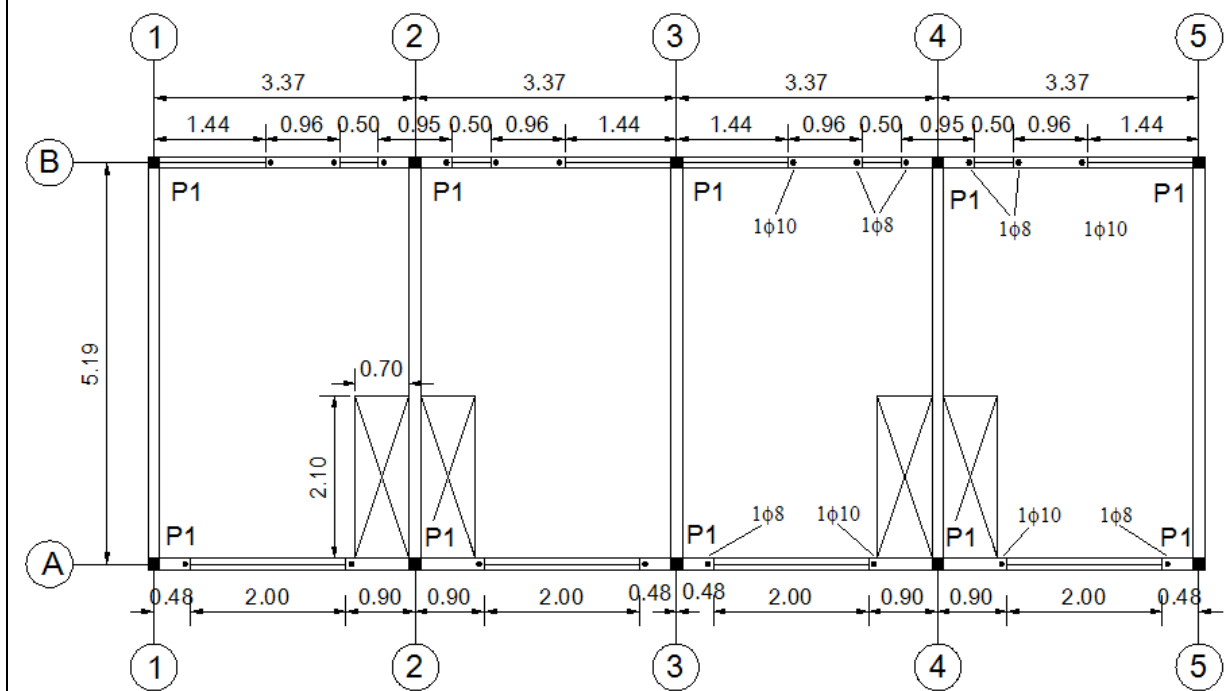
Tabla 4. 33: Limitaciones de Diseño Conjunto N.

Limitaciones de Diseño (NCh2123 Of.03)				
Conjunto Habitacional : N			Cumple	No Cumple
1	Espesor de Muros Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina		X	
2	Dimensiones Máximas de los Paños de Albañilería Área máxima del paño en su plano $\leq 12,5$ [m ²] Dimensión horizontal máxima del paño ≤ 6 [m]		X X	
3	Ubicación de los Pilares Todos los bordes libres Todas las intersección de los muros		X	X
4	Ubicación de las Cadenas A nivel de la techumbre y de los piso		X	
5	Refuerzos de Aberturas Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible Todos los bordes libres			X X
Arm. Vertical	Área mínima de la armadura vertical en los bordes $\geq 0,8$ [cm ²]			X
	Diámetro mínimo ≥ 8 mm		X	
Arm. Horizontal	Área mínima de la armadura horizontal $\geq 0,5$ [cm ²]		X	
	Colocada en la primera o en las 2 primeras juntas horizontales bajo la abertura		X	
Armadura vertical y horizontal anclada en elementos de confinamiento			X	
6	Detalle de la Armadura de Refuerzo Armadura longitudinal mínima de cadena y pilar debe ser 4 barras de $\phi 10$ [mm] Diámetro mínimo de los estribos debe ser 6 [mm] Diámetro mínimo de los estribos debe ser 4,2 [mm] (Para armadura electrosoldada)		X - -	X
Pilares	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]			X
	Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*))			X
	Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia		X	
Cadena	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]		X	
	Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*) o (**))		-	
	Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia		X	

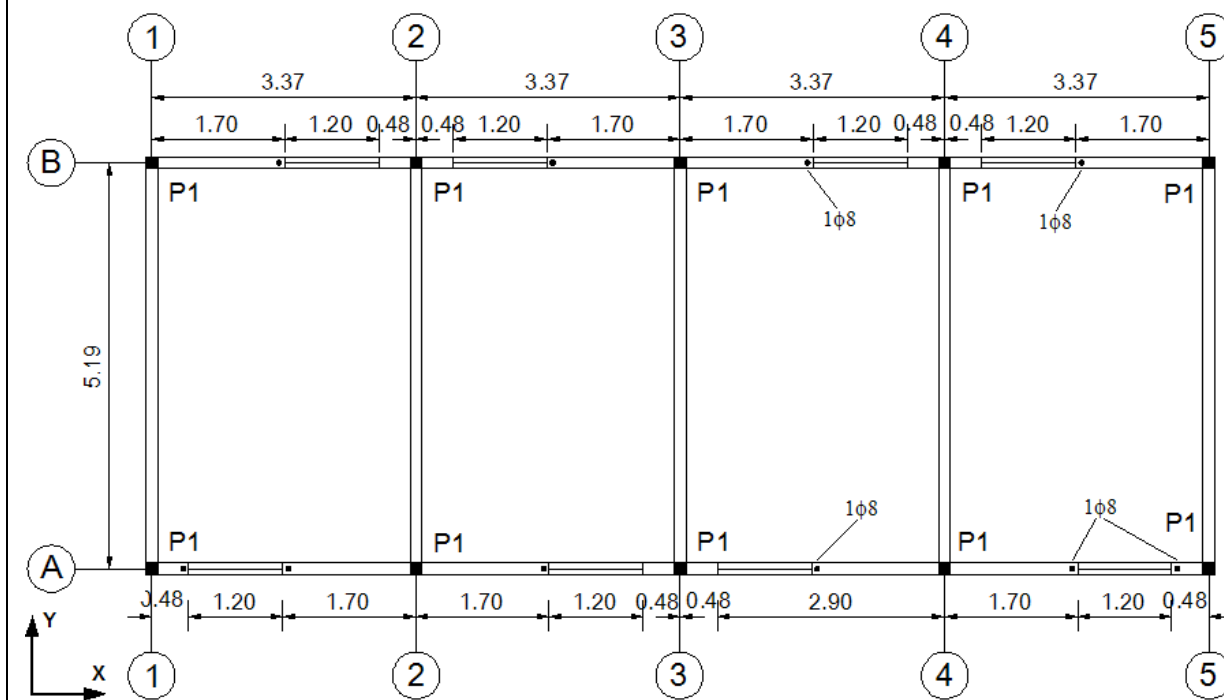
(*) Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible

(**) Uso de losa maciza en el piso

Planos de Planta



Planta Piso 1



Planta Piso 2

Figura 4. 38: Planos de planta Conjunto N.

Planos de Elevación

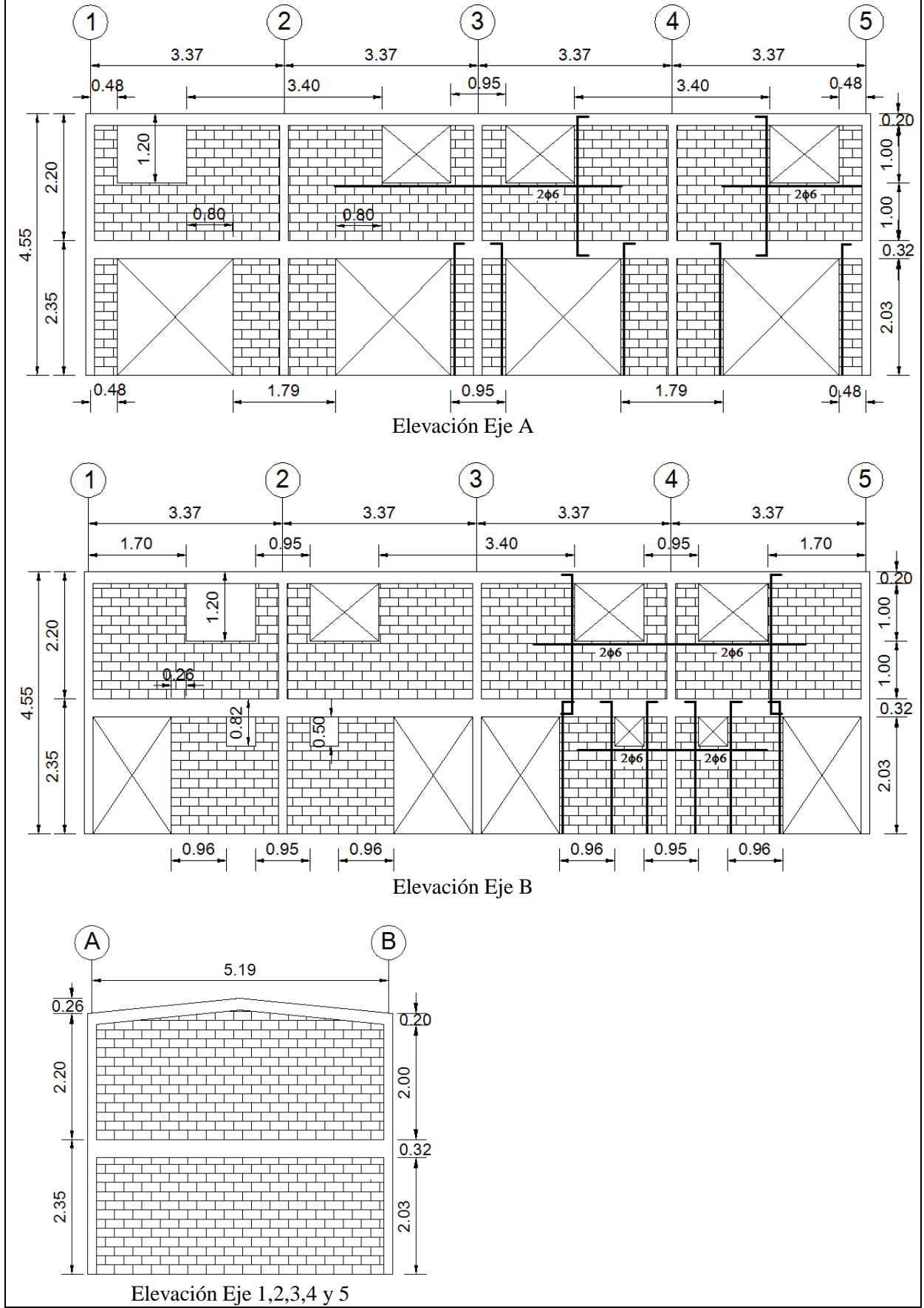


Figura 4. 39: Planos de elevación Conjunto N.

4.3.15 CONJUNTO O

Antecedentes Generales

Conjunto Habitacional	O1
Ubicación	Av. Los Artesanos, Pedro Blanquier, El Canelo, Payachatas y La Pincoya.
Cantidad de Viviendas	80
Tipo	Tren de Viviendas
Bloque 3 Viviendas	1
Bloque 5 Viviendas	1
Bloque 8 Viviendas	9
Número Total de Bloques	11
Número de Pisos	2
Año de Recepción	1992

Vista Frontal



Elevación Eje A

Plano Loteo



Suelo: Abanico aluvial del río San José (V)
 Nivel Freático (menor a 10 mts.) : NO
 Riesgo de deslizamiento : NO
 Riesgo de Tsunami : NO
 Riesgo de Licuefacción : NO
 Tipo de Suelo: II (NCh 433.Of 96)

Figura 4. 40: Ficha de Conjunto O1.

Antecedentes Generales

Conjunto Habitacional	O2
Ubicación	Av. Tucapel, Alfonso Néspolo Arata, Pablo Picasso e Iquique.
Cantidad de Viviendas	138
Tipo	Tren de Viviendas
Bloque 3 Viviendas	1
Bloque 5 Viviendas	3
Bloque 8 Viviendas	15
Número Total de Bloques	19
Número de Pisos	2
Año de Recepción	1992

Vista Frontal



Elevación Eje A

Plano Loteo



Suelo: Escombros falda Morro con costras de Sal (IV)
Nivel Freático (menor a 10 mts.) : NO
Riesgo de deslizamiento : NO
Riesgo de Tsunami : NO
Riesgo de Licuefacción : NO
Tipo de Suelo: III (NCh 433.Of 96)

Figura 4. 41: Ficha de Conjunto O2.

Antecedentes Técnicos

Altura Piso 1	[m]	2,35		
Altura Piso 2	[m]	2,24		
Altura Total	[m]	4,59		
Área Vivienda	[m ²]	35,68		
Tipo de Albañilería		Enmarcada con Pilares y Cadenas de H.A.		
Espesor de Muro	[cm]	15		
Espesor Losa	[cm]	10		
Cadena Sobrecimiento	[cm]	20/40		
Cadena Piso 1	[cm]	15/33	4φ10	E φ6@20
Cadena Piso 2	[cm]	15/22		
Dimensión Pilar P1	[cm]	15x15	4φ10	E φ6@20

Antecedentes de los Materiales	
Hormigón	
Fundaciones	170 kg cemento/m ³ + 20% de bolón desplazador
Losa, Pilares, Vigas y Cadenas	R28 ≥ 180 [kg/cm ²], Tipo C
Acero Hormigón Armado	A44-28H con resaltes, excepto φ 6
Vigueta y Loseta	AT56-50H
Tipo de Unidad	Bloque de Hormigón, e = 15 [cm]
Mortero de Pega	Relación cemento/cal/arena (1:1:6) en volumen
Tipo de Relleno de Huecos	-
Plano N ^o	-

Bases de Cálculo	
Techumbre [kg/m ²]	30 NCh 1537 c 79
Viento [kg/m ²]	50 NCh 432.Of71
Sismo [kg/m ²]	Según NCh 433.Of 72
Coefficiente Sísmico	C = 0.12

Figura 4. 42: Ficha de Conjunto O.

Tabla 4. 34: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto O (tren de 3 viviendas).

Conjunto O (Tren de 3 Viviendas)							
Índice	Piso	Eje X		Eje Y		Unidad	
		Símbolo	Valor	Símbolo	Valor		
Meli	1	d x1 =	2,31	d y1 =	5,35	[%]	
	2	d x2 =	3,91	d y2 =	5,35	[%]	
	1	d/n x1 =	1,16	d/n y1 =	2,67	[%]	
	2	d/n x2 =	3,91	d/n y2 =	5,35	[%]	
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 =	2,78	LR1 y1 =	5,35	[%]	
	2	LR1 x2 =	4,23	LR1 y2 =	5,35	[%]	
	1	LR2 x =	0,026	LR2 y =	0,050	[m2 / Ton]	
	O1	1	LR3 x =	1,01	LR3 y =	1,94	[]
	O2	1	LR3 x =	0,84	LR3 y =	1,62	[]
Gallegos	1	IB x =	0,80	IB y =	1,00	[]	
	O1	1	IG x =	0,80	IG y =	1,00	[]
	O2	1	IG x =	0,68	IG y =	0,85	[]

Tabla 4. 35: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto O (tren de 5 viviendas).

Conjunto O (Tren de 5 Viviendas)							
Índice	Piso	Eje X		Eje Y		Unidad	
		Símbolo	Valor	Símbolo	Valor		
Meli	1	d x1 =	2,43	d y1 =	4,81	[%]	
	2	d x2 =	4,04	d y2 =	4,81	[%]	
	1	d/n x1 =	1,22	d/n y1 =	2,41	[%]	
	2	d/n x2 =	4,04	d/n y2 =	4,81	[%]	
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 =	2,78	LR1 y1 =	4,81	[%]	
	2	LR1 x2 =	4,23	LR1 y2 =	4,81	[%]	
	1	LR2 x =	0,027	LR2 y =	0,047	[m2 / Ton]	
	O1	1	LR3 x =	1,05	LR3 y =	1,82	[]
	O2	1	LR3 x =	0,88	LR3 y =	1,52	[]
Gallegos	1	IB x =	0,72	IB y =	0,90	[]	
	O1	1	IG x =	0,72	IG y =	0,90	[]
	O2	1	IG x =	0,61	IG y =	0,77	[]

Tabla 4. 36: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto O (tren de 8 viviendas).

Conjunto O (Tren de 8 Viviendas)						
Índice	Piso	Eje X		Eje Y		Unidad
		Símbolo	Valor	Símbolo	Valor	
Meli	1	d x1	= 2,50	d y1	= 4,51	[%]
	2	d x2	= 4,11	d y2	= 4,51	[%]
	1	d/n x1	= 1,25	d/n y1	= 2,26	[%]
	2	d/n x2	= 4,11	d/n y2	= 4,51	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1	= 2,78	LR1 y1	= 4,51	[%]
	2	LR1 x2	= 4,23	LR1 y2	= 4,51	[%]
	1	LR2 x	= 0,028	LR2 y	= 0,045	[m2 / Ton]
	O1	LR3 x	= 1,08	LR3 y	= 1,75	[]
	O2	LR3 x	= 0,90	LR3 y	= 1,45	[]
	1	IB x	= 0,64	IB y	= 0,80	[]
Gallegos	O1	IG x	= 0,64	IG y	= 0,80	[]
	O2	IG x	= 0,54	IG y	= 0,68	[]

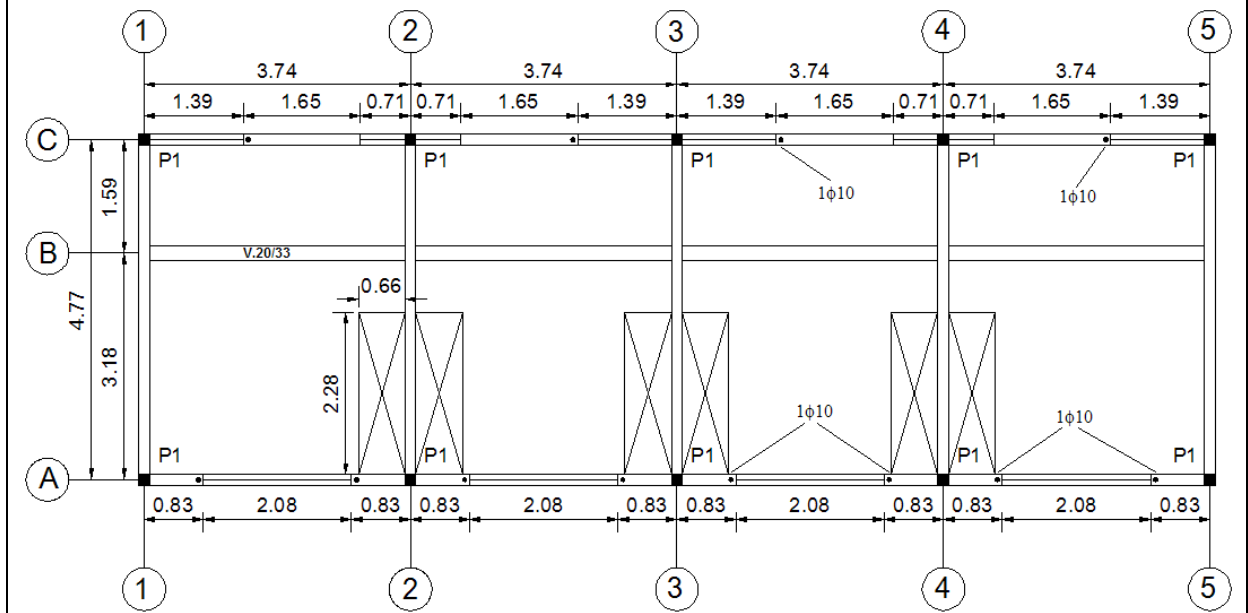
Tabla 4. 37: Limitaciones de Diseño Conjunto O.

Limitaciones de Diseño (NCh2123 Of.03)				
Conjunto Habitacional : O			Cumple	No Cumple
1	<u>Espesor de Muros</u> Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina		X	
2	<u>Dimensiones Máximas de los Paños de Albañilería</u> Área máxima del paño en su plano $\leq 12,5$ [m ²] Dimensión horizontal máxima del paño ≤ 6 [m]		X X	
3	<u>Ubicación de los Pilares</u> Todos los bordes libres Todas las intersección de los muros		X	X
4	<u>Ubicación de las Cadenas</u> A nivel de la techumbre y de los piso		X	
5	<u>Refuerzos de Aberturas</u> Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible Todos los bordes libres			X X
	Arm. Vertical	Área mínima de la armadura vertical en los bordes $\geq 0,8$ [cm ²] Diámetro mínimo ≥ 8 mm	X	X
	Arm. Horizontal	Área mínima de la armadura horizontal $\geq 0,5$ [cm ²] Colocada en la primera o en las 2 primeras juntas horizontales bajo la abertura Armadura vertical y horizontal anclada en elementos de confinamiento	X X	X
6	<u>Detalle de la Armadura de Refuerzo</u> Armadura longitudinal mínima de cadena y pilar debe ser 4 barras de $\phi 10$ [mm] Diámetro mínimo de los estribos debe ser 6 [mm] Diámetro mínimo de los estribos debe ser 4,2 [mm] (Para amadura electrosoldada)		X X -	
	Pilares	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm] Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*)) Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X X	X X
	Cadena	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm] Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*) o (**)) Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X - X	

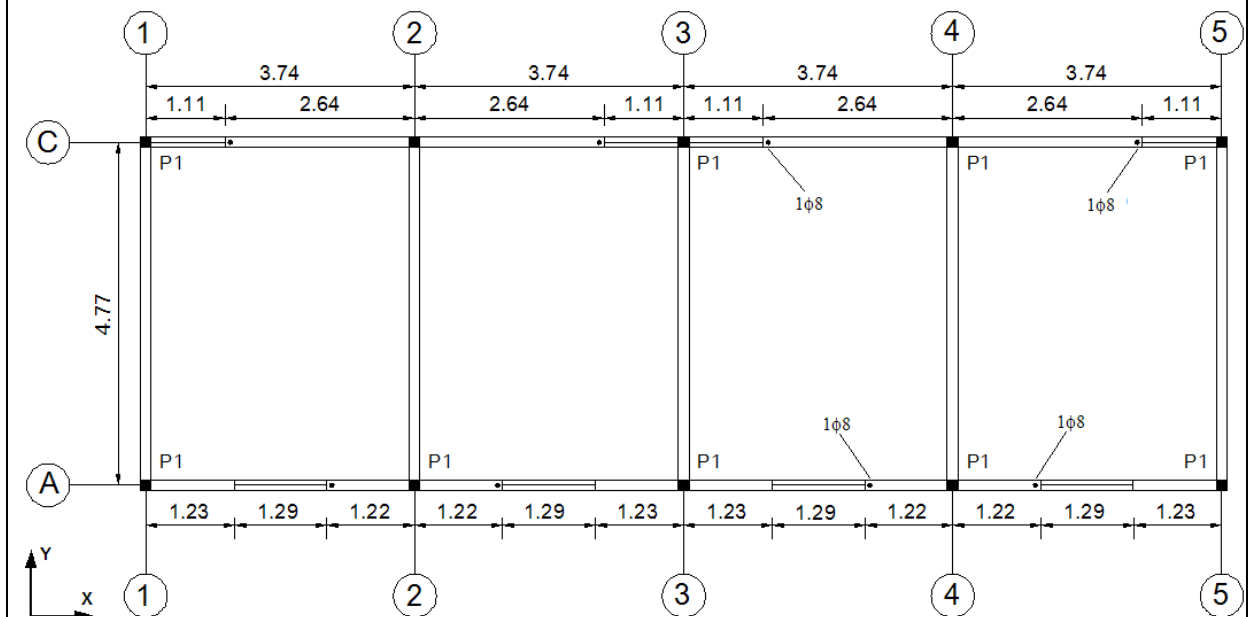
(*) Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible

(**) Uso de losa maciza en el piso

Planos de Planta



Planta Piso 1



Planta Piso 2

Figura 4. 43: Planos de planta Conjunto O.

Planos de Elevación

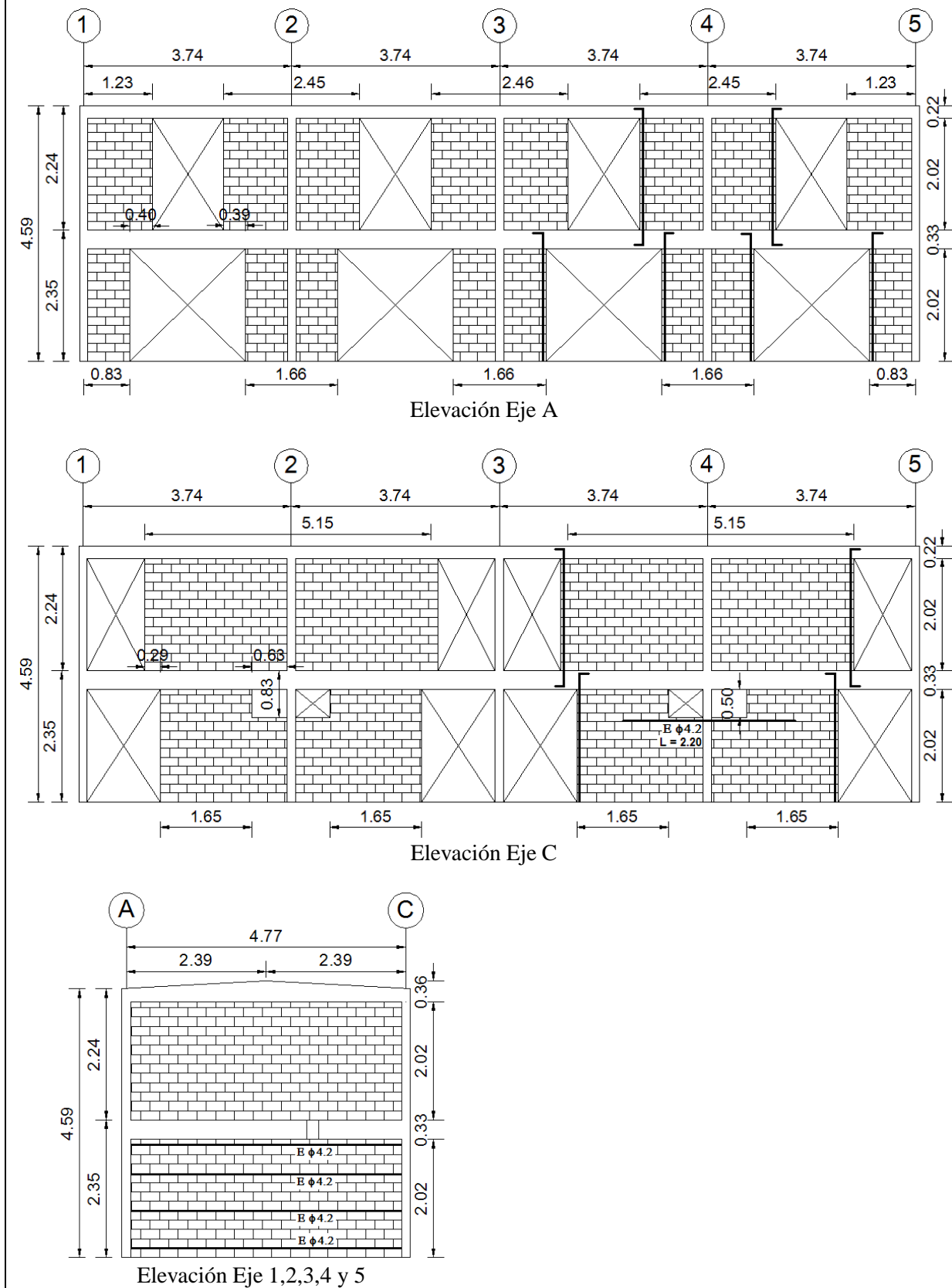


Figura 4. 44: Planos de elevación Conjunto O.

4.3.16 CONJUNTO P

Antecedentes Generales

Conjunto Habitacional	P
Ubicación	Av. Tucapel, Alfonso Néspolo, La Florida, Mataveri, Iquique y Alfredo Wormald.
Cantidad de Viviendas	149
Tipo	Tren de Viviendas
Bloque 5 Viviendas	1
Bloque 6 Viviendas	4
Bloque 8 Viviendas	15
Número Total de Bloques	20
Número de Pisos	2
Año de Recepción	1992

Vista Frontal



Elevación Eje A

Plano Loteo



Suelo: Escombros falda Morro con costras de Sal (IV)
 Nivel Freático (menor a 10 mts.) : NO
 Riesgo de deslizamiento : NO
 Riesgo de Tsunami : NO
 Riesgo de Licuefacción : NO
 Tipo de Suelo: III (NCh 433.Of 96)

Antecedentes Técnicos

Altura Piso 1	[m]	2,32		
Altura Piso 2	[m]	2,22		
Altura Total	[m]	4,54		
Área Vivienda	[m ²]	35,01		
Tipo de Albañilería		Enmarcada con Pilares y Cadenas de H.A.		
Espesor de Muro	[cm]	14		
Espesor Losa	[cm]	7		
Cadena Sobrecimiento	[cm]	15/35	4φ8	E φ4.2@15
Cadena Piso 1	[cm]	14/30	4φ8	E φ4.2@15
Cadena Piso 2	[cm]	14/20	4φ8	E φ4.2@15
Dimensión Pilar P1	[cm]	-		E φ6@15

Antecedentes de los Materiales	
Hormigón	
Pilotes y Sobrecimiento	R28 \geq 180 [kg/cm ²]
Losa, Pilares, Vigas y Cadenas	R28 \geq 180 [kg/cm ²]
Acero	
Hormigón Armado	Acero Malla Acma A63-42
Tensores	Acero Malla Acma A63-42 A44-28H (ϕ 6 Liso)
Tipo de Unidad	Ladrillo, e = 14 [cm]
Mortero de Pega	Relación cemento/cal/arena (1:1/4:4) en volumen
Tipo de Relleno de Huecos	-
Madera	Pino estructural, humedad \leq 18%
Plano N ^o	-

Bases de Calculo	
Suelo	
Presión Admisible Estática [kg/cm ²]	2,5
Presión Admisible Sísmica [kg/cm ²]	3,0
Solicitaciones	
Techumbre [kg/m ²]	25

Figura 4. 45: Ficha de Conjunto P.

Tabla 4. 38: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto P (tren de 5 viviendas).

Conjunto P (Tren de 5 Viviendas)						
Índice	Piso	Eje X		Eje Y		Unidad
		Símbolo	Valor	Símbolo	Valor	
Meli	1	d x1 =	3,53	d y1 =	3,93	[%]
	2	d x2 =	5,07	d y2 =	3,93	[%]
	1	d/n x1 =	1,76	d/n y1 =	1,96	[%]
	2	d/n x2 =	5,07	d/n y2 =	3,93	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 =	3,70	LR1 y1 =	3,93	[%]
	2	LR1 x2 =	5,07	LR1 y2 =	3,93	[%]
	1	LR2 x =	0,040	LR2 y =	0,042	[m ² / Ton]
	1	LR3 x =	1,95	LR3 y =	2,07	[]
Gallegos	1	IB x =	0,58	IB y =	0,80	[]
	1	IG x =	0,49	IG y =	0,68	[]

Tabla 4. 39: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto P (tren de 6 viviendas).

Conjunto P (Tren de 6 Viviendas)						
Índice	Piso	Eje X		Eje Y		Unidad
		Símbolo	Valor	Símbolo	Valor	
Meli	1	d x1 =	3,53	d y1 =	3,82	[%]
	2	d x2 =	5,07	d y2 =	3,82	[%]
	1	d/n x1 =	1,76	d/n y1 =	1,91	[%]
	2	d/n x2 =	5,07	d/n y2 =	3,82	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 =	3,70	LR1 y1 =	3,82	[%]
	2	LR1 x2 =	5,07	LR1 y2 =	3,82	[%]
	1	LR2 x =	0,040	LR2 y =	0,041	[m ² / Ton]
	1	LR3 x =	1,97	LR3 y =	2,03	[]
Gallegos	1	IB x =	0,58	IB y =	0,80	[]
	1	IG x =	0,49	IG y =	0,68	[]

Tabla 4. 40: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto P (tren de 8 viviendas).

Conjunto P (Tren de 8 Viviendas)						
Índice	Piso	Eje X		Eje Y		Unidad
		Símbolo	Valor	Símbolo	Valor	
Meli	1	d x1	= 3,55	d y1	= 3,68	[%]
	2	d x2	= 5,07	d y2	= 3,68	[%]
	1	d/n x1	= 1,77	d/n y1	= 1,84	[%]
	2	d/n x2	= 5,07	d/n y2	= 3,68	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1	= 3,70	LR1 y1	= 3,68	[%]
	2	LR1 x2	= 5,07	LR1 y2	= 3,68	[%]
	1	LR2 x	= 0,040	LR2 y	= 0,040	[m2 / Ton]
	1	LR3 x	= 1,99	LR3 y	= 1,98	[]
Gallegos	1	IB x	= 0,58	IB y	= 0,80	[]
	1	IG x	= 0,49	IG y	= 0,68	[]

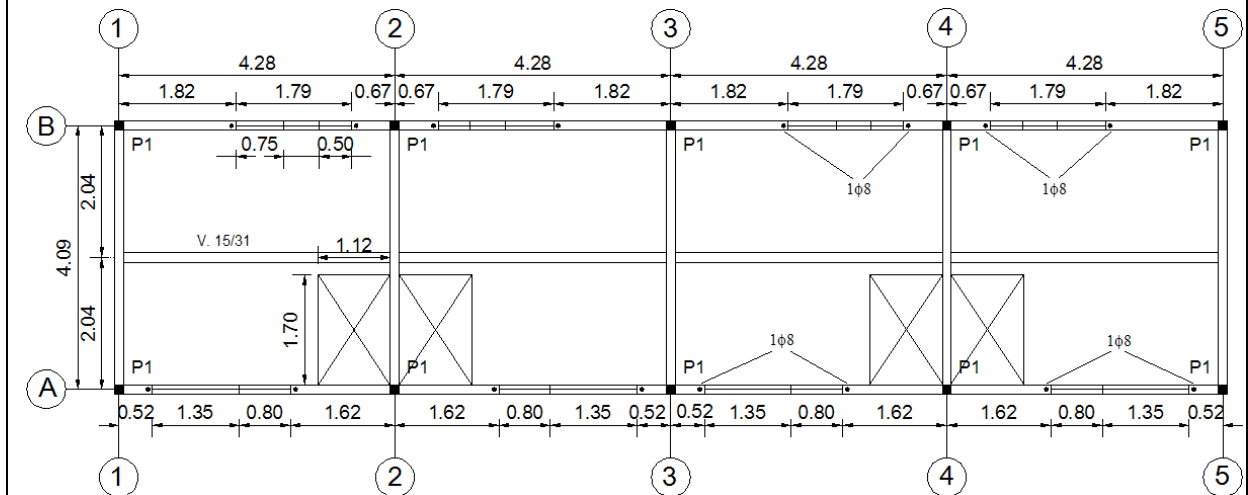
Tabla 4. 41: Limitaciones de Diseño Conjunto P.

Limitaciones de Diseño (NCh2123 Of.03)				
Conjunto Habitacional : P			Cumple	No Cumple
1	<u>Espesor de Muros</u> Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina		X	
2	<u>Dimensiones Máximas de los Paños de Albañilería</u> Área máxima del paño en su plano $\leq 12,5$ [m ²] Dimensión horizontal máxima del paño ≤ 6 [m]		X X	
3	<u>Ubicación de los Pilares</u> Todos los bordes libres Todas las intersección de los muros		X	X
4	<u>Ubicación de las Cadenas</u> A nivel de la techumbre y de los piso		X	
5	<u>Refuerzos de Aberturas</u> Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible Todos los bordes libres		X X	
	Arm. Vertical Área mínima de la armadura vertical en los bordes $\geq 0,8$ [cm ²] Diámetro mínimo ≥ 8 mm		X	X
	Arm. Horizontal Área mínima de la armadura horizontal $\geq 0,5$ [cm ²] Colocada en la primera o en las 2 primeras juntas horizontales bajo la abertura		X	X
	Armadura vertical y horizontal anclada en elementos de confinamiento		X	
6	<u>Detalle de la Armadura de Refuerzo</u> Armadura longitudinal mínima de cadena y pilar debe ser 4 barras de $\phi 10$ [mm] Diámetro mínimo de los estribos debe ser 6 [mm] Diámetro mínimo de los estribos debe ser 4,2 [mm]		- X	X
	Pilares Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm] Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*)) Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia		No Especificado - X	
	Cadena Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm] Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*) o (**)) Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia		X - X	

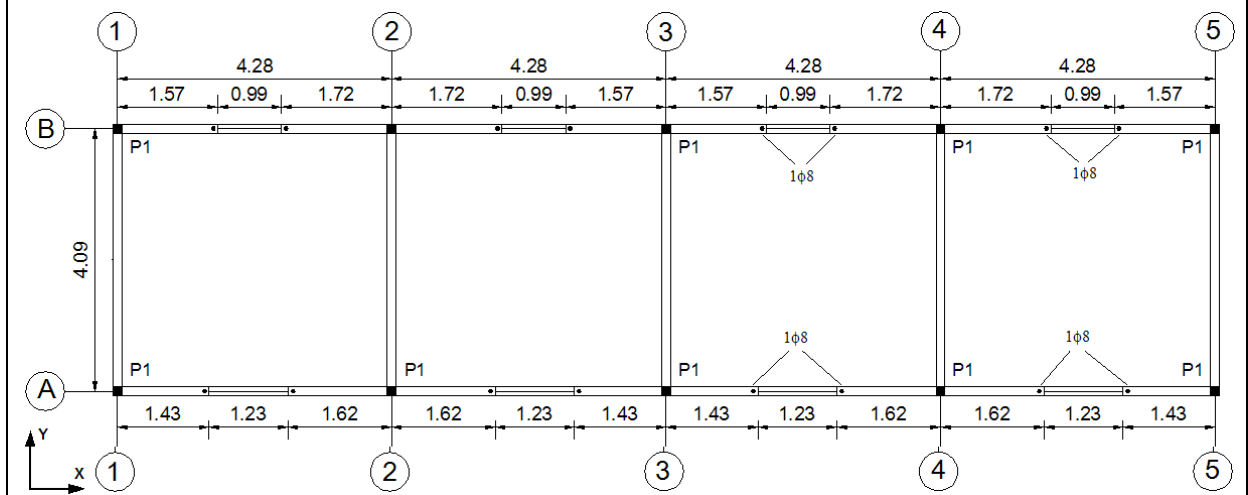
(*) Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible

(**) Uso de losa maciza en el piso

Planos de Planta



Planta Piso 1



Planta Piso 2

Figura 4. 46: Planos de planta Conjunto P.

Planos de Elevación

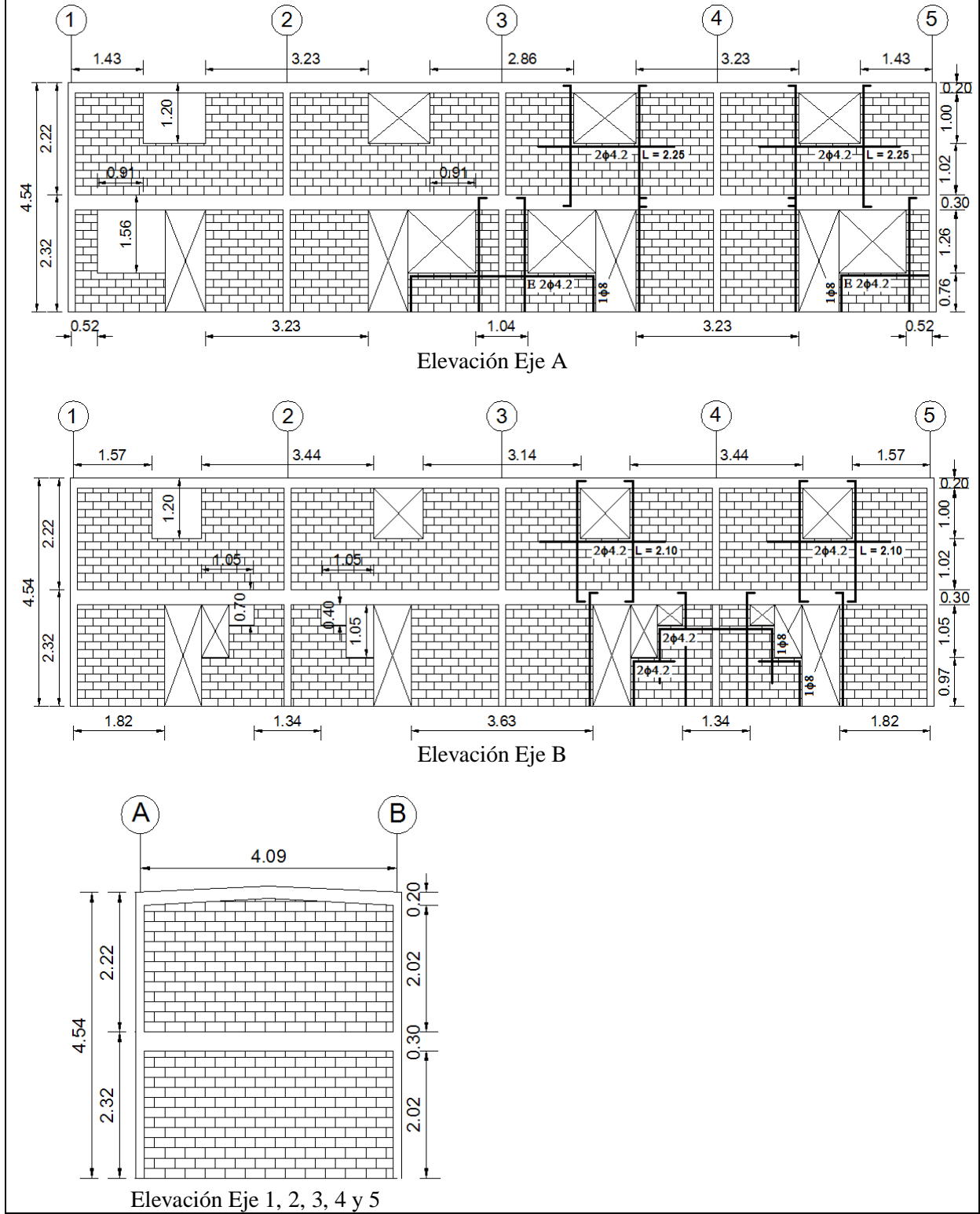


Figura 4. 47: Planos de elevación Conjunto P.

4.3.17 CONJUNTO Q

Antecedentes Generales

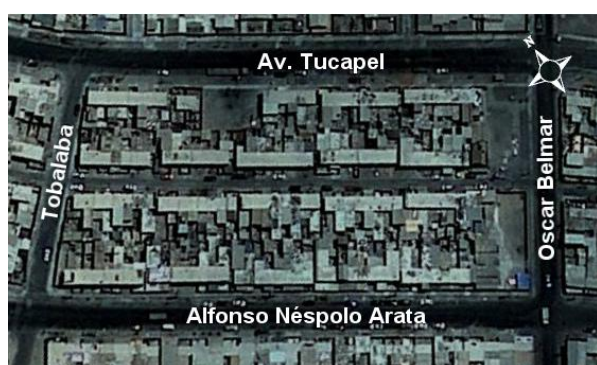
Conjunto Habitacional	Q
Ubicación	Av. Tucapel, Alfonso Néspolo Arata, Oscar Belmar y Tobalaba.
Cantidad de Viviendas	134
Tipo	Tren de Viviendas
Bloque 4 Viviendas	1
Bloque 5 Viviendas	1
Bloque 7 Viviendas	3
Bloque 8 Viviendas	13
Número Total de Bloques	18
Viviendas Terminales	36
Viviendas Intermedias	98
Número de Pisos	2
Año de Recepción	1992

Vista Frontal



Elevación Eje C

Plano Loteo



Suelo: Escombros falda Morro con costras de Sal (IV)
 Nivel Freático (menor a 10 mts.) : NO
 Riesgo de deslizamiento : NO
 Riesgo de Tsunami : NO
 Riesgo de Licuefacción : NO
 Tipo de Suelo: III (NCh 433.Of 96)

Antecedentes Técnicos				
Altura Piso 1	[m]	2,36		
Altura Piso 2	[m]	2,32		
Altura Total	[m]	4,68		
Área Vivienda	[m ²]	35,53		
Tipo de Albañilería		Enmarcada con Pilares y Cadenas de H.A.		
Espesor de Muro	[cm]	15		
Espesor Losa Piso 1	[cm]	8		
Espesor Losa Piso 2	[cm]	7		
Cadena Sobrecimiento	[cm]	20/30		
Cadena Piso 1	[cm]	15/21	4φ10	E φ6@20
Cadena Piso 2	[cm]	15/21	4φ10	E φ6@20
Dimensión Pilar P1	[cm]	15x20	4φ10	E φ6@20

Antecedentes de los Materiales	
Hormigón	
Losa, Pilares, Vigas y Cadenas	R28 ≥ 180 [kg/cm ²], Tipo C
Acero	A44-28H
Tipo de Unidad	Bloque de Hormigón, e = 15 [cm]
Mortero de Pega	Relación cemento/cal/arena (1:1/4:4) en volumen
Tipo de Relleno de Huecos	-
Madera	-
Plano N ^o	CL 1339/101

Figura 4. 48: Ficha de Conjunto Q.

Tabla 4. 42: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto Q (tren de 4 viviendas).

Conjunto Q (Tren de 4 Viviendas)						
Índice	Piso	Eje X		Eje Y		Unidad
		Símbolo	Valor	Símbolo	Valor	
Meli	1	d x1 =	2,28	d y1 =	5,15	[%]
	2	d x2 =	3,59	d y2 =	5,15	[%]
	1	d/n x1 =	1,14	d/n y1 =	2,58	[%]
	2	d/n x2 =	3,59	d/n y2 =	5,15	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 =	2,51	LR1 y1 =	5,15	[%]
	2	LR1 x2 =	3,74	LR1 y2 =	5,15	[%]
	1	LR2 x =	0,022	LR2 y =	0,045	[m2 / Ton]
	1	LR3 x =	0,72	LR3 y =	1,49	[]
Gallegos	1	IB x =	0,81	IB y =	1,00	[]
	1	IG x =	0,69	IG y =	0,85	[]

Tabla 4. 43: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto Q (tren de 5 viviendas).

Conjunto Q (Tren de 5 Viviendas)						
Índice	Piso	Eje X		Eje Y		Unidad
		Símbolo	Valor	Símbolo	Valor	
Meli	1	d x1	= 2,33	d y1	= 4,94	[%]
	2	d x2	= 3,62	d y2	= 4,94	[%]
	1	d/n x1	= 1,16	d/n y1	= 2,47	[%]
	2	d/n x2	= 3,62	d/n y2	= 4,94	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1	= 2,51	LR1 y1	= 4,94	[%]
	2	LR1 x2	= 3,74	LR1 y2	= 4,94	[%]
	1	LR2 x	= 0,022	LR2 y	= 0,044	[m2 / Ton]
	1	LR3 x	= 0,73	LR3 y	= 1,45	[]
Gallegos	1	IB x	= 0,73	IB y	= 0,90	[]
	1	IG x	= 0,62	IG y	= 0,77	[]

Tabla 4. 44: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto Q (tren de 7 viviendas).

Conjunto Q (Tren de 7 Viviendas)						
Índice	Piso	Eje X		Eje Y		Unidad
		Símbolo	Valor	Símbolo	Valor	
Meli	1	d x1	= 2,35	d y1	= 4,71	[%]
	2	d x2	= 3,65	d y2	= 4,71	[%]
	1	d/n x1	= 1,17	d/n y1	= 2,35	[%]
	2	d/n x2	= 3,65	d/n y2	= 4,71	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1	= 2,51	LR1 y1	= 4,71	[%]
	2	LR1 x2	= 3,74	LR1 y2	= 4,71	[%]
	1	LR2 x	= 0,023	LR2 y	= 0,042	[m2 / Ton]
	1	LR3 x	= 0,75	LR3 y	= 1,40	[]
Gallegos	1	IB x	= 0,65	IB y	= 0,80	[]
	1	IG x	= 0,55	IG y	= 0,68	[]

Tabla 4. 45: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto Q (tren de 8 viviendas).

Conjunto Q (Tren de 8 Viviendas)						
Índice	Piso	Eje X		Eje Y		Unidad
		Símbolo	Valor	Símbolo	Valor	
Meli	1	d x1	= 2,34	d y1	= 4,64	[%]
	2	d x2	= 3,66	d y2	= 4,64	[%]
	1	d/n x1	= 1,17	d/n y1	= 2,32	[%]
	2	d/n x2	= 3,66	d/n y2	= 4,64	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1	= 2,51	LR1 y1	= 4,64	[%]
	2	LR1 x2	= 3,74	LR1 y2	= 4,64	[%]
	1	LR2 x	= 0,023	LR2 y	= 0,042	[m2 / Ton]
	1	LR3 x	= 0,75	LR3 y	= 1,39	[]
Gallegos	1	IB x	= 0,65	IB y	= 0,80	[]
	1	IG x	= 0,55	IG y	= 0,68	[]

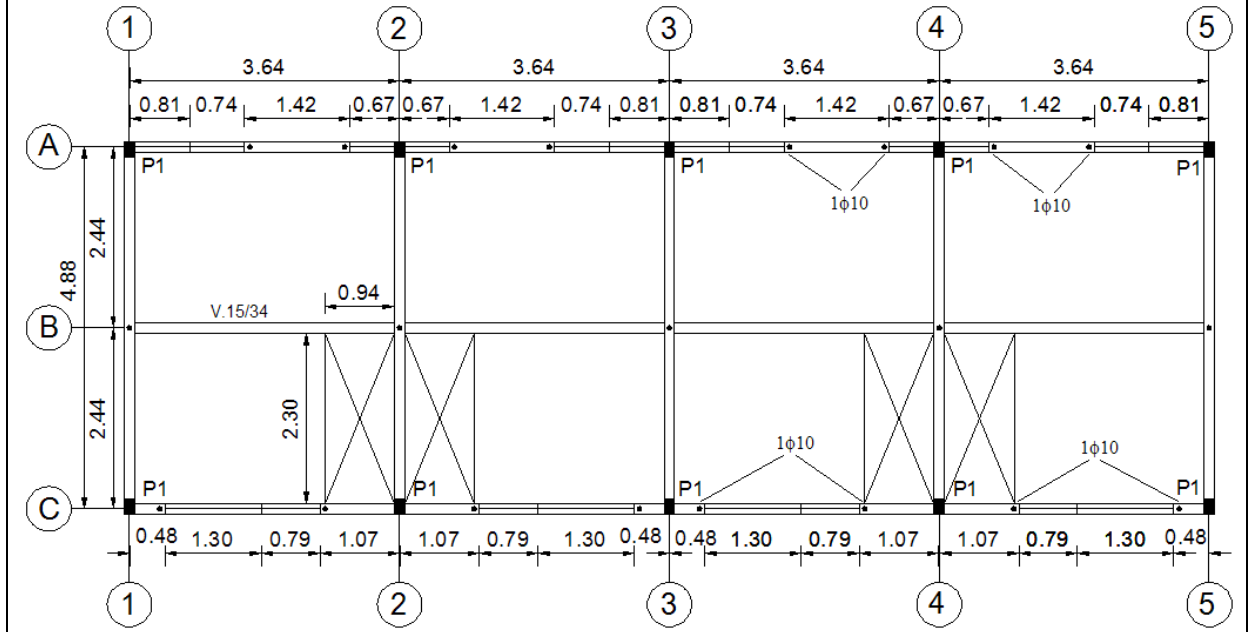
Tabla 4. 46: Limitaciones de Diseño Conjunto Q.

Limitaciones de Diseño (NCh2123 Of.03)				
Conjunto Habitacional : Q				
			Cumple	No Cumple
1	<u>Espesor de Muros</u>			
		Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina	X	
2	<u>Dimensiones Máximas de los Paños de Albañilería</u>			
		Área máxima del paño en su plano $\leq 12,5$ [m ²]	X	
		Dimensión horizontal máxima del paño ≤ 6 [m]	X	
3	<u>Ubicación de los Pilares</u>			
		Todos los bordes libres		X
		Todas las interseccion de los muros	X	
4	<u>Ubicación de las Cadenas</u>			
		A nivel de la techumbre y de los piso	X	
5	<u>Refuerzos de Aberturas</u>			
		Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible		X
		Todos los bordes libres	X	
	Arm. Vertical	Área mínima de la armadura vertical en los bordes $\geq 0,8$ [cm ²]	X	
		Diámetro mínimo ≥ 8 mm	X	
	Arm. Horizontal	Área mínima de la armadura horizontal $\geq 0,5$ [cm ²]		X
		Colocada en la primera o en las 2 primeras juntas horizontales bajo la abertura	X	
		Armadura vertical y horizontal anclada en elementos de confinamiento	X	
6	<u>Detalle de la Armadura de Refuerzo</u>			
		Armadura longitudinal mínima de cadena y pilar debe ser 4 barras de $\phi 10$ [mm]	X	
		Diámetro mínimo de los estribos debe ser 6 [mm]	X	
		Diámetro mínimo de los estribos debe ser 4,2 [mm] (Para amadura electrosoldada)	-	
	Pilares	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]	X	
		Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*))		X
		Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X	
	Cadena	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]	X	
		Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*) o (**))	-	
		Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X	

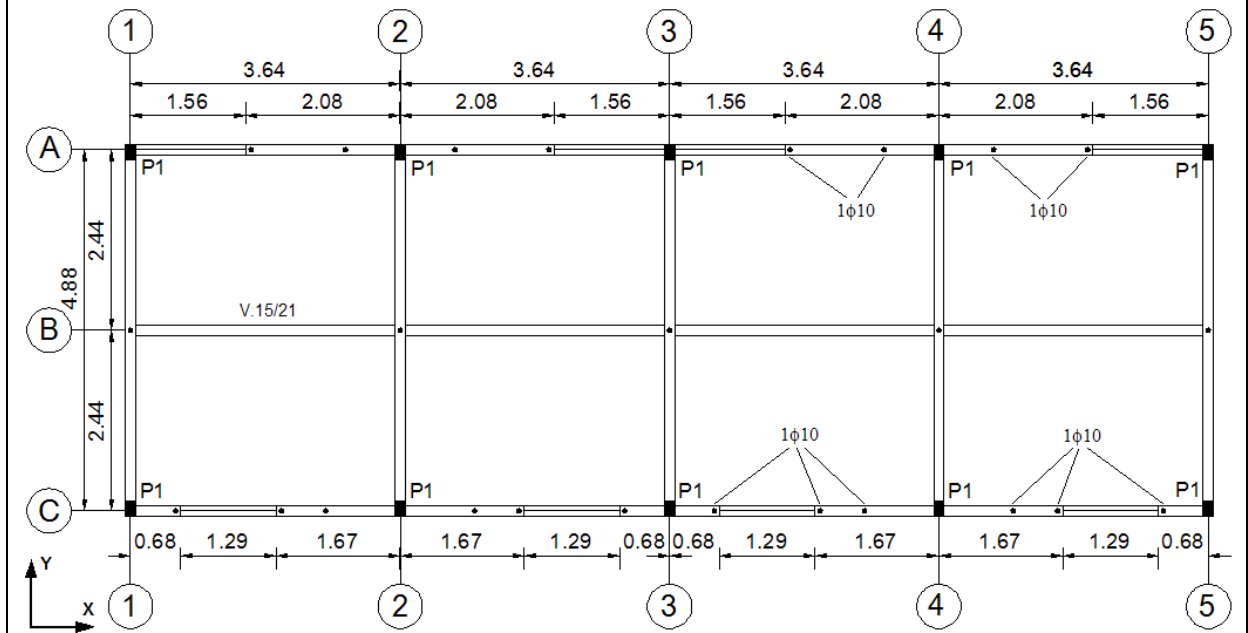
(*) Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible

(**) Uso de losa maciza en el piso

Planos de Planta



Planta Piso 1



Planta Piso 2

Figura 4. 49: Planos de planta Conjunto Q.

Planos de Elevación

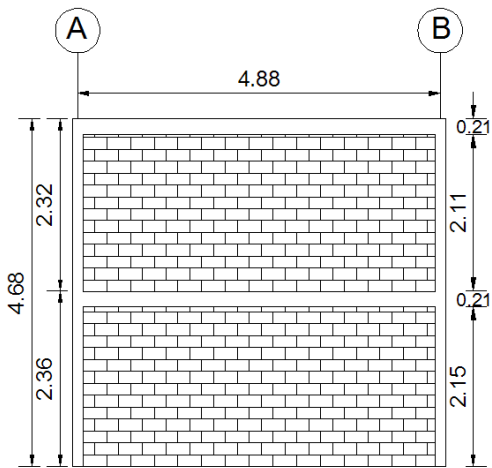
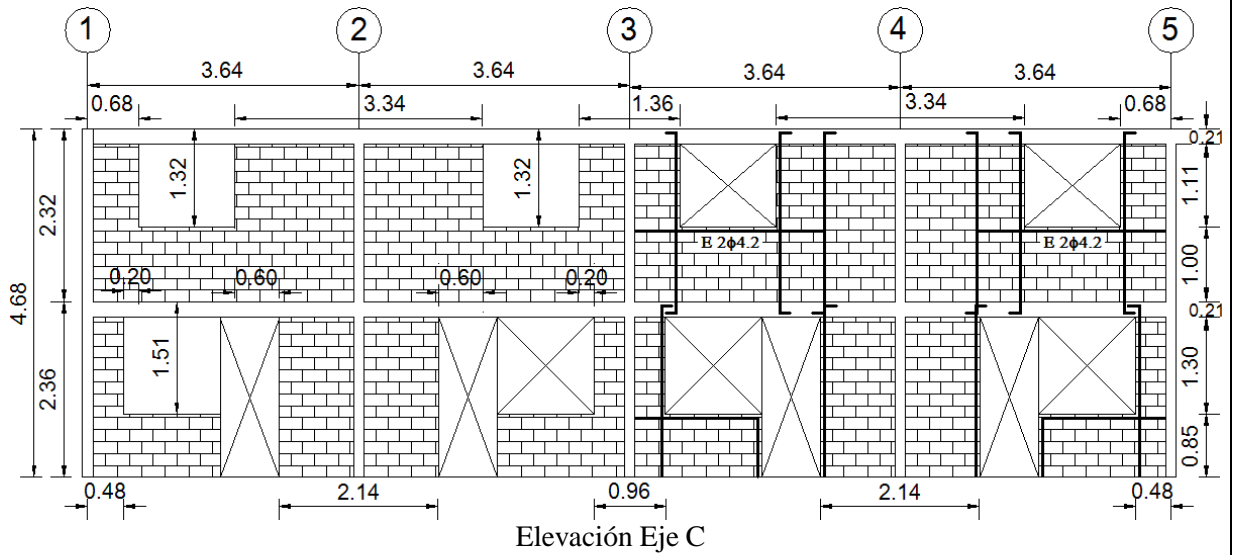
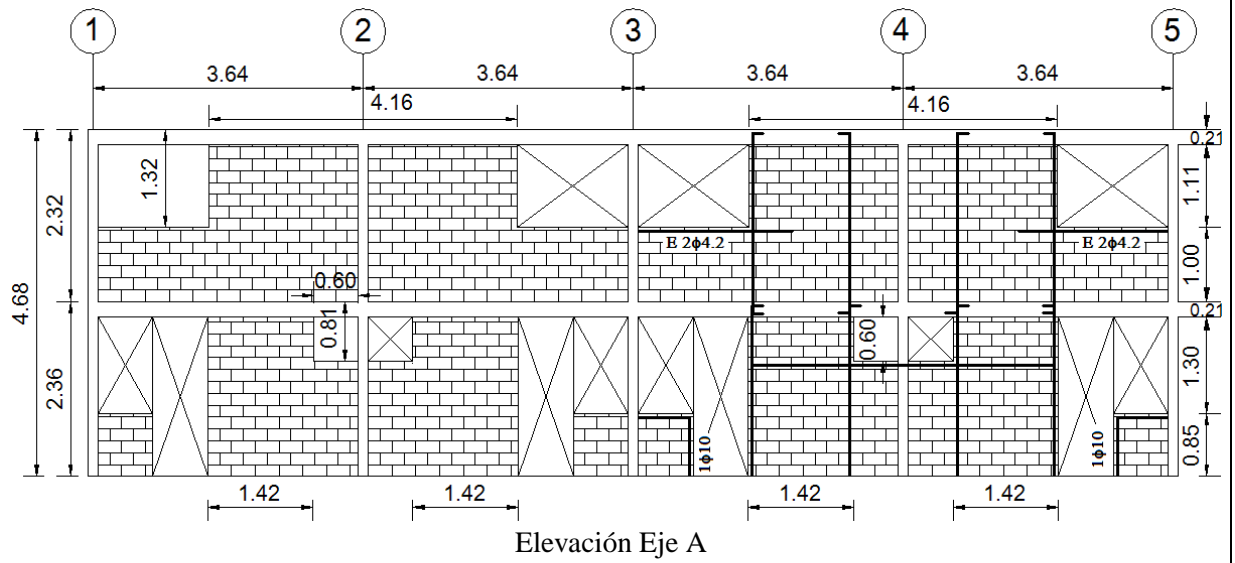


Figura 4. 50: Planos de elevación Conjunto Q.

4.3.18 CONJUNTO R

Antecedentes Generales

Conjunto Habitacional	R
Ubicación	Av. Tucapel, Alfonso Néspolo, La Florida, Mataverí, Iquique y Alfredo Wormald.
Cantidad de Viviendas	128
Tipo	Tren de Viviendas
Bloque 6 Viviendas	4
Bloque 8 Viviendas	13
Número Total de Bloques	17
Número de Pisos	2
Año de Recepción	1993

Vista Frontal



Elevación Eje A

Plano Loteo



Suelo: Escombros falda Morro con costras de Sal (IV)
 Nivel Freático (menor a 10 mts.) : NO
 Riesgo de deslizamiento : NO
 Riesgo de Tsunami : NO
 Riesgo de Licuefacción : NO
 Tipo de Suelo: III (NCh 433.Of 96)

Antecedentes Técnicos				
Altura Piso 1	[m]	2,33		
Altura Piso 2	[m]	2,22		
Altura Total	[m]	4,55		
Área Vivienda	[m ²]	35,53		
Tipo de Albañilería		Enmarcada con Pilares y Cadenas de H.A.		
Espesor de Muro	[cm]	15		
Espesor Losa	[cm]	8		
Cadena Sobrecimiento	[cm]	15/35	4φ8	E φ4.2@15
Cadena Piso 1	[cm]	15/31	4φ8	E φ4.2@15
Cadena Piso 2	[cm]	15/20	4φ8	E φ4.2@15
Dimensión Pilar P1	[cm]	-	4φ8	

Antecedentes de los Materiales	
Hormigón	
Pilotes y Sobrecimiento	R28 ≥ 180 [kg/cm ²]
Losa, Pilares, Vigas y Cadenas	R28 ≥ 180 [kg/cm ²]
Acero	
Hormigón Armado y Tensores	Malla Acma A63-42H A44-28H (φ 6 liso)
Tipo de Unidad	Bloque de Hormigón, e = 15 [cm] Hecho a Máquina, Bloque T."B"
Mortero de Pega	Relación cemento/cal/arena (1:1/4:4) en volumen
Tipo de Relleno de Huecos	-
Plano N°	-

Bases de Calculo		
Suelo		
Presión de Trabajo Estática	[kg/cm ²]	-
Presión de Trabajo Sísmica	[kg/cm ²]	-
Presión Admisible Estática	[kg/cm ²]	2.5
Presión Admisible Sísmica	[kg/cm ²]	3.0
Solicitaciones		
Losas	[kg/m ²]	150
Techumbre	[kg/m ²]	30

Figura 4. 51: Ficha de Conjunto R.

Tabla 4. 47: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto R (tren de 6 viviendas).

Conjunto R (Tren de 6 Viviendas)						
Índice	Piso	Eje X		Eje Y		Unidad
		Símbolo	Valor	Símbolo	Valor	
Meli	1	d x1 =	2,14	d y1 =	4,81	[%]
	2	d x2 =	4,21	d y2 =	4,81	[%]
	1	d/n x1 =	1,07	d/n y1 =	2,40	[%]
	2	d/n x2 =	4,21	d/n y2 =	4,81	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 =	2,74	LR1 y1 =	4,81	[%]
	2	LR1 x2 =	4,21	LR1 y2 =	4,81	[%]
	1	LR2 x =	0,029	LR2 y =	0,050	[m2 / Ton]
	1	LR3 x =	0,91	LR3 y =	1,60	[]
Gallegos	1	IB x =	0,58	IB y =	0,90	[]
	1	IG x =	0,49	IG y =	0,77	[]

Tabla 4. 48: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto R (tren de 8 viviendas).

Conjunto R (Tren de 8 Viviendas)						
Índice	Piso	Eje X		Eje Y		Unidad
		Símbolo	Valor	Símbolo	Valor	
Meli	1	d x1	= 2,17	d y1	= 4,64	[%]
	2	d x2	= 4,21	d y2	= 4,64	[%]
	1	d/n x1	= 1,09	d/n y1	= 2,32	[%]
	2	d/n x2	= 4,21	d/n y2	= 4,64	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1	= 2,74	LR1 y1	= 4,64	[%]
	2	LR1 x2	= 4,21	LR1 y2	= 4,64	[%]
	1	LR2 x	= 0,029	LR2 y	= 0,049	[m2 / Ton]
	1	LR3 x	= 0,93	LR3 y	= 1,57	[]
Gallegos	1	IB x	= 0,51	IB y	= 0,80	[]
	1	IG x	= 0,44	IG y	= 0,68	[]

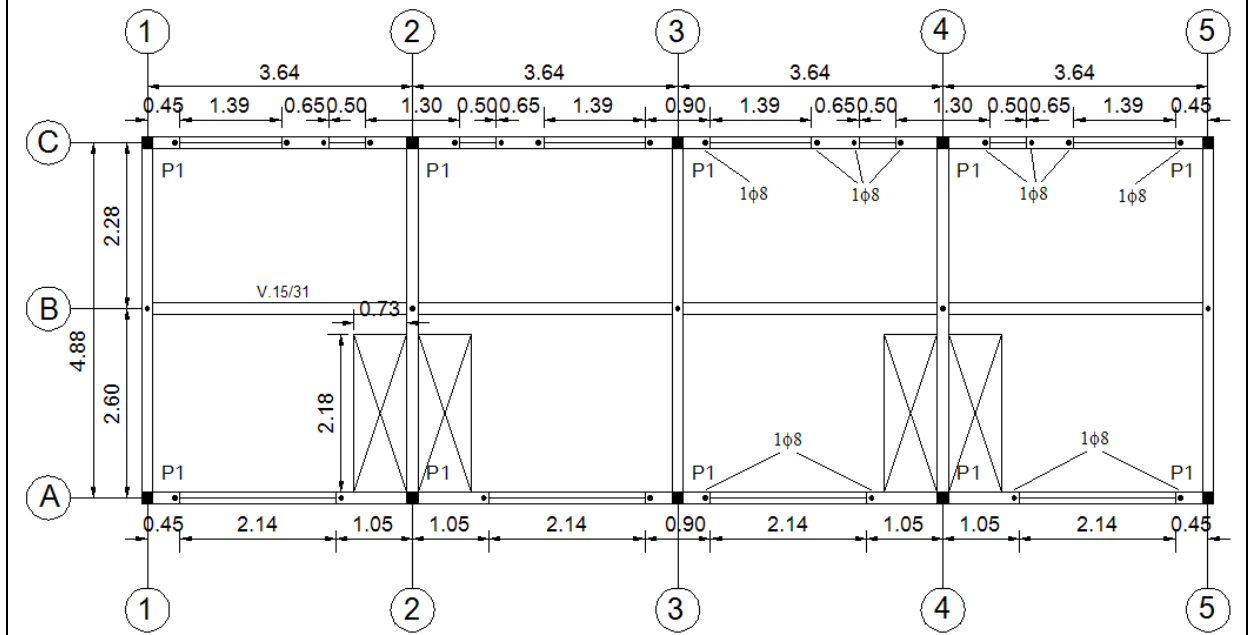
Tabla 4. 49: Limitaciones de Diseño Conjunto R.

Limitaciones de Diseño (NCh2123 Of.03)				
Conjunto Habitacional : R			Cumple	No Cumple
1	<u>Espesor de Muros</u> Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina		X	
2	<u>Dimensiones Máximas de los Paños de Albañilería</u> Área máxima del paño en su plano $\leq 12,5$ [m ²] Dimensión horizontal máxima del paño ≤ 6 [m]		X X	
3	<u>Ubicación de los Pilares</u> Todos los bordes libres Todas las intersección de los muros		X	X
4	<u>Ubicación de las Cadenas</u> A nivel de la techumbre y de los piso		X	
5	<u>Refuerzos de Aberturas</u> Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible Todos los bordes libres		X	X
	Arm. Vertical Área mínima de la armadura vertical en los bordes $\geq 0,8$ [cm ²] Diámetro mínimo ≥ 8 mm		X	X
	Arm. Horizontal Área mínima de la armadura horizontal $\geq 0,5$ [cm ²] Colocada en la primera o en las 2 primeras juntas horizontales bajo la abertura		X	X
	Armadura vertical y horizontal anclada en elementos de confinamiento		X	
6	<u>Detalle de la Armadura de Refuerzo</u> Armadura longitudinal mínima de cadena y pilar debe ser 4 barras de $\phi 10$ [mm] Diámetro mínimo de los estribos debe ser 6 [mm] Diámetro mínimo de los estribos debe ser 4,2 [mm]		- X	X
	Pilares Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm] Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*)) Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia		No Especificado X	X
	Cadena Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm] Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*) o (**)) Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia		X - X	

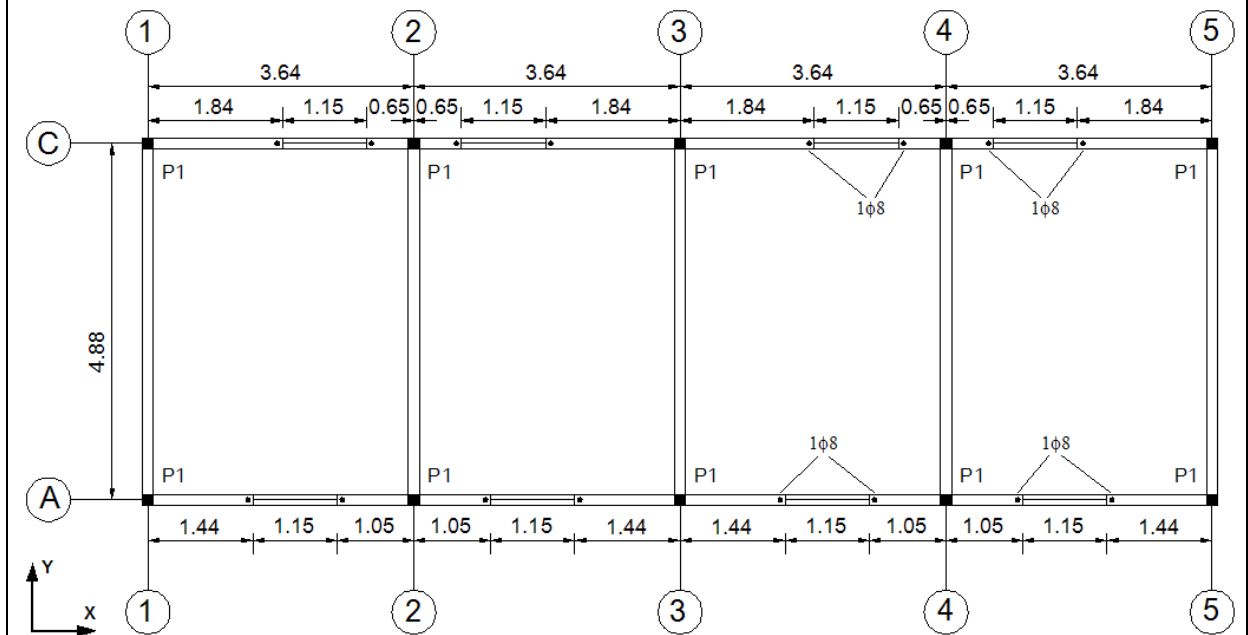
(*) Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible

(**) Uso de losa maciza en el piso

Planos de Planta



Planta Piso 1



Planta Piso 2

Figura 4. 52: Planos de planta Conjunto R.

Planos de Elevación

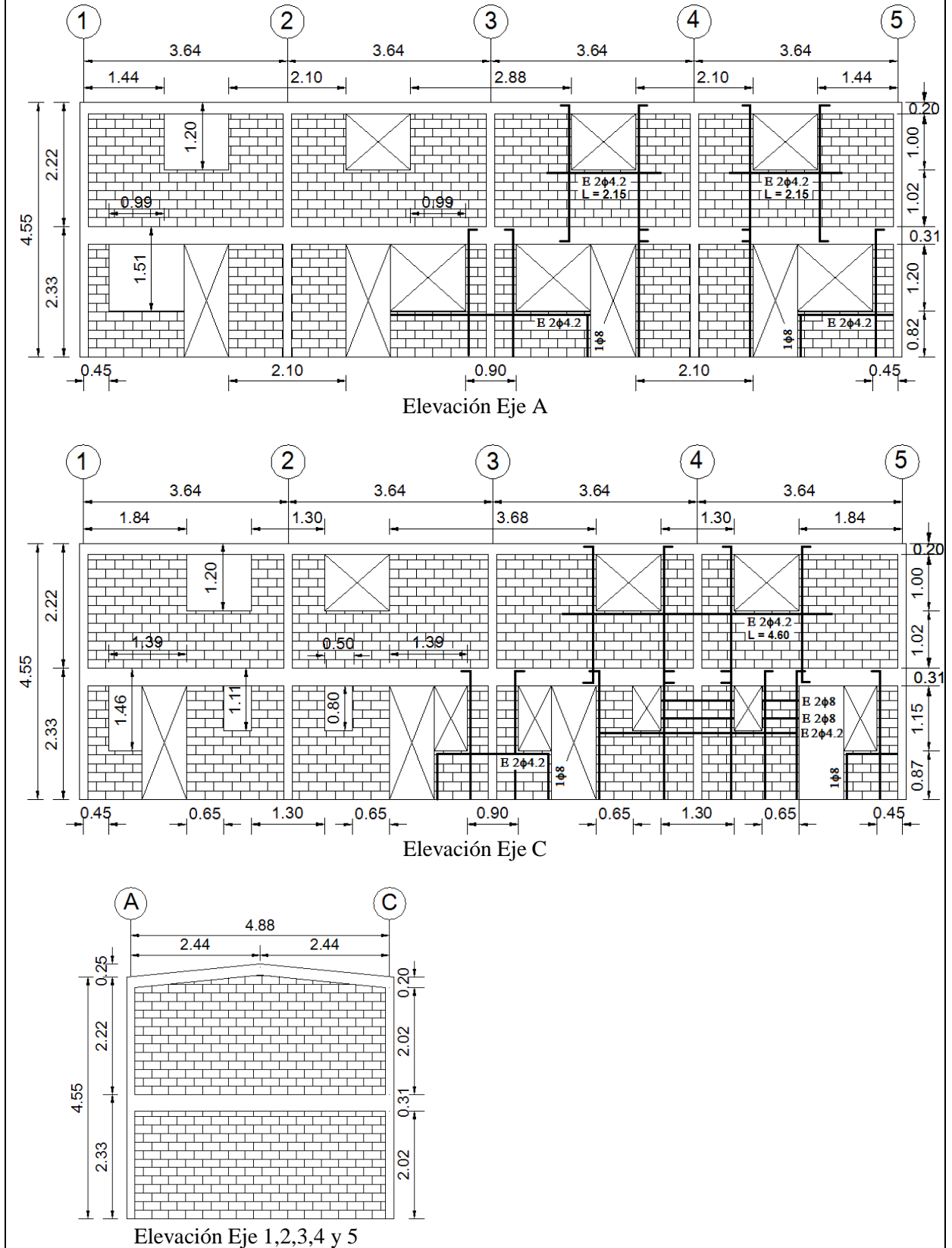


Figura 4. 53: Planos de elevación Conjunto R.

4.3.19 CONJUNTO S

Antecedentes Generales

Conjunto Habitacional	S
Ubicación	Av. Robinson Rojas, Yervas Buenas Norte, Av. Linderos, Doctor Amador Neghme.
Cantidad de Viviendas	320
Tipo	Trenes de 4 Viviendas
Número de Pisos	2
Año de Recepción	1999

Vista Frontal y Posterior



Plano Loteo



Características del suelo

Suelo: Escombros de falda cerro Chuño (VII)
Nivel Freático (menor a 10 mts.) : NO
Riesgo de deslizamiento : NO
Riesgo de Tsunami : NO
Riesgo de Licuefacción : NO
Tipo de Suelo: III (NCh 433.Of 96)

<i>Antecedentes Técnicos</i>				
Altura Piso 1	[m]		2,40	
Altura Piso 2	[m]		2,30	
Altura Total	[m]		4,70	
Área Planta Tren de 4 Viv.	[m ²]		97,56	
Tipo de Albañilería			Enmarcada con Pilares y Cadenas de H.A.	
Espesor de Muro	[cm]		14	
Espesor Losa	[cm]		10	
Cadena Sobrecimiento				
Eje (A-C)	[cm]	20/30	4φ12	E φ8@18
Eje (1-2-3-4-5)	[cm]	20/30	4φ10	E φ8@18
Cadena Piso 1	[cm]	15/30	4φ12	E φ6@20
Viga Piso 1 (Eje A-C)	[cm]	15/30	5φ12	E φ6@20
Cadena Piso 2	[cm]	15/20	4φ10	E φ6@20
Dimensión Pilar P1	[cm]	15x20	4φ10	E φ6@20

<i>Antecedentes de Materiales</i>	
Hormigón	
Fundaciones	-
Radieres	H20, R28 \geq 200 [kg/cm ²], dosificación mínima 6 sacos cem/m ³
Losas, Pilares y Cadenas	H20, R28 \geq 200 [kg/cm ²], dosificación mínima 6 sacos cem/m ³
Acero	
Pilares y Cadenas	A44-28H con resaltes, excepto φ6
Tipo de Unidad	Bloque de Hormigón, e = 14 [cm], 14x19x39 armado con enfierradura horizontal tipo escalerilla Acma de 4,2 [mm] cada 3 hiladas
Mortero de Pega	Relación cemento/arena (1:3) en volumen
Tipo de Relleno de Huecos	Relleno parcial de los huecos
Madera	-
Plano N°	-

Figura 4. 54: Ficha de Conjunto S.

Tabla 4. 50: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto S.

<i>Conjunto S (Tren de 4 Viviendas)</i>				
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad
Meli	1	d x1 = 1,36	d y1 = 5,00	[%]
	2	d x2 = 2,47	d y2 = 5,00	[%]
	1	d/n x1 = 0,68	d/n y1 = 2,50	[%]
	2	d/n x2 = 2,47	d/n y2 = 5,00	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 1,87	LR1 y1 = 5,00	[%]
	2	LR1 x2 = 2,68	LR1 y2 = 5,00	[%]
	1	LR2 x = 0,020	LR2 y = 0,054	[m ² / Ton]
	1	LR3 x = 0,65	LR3 y = 1,74	[]
Gallegos	1	IB x = 0,58	IB y = 1,00	[]
	1	IG x = 0,49	IG y = 0,85	[]

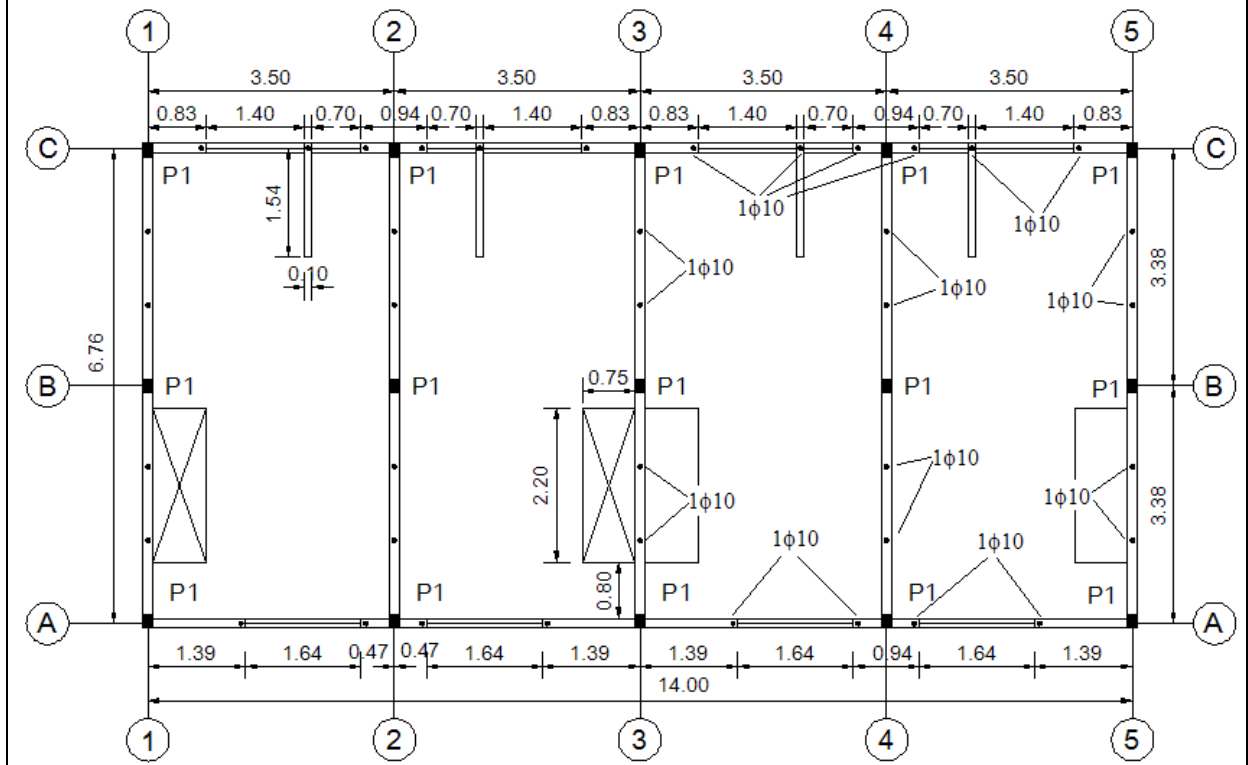
Tabla 4. 51: Limitaciones de Diseño Conjunto S (tren de 4 viviendas).

Limitaciones de Diseño (NCh2123 Of.03)				
Conjunto Habitacional : S				
			Cumple	No Cumple
1	<u>Espesor de Muros</u>			
		Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina	X	
2	<u>Dimensiones Máximas de los Paños de Albañilería</u>			
		Área máxima del paño en su plano $\leq 12,5$ [m ²]	X	
		Dimensión horizontal máxima del paño ≤ 6 [m]	X	
3	<u>Ubicación de los Pilares</u>			
		Todos los bordes libres		X
		Todas las intersección de los muros	X	
4	<u>Ubicación de las Cadenas</u>			
		A nivel de la techumbre y de los piso	X	
5	<u>Refuerzos de Aberturas</u>			
		Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible		X
		Todos los bordes libres	X	
	Arm. Vertical	Área mínima de la armadura vertical en los bordes $\geq 0,8$ [cm ²]	X	
		Diámetro mínimo ≥ 8 mm	X	
	Arm. Horizontal	Área mínima de la armadura horizontal $\geq 0,5$ [cm ²]	X	
		Colocada en la primera o en las 2 primeras juntas horizontales bajo la abertura	X	
		Armadura vertical y horizontal anclada en elementos de confinamiento	X	
6	<u>Detalle de la Armadura de Refuerzo</u>			
		Armadura longitudinal mínima de cadena y pilar debe ser 4 barras de $\phi 10$ [mm]	X	
		Diámetro mínimo de los estribos debe ser 6 [mm]	X	
		Diámetro mínimo de los estribos debe ser 4,2 [mm] (Para armadura electrosoldada)	-	
	Pilares	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]	X	
		Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*))		X
		Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X	
	Cadena	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]	X	
		Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*) o (**))	-	
		Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X	

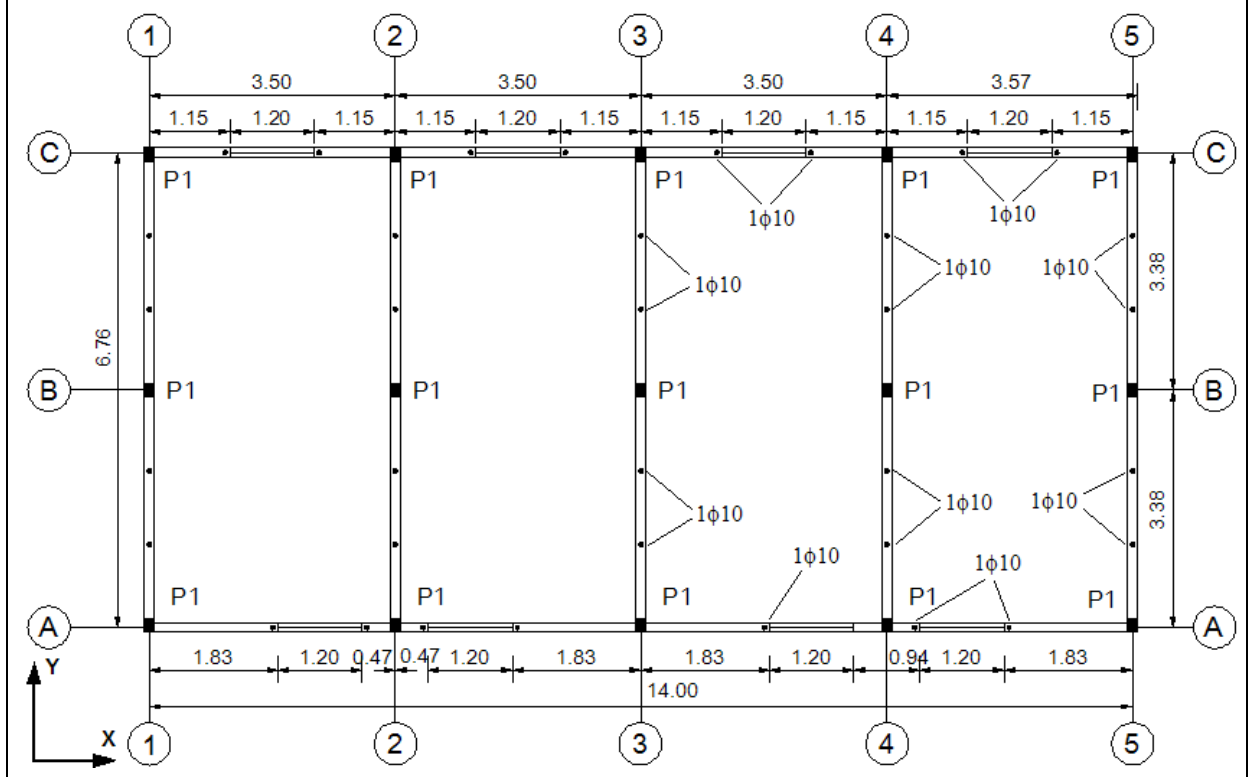
(*) Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible

(**) Uso de losa maciza en el piso

Planos de Planta



Planta Piso 1



Planta Piso 2

Figura 4. 55: Planos de planta Conjunto S.

Planos de Elevación

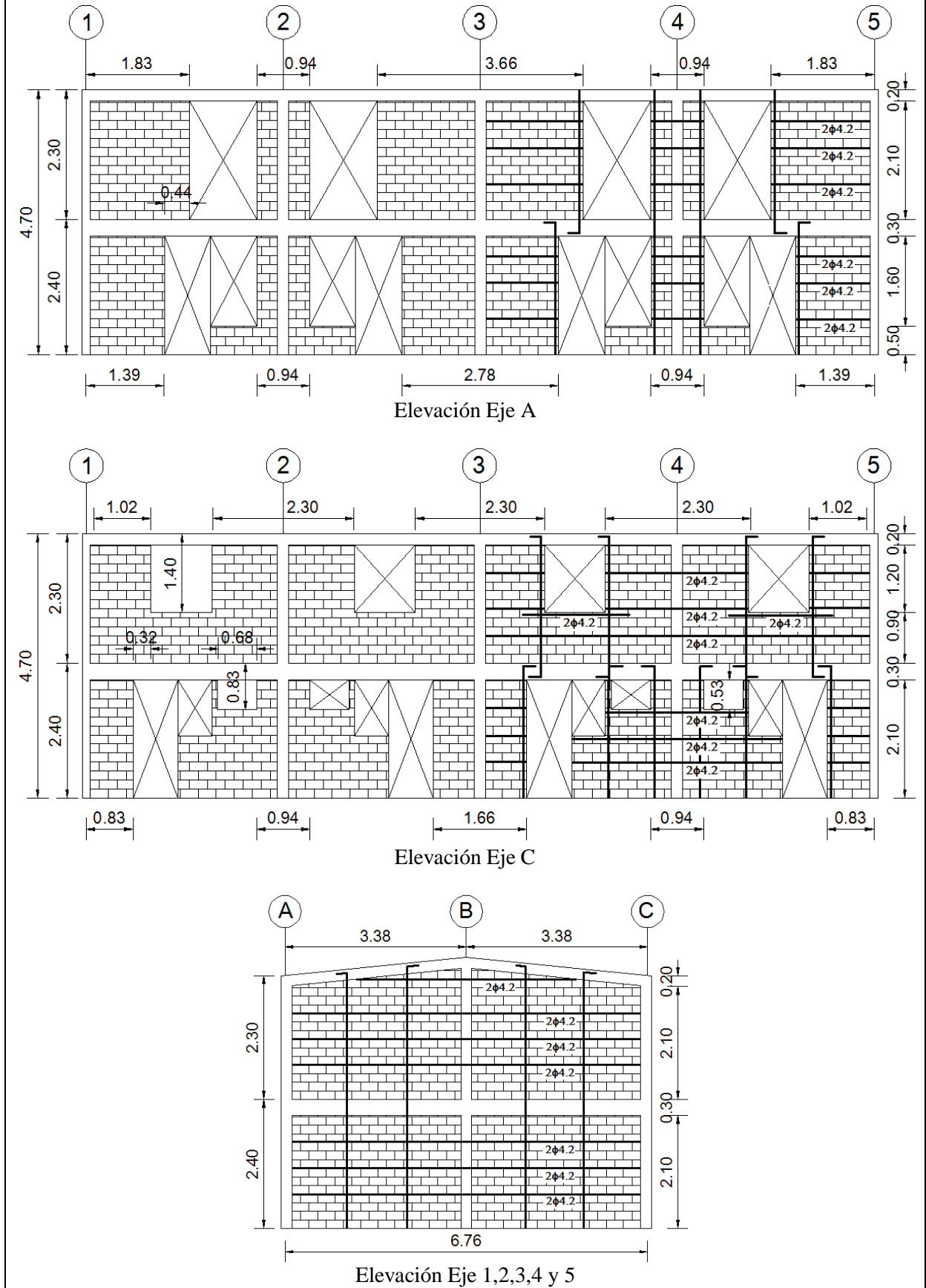


Figura 4. 56: Planos de elevación Conjunto S.

4.3.20 CONJUNTO T

Antecedentes Generales

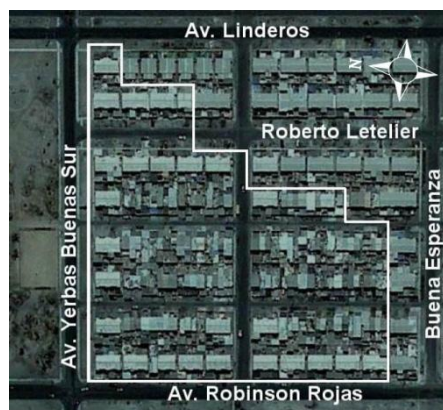
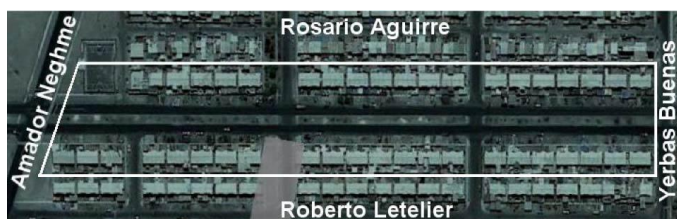
Conjunto Habitacional	T
Ubicación	Roberto Letelier, Rosario Aguirre, Amador Neghme y Yervas Buenas Norte. Av. Robinson Rojas, Av. Linderos, Roberto Letelier, Yervas Buenas Sur y Buena Esperanza.
Cantidad de Viviendas	272
Tipo	Trenes de 4 Viviendas
Número de Pisos	2
Año de Recepción	2000

Vista Frontal



Elevación Eje A

Plano Loteo



Características del suelo

Suelo: Escombros de falda cerro Chuño (VII)
 Nivel Freático (menor a 10 mts.) : NO
 Riesgo de deslizamiento : NO
 Riesgo de Tsunami : NO
 Riesgo de Licuefacción : NO
 Tipo de Suelo: III (NCh 433.Of 96)

Antecedentes Técnicos				
Altura Piso 1	[m]	2,39		
Altura Piso 2	[m]	2,20		
Altura Total	[m]	4,59		
Área Planta Tren de 4 Viv.	[m ²]	120,54		
Tipo de Albañilería		Enmarcada con Pilares y Cadenas de H.A.		
Espesor de Muro	[cm]	14		
Espesor Losa	[cm]	9		
Espesor Radier	[cm]	8		
Cadena Sobrecimiento	[cm]	14/20	4φ10	E φ6@20
Cadena Piso 1	[cm]	14/20	4φ10	E φ6@20
Viga Eje A (1 Piso)	[cm]	14/37	4φ10	E φ6@20
Viga Eje A' (1 Piso)	[cm]	40/15		
Cadena Piso 2	[cm]	14/20	4φ10	E φ6@20
Dimensión Pilar P1	[cm]	14x20	4φ10	E φ6@20

Antecedentes de los Materiales	
Hormigón	
Fundaciones	H10, R28 > 100 [kg/cm ²]
Viga de Fundación y Radieres	H20, R28 > 200 [kg/cm ²]
Losa, Pilares, Vigas y Cadenas	H20, R28 > 200 [kg/cm ²]
Acero	
Hormigón Armado	A63-42H con resaltes, excepto φ6
Escalerillas	AT56-50H (Tipo Acma)
Tipo de Unidad	Bloque de Hormigón, e = 14[cm]. Tipo A Resistencia individual mínima a la compresión 35 kg/cm ²
Mortero de Pega	Relación cemento/cal/arena (1:1/4:4) en volumen
Tipo de Relleno de Huecos	Relleno parcial de los huecos, en los antepechos se rellenan todos los huecos
Madera	-
Plano N°	E-31-98-102

Figura 4. 57: Ficha de Conjunto T.

Tabla 4. 52: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto T.

Conjunto T (Tren de 4 Viviendas)				
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad
Meli	1	d x1 = 0,87	d y1 = 5,00	[%]
	2	d x2 = 1,48	d y2 = 5,00	[%]
	1	d/n x1 = 0,43	d/n y1 = 2,50	[%]
	2	d/n x2 = 1,48	d/n y2 = 5,00	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 1,18	LR1 y1 = 5,00	[%]
	2	LR1 x2 = 1,72	LR1 y2 = 5,00	[%]
	1	LR2 x = 0,014	LR2 y = 0,061	[m2 / Ton]
	1	LR3 x = 0,46	LR3 y = 1,97	[]
Gallegos	1	IB x = 0,58	IB y = 1,00	[]
	1	IG x = 0,49	IG y = 0,85	[]

Tabla 4. 53: Limitaciones de Diseño Conjunto T (tren de 4 viviendas).

Limitaciones de Diseño (NCh2123 Of.03)				
Conjunto Habitacional : T				
			Cumple	No Cumple
1	<u>Espesor de Muros</u>			
		Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina	X	
2	<u>Dimensiones Máximas de los Paños de Albañilería</u>			
		Área máxima del paño en su plano $\leq 12,5$ [m ²]	X	
		Dimensión horizontal máxima del paño ≤ 6 [m]	X	
3	<u>Ubicación de los Pilares</u>			
		Todos los bordes libres		X
		Todas las interseccion de los muros	X	
4	<u>Ubicación de las Cadenas</u>			
		A nivel de la techumbre y de los piso	X	
5	<u>Refuerzos de Aberturas</u>			
		Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible		X
		Todos los bordes libres	X	
	Arm. Vertical	Área mínima de la armadura vertical en los bordes $\geq 0,8$ [cm ²]	X	
		Diámetro mínimo ≥ 8 mm	X	
	Arm. Horizontal	Área mínima de la armadura horizontal $\geq 0,5$ [cm ²]		X
		Colocada en la primera o en las 2 primeras juntas horizontales bajo la abertura	X	
		Armadura vertical y horizontal anclada en elementos de confinamiento	X	
6	<u>Detalle de la Armadura de Refuerzo</u>			
		Armadura longitudinal mínima de cadena y pilar debe ser 4 barras de $\phi 10$ [mm]	X	
		Diámetro mínimo de los estribos debe ser 6 [mm]	X	
		Diámetro mínimo de los estribos debe ser 4,2 [mm] (Para amadura electrosoldada)	-	
	Pilares	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]	X	
		Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*))		X
		Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X	
	Cadena	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]	X	
		Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*) o (**))	-	
		Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X	

(*) Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible

(**) Uso de losa maciza en el piso

Planos de Planta

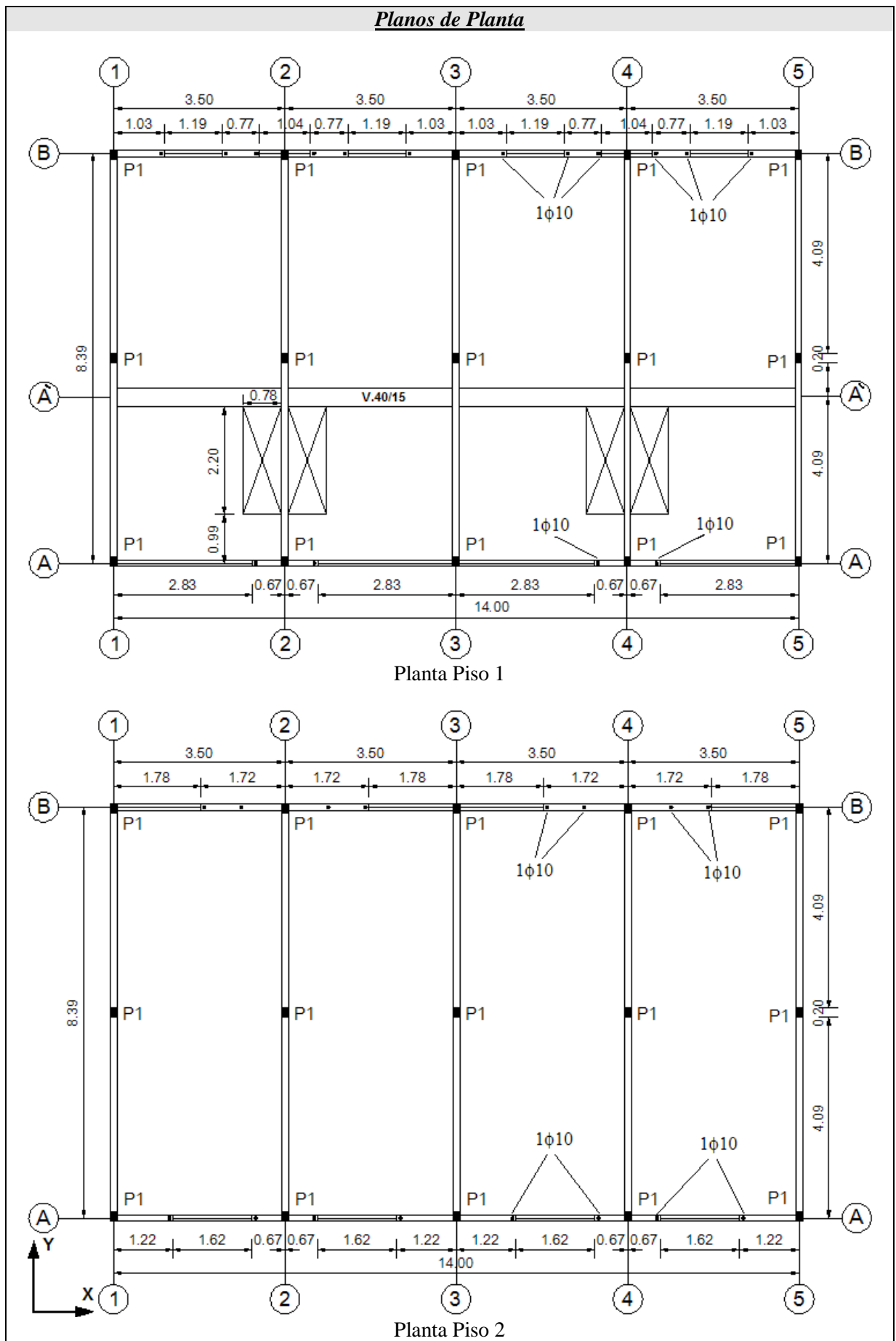


Figura 4. 58: Planos de planta Conjunto T.

Planos de Elevación

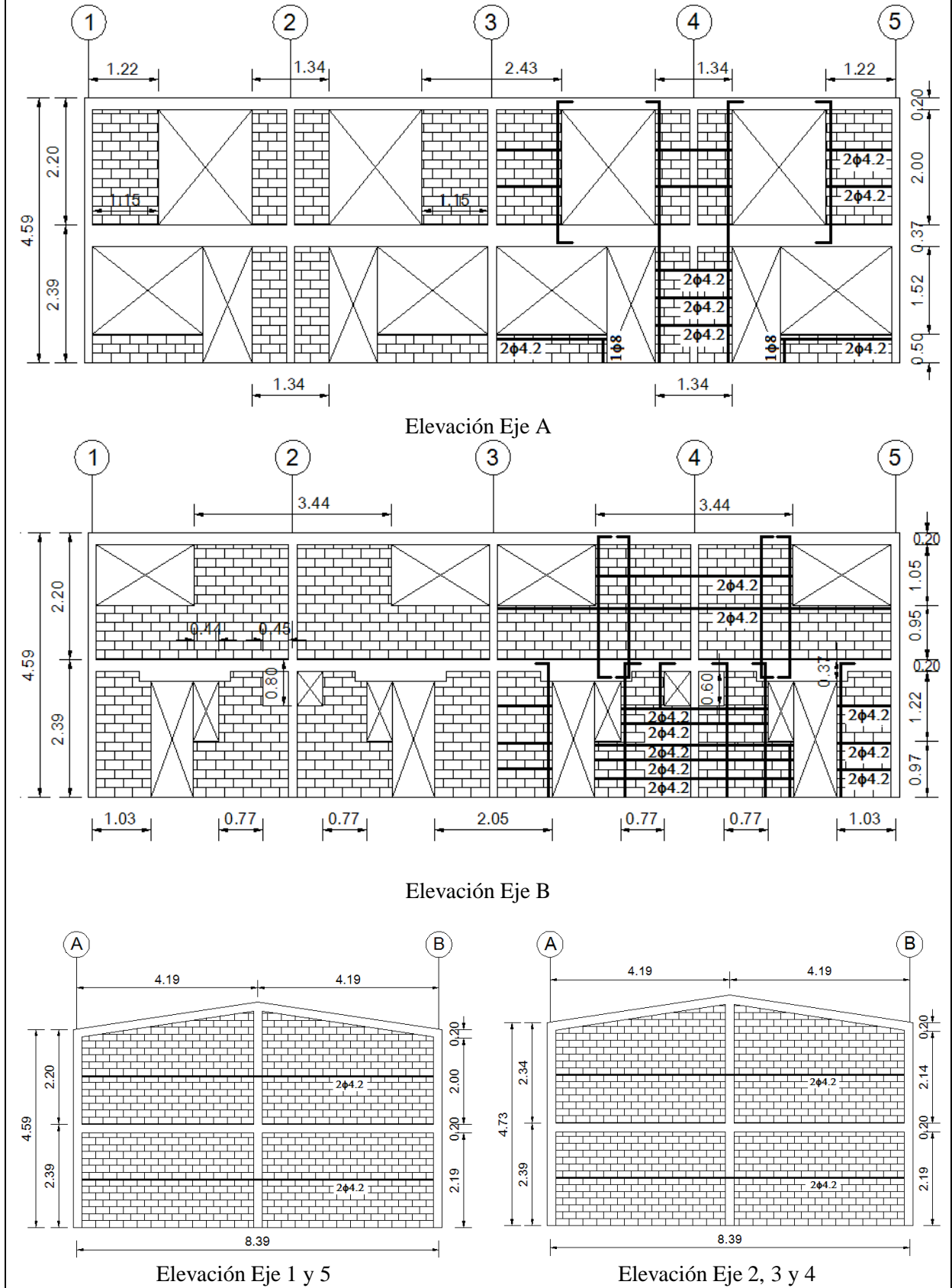


Figura 4. 59: Planos de elevación Conjunto T.

4.3.21 CONJUNTO U

Antecedentes Generales

Conjunto Habitacional	U
Ubicación	Av. Robinson Rojas, Av. Linderos, Juan de Dios Flores, Yerbass buenas, Raimundo Salinas y Fortunato Valencia.
Cantidad de Viviendas	399
Tipo	Trenes de 4 Viviendas
Número de Pisos	2
Año de Recepción	2000

Vista Frontal



Elevación Eje A



Elevación Eje A y 5

Plano Loteo



Características del suelo

Suelo: Escombros de falda cerro Chuño (VII)
 Nivel Freático (menor a 10 mts.) : NO
 Riesgo de deslizamiento : NO
 Riesgo de Tsunami : NO
 Riesgo de Licuefacción : NO
 Tipo de Suelo: III (NCh 433.Of 96)

<i>Antecedentes Técnicos</i>				
Altura Piso 1	[m]	2,40		
Altura Piso 2	[m]	2,22		
Altura Total	[m]	4,62		
Área Planta Tren de 4 Viv.	[m ²]	113,96		
Tipo de Albañilería		Enmarcada con Pilares y Cadenas de H.A.		
Espesor de Muro	[cm]	14		
Espesor Losa	[cm]	10		
Cadena Sobrecimiento	[cm]	14/20	4φ10	E φ6@20
Cadena Piso 1	[cm]	14/20	4φ10	E φ6@15
Cadena Piso 2	[cm]	14/20	4φ10	E φ6@15
Dimensión Pilar P1	[cm]	14x20	4φ10	E φ6@15

<i>Antecedentes de los Materiales</i>	
Hormigón	
Losa, Pilares, Vigas y Cadenas	H20, R28 > 200 [kg/cm ²]
Acero	A44-428H con resaltes, excepto acero electrosoldado
Tipo de Unidad	Bloque de Hormigón, e = 14[cm]. Tipo A
Mortero de Pega	Relación cemento/cal/arena (1:1/4:5) en volumen
Tipo de Relleno de Huecos	Relleno parcial de los huecos
Madera	Pino Insigne, humedad ≤ 18%
Plano N°	Lamina 2-C

<i>Bases de Cálculo</i>		
Suelo		
Presión Admisible Estática	[kg/cm ²]	1.5
Presión Admisible Sísmica	[kg/cm ²]	2.0

Figura 4. 60: Ficha de Conjunto U.

Tabla 4. 54: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto U.

<i>Conjunto U (Tren de 4 Viviendas)</i>					
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad	
Meli	1	d x1 = 0,82	d y1 = 5,00	[%]	
	2	d x2 = 1,37	d y2 = 5,00	[%]	
	1	d/n x1 = 0,41	d/n y1 = 2,50	[%]	
	2	d/n x2 = 1,37	d/n y2 = 5,00	[%]	
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 1,17	LR1 y1 = 5,00	[%]	
	2	LR1 x2 = 1,53	LR1 y2 = 5,00	[%]	
	1	LR2 x = 0,014	LR2 y = 0,060	[m2 / Ton]	
	1	LR3 x = 0,45	LR3 y = 1,94	[]	
Gallegos	1	IB x = 0,65	IB y = 1,00	[]	
	1	IG x = 0,55	IG y = 0,85	[]	

Tabla 4. 55: Limitaciones de Diseño Conjunto U (tren de 4 viviendas).

Limitaciones de Diseño (NCh2123 Of.03)				
Conjunto Habitacional : U				
			Cumple	No Cumple
1	<u>Espesor de Muros</u>			
		Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina	X	
2	<u>Dimensiones Máximas de los Paños de Albañilería</u>			
		Área máxima del paño en su plano $\leq 12,5$ [m ²]	X	
		Dimensión horizontal máxima del paño ≤ 6 [m]	X	
3	<u>Ubicación de los Pilares</u>			
		Todos los bordes libres		X
		Todas las interseccion de los muros	X	
4	<u>Ubicación de las Cadenas</u>			
		A nivel de la techumbre y de los piso	X	
5	<u>Refuerzos de Aberturas</u>			
		Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible		X
		Todos los bordes libres	X	
	Arm. Vertical	Área mínima de la armadura vertical en los bordes $\geq 0,8$ [cm ²]	X	
		Diámetro mínimo ≥ 8 mm	X	
	Arm. Horizontal	Área mínima de la armadura horizontal $\geq 0,5$ [cm ²]		X
		Colocada en la primera o en las 2 primeras juntas horizontales bajo la abertura	X	
		Armadura vertical y horizontal anclada en elementos de confinamiento	X	
6	<u>Detalle de la Armadura de Refuerzo</u>			
		Armadura longitudinal mínima de cadena y pilar debe ser 4 barras de $\phi 10$ [mm]	X	
		Diámetro mínimo de los estribos debe ser 6 [mm]	X	
		Diámetro mínimo de los estribos debe ser 4,2 [mm] (Para amadura electrosoldada)	-	
	Pilares	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]	X	
		Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*))		X
		Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X	
	Cadena	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]	X	
		Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*) o (**))	-	
		Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X	

(*) Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible

(**) Uso de losa maciza en el piso

Planos de Planta

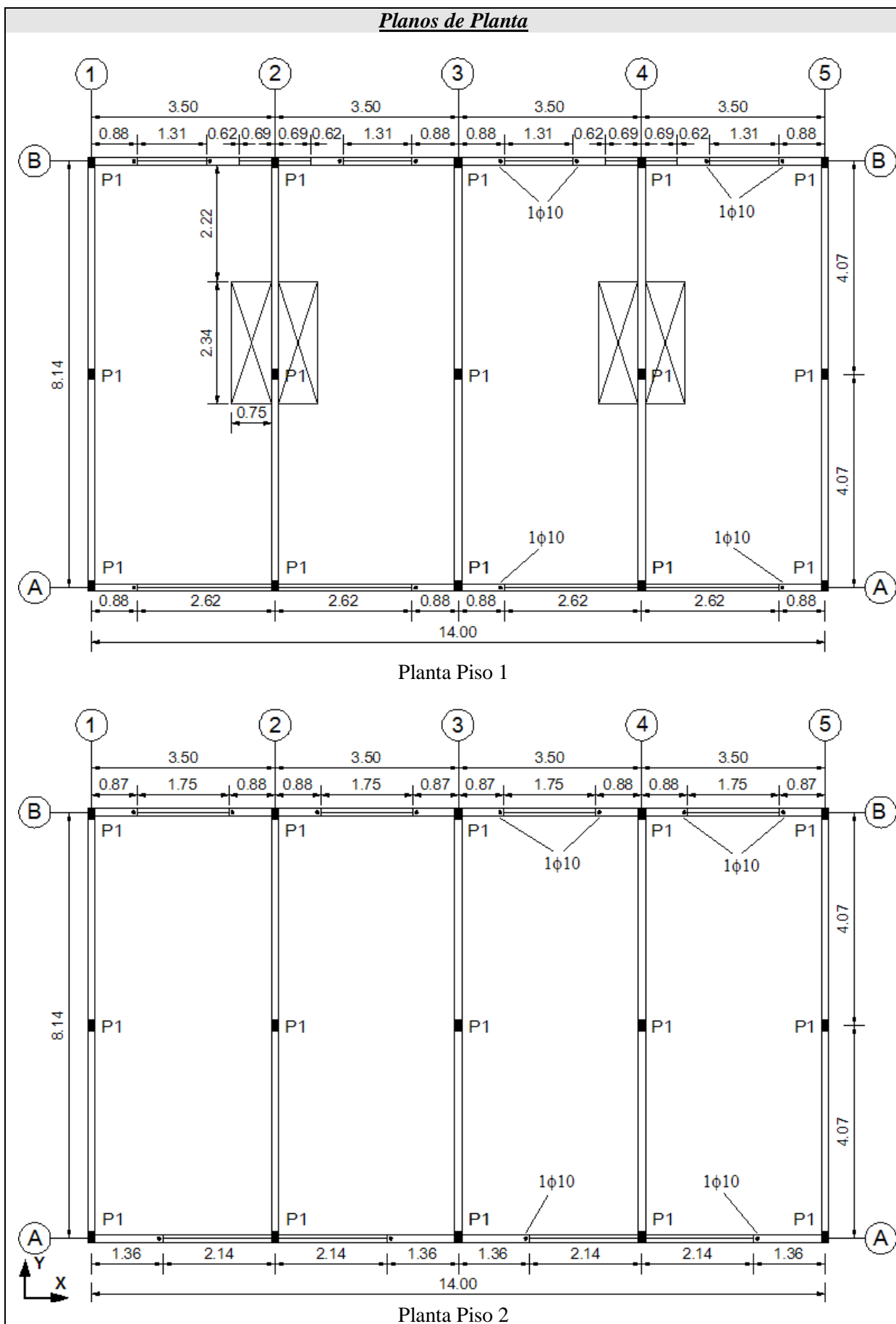


Figura 4. 61: Planos de planta Conjunto U.

Planos de Elevación

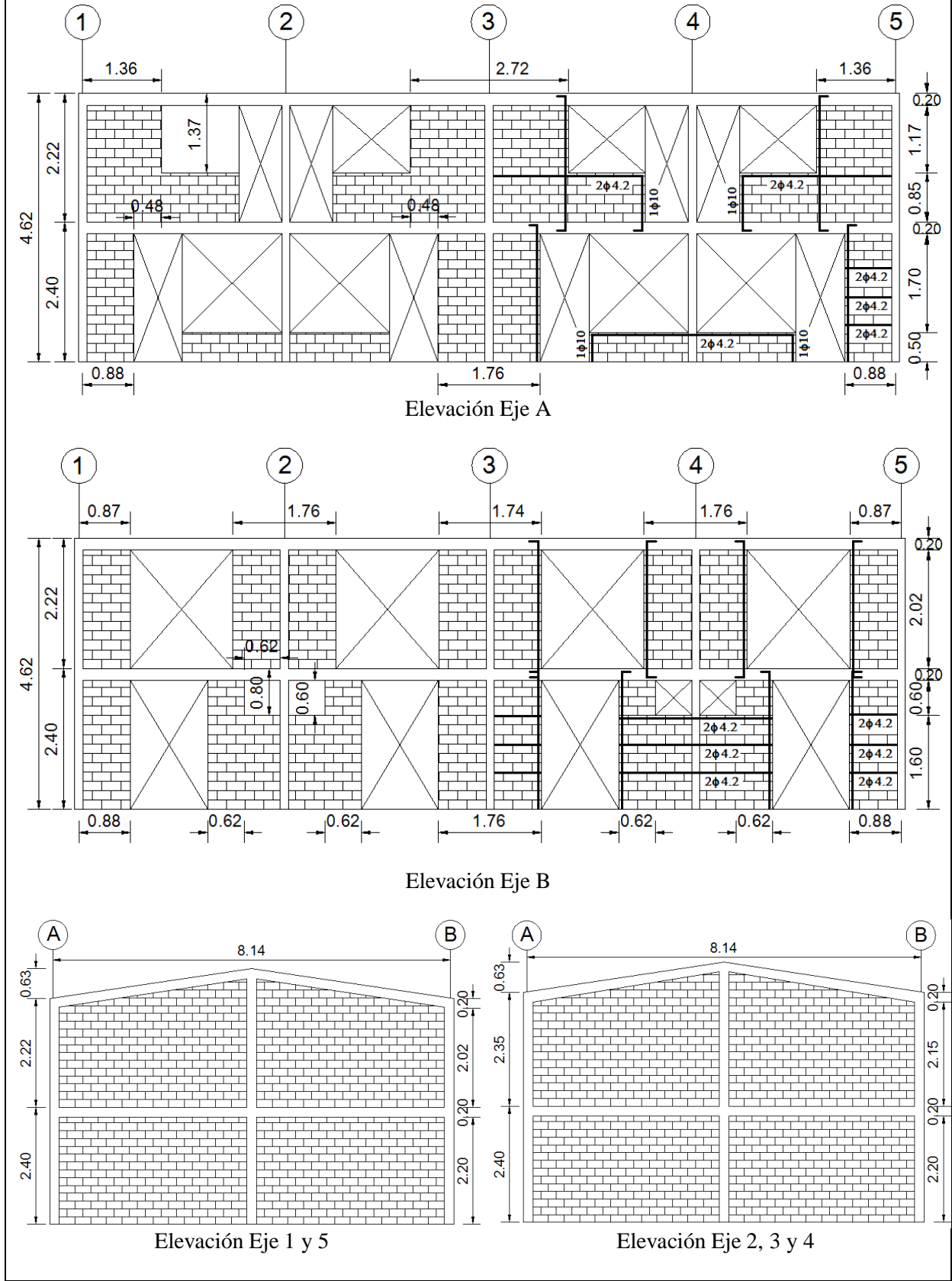


Figura 4. 62: Planos de elevación Conjunto U.

4.3.22 CONJUNTO V

Antecedentes Generales

Conjunto Habitacional	V
Ubicación	Nana Gutiérrez, Manuel J. Contreras, Ramón Ahumado y Miguel Squella.
Cantidad de Viviendas	221
Tipo	Trenes de Viviendas
Bloque 4 Viviendas	1
Bloque 5 Viviendas	5
Bloque 6 Viviendas	7
Bloque 7 Viviendas	2
Bloque 8 Viviendas	17
Número Total de Bloques	32
Viviendas Terminales	64
Viviendas Intermedias	157
Número de Pisos	2
Año de Recepción	2000

Vista Frontal



Elevación Eje A

Plano Loteo



Suelo: Escombros de falda Morro con costras de Sal (IV)

Nivel Freático (menor a 10 mts.) : NO

Riesgo de deslizamiento : NO

Riesgo de Tsunami : NO

Riesgo de Licuefacción : NO

Tipo de Suelo: III (NCh 433.Of 96)

Antecedentes de Materiales

Hormigón	
Fundaciones	170 kg cemento/m ³ + 20% bolón desplazador
Losas, Vigas, Pilares y Cadenas	R28 ≥ 200 [kg/cm ²]
Acero	A44-28H
Tipo de Unidad	Bloque de Hormigón, e = 14 [cm]
Tipo de Relleno de Huecos	Relleno parcial de los huecos
Plano N°	E-54-95-101 y E-54-95-103

Antecedentes Técnicos				
Altura Piso 1	[m]	2,35		
Altura Piso 2	[m]	2,34		
Altura Total	[m]	4,69		
Área Viv. Terminales	[m ²]	37,30		
Área Viv. Intermedias	[m ²]	36,54		
Tipo de Albañilería		Enmarcada con Pilares y Cadenas de H.A.		
Espesor de Muro	[cm]	14		
Espesor Losa Piso 1	[cm]	10		
Espesor Losa Piso 2	[cm]	9		
Cadena Sobrecimiento	[cm]	14/15		
Cadena Piso 1	[cm]	14/23	4φ10	E φ6@15
Cadena Piso 2	[cm]	14/23	4φ10	E φ6@15
Dimensión Pilar P1	[cm]	14x20	4φ10	E φ6@15
Dimensión Pilar P2	[cm]	14x20	4φ10	E φ6@15
Dimensión Pilar P3	[cm]	14x55	4φ10 y Lat 2φ8	E φ6@20
Dimensión Muro M1	[cm]	14x75	4φ10 y Lat 4φ8	E φ6@20

Figura 4. 63: Ficha de Conjunto V.

Tabla 4. 56: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto V (tren de 4 viviendas).

Conjunto V (Tren de 4 Viviendas)				
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad
Meli	1	d x1 = 2,33	d y1 = 4,80	[%]
	2	d x2 = 3,90	d y2 = 4,80	[%]
	1	d/n x1 = 1,17	d/n y1 = 2,40	[%]
	2	d/n x2 = 3,90	d/n y2 = 4,80	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 3,04	LR1 y1 = 4,80	[%]
	2	LR1 x2 = 4,68	LR1 y2 = 4,80	[%]
	1	LR2 x = 0,025	LR2 y = 0,039	[m2 / Ton]
	1	LR3 x = 0,82	LR3 y = 1,30	[]
Gallegos	1	IB x = 0,81	IB y = 1,00	[]
	1	IG x = 0,69	IG y = 0,85	[]

Tabla 4. 57: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto V (tren de 5 viviendas).

Conjunto V (Tren de 5 Viviendas)				
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad
Meli	1	d x1 = 2,33	d y1 = 4,61	[%]
	2	d x2 = 3,83	d y2 = 4,61	[%]
	1	d/n x1 = 1,17	d/n y1 = 2,31	[%]
	2	d/n x2 = 3,83	d/n y2 = 4,61	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 2,89	LR1 y1 = 4,61	[%]
	2	LR1 x2 = 4,45	LR1 y2 = 4,61	[%]
	1	LR2 x = 0,024	LR2 y = 0,038	[m2 / Ton]
	1	LR3 x = 0,80	LR3 y = 1,28	[]
Gallegos	1	IB x = 0,73	IB y = 0,90	[]
	1	IG x = 0,62	IG y = 0,77	[]

Tabla 4. 58: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto V (tren de 6 viviendas).

Conjunto V (Tren de 6 Viviendas)				
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad
Meli	1	d x1 = 2,32	d y1 = 4,48	[%]
	2	d x2 = 3,76	d y2 = 4,48	[%]
	1	d/n x1 = 1,16	d/n y1 = 2,24	[%]
	2	d/n x2 = 3,76	d/n y2 = 4,48	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 2,80	LR1 y1 = 4,48	[%]
	2	LR1 x2 = 4,28	LR1 y2 = 4,48	[%]
	1	LR2 x = 0,023	LR2 y = 0,038	[m2 / Ton]
	1	LR3 x = 0,79	LR3 y = 1,26	[]
Gallegos	1	IB x = 0,73	IB y = 0,90	[]
	1	IG x = 0,62	IG y = 0,77	[]

Tabla 4. 59: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto V (tren de 7 viviendas).

Conjunto V (Tren de 7 Viviendas)				
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad
Meli	1	d x1 = 2,32	d y1 = 4,39	[%]
	2	d x2 = 3,73	d y2 = 4,39	[%]
	1	d/n x1 = 1,16	d/n y1 = 2,20	[%]
	2	d/n x2 = 3,73	d/n y2 = 4,39	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 2,73	LR1 y1 = 4,39	[%]
	2	LR1 x2 = 4,17	LR1 y2 = 4,39	[%]
	1	LR2 x = 0,023	LR2 y = 0,037	[m2 / Ton]
	1	LR3 x = 0,78	LR3 y = 1,25	[]
Gallegos	1	IB x = 0,65	IB y = 0,80	[]
	1	IG x = 0,55	IG y = 0,68	[]

Tabla 4. 60: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto V (tren de 8 viviendas).

Conjunto V (Tren de 8 Viviendas)						
Índice	Piso	Eje X		Eje Y		Unidad
		Símbolo	Valor	Símbolo	Valor	
Meli	1	d x1	= 2,32	d y1	= 4,32	[%]
	2	d x2	= 3,69	d y2	= 4,32	[%]
	1	d/n x1	= 1,16	d/n y1	= 2,16	[%]
	2	d/n x2	= 3,69	d/n y2	= 4,32	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1	= 2,68	LR1 y1	= 4,32	[%]
	2	LR1 x2	= 4,08	LR1 y2	= 4,32	[%]
	1	LR2 x	= 0,023	LR2 y	= 0,037	[m2 / Ton]
	1	LR3 x	= 0,77	LR3 y	= 1,24	[]
Gallegos	1	IB x	= 0,65	IB y	= 0,80	[]
	1	IG x	= 0,55	IG y	= 0,68	[]

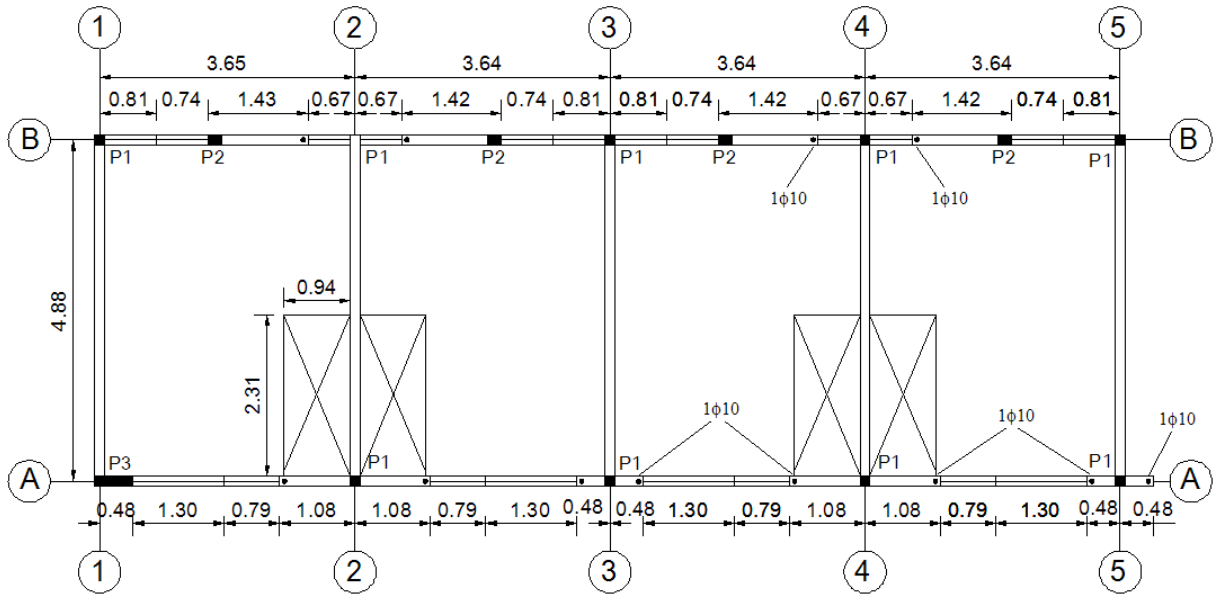
Tabla 4. 61: Limitaciones de Diseño Conjunto V.

Limitaciones de Diseño (NCh2123 Of.03)				
Conjunto Habitacional : V				
			Cumple	No Cumple
1	<u>Espesor de Muros</u>			
		Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina	X	
2	<u>Dimensiones Máximas de los Paños de Albañilería</u>			
		Área máxima del paño en su plano $\leq 12,5$ [m ²]	X	
		Dimensión horizontal máxima del paño ≤ 6 [m]	X	
3	<u>Ubicación de los Pilares</u>			
		Todos los bordes libres		X
		Todas las intersección de los muros	X	
4	<u>Ubicación de las Cadenas</u>			
		A nivel de la techumbre y de los piso	X	
5	<u>Refuerzos de Aberturas</u>			
		Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible		X
		Todos los bordes libres	X	
	Arm. Vertical	Área mínima de la armadura vertical en los bordes $\geq 0,8$ [cm ²]	X	
		Diámetro mínimo ≥ 8 mm	X	
	Arm. Horizontal	Área mínima de la armadura horizontal $\geq 0,5$ [cm ²]		X
		Colocada en la primera o en las 2 primeras juntas horizontales bajo la abertura	X	
		Armadura vertical y horizontal anclada en elementos de confinamiento	X	
7	<u>Detalle de la Armadura de Refuerzo</u>			
		Armadura longitudinal mínima de cadena y pilar debe ser 4 barras de $\phi 10$ [mm]	X	
		Diámetro mínimo de los estribos debe ser 6 [mm]	X	
		Diámetro mínimo de los estribos debe ser 4,2 [mm] (Para armadura electrosoldada)	-	
	Pilares	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]	X	
		Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*))		X
		Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X	
	Cadena	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]	X	
		Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*) o (**))	-	
		Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X	

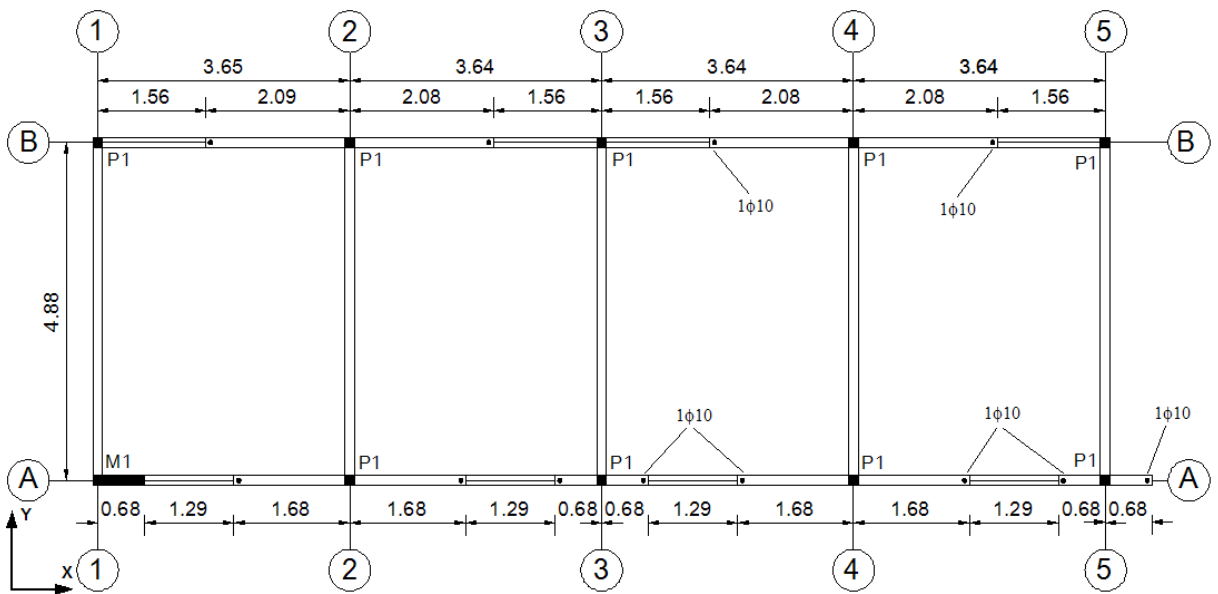
(*) Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible

(**) Uso de losa maciza en el piso

Planos de Planta



Planta Piso 1



Planta Piso 2

Figura 4. 64: Planos de planta Conjunto V.

Planos de Elevación

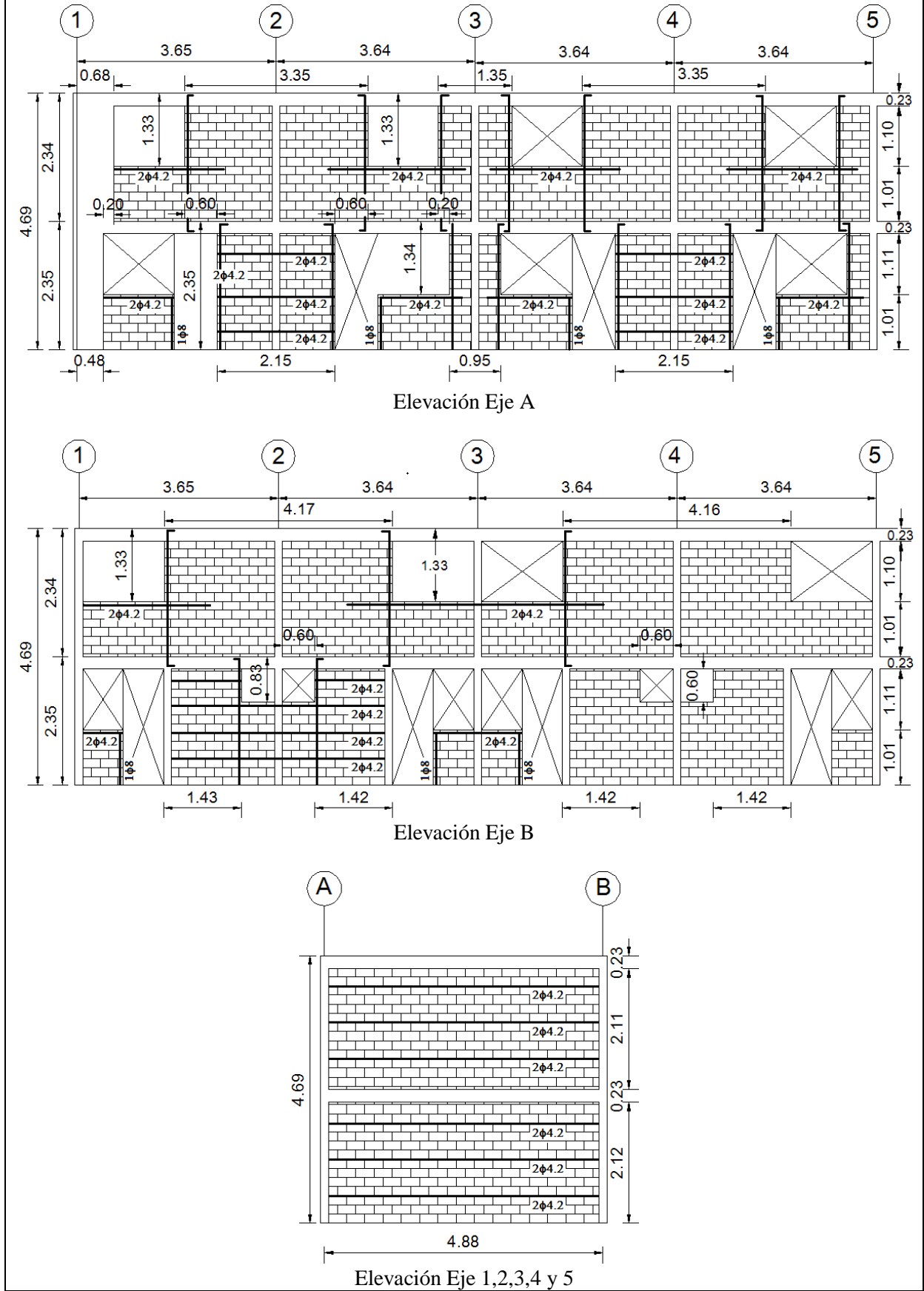


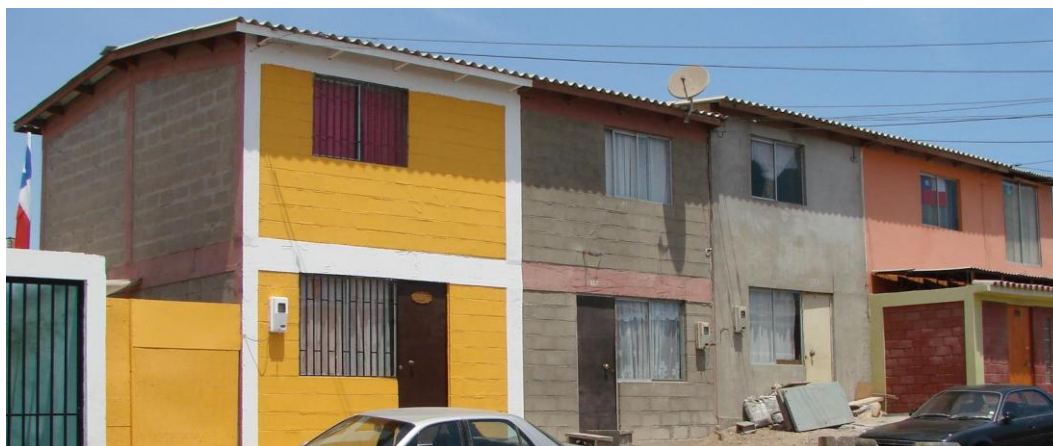
Figura 4. 65: Planos de elevación Conjunto V.

4.3.23 CONJUNTO W

Antecedentes Generales

Conjunto Habitacional	W
Ubicación	San Ignacio de Loyola, Calle 1, Miguel Squella, Antonio Meza y Manuel J. Contreras.
Cantidad de Viviendas	463
Tipo	Trenes de Viviendas
Bloque 2 Viviendas	5
Bloque 3 Viviendas	4
Bloque 4 Viviendas	7
Bloque 5 Viviendas	4
Bloque 6 Viviendas	62
Bloque 7 Viviendas	3
Número Total de Bloques	85
Viviendas Terminales	164
Viviendas Intermedias	299
Número de Pisos	2
Año de Recepción	Después de 2001

Vista Frontal



Elevación Eje A y 1

Plano Loteo



Suelo: Escombros de falda Morro con costras de Sal (IV)

Nivel Freático (menor a 10 mts.) : NO

Riesgo de deslizamiento : NO

Riesgo de Tsunami : NO

Riesgo de Licuefacción : NO

Tipo de Suelo: III (NCh 433.Of 96)

<u>Antecedentes Técnicos</u>				
Altura Piso 1	[m]	2,40		
Altura Piso 2	[m]	2,38		
Altura Total	[m]	4,78		
Área Viv. Terminales	[m ²]	24,45		
Área Viv. Intermedias	[m ²]	24,00		
Tipo de Albañilería		Enmarcada con Pilares y Cadenas de H.A.		
Espesor de Muro	[cm]	15		
Espesor Losa	[cm]	10		
Cadena Sobrecimiento	[cm]	20/30	4φ10 + 2φ12	E φ8@18
Cadena Piso 1	[cm]	15/30	4φ12 + 2φ10	E φ6@20
Cadena Piso 2	[cm]	15/28	4φ10	E φ6@20
Dimensión Pilar P1	[cm]	15x15	4φ10	E φ6@15
Dimensión Pilar P2	[cm]	15x20	4φ10	E φ6@15

<u>Antecedentes de Materiales</u>	
Hormigón	
Fundaciones	R28 ≥ 150 [kg/cm ²], Pilas de Fundación
Losas, Vigas, Pilares y Cadenas	R28 ≥ 200 [kg/cm ²], Dosificación máxima 6 sacos cemento/m ³
Acero	
Tipo de Unidad	Bloque de Hormigón, e = 15 [cm]
Mortero de Pega	Relación cemento/arena (1:3) en volumen
Tipo de Relleno de Huecos	Relleno parcial de los huecos
Madera	-
Plano N°	-

<u>Bases de Cálculo</u>	
Suelo	
Presión Admisible Estática [kg/cm ²]	1,3
Presión Admisible Sísmica [kg/cm ²]	2,6
Solicitaciones	
Peso Propio [kg/m ²]	-
Techumbre [kg/m ²]	-
Viento [kg/m ²]	Según NCh 432 of 71
Sismo [kg/m ²]	Según NCh 433 of 93
Coeficiente Sísmico	-

Figura 4. 66: Ficha de Conjunto W.

Tabla 4. 62: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto W (tren de 2 viviendas).

Conjunto W (Tren de 2 Viviendas)					
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad	
Meli	1	d x1 = 1,30	d y1 = 5,63	[%]	
	2	d x2 = 3,23	d y2 = 5,63	[%]	
	1	d/n x1 = 0,65	d/n y1 = 2,81	[%]	
	2	d/n x2 = 3,23	d/n y2 = 5,63	[%]	
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 2,14	LR1 y1 = 5,63	[%]	
	2	LR1 x2 = 3,33	LR1 y2 = 5,63	[%]	
	1	LR2 x = 0,021	LR2 y = 0,055	[m2 / Ton]	
	1	LR3 x = 0,67	LR3 y = 1,77	[]	
Gallegos	1	IB x = 0,72	IB y = 1,00	[]	
	1	IG x = 0,61	IG y = 0,85	[]	

Tabla 4. 63: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto W (tren de 3 viviendas).

Conjunto W (Tren de 3 Viviendas)				
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad
Meli	1	d x1 = 1,58	d y1 = 5,00	[%]
	2	d x2 = 3,26	d y2 = 5,00	[%]
	1	d/n x1 = 0,79	d/n y1 = 2,50	[%]
	2	d/n x2 = 3,26	d/n y2 = 5,00	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 2,14	LR1 y1 = 5,00	[%]
	2	LR1 x2 = 3,32	LR1 y2 = 5,00	[%]
	1	LR2 x = 0,022	LR2 y = 0,051	[m2 / Ton]
	1	LR3 x = 0,71	LR3 y = 1,66	[]
Gallegos	1	IB x = 0,72	IB y = 1,00	[]
	1	IG x = 0,61	IG y = 0,85	[]

Tabla 4. 64: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto W (tren de 4 viviendas).

Conjunto W (Tren de 4 Viviendas)				
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad
Meli	1	d x1 = 1,64	d y1 = 4,69	[%]
	2	d x2 = 3,28	d y2 = 4,69	[%]
	1	d/n x1 = 0,82	d/n y1 = 2,34	[%]
	2	d/n x2 = 3,28	d/n y2 = 4,69	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 2,14	LR1 y1 = 4,69	[%]
	2	LR1 x2 = 3,32	LR1 y2 = 4,69	[%]
	1	LR2 x = 0,022	LR2 y = 0,049	[m2 / Ton]
	1	LR3 x = 0,73	LR3 y = 1,59	[]
Gallegos	1	IB x = 0,81	IB y = 1,00	[]
	1	IG x = 0,69	IG y = 0,85	[]

Tabla 4. 65: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto W (tren de 5 viviendas).

Conjunto W (Tren de 5 Viviendas)				
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad
Meli	1	d x1 = 1,74	d y1 = 4,50	[%]
	2	d x2 = 3,29	d y2 = 4,50	[%]
	1	d/n x1 = 0,87	d/n y1 = 2,25	[%]
	2	d/n x2 = 3,29	d/n y2 = 4,50	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 2,14	LR1 y1 = 4,50	[%]
	2	LR1 x2 = 3,32	LR1 y2 = 4,50	[%]
	1	LR2 x = 0,023	LR2 y = 0,048	[m2 / Ton]
	1	LR3 x = 0,74	LR3 y = 1,56	[]
Gallegos	1	IB x = 0,73	IB y = 0,90	[]
	1	IG x = 0,62	IG y = 0,77	[]

Tabla 4. 66: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto W (tren de 6 viviendas).

Conjunto W (Tren de 6 Viviendas)				
Índice	Piso	Eje X	Eje Y	Unidad
Meli	1	d x1 = 1,75	d y1 = 4,38	[%]
	2	d x2 = 3,29	d y2 = 4,38	[%]
	1	d/n x1 = 0,88	d/n y1 = 2,19	[%]
	2	d/n x2 = 3,29	d/n y2 = 4,38	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 = 2,14	LR1 y1 = 4,38	[%]
	2	LR1 x2 = 3,32	LR1 y2 = 4,38	[%]
	1	LR2 x = 0,023	LR2 y = 0,047	[m2 / Ton]
	1	LR3 x = 0,75	LR3 y = 1,53	[]
Gallegos	1	IB x = 0,73	IB y = 0,90	[]
	1	IG x = 0,62	IG y = 0,77	[]

Tabla 4. 67: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto W (tren de 7 viviendas).

Conjunto W (Tren de 7 Viviendas)						
Índice	Piso	Eje X		Eje Y		Unidad
		Símbolo	Valor	Símbolo	Valor	
Meli	1	d x1	= 1,81	d y1	= 4,29	[%]
	2	d x2	= 3,30	d y2	= 4,29	[%]
	1	d/n x1	= 0,90	d/n y1	= 2,14	[%]
	2	d/n x2	= 3,30	d/n y2	= 4,29	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1	= 2,14	LR1 y1	= 4,29	[%]
	2	LR1 x2	= 3,32	LR1 y2	= 4,29	[%]
	1	LR2 x	= 0,023	LR2 y	= 0,046	[m2 / Ton]
	1	LR3 x	= 0,75	LR3 y	= 1,51	[]
Gallegos	1	IB x	= 0,73	IB y	= 0,90	[]
	1	IG x	= 0,62	IG y	= 0,77	[]

Tabla 4. 68: Limitaciones de Diseño Conjunto W.

Limitaciones de Diseño (NCh2123 Of.03)				
Conjunto Habitacional : W				
			Cumple	No Cumple
1	<u>Espesor de Muros</u>			
		Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina	X	
2	<u>Dimensiones Máximas de los Paños de Albañilería</u>			
		Área máxima del paño en su plano $\leq 12,5$ [m ²]	X	
		Dimensión horizontal máxima del paño ≤ 6 [m]	X	
3	<u>Ubicación de los Pilares</u>			
		Todos los bordes libres		X
		Todas las interseccion de los muros	X	
4	<u>Ubicación de las Cadenas</u>			
		A nivel de la techumbre y de los piso	X	
5	<u>Refuerzos de Aberturas</u>			
		Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible		X
		Todos los bordes libres	X	
	Arm. Vertical	Área mínima de la armadura vertical en los bordes $\geq 0,8$ [cm ²]	X	
		Diámetro mínimo ≥ 8 mm	X	
	Arm. Horizontal	Área mínima de la armadura horizontal $\geq 0,5$ [cm ²]		X
		Colocada en la primera o en las 2 primeras juntas horizontales bajo la abertura	X	
		Armadura vertical y horizontal anclada en elementos de confinamiento	X	
6	<u>Detalle de la Armadura de Refuerzo</u>			
		Armadura longitudinal mínima de cadena y pilar debe ser 4 barras de $\phi 10$ [mm]	X	
		Diámetro mínimo de los estribos debe ser 6 [mm]	X	
		Diámetro mínimo de los estribos debe ser 4,2 [mm] (Para amadura electrosoldada)	-	
	Pilares	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]		X
		Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*))		X
		Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X	
	Cadena	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm]	X	
		Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*) o (**))	-	
		Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X	

(*) Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible

(**) Uso de losa maciza en el piso

Planos de Planta

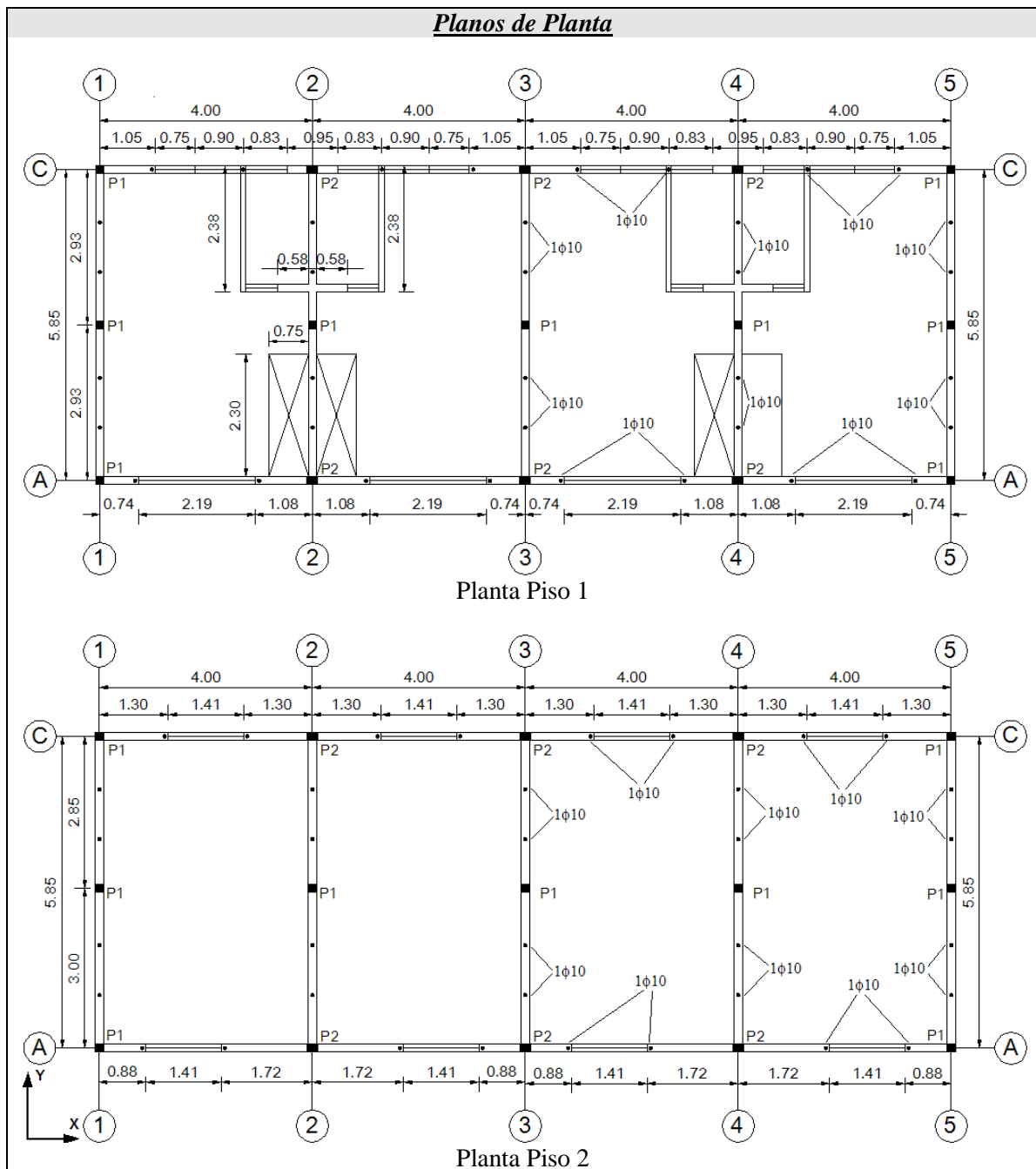


Figura 4. 67: Planos de planta Conjunto W.

Planos de Elevación

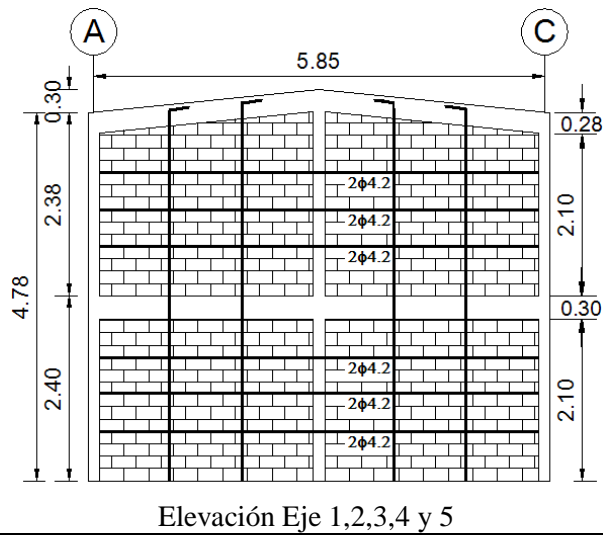
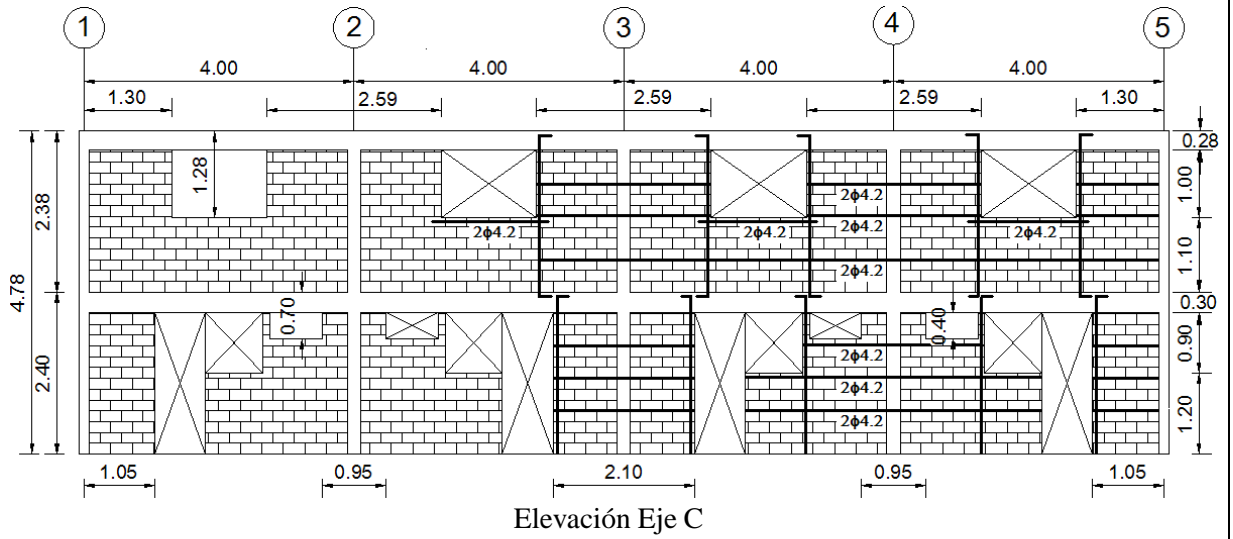
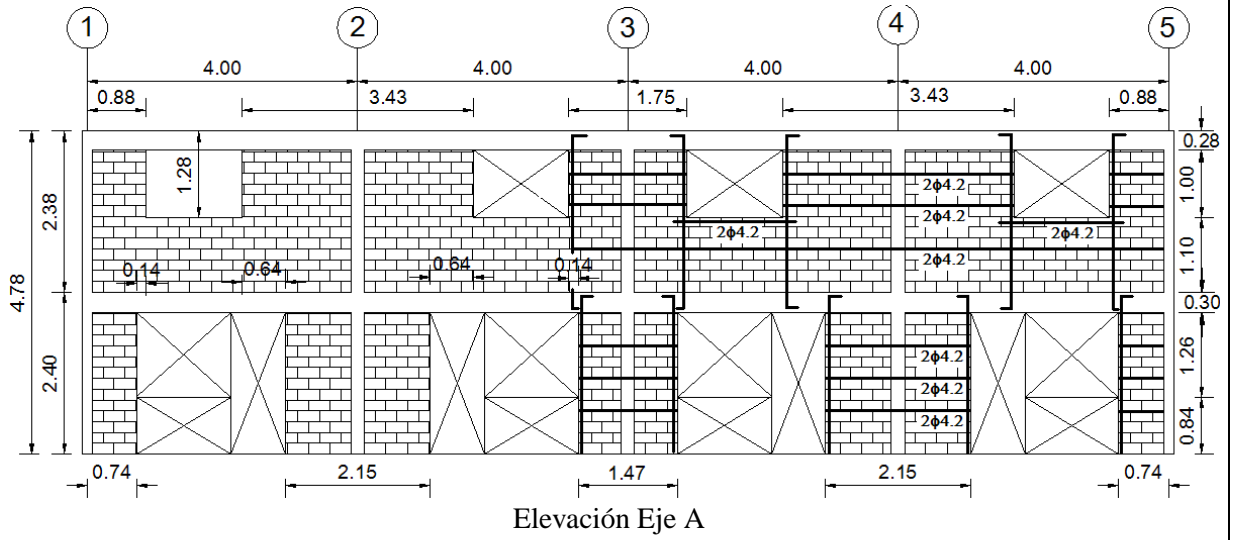


Figura 4. 68: Planos de elevación Conjunto W.

Observaciones

Los conjuntos G y W presentan gran daño estructural en algunas viviendas, provocado por el asentamiento diferencial del suelo, como se puede ver en las Figuras 4.69 y 4.70. Este asentamiento se debe a la disolución de sales tipo cloruro presentes en los estratos inferiores, producto del aumento de la humedad del suelo. Este fenómeno genera vacíos en el subsuelo que provocan bruscos cambios de nivel. Esta disolución también aumenta la porosidad y disminuye la capacidad de soporte.

En algunos casos se observan grietas que superan los 5 cm de espesor, dejando expuestas las armaduras longitudinales (Figura 4.70-f). En estas grietas se puede apreciar el relleno defectuoso de los huecos donde se ubican las armaduras longitudinales, lo que se traduce en una mala integración entre la armadura y la albañilería.

Además, existen defectos en la colocación del hormigón en algunos elementos de confinamiento, como se puede ver en la Figura 4.69-a, donde se observan nidos de piedra. Esto produce deterioro de la resistencia en las zonas críticas de los elementos de confinamiento.



Figura 4. 69: Daño Estructural en Conjunto G.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

Figura 4. 70: Daño Estructural en Conjunto W.

4.3.24 CONJUNTO X

Antecedentes Generales

Conjunto Habitacional	X
Ubicación	Av. Cerro Chuño, Av. Morrillo, Pje. Uno y Cuatro.
Cantidad de Viviendas	185
Tipo	Tren de Viviendas
Bloque 4 Viviendas	3
Bloque 5 Viviendas	1
Bloque 8 Viviendas	21
Número Total de Bloques	25
Número de Pisos	2
Año de Recepción	Después de 2001

Vista Frontal



Elevación Eje A

Plano Loteo



Suelo: Escombros de falda cerro Chuño (VII)
 Nivel Freático (menor a 10 mts.) : NO
 Riesgo de deslizamiento : NO
 Riesgo de Tsunami : NO
 Riesgo de Licuefacción : NO
 Tipo de Suelo: III (NCh 433.Of 96)

Antecedentes Técnicos

Altura Piso 1	[m]	2,35		
Altura Piso 2	[m]	2,27		
Altura Total	[m]	4,62		
Área Vivienda	[m ²]	34,65		
Tipo de Albañilería		Enmarcada con Pilares y Cadenas de H.A.		
Espesor de Muro	[cm]	15		
Espesor Losa	[cm]	-		
Cadena Sobrecimiento	[cm]	16/33	4φ8	E φ6@15
Cadena Piso 1	[cm]	15/33	4φ8	E φ6@15
Cadena Piso 2	[cm]	15/25	4φ8	E φ6@20
Dimensión Pilar P1	[cm]	15x20	4φ8	E φ6@20

Antecedentes de los Materiales	
Hormigón	
Sobrecimiento	R28 \geq 180 [kg/cm ²]
Losas, Pilares, Vigas y Cadenas	R28 \geq 180 [kg/cm ²]
Acero	A63-42H
	A44-28H (ϕ 6 liso)
	Malla Acma AT56-50H
Tipo de Unidad	Bloque de Hormigón, e = 15 [cm], 20x40x15 [cm] Hecho a Máquina, Bloque T."B"
Mortero de Pega	Relación cemento/cal/arena (1:1/4:4) en volumen
Tipo de Relleno de Huecos	-
Madera	Pino insigne
Plano N ^o	-

Bases de Cálculo	
Suelo	
Presión Admisible Estática [kg/cm ²]	2.0
Presión Admisible Sísmica [kg/cm ²]	2.4
Solicitaciones	
Losas [kg/m ²]	150
Techumbre [kg/m ²]	30

Figura 4. 71: Ficha de Conjunto X.

Tabla 4. 69: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto X (tren de 4 viviendas).

Conjunto X (Tren de 4 Viviendas)						
Índice	Piso	Eje X		Eje Y		Unidad
		Símbolo	Valor	Símbolo	Valor	
Meli	1	d x1 =	2,05	d y1 =	5,36	[%]
	2	d x2 =	4,16	d y2 =	5,36	[%]
	1	d/n x1 =	1,03	d/n y1 =	2,68	[%]
	2	d/n x2 =	4,16	d/n y2 =	5,36	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 =	2,71	LR1 y1 =	5,36	[%]
	2	LR1 x2 =	4,16	LR1 y2 =	5,36	[%]
	1	LR2 x =	0,026	LR2 y =	0,052	[m2 / Ton]
	1	LR3 x =	0,84	LR3 y =	1,65	[]
Gallegos	1	IB x =	0,64	IB y =	1,00	[]
	1	IG x =	0,54	IG y =	0,85	[]

Tabla 4. 70: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto X (tren de 5 viviendas).

Conjunto X (Tren de 5 Viviendas)						
Índice	Piso	Eje X		Eje Y		Unidad
		Símbolo	Valor	Símbolo	Valor	
Meli	1	d x1 =	2,13	d y1 =	5,14	[%]
	2	d x2 =	4,16	d y2 =	5,14	[%]
	1	d/n x1 =	1,07	d/n y1 =	2,57	[%]
	2	d/n x2 =	4,16	d/n y2 =	5,14	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 =	2,71	LR1 y1 =	5,14	[%]
	2	LR1 x2 =	4,16	LR1 y2 =	5,14	[%]
	1	LR2 x =	0,027	LR2 y =	0,050	[m2 / Ton]
	1	LR3 x =	0,85	LR3 y =	1,61	[]
Gallegos	1	IB x =	0,58	IB y =	0,90	[]
	1	IG x =	0,49	IG y =	0,77	[]

Tabla 4. 71: Valor de índices de Vulnerabilidad Conjunto X (tren de 8 viviendas).

Conjunto X (Tren de 8 Viviendas)						
Índice	Piso	Eje X		Eje Y		Unidad
		Símbolo	Valor	Símbolo	Valor	
Meli	1	d x1 =	2,17	d y1 =	4,82	[%]
	2	d x2 =	4,16	d y2 =	4,82	[%]
	1	d/n x1 =	1,08	d/n y1 =	2,41	[%]
	2	d/n x2 =	4,16	d/n y2 =	4,82	[%]
Lourenco y Roque	1	LR1 x1 =	2,71	LR1 y1 =	4,82	[%]
	2	LR1 x2 =	4,16	LR1 y2 =	4,82	[%]
	1	LR2 x =	0,027	LR2 y =	0,048	[m2 / Ton]
	1	LR3 x =	0,87	LR3 y =	1,55	[]
Gallegos	1	IB x =	0,51	IB y =	0,80	[]
	1	IG x =	0,44	IG y =	0,68	[]

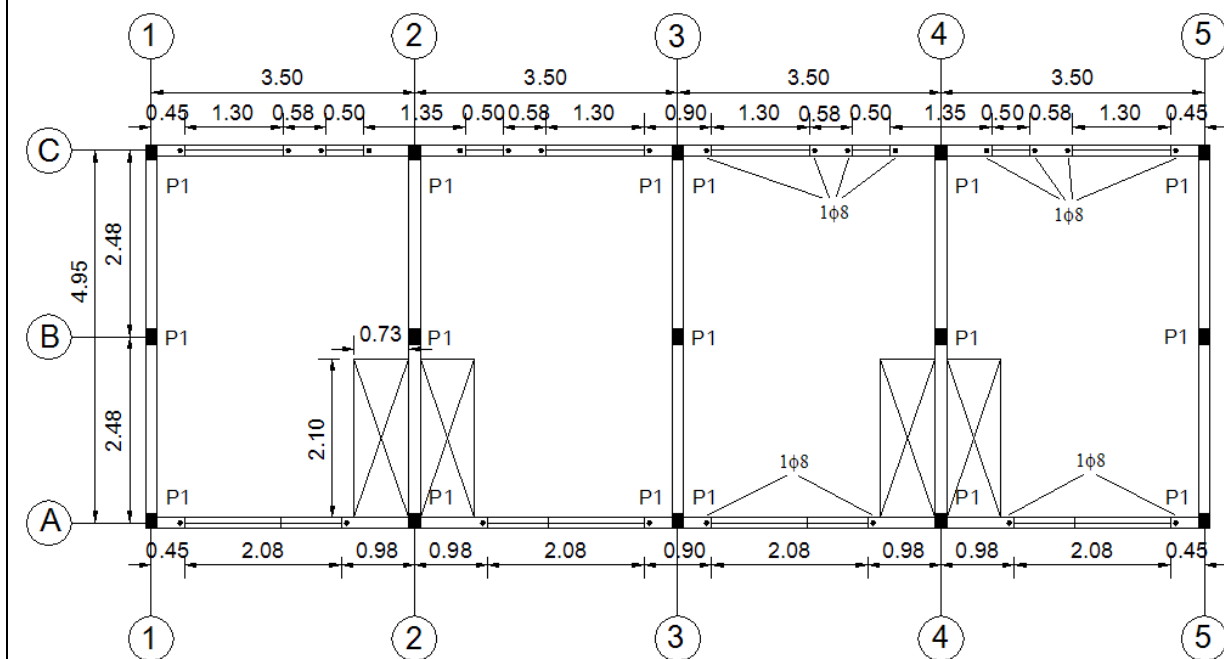
Tabla 4. 72: Limitaciones de Diseño Conjunto X.

Limitaciones de Diseño (NCh2123 Of.03)				
Conjunto Habitacional : X			Cumple	No Cumple
1	Espeor de Muros Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina		X	
2	Dimensiones Máximas de los Paños de Albañilería Área máxima del paño en su plano $\leq 12,5$ [m ²] Dimensión horizontal máxima del paño ≤ 6 [m]		X X	
3	Ubicación de los Pilares Todos los bordes libres Todas las interseccion de los muros		X	X
4	Ubicación de las Cadenas A nivel de la techumbre y de los piso		X	
5	Refuerzos de Aberturas Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible Todos los bordes libres		X	X
	Arm. Vertical	Área mínima de la armadura vertical en los bordes $\geq 0,8$ [cm ²] Diámetro mínimo ≥ 8 mm	X	X
	Arm. Horizontal	Área mínima de la armadura horizontal $\geq 0,5$ [cm ²] Colocada en la primera o en las 2 primeras juntas horizontales bajo la abertura	X	X
		Armadura vertical y horizontal anclada en elementos de confinamiento	X	
6	Detalle de la Armadura de Refuerzo Armadura longitudinal mínima de cadena y pilar debe ser 4 barras de $\phi 10$ [mm] Diámetro mínimo de los estribos debe ser 6 [mm] Diámetro mínimo de los estribos debe ser 4,2 [mm] (Para amadura electrosoldada)		X - -	X
	Pilares	Espeor \geq que el espeor del muro y un ancho \geq que 20 [cm] Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*)) Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X X X	X
	Cadena	Espeor \geq que el espeor del muro y un ancho \geq que 20 [cm] Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*) o (**)) Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	X - X	

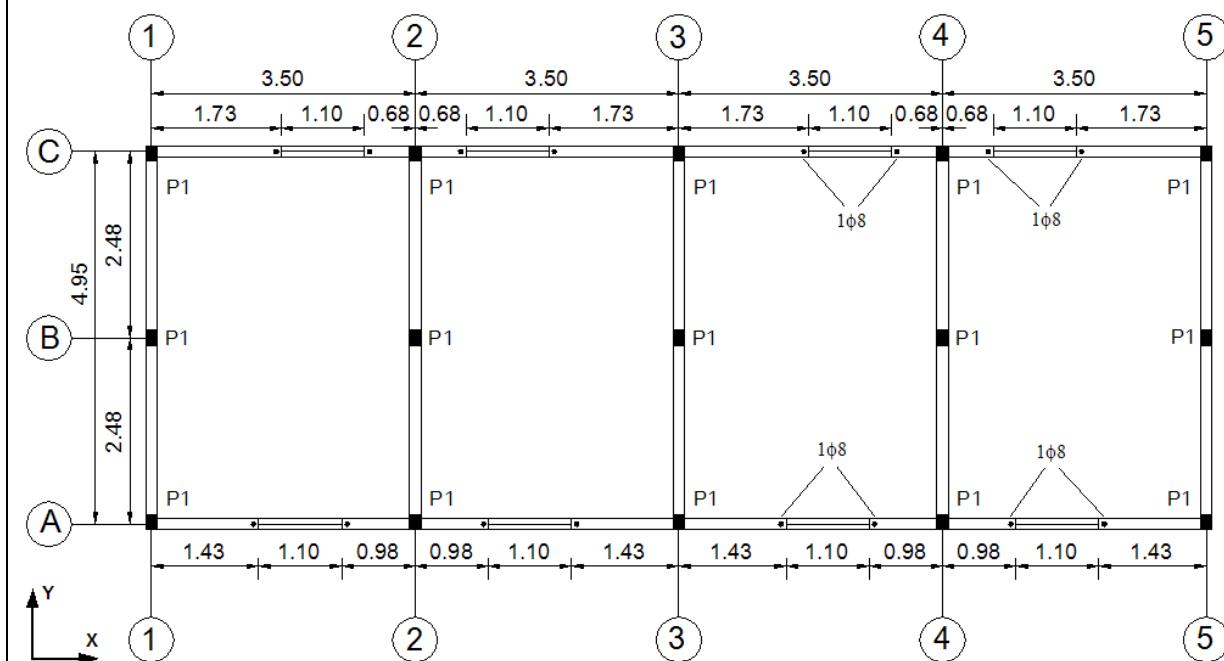
(*) Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible

(**) Uso de losa maciza en el piso

Planos de Planta



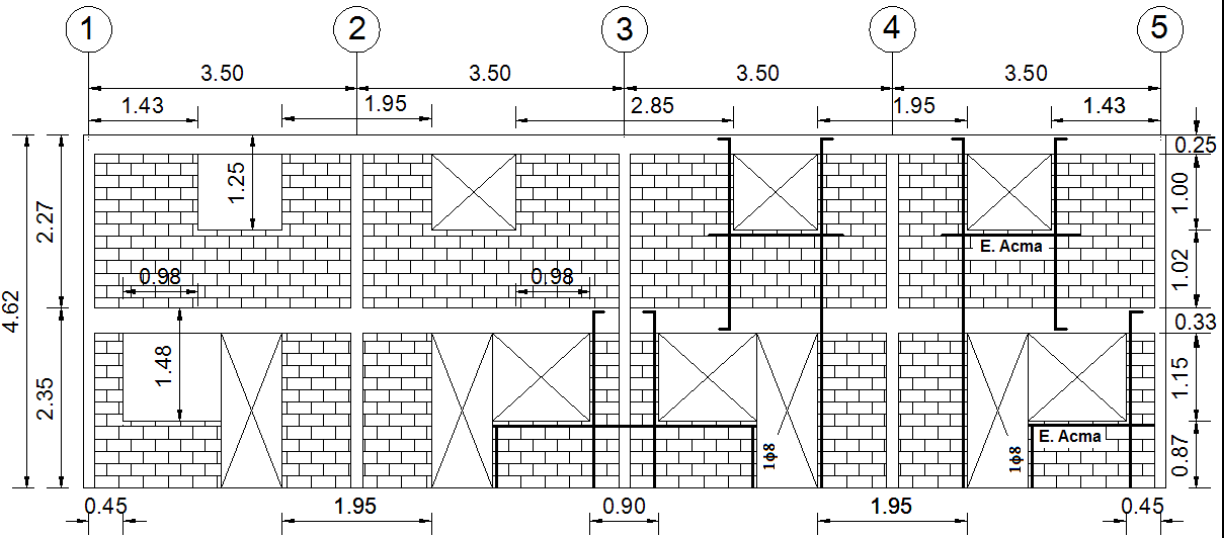
Planta Piso 1



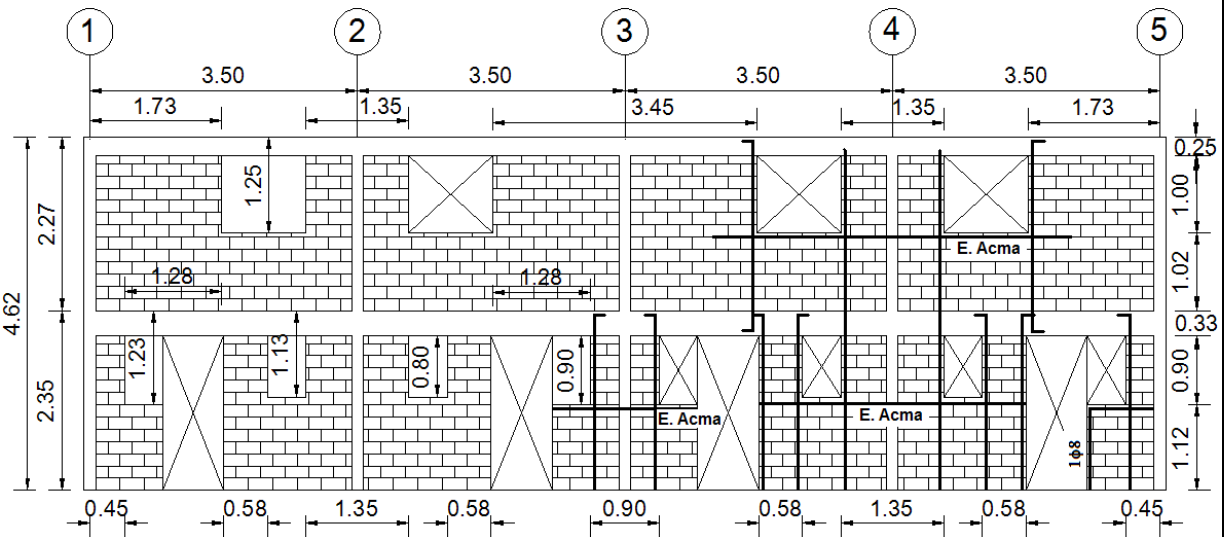
Planta Piso 2

Figura 4. 72: Planos de planta Conjunto X.

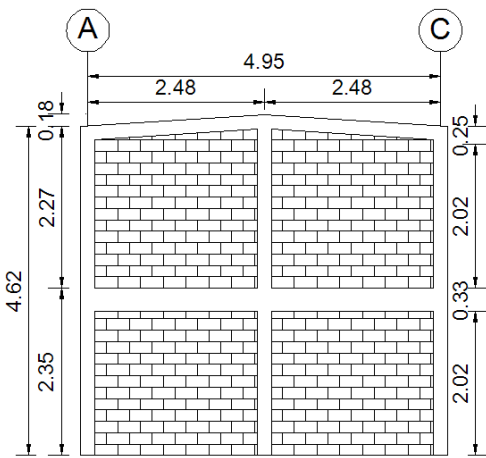
Planos de Elevación



Elevación Eje A



Elevación Eje C



Elevación Eje 1,2,3,4 y 5

Figura 4. 73: Planos de elevación Conjunto X.

4.4 COMENTARIOS

A continuación se resume la información de las fichas de cada conjunto.

4.4.1 BASES DE CÁLCULO

A pesar de las escasas bases de cálculo disponibles para los conjuntos de la muestra, se logró obtener información del coeficiente sísmico utilizado en 10 de los 27 conjuntos. En la Tabla 4.73 se muestra que el coeficiente sísmico utilizado antes del año 1993 fue 0.12 y los posteriores a 1996 fueron los establecidos según la NCh433.Of 96. Sin embargo, hay proyectos que se construyeron posteriormente a 1996 y que fueron elaborados antes de este año, utilizándose el coeficiente sísmico de la norma NCh433 del año 1993, como es el caso del conjunto W. Por lo tanto, no es posible asegurar que todos los conjuntos construidos posteriormente al año 1996 fueron diseñados con el coeficiente sísmico de la NCh433.Of 96.

Tabla 4. 73: Coeficiente Sísmico de los Conjuntos.

Conjunto	Coeficiente Sísmico	Año
B	0.12	1985
N	0.12	1991
O1	0.12	1992
O2	0.12	1992
E	0.10	1990
F	0.12	1993
I	0.18	1999
L	NCh433.Of96	2001
M	NCh433.Of96	2001
W	NCh433.Of93	Después de 2001

4.4.2 ANTECEDENTES DE LOS MATERIALES

Como se puede ver en la Tabla 4.74, los morteros más utilizados corresponden al Tipo (1:1/4:4), que son adecuados para la albañilería usada en los elementos resistentes de edificios de cuatro o tres niveles. Además, es recomendado cuando se utiliza acero de refuerzo estructural colocado en hiladas. Mientras que en menor medida es utilizado el mortero tipo (1:3), que es adecuado en construcciones en que se requiere alta resistencia, y el tipo (1:1:6), que no es adecuado para el uso en las albañilerías resistentes.

Por lo tanto, la dosificación dada para los conjuntos de la muestra se puede considerar que es apropiada para todas las viviendas de 2 pisos, exceptuando los conjuntos D y O. Sin embargo, como la dosificación, preparación y colocación del mortero depende del obrero, alcanzar una adecuada resistencia y adhesión, dependerá de la calificación del albañil. Como también, que el mezclado del

mortero sea realizado en mezcladoras del tipo trompo, para lograr homogeneidad y así, reducir la variabilidad de sus propiedades.

Tabla 4. 74: Mortero de Junta.

Conjuntos	Mortero	Conjuntos	Mortero
	(Cem./Cal/Arena)		(Cem./Cal/Arena)
A	1:3	N	1:1/4:4.25
B	1:4	O	1:1:6
C	1:1/4:4	P	1:1/4:4
D	1:1:6	Q	1:1/4:4
E	1:1/4:5	R	1:1/4:4
F	1:4	S	1:3
G	1:1/4:4	T	1:1/4:4
H	1:1/4:4	U	1:1/4:5
I	1:1/4:4	V	-
J	1:1/4:4	W	1:3
K	1:1/4:4	X	1:1/4:4
L	1:1/4:4		
M	1:1/4:4		

4.4.3 LIMITACIONES DE DISEÑO DE LOS CONJUNTOS DE ALBAÑILERÍA ARMADA

Como se puede comprobar en la Tabla 4.75, sólo el conjunto I cumple con las limitaciones de diseño establecidas en la norma de Albañilería Armada (NCh1928.Of 03), mientras que los otros 4 conjuntos califican como albañilería reforzada con armadura distribuida horizontal y verticalmente. Estos conjuntos no cumplen con: las cuantías mínimas de armadura vertical y horizontal, con el diámetro de armadura vertical mínima recomendada en los bordes libres y en los encuentros de muros y con las separaciones máximas de armadura vertical y horizontal, recomendados por la norma NCh1928. Teniendo en cuenta esta situación y con la experiencia reunida en los terremotos de Tarapacá del 2005, Tocopilla del 2007 y Maule del 2010, se puede destacar que la densidad de muros es fundamental para controlar el nivel de daño, debido a la reducida capacidad de deformación de los muros de albañilería producto de la baja cuantía de armaduras (menores que un 0.06%).

Tabla 4. 75: Limitaciones de Diseño de Conjuntos de albañilería reforzada con armadura distribuida.

<i>Limitaciones de Diseño (NCh1928 Of.03)</i>		Cumple	No Cumple
1	<u>Espesor de Muros</u> Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina	A,B,E,H,I	
2	<u>Detalle de la Armadura de Refuerzo de Muros</u> Diámetro mínimo de armadura vertical distribuida debe ser 8 [mm] Armadura vertical mínima en los bordes libres y en los encuentros de muros debe ser 1φ12 Separación máxima de armadura vertical u horizontal ≤ 6 veces espesor muro y < 120 [cm] Armadura vertical mínima alrededor de vanos debe ser de diámetro ≥ 10 [mm] Barras alrededor de vanos deben prolongarse 60 [cm] más allá de las esquinas del vano Cuantía en la dirección vertical ≥ 0,06 % Cuantía en la dirección horizontal ≥ 0,06 % Suma de cuatía vertical y horizontal ≥ 0,15%	A,B,E,H,I I I B,E,I A,B,E,H,I I I I	A,B,E,H A,B,E,H A,H A,B,E,H A,B,E,H A,B,E,H

4.4.4

LIMITACIONES DE DISEÑO DE LOS CONJUNTOS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

Tabla 4. 76: Limitaciones de Diseño de Conjuntos de albañilería enmarcada con pilares y cadenas de H.A.

	Limitaciones de Diseño (NCh2123 Of.03)	Conjuntos			
		Paredados	Trenes		Trenes
			Cumple	No Cumple	
1	Espesor de Muros Mayor o igual a 14 cm, cuando se utilicen unidades hechas a máquina	C-D-F-G-J-K-L-M	N-O-P-Q-R-S-T-U-V-W-X		
2	Dimensiones Máximas de los Paños de Albañilería Área máxima del paño en su plano $\leq 12,5$ [m ²] Dimensión horizontal máxima del paño ≤ 6 [m]	C-D-F-G-J-K-L-M C-D-F-G-J-K-L-M	N-O-P-Q-R-S-T-U-V-W-X N-O-P-Q-R-S-T-U-V-W-X		
3	Ubicación de los Pilares Todos los bordes libres Todas las intersecciones de los muros	C-D-F-G-J-K-L-M	N-O-P-Q-R-S-T-U-V-W-X	C-D-F-G-J-K-L G	N-O-P-Q-R-S-T-U-V-W-X
4	Ubicación de las Cadenas A nivel de la techumbre y de los piso	C-D-F-G-J-K-L-M	N-O-P-Q-R-S-T-U-V-W-X		
5	Refuerzos de Aberturas Esfuerzo de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible Todos los bordes libres	M C-F-J-K-L-M	P P-Q-R-S-T-U-V-W-X	C-D-F-G-J-K-L D-G	N-O-Q-R-S-T-U-V-W-X N-O
	Área mínima de la armadura vertical en los bordes $\geq 0,8$ [cm ²] Diámetro mínimo ≥ 8 mm	C-F-G-J-K-L-M C-F-G-J-K-L-M	Q-S-T-U-V-W N-O-P-Q-R-S-T-U-V-W-X		N-O-P-R-X
	Área mínima de la armadura horizontal $\geq 0,5$ [cm ²] Colocada en la primera o en las 2 primeras juntas horizontales bajo la abertura	J-L-M C-F-G-J-K-L-M	N-S N-O-P-Q-R-S-T-U-V-W-X	C-D-F-G-K D	O-P-Q-R-T-U-V-W-X
6	Detalle de la Armadura de Refuerzo Armadura longitudinal mínima de cadena y pilar debe ser 4 barras de $\phi 10$ [mm] Diámetro mínimo de los estribos debe ser 6 [mm] Diámetro mínimo de los estribos debe ser 4,2 [mm] (Para armadura electrosoldada)	C-F-G-J-K-L-M C-F-G-J-K-L-M	N-O-P-Q-R-S-T-U-V-W-X N-O-P-Q-R-S-T-U-V-W-X		
	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm] Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*)) Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	C-J-K-L-M	Q-S-T-U-V-X	D-F-G C-D-F-G-J-K-L	N-O-W N-O-Q-R-S-T-U-V-W-X
	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm] Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*)) Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	C-D-F-G-J-K-L-M C-D-F-G-J-K-L-M	O-Q-S-T-U-V-W N-O-Q-S-T-U-V-W-X		
	Espesor \geq que el espesor del muro y un ancho \geq que 20 [cm] Separación máxima entre estribos ≤ 10 [cm] en zona crítica (No aplica si se cumple (*)) Separación máxima entre estribos ≤ 20 [cm] en zona intermedia	- -	P-R -	F	
	Espesor de corte solicitante del muro \leq que el 50% del esfuerzo de corte admisible (**) Uso de los maciza en el piso	C-D-F-G-J-K-L-M	N-O-P-Q-R-S-T-U-V-W-X		

De la Tabla 4.76 se puede comprobar que el conjunto M, es el único que cumplen con las limitaciones de diseño establecidas por la norma de albañilería NCh2123.Of 03. Además se puede destacar:

- En todos los conjuntos el espesor de los muros es 14 y 15 cm, el área máxima de los paños en su plano no excede los 12,5 m² y la dimensión horizontal de los paños no sobrepasa los 6 m.
- Todos los conjuntos tienen pilares de hormigón armado en la intersección de los muros, con la excepción del conjunto G (Eje C-Piso2).
- Ningún conjunto tiene pilares en los bordes libres, que se producen por la presencia de las aberturas de puertas.
- Las aberturas de ventanas están reforzadas con armaduras verticales de borde ubicadas en el interior de los huecos de las unidades. Este mismo tipo de refuerzo también se usa en los bordes libres vecinos a las aberturas de puertas, con excepción del conjunto D, el cual tiene una escasa armadura de refuerzo. Los conjuntos G, N y O tienen armaduras verticales como refuerzo de aberturas en la mayoría de sus bordes libres, sin embargo, hay lugares en los que se omitió su colocación.

Es conveniente destacar que la norma NCh2123 sólo permite el uso de este tipo de refuerzo cuando el esfuerzo de corte solicitante en los paños de albañilería, ubicados a uno u otro lado de una abertura, es menor que el 50% de su capacidad de corte admisible, condición que no cumplen los muros de las fachadas cuando la densidad de muros es reducida, como ocurre en la mayoría de los conjuntos de la muestra.

- Las cadenas de hormigón armado están colocadas a nivel de la techumbre y de los pisos en todos los conjuntos.
- El área mínima de la armadura de refuerzo vertical de abertura se cumple para todos los conjuntos pareados, excepto para los trenes de viviendas N, O, P, R y X. No obstante, se respeta el uso de un diámetro mínimo de 8 mm en todos ellos.
- El área mínima de armadura de refuerzo horizontal en las aberturas de ventanas, en la mayoría de los conjuntos no cumple con la cuantía mínima requerida por la norma NCh2123, con la excepción de los conjuntos J, L, M, N y S.
- Todos los conjuntos pareados presentan la armadura mínima recomendada por la norma para las cadenas y pilares (4 barras de 10 mm de diámetro). Mientras que los trenes de viviendas N, P, R y X no cumplen con esta limitación.

- Los pilares y cadenas de hormigón armado tienen un espesor igual a 14 o 15 cm y un ancho igual o mayor a 20 cm para la mayoría de los conjuntos, con la excepción de los conjuntos D, F, G, N, O y W. Esta situación es crítica cuando la densidad de muros es baja. Para los conjuntos P y R no se encontró información de las dimensiones de los pilares.
- No se cumple la separación máxima permitida entre los estribos ubicados en las zonas críticas de los pilares.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, para los efectos del diagnóstico de la vulnerabilidad sísmica de la estructura de los conjuntos estudiados, se considerará que ésta queda definida por la *densidad de muros* considerando principalmente tres condiciones:

- a. La regularidad en planta y elevación del sistema estructural.
- b. Los refuerzos no satisfacen las limitaciones indicadas en la norma NCh2123; especialmente las relacionadas con la presencia de pilares de refuerzo en los bordes libres, la separación de los estribos de refuerzo en las zonas críticas de los pilares y el ancho mínimo del pilar de refuerzo.
- c. El 95 % de las viviendas de albañilería enmarcada con pilares y cadenas de hormigón armado está construido con bloques de hormigón sin relleno total de sus huecos.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se desarrolla el análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas sociales de albañilería enmarcada con pilares y cadenas de hormigón armado y reforzada con armadura distribuida horizontal y verticalmente. Para ello se utilizan los índices de vulnerabilidad propuestos en el capítulo 3 y las características de cada conjunto destacadas en el capítulo 4.

El objetivo de este análisis es establecer un diagnóstico sísmico preliminar de cada conjunto, a partir de la vulnerabilidad sísmica que presenta la estructura de las viviendas y las amenazas producto del elevado potencial sísmico de la zona donde se ubica la ciudad de Arica.

5.1 ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

5.1.1 ÍNDICE DE MELI

Los valores de la densidad de muros por unidad de piso se han podido relacionar con el nivel de daño que han experimentando las estructuras de albañilería durante eventos sísmicos de gran magnitud, como fueron los terremotos chilenos del 3 de Marzo de 1985 (Zona Central de Chile) y del 14 de Noviembre de 2007 (Tocopilla).

En la Tabla 5.1 se entregan los valores de los índices de densidad de muros por unidad de piso, para cada piso y dirección de la planta, de cada uno de los conjuntos habitacionales seleccionados. Para analizar esta información, los conjuntos fueron separados de acuerdo con el material con el cual están construidos los muros de albañilería. En las Figuras 5.1 y 5.2 se muestran los valores del índice para las viviendas construidas con ladrillo cerámico. En las Figuras 5.3 y 5.4 se muestran los valores del índice para las viviendas construidas con bloques huecos de hormigón.

Según Astroza et al.(1993), para construcciones de albañilería confinada de ladrillo cerámico de 3 y 4 pisos, se requiere un índice de Meli mayor que un 0.5% para evitar que se produzca un daño grave, mayor que un 0.85% para evitar un daño severo y mayor que un 1.15% para tener un daño leve. Mientras que las viviendas de albañilería de 1 y 2 pisos construidas con bloques huecos de hormigón, requieren valores del índice de Meli mayores que un 1.0% para evitar un daño grave, mayores que un 2.0% para evitar un daño severo y mayores que un 2.5% para tener un daño leve (Román, 2009).

Tabla 5. 1: Índice de densidad de muros por unidad de piso.

Conjunto	Modalidad de Refuerzo	Densidad de Muros				
		Piso 1		Piso 2		
		d/n _{x1}	d/n _{y1}	d/n _{x2}	d/n _{y2}	
Viviendas Pareadas	A *	AADHV	1.09	1.95	1.43	2.82
	B *	AADHV	0.55	3.54	3.75	5.86
	C	AEPC	1.71	3.07	2.98	6.90
	D	AEPC	1.55	1.83	3.61	4.83
	E *	AADHV	0.70	2.38	2.53	5.33
	F *	AEPC	0.87	2.18	2.70	4.82
	G	AEPC	1.05	2.69	2.64	6.17
	H	AADHV	0.12	2.44	2.64	5.60
	I *	AA	0.33	2.35	2.09	5.56
	J	AEPC	0.17	3.00	1.06	5.55
	K	AEPC	0.22	3.00	1.37	6.00
	L *	AEPC	0.59	2.42	2.07	5.80
	M *	AC	1.55	1.45	2.69	3.13
Tren de Viviendas	N(6)	AEPC	1.04	2.60	3.63	5.19
	N(8)		1.05	2.50	3.66	5.01
	O(3)	AEPC	1.16	2.67	3.91	5.35
	O(5)		1.22	2.41	4.04	4.81
	O(8)		1.25	2.26	4.11	4.51
	P(5)*	AEPC	1.76	1.96	5.07	3.93
	P(6)*		1.76	1.91	5.07	3.82
	P(8)*		1.77	1.84	5.07	3.68
	Q(4)	AEPC	1.14	2.58	3.59	5.15
	Q(5)		1.16	2.47	3.62	4.94
	Q(7)		1.17	2.35	3.65	4.71
	Q(8)		1.17	2.32	3.66	4.64
	R(6)	AEPC	1.07	2.40	4.21	4.81
	R(8)		1.09	2.32	4.21	4.64
	S(4)	AEPC	0.68	2.50	2.47	5.00
	T(4)	AEPC	0.43	2.50	1.48	5.00
	U(4)	AEPC	0.41	2.50	1.37	5.00
	V(4)	AEPC	1.17	2.40	3.90	4.80
	V(5)		1.17	2.31	3.83	4.61
	V(6)		1.16	2.24	3.76	4.48
	V(7)		1.16	2.20	3.73	4.39
	V(8)		1.16	2.16	3.69	4.32
	W(2)	AEPC	0.65	2.81	3.23	5.63
	W(3)		0.79	2.50	3.26	5.00
	W(4)		0.82	2.34	3.28	4.69
	W(5)		0.87	2.25	3.29	4.50
	W(6)		0.88	2.19	3.29	4.38
	W(7)		0.90	2.14	3.30	4.29
X(4)	AEPC	1.03	2.68	4.16	5.36	
X(5)		1.07	2.57	4.16	5.14	
X(8)		1.08	2.41	4.16	4.82	

Nota: Se ha marcado con un (*) los conjuntos de albañilería construidos con ladrillo cerámico para diferenciarlos de los conjuntos construidos con bloques de hormigón. El valor entre paréntesis indica el número de viviendas de cada tren. La dirección longitudinal corresponde al eje paralelo a las fachadas (Eje X) y la dirección transversal corresponde al eje perpendicular a las fachadas (Eje Y).

5.1.1.1 Conjuntos de Albañilería construidos con ladrillo cerámico

Las viviendas pareadas construidas con ladrillos cerámicos presentan valores bajos del índice de densidad de muros en la dirección longitudinal del primer piso (d/n_{x1} - dirección de la fachada). De la Figura 5.1 se puede ver que 3 conjuntos (722 viviendas) tienen valores menores que un 0.85%, valor que representa el límite a partir del cual se puede presentar un daño severo, en la medida que la intensidad sísmica sea mayor o igual a 7.5° en la escala MSK-64 (Astroza et al., 1993). El caso más grave es el conjunto I (480 viviendas) con un valor del índice inferior a un 0.50%. El resto de los conjuntos podría experimentar daños moderados en atención a que el valor del índice es mayor que un 0.85%.

El índice en la dirección longitudinal del primer piso fue descartado para el conjunto E, por presentar porcentajes de muros de hormigón mayores al 40%, propiedad que distorsiona los valores del índice, debido a que éste ha sido calibrado para viviendas de albañilería.

El índice de densidad de muros de las viviendas, tanto en la dirección transversal del primer piso (d/n_{y1} - dirección perpendicular a la fachada), como para ambas direcciones del segundo piso, tienen valores superiores a un 1.15% en todos los casos (Figura 5.2). Sin embargo, esto no significa que el nivel de los daños pueda ser leve, ya que si en la otra dirección la densidad de muros es baja, la situación queda controlada por esa condición.

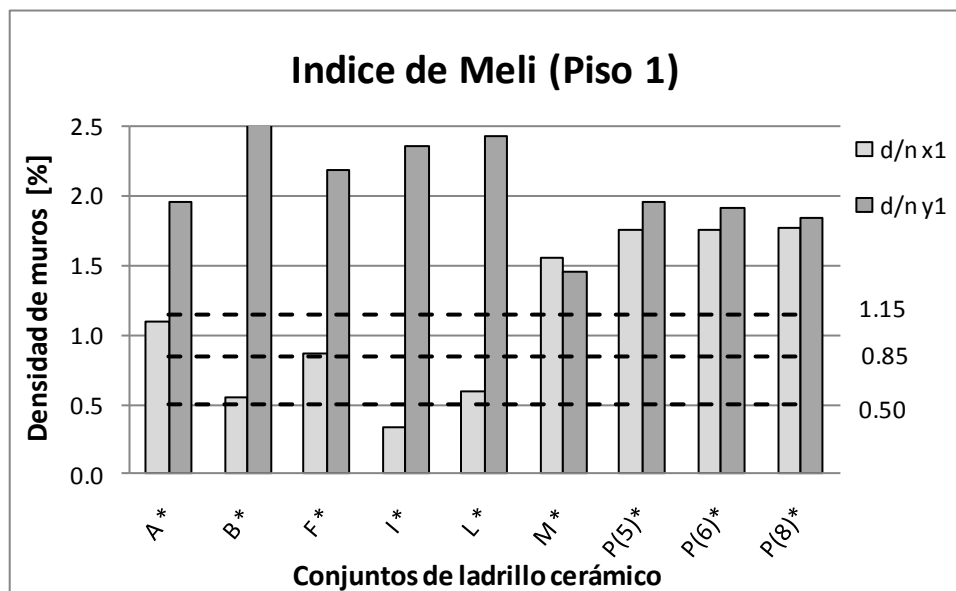


Figura 5. 1: Densidad de muros en piso 1 (Viviendas construidas con ladrillo cerámico).

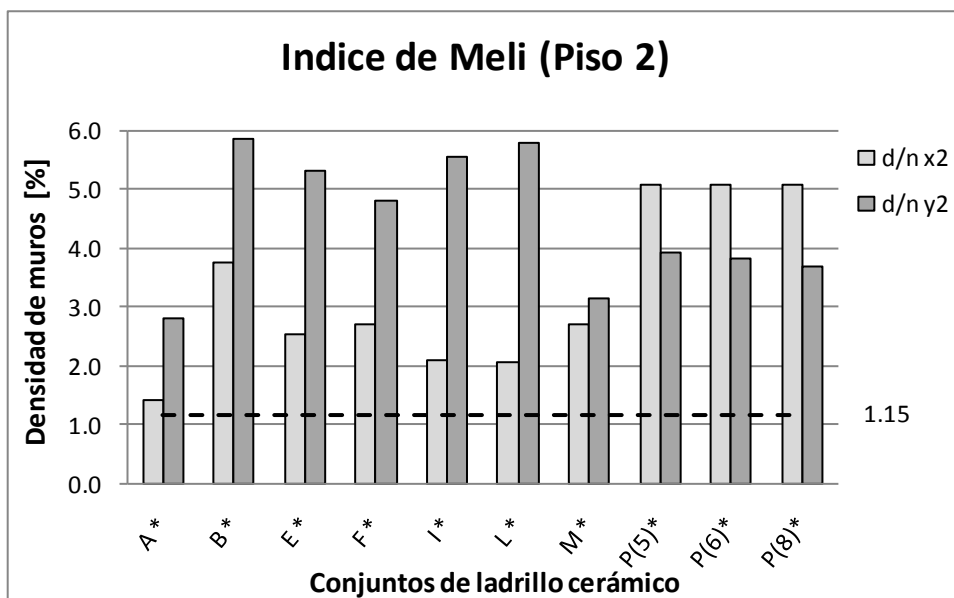


Figura 5. 2: Densidad de muros en piso 2 (Viviendas construidas con ladrillo cerámico).

5.1.1.2 Conjuntos de Albañilería construidos con Bloques Huecos de Hormigón.

Las viviendas construidas con bloques huecos de hormigón tienen valores bajos del índice de densidad de muros en la dirección longitudinal del primer piso (d/n_{x1} - dirección de la fachada). De la Figura 5.3 se puede ver que todas las viviendas presentan valores del índice (d/n_{x1}) inferiores a un 2.0%, lo que indica que podrían experimentar daños severos en sus muros en la dirección de las fachadas frente a un sismo de gran magnitud. En los conjuntos H, S, T, U y W (1.572 viviendas) el índice es inferior al 1.0% en esta dirección, por lo que podrían presentar daños graves. Peor aún, es el caso de los conjuntos H, T y U, que presentan valores bajo un 0.44% en la misma dirección de análisis.

Cabe destacar, que en este análisis fueron descartados los conjuntos C, J y K por presentar elevados porcentajes de muros y pilares de hormigón en la dirección longitudinal del primer piso. Sin embargo, se debe prestar atención en los dos últimos conjuntos, debido a la escasa densidad de muros que presentan.

El índice de densidad de muros para la dirección perpendicular a las fachadas del primer piso (d/n_{y1}), tiene valores superiores a un 2.0% en todos los casos, exceptuando el conjunto D, que presenta un valor inferior al indicado.

La densidad de muros en el segundo piso en la dirección perpendicular a las fachadas (d/n_{y2}), tiene valores superiores al 4.0% en todos los conjuntos de la muestra (Figura 5.4). Mientras que en la dirección de las fachadas (d/n_{x2}), los valores son superiores a un 2.5% en casi todos los casos; con la excepción de los conjuntos J, K, T y U, con valores inferiores al 1.5%. Estos últimos conjuntos presentan valores bajos de la densidad de muros en esta dirección para ambos pisos, lo que representa una alta vulnerabilidad frente a un terremoto de gran magnitud ($M \geq 8.0$ grados).

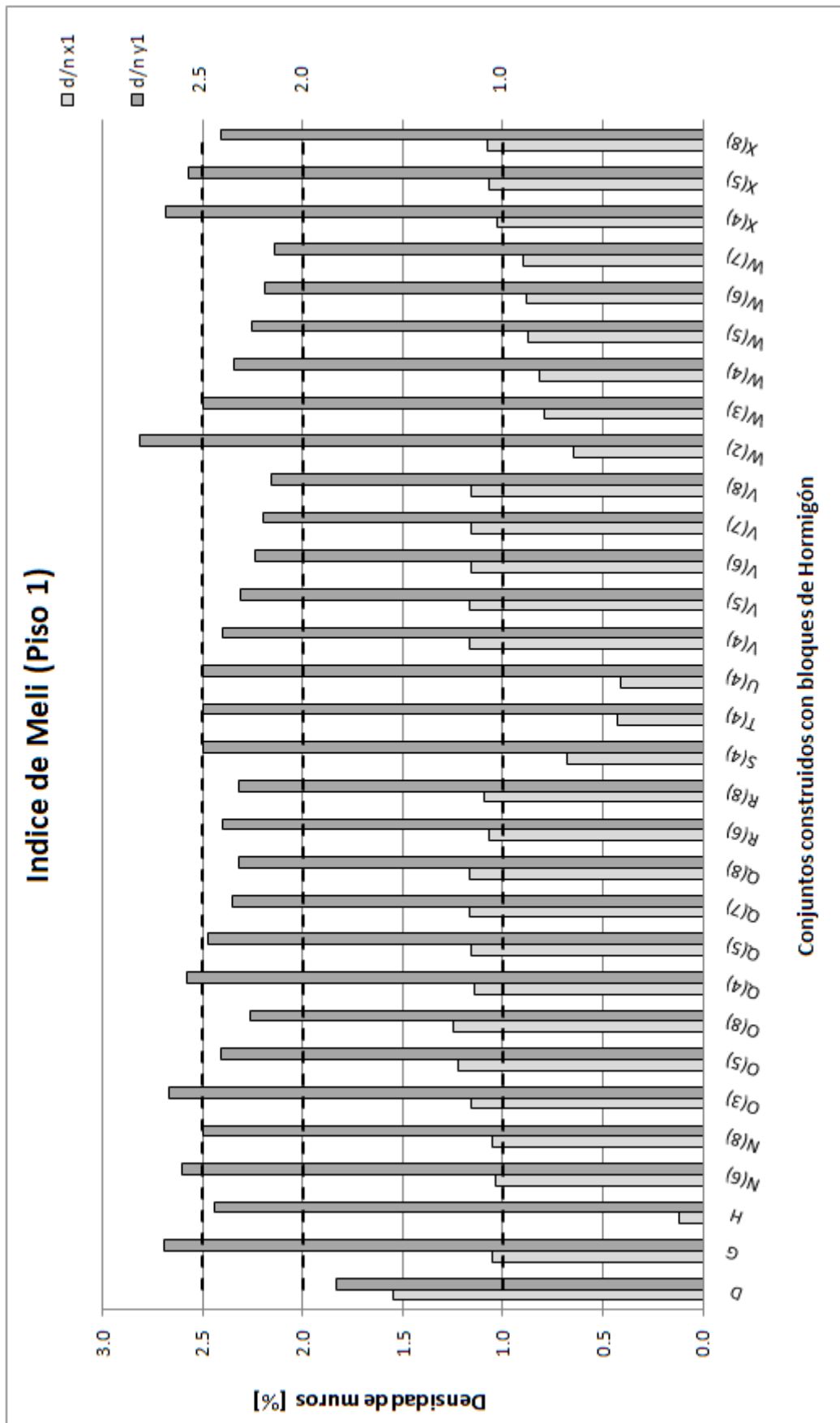


Figura 5. 3: Densidad de muros en piso 1 (Viviendas construidas con bloques de hormigón).

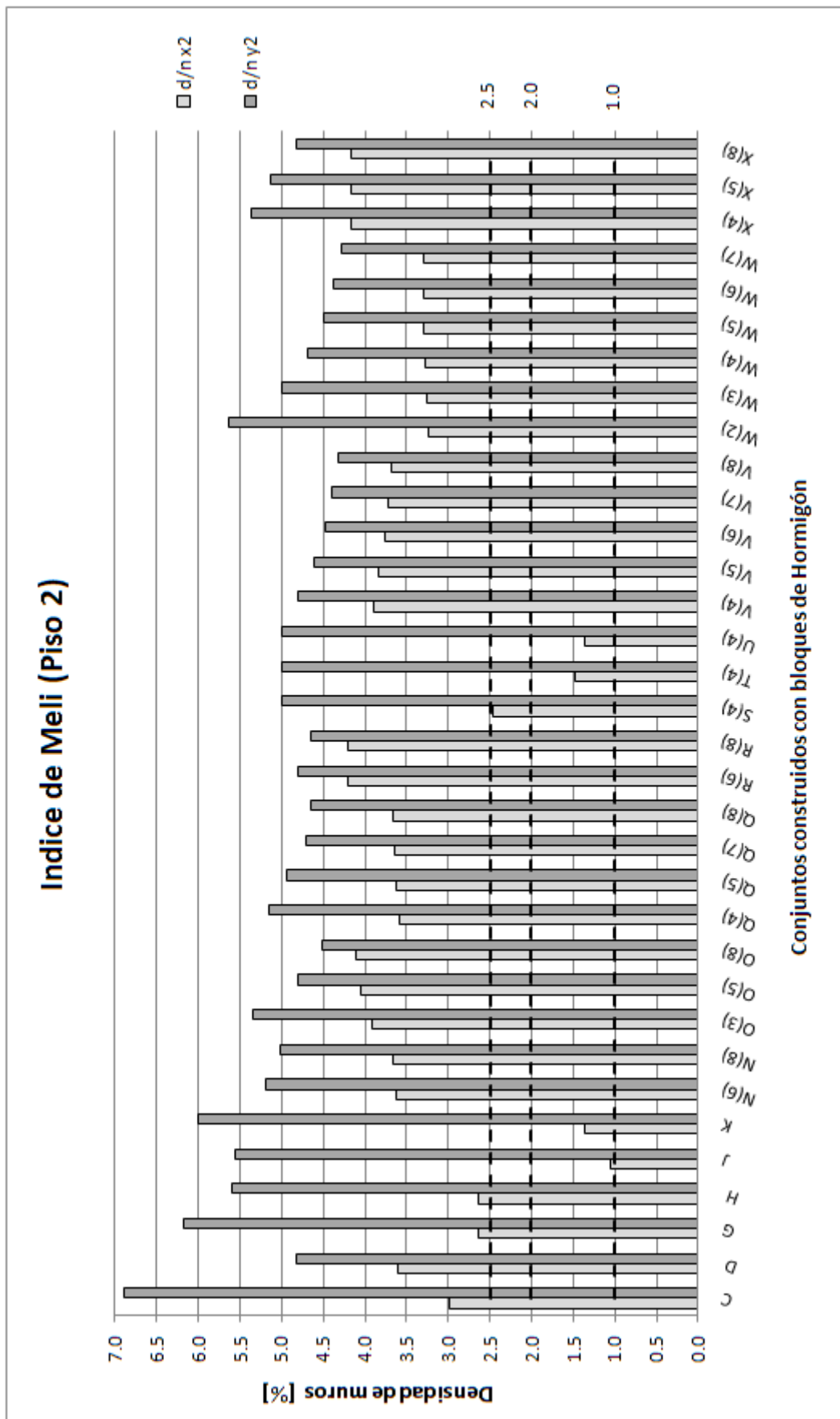


Figura 5. 4: Densidad de muros en piso 2 (Viviendas construidas con bloques de hormigón).

A partir de los resultados obtenidos, se concluye que el valor del índice de Meli es menor en la dirección longitudinal (d/n_x - dirección de la fachada), respecto al índice en la dirección transversal (d/n_y), en ambos pisos. Esta diferencia es esperable ya que la mayor cantidad de aberturas en los muros se encuentra en la dirección de las fachadas, producto de los vanos de puertas y ventanas. Además, la dirección transversal presenta muros con aberturas pequeñas, resultando muros cuya esbeltez no modifica significativamente el valor del índice en esta dirección.

El 64% de los conjuntos de viviendas construidos con ladrillo cerámico (722 viviendas) tienen valores del índice de densidad de muros inferiores a un 0.85% en la dirección longitudinal del primer piso (d/n_{x1}), valor que representa un nivel de daño severo.

Con respecto a las viviendas construidas con bloques huecos de hormigón, el 100% de ellas (3.362 viviendas) presentan valores bajos del índice de densidad de muros en la dirección longitudinal del primer piso (d/n_{x1}), con lo que se puede pronosticar la ocurrencia de daños severos y graves. Mientras que, en la dirección perpendicular a las fachadas del primer piso (d/n_{y1}), en casi la totalidad de estos conjuntos, se tienen valores mayores que un 2.0%. Sin embargo, esta situación no modifica el pronóstico anterior, considerando que el grado de daño queda definido por el daño en los muros de la dirección más débil, es decir, en la dirección donde se presenta la mayor concentración de aberturas (Román, 2009).

Cabe destacar, que las viviendas de albañilería de bloques huecos de hormigón del estudio realizado por Román (2009), no cumplían con los requisitos mínimos que establecen las normas de albañilería confinada (NCh2123) y armada (NCh1928). Teniendo en cuenta lo anterior, los valores propuestos en la Tabla 3.2, donde se relaciona el índice de densidad de muros y el nivel de daño para intensidades sísmicas del orden de VII y VIII grados en la escala MSK-64, se pueden aplicar a la situación de las viviendas de la ciudad de Arica. Considerando que el 100% de la muestra de conjuntos construidos con bloques de hormigón no cumplen con las limitaciones de diseño establecidas en las normas vigentes de diseño de albañilería.

Finalmente, los daños que experimentarán las viviendas frente a un sismo de gran magnitud ($M \geq 8$ grados), como es el que se espera que ocurra en la ciudad de Arica, estarán controlados por los muros de la dirección de las fachadas del primer piso, debido a la baja densidad de muros en esta dirección.

5.1.2 ÍNDICE DE LOURENCO Y ROQUE

Lourenco y Roque (2006) proponen tres índices para evaluar la vulnerabilidad sísmica de una estructura. El análisis de estos índices fue realizado para todas las viviendas pareadas que forman parte de la muestra y para ambas direcciones de la planta. Se excluyeron los conjuntos C, E, J y K por estar estructurados en gran parte con elementos de hormigón armado en el primer piso y el conjunto A por tener tres pisos. En la Tabla 5.2 se entregan los valores de los tres índices propuestos por Lourenco y Roque para cada uno de los conjuntos habitacionales.

Tabla 5. 2: Índices de de Lourenco y Roque.

Conjunto	Primer Índice [%]				Segundo Índice [m ² /Ton]		Tercer Índice []	
	Piso 1		Piso 2		Piso 1		Piso 1	
	LR1 _x	LR1 _y	LR1 _x	LR1 _y	LR2 _x	LR2 _y	LR3 _x	LR3 _y
A*	3.49	6.18	3.49	5.97	0.018	0.032	0.88	1.56
B*	2.44	7.07	3.75	5.86	0.023	0.068	1.04	3.02
C	4.41	6.15	3.30	6.90	0.039	0.054	1.88	2.62
D1	3.10	3.67	3.61	4.83	0.033	0.039	1.28	1.52
D2	3.10	3.67	3.61	4.83	0.033	0.039	1.07	1.27
E*	4.25	4.81	3.28	5.33	0.045	0.051	2.39	2.70
F1*	2.09	4.37	2.72	4.82	0.022	0.047	1.12	2.34
F2*	2.09	4.37	2.72	4.82	0.022	0.047	1.12	2.34
G	2.78	5.37	2.64	6.17	0.023	0.044	0.76	1.46
H	1.16	4.88	2.66	5.60	0.013	0.055	0.39	1.66
I*	1.84	5.07	3.02	5.56	0.019	0.053	1.05	2.88
J	1.39	6.00	1.36	5.55	0.016	0.071	0.52	2.22
K	1.79	6.00	1.75	6.00	0.020	0.067	0.63	2.11
L*	2.93	4.84	2.93	5.80	0.029	0.048	1.44	2.39
M*	3.98	2.91	2.97	3.14	0.049	0.036	2.40	1.75

Nota: Se ha marcado con un (*) los conjuntos de albañilería construidos con ladrillo cerámico para diferenciarlos de los conjuntos construidos con bloques de hormigón.

5.1.2.1 Primer Índice de Lourenco y Roque

En la Figura 5.5 se muestra el valor de este índice para cada dirección de la planta del primer piso, de ella se aprecia que la mayoría de los conjuntos presentan diferencias sobre el 50% entre los valores obtenidos para cada dirección de análisis, exceptuando los conjuntos D y M. Por lo tanto, las viviendas muestran diferencias significativas de área de muros entre ambas direcciones de la planta.

En un estudio de vulnerabilidad sísmica de viviendas construidas con bloque huecos de hormigón en la ciudad de Tocopilla, se obtuvo que se producen daños moderados para valores de este índice cercanos al 3% y daños severos para valores iguales o menores al 2%, cuando ambos índices presentaban diferencias de más del 50% entre ambas direcciones de la planta (Román, 2009).

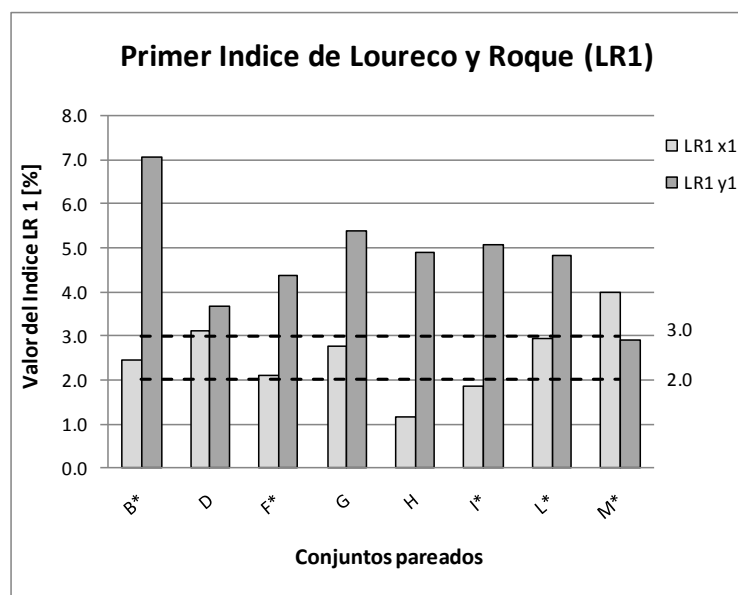


Figura 5. 5: Primer Índice de Loureco y Roque (LR1) para ambas direcciones de la planta del primer piso.

El uso de este índice presenta limitaciones, pues no considera la esbeltez de los muros y el número de pisos de la estructura. Para analizar el efecto de la esbeltez (F_i) y del número de pisos propuesto en el índice de densidad de muros de R.Meli (1991), se comparan ambos índices de los conjuntos pareados que forman parte de la muestra, en ambas direcciones de la planta y para ambos pisos. En las Figuras 5.6 y 5.7 se pueden ver las diferencias que presentan ambos índices para cada piso.

Para la planta del primer piso se pueden observar diferencias, entre la razón de área de muros (LR1) y el índice de densidad de muros (d/n), de un 70% promedio en la dirección longitudinal (dirección de la fachada - eje x) y de un 50% promedio en la dirección transversal (dirección perpendicular a la fachada - eje y), como se puede ver en la Figura 5.6. Con estos valores se puede concluir que el factor de reducción por esbeltez tiene efectos casi despreciables en la dirección transversal, pues es normal tener un 50 % de diferencia si se considera el número de pisos por sobre el nivel analizado (en este caso dos niveles). Mientras que en la dirección longitudinal del primer piso existen diferencias significativas entre ambos índices, dado que el factor de reducción por esbeltez disminuye en diferentes porcentajes el área bruta de la sección transversal de los muros de las viviendas, con valores de hasta un 79%, como es el caso del conjunto H.

En el segundo piso se puede comparar directamente la razón de área de muros (LR1) y el índice de densidad de muros (d/n), pues al ser el último nivel, el valor de d/n no se ve afectado por el número de pisos de la estructura. En la Figura 5.7 se observa que ambos índices no presentan variaciones en la dirección transversal (eje y), lo que significa que no existe reducción por efecto de esbeltez. Sin embargo, en la dirección longitudinal (eje x) ambos índices presentan una variación promedio menor al 10%. En consecuencia, la esbeltez de los muros reduce en un bajo porcentaje el área efectiva de la sección transversal de los muros en la dirección de las fachadas del segundo piso en algunos casos.

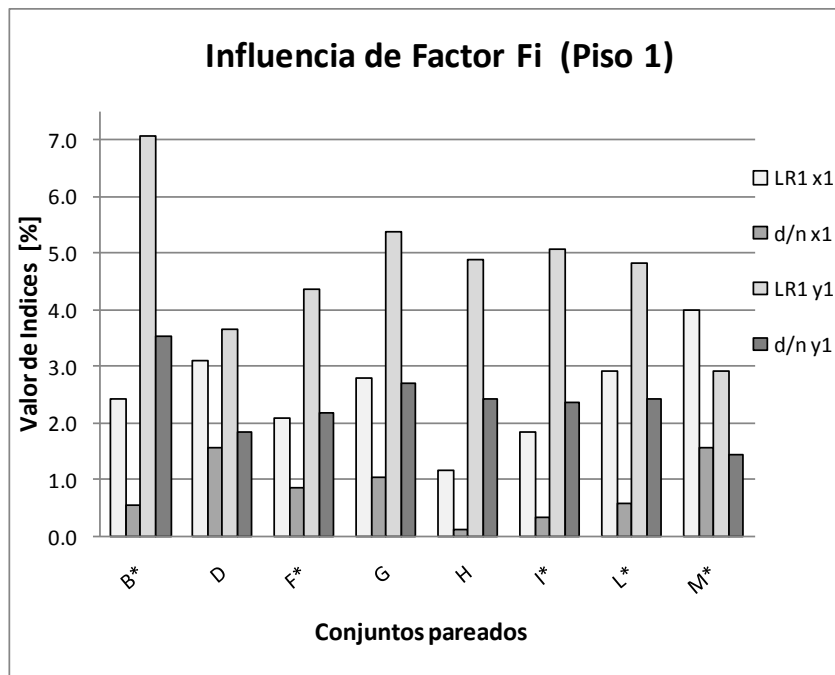


Figura 5. 6: Relación entre Índices de Lourenco y Roque y de Meli (Piso 1).

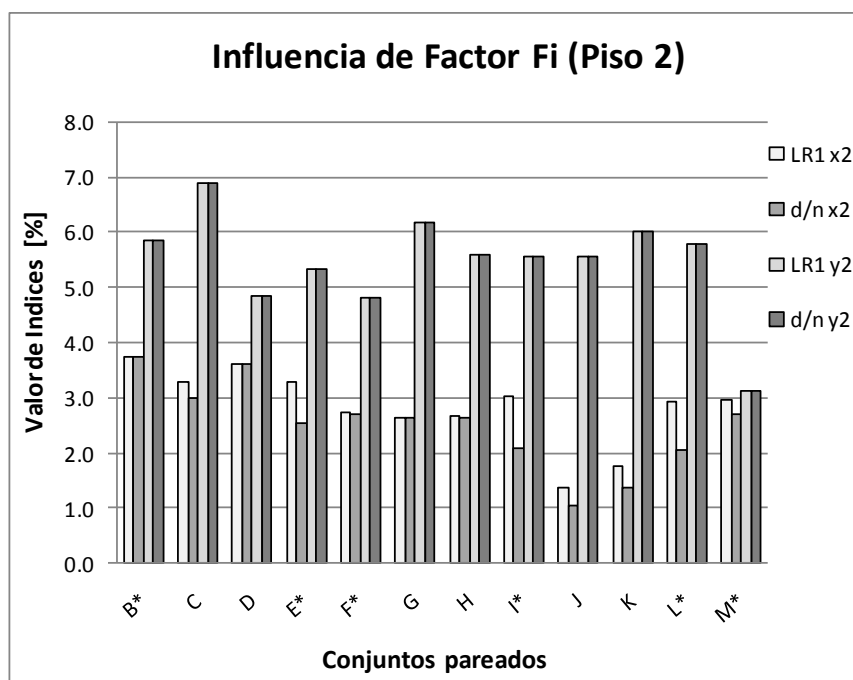


Figura 5. 7: Relación entre Índices de Lourenco y Roque y de Meli (Piso 2).

Del análisis de ambos índices, se puede concluir que la reducción por la esbeltez de los muros produce variaciones despreciables en la dirección transversal (dirección perpendicular a la fachada) para ambos pisos. Mientras que para la dirección longitudinal (dirección de la fachada) se produce una disminución importante del área bruta de muros en la sección transversal para los muros del primer piso y en un promedio menor al 10% para los muros del segundo piso. Esto se debe principalmente al diseño arquitectónico de estas viviendas, el cual privilegia la existencia de gran cantidad de aberturas en la dirección de las fachadas, lo que da lugar a una configuración con muros muy esbeltos.

5.1.2.2 Segundo Índice de Lourenco y Roque

El segundo índice propuesto por Lourenco y Roque (LR2), permite analizar la influencia del peso sísmico sobre el área total de muros resistentes sísmicamente. Los valores obtenidos para este índice se muestran en la Figura 5.8. Cabe destacar que los conjuntos C, E, J y K fueron descartados de este análisis por estar estructurados con elementos de hormigón armado en un elevado porcentaje de los elementos de la dirección longitudinal. El conjunto A, también fue descartado por tener 3 pisos.

El índice LR2 presenta valores que bordean los 0.02 [m²/Ton] en la dirección longitudinal, para la mayoría de los casos estudiados, exceptuando los conjuntos que presentan baja área en la sección transversal de sus muros, como el conjunto H. Mientras que el conjunto D presenta un valor superior a 0.03 [m²/Ton] y el conjunto M presenta un valor superior a 0.04 [m²/Ton].

En la dirección transversal, el índice LR2 presenta valores que bordean o sobrepasan los 0.04 [m²/Ton], para el total de las viviendas pareadas.

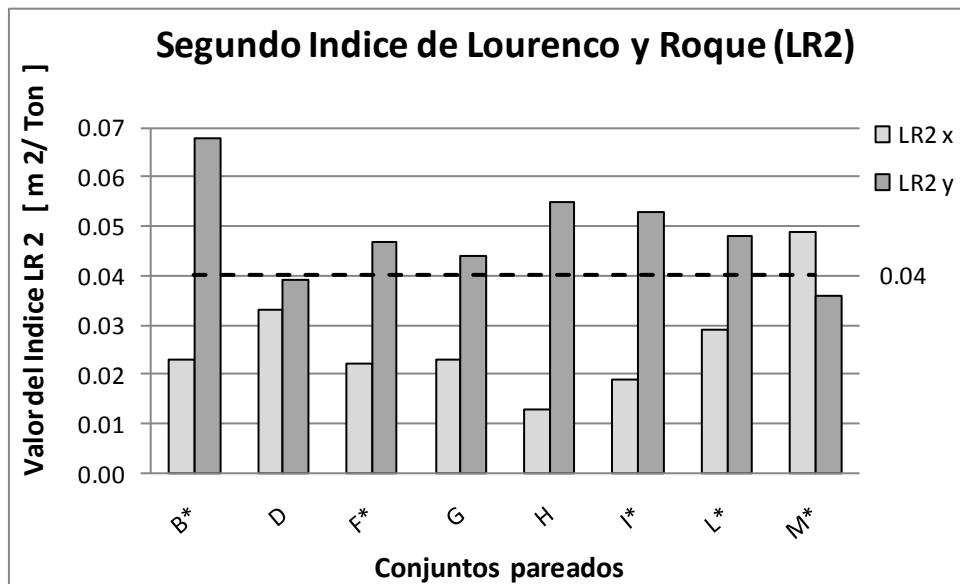


Figura 5. 8: Segundo Índice de Lourenco y Roque (LR2).

Según el estudio realizado por Román (2009), el peso sísmico de las estructuras es un factor determinante en la ocurrencia de daños frente a un evento sísmico de gran magnitud y mientras mayor es el valor del índice FR2, menor es el daño producido en las estructuras. A partir de su estudio, Román recomienda un valor mínimo de 0.04 [m²/Ton] para evitar la ocurrencia de daños severos o graves en viviendas de 2 pisos.

De los resultados del análisis realizado a los conjuntos de la muestra, se puede ver que los valores obtenidos para la dirección longitudinal son menores al valor recomendado por Román, por lo que se podrían presentar daños severos en la mayoría de los conjuntos pareados.

5.1.2.3 Tercer Índice de Lourenco y Roque

Este índice (LR3) representa un factor de seguridad que relaciona la resistencia al corte admisible con el esfuerzo de corte basal solicitante. De acuerdo con los requerimientos de las normas vigentes, se acepta como una primera aproximación, que una estructura es considerada sísmicamente aceptable si los valores de este índice son mayores o iguales a 1.0.

Se ha descartado nuevamente los conjuntos C, E, J y K por estar estructurados con elementos de hormigón armado en la dirección longitudinal.

Los resultados obtenidos para el índice LR3 se muestran en la Figura 5.9, donde se aprecia que los conjuntos A, G y H presentan valores inferiores a 1.0 en la dirección longitudinal, por lo que estas estructuras muestran una alta vulnerabilidad desde el punto de vista de la capacidad resistente al corte. El resto de las viviendas se encuentran por sobre el límite aceptable, con un valor promedio del índice de un 1.1.

En la dirección transversal los valores son mayores que 1.0 en todos los casos. Del análisis en esta dirección, se puede ver que las viviendas construidas con ladrillo cerámico tienen valores más elevados para este índice que las construidas con bloque huecos de hormigón, esto se debe a que la resistencia básica de corte (τ_m) de la albañilería de ladrillos cerámicos es más alta que la resistencia de la albañilería de bloques huecos de hormigón.

Del estudio de Román (2009), se pudo comprobar que todas las viviendas con valores menores que 1.0 en una dirección, mostraron daños importantes después del terremoto de Tocopilla del 2007. Consecuentemente, las viviendas presentaron daños considerados como moderados y graves, para valores del índice entre 0.5 y 0.6 en viviendas de 2 pisos.

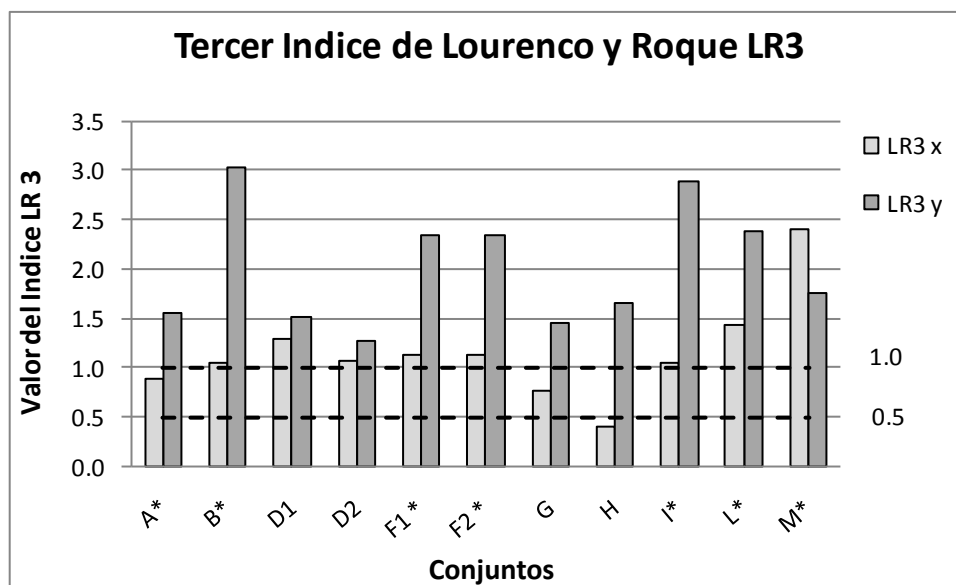


Figura 5. 9: Tercer Índice de Lourenco y Roque (LR3).

5.1.3 ÍNDICE DE GALLEGOS Y RÍOS

Para determinar los efectos que representan las características arquitectónicas y estructurales de los edificios, se ha utilizado el Índice Básico de Calidad Sismorresistente (IB) para cada una de las direcciones principales de la planta. Además, se ha considerado el efecto del tipo de suelo en el cual se han fundado las viviendas, para lo cual se ha determinado el factor de adecuación. El producto entre el índice básico (IB) y el factor de adecuación, determina el índice de Gallegos (IG).

En la Tabla 5.3 se entregan los valores obtenidos para cada componente del índice IG para cada dirección de la planta de los edificios.

Tabla 5. 3: Índice de Gallegos para cada dirección de la planta.

Conjunto	Planta (P)	Elevación (E)	Componentes del Sistema Estructural (S)		Configuración Estructural (C)		Factor de Adecuación (F)	Índice Básico (IB)		Índice de Gallegos (IG)	
			Eje x	Eje y	Eje x	Eje y		Eje x	Eje y	Eje x	Eje y
A *	1.00	1.00	0.80	0.90	0.90	0.80	0.85	0.72	0.72	0.61	0.61
B *	1.00	1.00	0.80	1.00	0.90	1.00	0.85	0.72	1.00	0.61	0.85
C	1.00	1.00	0.80	0.90	0.80	0.80	0.85	0.64	0.72	0.54	0.61
D1	1.00	1.00	0.80	0.80	0.90	0.80	1.00	0.72	0.64	0.72	0.64
D2	1.00	1.00	0.80	0.80	0.90	0.80	0.70	0.72	0.64	0.50	0.45
E *	1.00	1.00	0.80	0.90	0.80	0.80	1.00	0.64	0.72	0.64	0.72
F1 *	1.00	1.00	1.00	0.90	0.80	0.80	0.85	0.80	0.72	0.68	0.61
F2 *	1.00	1.00	1.00	0.90	0.80	0.80	0.70	0.80	0.72	0.56	0.50
G	1.00	1.00	0.80	1.00	0.80	0.80	0.85	0.64	0.80	0.54	0.68
H	1.00	1.00	0.72	0.90	1.00	0.80	0.85	0.72	0.72	0.61	0.61
I *	1.00	1.00	0.72	0.90	0.80	0.80	1.00	0.58	0.72	0.58	0.72
J	1.00	1.00	0.72	1.00	0.90	1.00	0.85	0.65	1.00	0.55	0.85
K	1.00	1.00	0.72	1.00	0.90	1.00	0.85	0.65	1.00	0.55	0.85
L *	1.00	1.00	1.00	0.80	0.80	0.80	0.70	0.80	0.64	0.56	0.45
M *	1.00	1.00	0.80	1.00	0.80	0.80	0.70	0.64	0.80	0.45	0.56
N(6)	0.90	1.00	0.80	1.00	0.80	1.00	1.00	0.58	0.90	0.58	0.90
N(8)	0.80	1.00	0.80	1.00	0.80	1.00	1.00	0.51	0.80	0.51	0.80
O1(3)	1.00	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	0.80	1.00
O1(5)	0.90	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.72	0.90	0.72	0.90
O1(8)	0.80	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.64	0.80	0.64	0.80
O2(3)	1.00	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	0.85	0.80	1.00	0.68	0.85
O2(5)	0.90	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	0.85	0.72	0.90	0.61	0.77
O2(8)	0.80	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	0.85	0.64	0.80	0.54	0.68
P(5)*	0.80	1.00	0.90	1.00	0.80	1.00	0.85	0.58	0.80	0.49	0.68
P(6)*	0.80	1.00	0.90	1.00	0.80	1.00	0.85	0.58	0.80	0.49	0.68
P(8)*	0.80	1.00	0.90	1.00	0.80	1.00	0.85	0.58	0.80	0.49	0.68

Conjunto	Planta (P)	Elevación (E)	Componentes del Sistema Estructural (S)		Configuración Estructural (C)		Factor de Adecuación (F)	Índice Básico (IB)		Índice de Gallegos (IG)	
			Eje x	Eje y	Eje x	Eje y		Eje x	Eje y	Eje x	Eje y
Q(4)	1.00	1.00	0.90	1.00	0.90	1.00	0.85	0.81	1.00	0.69	0.85
Q(5)	0.90	1.00	0.90	1.00	0.90	1.00	0.85	0.73	0.90	0.62	0.77
Q(7)	0.80	1.00	0.90	1.00	0.90	1.00	0.85	0.65	0.80	0.55	0.68
Q(8)	0.80	1.00	0.90	1.00	0.90	1.00	0.85	0.65	0.80	0.55	0.68
R(6)	0.90	1.00	0.80	1.00	0.80	1.00	0.85	0.58	0.90	0.49	0.77
R(8)	0.80	1.00	0.80	1.00	0.80	1.00	0.85	0.51	0.80	0.44	0.68
S(4)	1.00	1.00	0.72	1.00	0.80	1.00	0.85	0.58	1.00	0.49	0.85
T(4)	1.00	1.00	0.72	1.00	0.80	1.00	0.85	0.58	1.00	0.49	0.85
U(4)	1.00	1.00	0.81	1.00	0.80	1.00	0.85	0.65	1.00	0.55	0.85
V(4)	1.00	1.00	0.90	1.00	0.90	1.00	0.85	0.81	1.00	0.69	0.85
V(5)	0.90	1.00	0.90	1.00	0.90	1.00	0.85	0.73	0.90	0.62	0.77
V(6)	0.90	1.00	0.90	1.00	0.90	1.00	0.85	0.73	0.90	0.62	0.77
V(7)	0.80	1.00	0.90	1.00	0.90	1.00	0.85	0.65	0.80	0.55	0.68
V(8)	0.80	1.00	0.90	1.00	0.90	1.00	0.85	0.65	0.80	0.55	0.68
W(2)	1.00	1.00	0.90	1.00	0.80	1.00	0.85	0.72	1.00	0.61	0.85
W(3)	1.00	1.00	0.90	1.00	0.80	1.00	0.85	0.72	1.00	0.61	0.85
W(4)	1.00	1.00	0.90	1.00	0.90	1.00	0.85	0.81	1.00	0.69	0.85
W(5)	0.90	1.00	0.90	1.00	0.90	1.00	0.85	0.73	0.90	0.62	0.77
W(6)	0.90	1.00	0.90	1.00	0.90	1.00	0.85	0.73	0.90	0.62	0.77
W(7)	0.90	1.00	0.90	1.00	0.90	1.00	0.85	0.73	0.90	0.62	0.77
X(4)	1.00	1.00	0.80	1.00	0.80	1.00	0.85	0.64	1.00	0.54	0.85
X(5)	0.90	1.00	0.80	1.00	0.80	1.00	0.85	0.58	0.90	0.49	0.77
X(8)	0.80	1.00	0.80	1.00	0.80	1.00	0.85	0.51	0.80	0.44	0.68

Nota: Se ha marcado con un (*) los conjuntos de albañilería construidos con ladrillo cerámico para diferenciarlos de los conjuntos construidos con bloques de hormigón. El valor entre paréntesis indica el número de viviendas de cada tren.

5.1.3.1 Índice Básico de Calidad Sismorresistente

Los valores del Índice Básico de Calidad Sismorresistente (IB) se muestran en la Figura 5.10, para los conjuntos pareados y para los trenes de viviendas. De esta figura se deduce que el valor del índice IB para la dirección longitudinal (dirección de la fachada) de la planta es menor que para la dirección transversal (dirección perpendicular a la fachada) en casi todos los conjuntos de la muestra. Esta diferencia se aprecia claramente en los conjuntos formados por trenes de viviendas, mientras que en los conjuntos pareados el valor del índice es relativamente parecido para ambas direcciones de la planta, excluyendo de ello a los conjuntos B, G, I, J, K, L y M. Por lo tanto, la dirección longitudinal es la más crítica con respecto a la vulnerabilidad sísmica de la estructura, coincidiendo con el resultado obtenido cuando se usa el índice de densidad de muros propuesto por Roberto Meli.

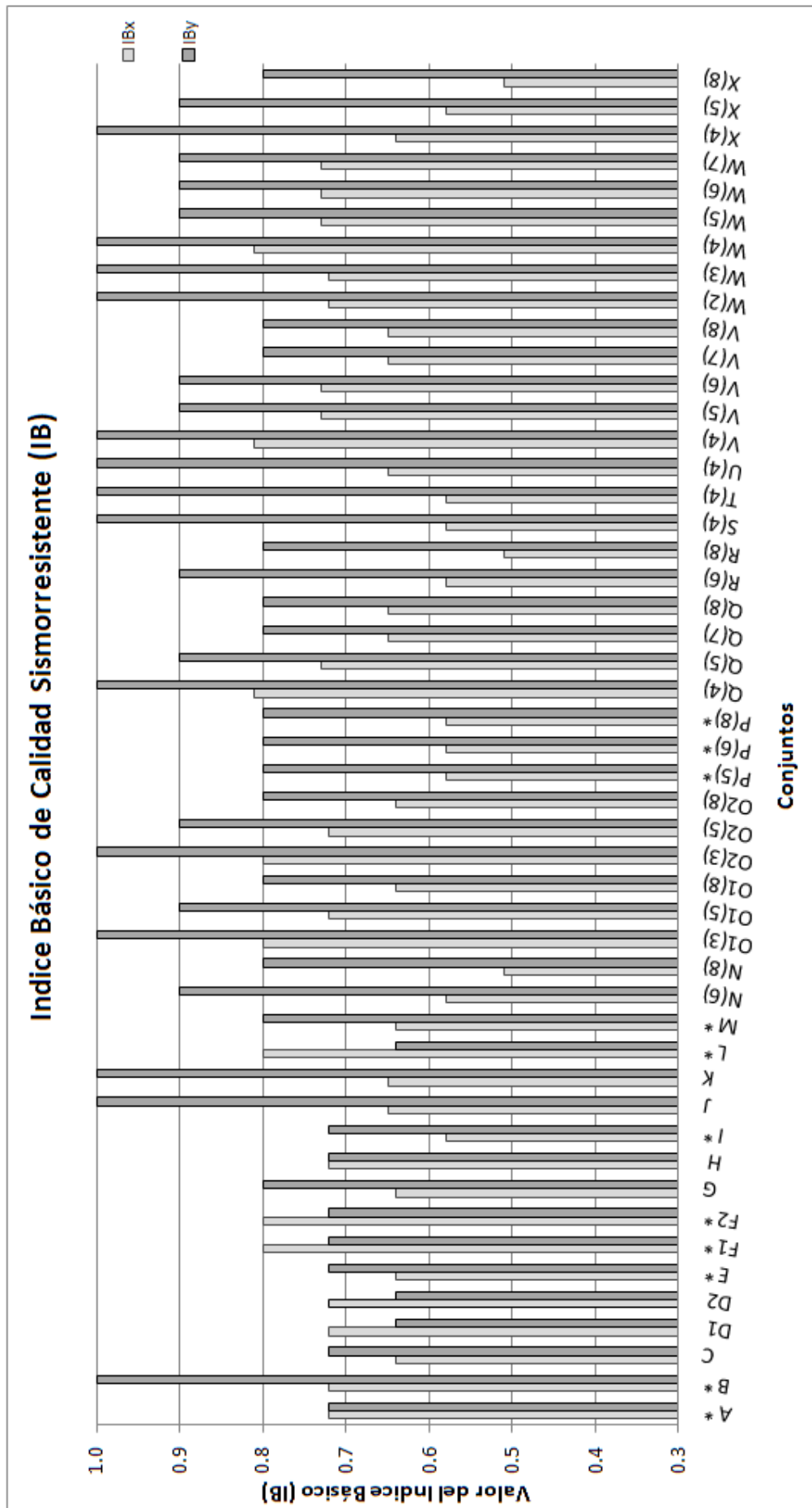


Figura 5. 10: Índice Básico de Calidad Sismorresistente (IB) según ambas direcciones de la planta.

Si se analiza sólo la dirección longitudinal, se observa que los valores más bajos los presentan los conjuntos I, N, P, R, S, T y X, que corresponden principalmente a trenes de viviendas, con un valor mínimo del índice de 0.51. Este resultado se debe a que el índice castiga la relación entre el lado largo y ancho de planta, sin considerar la cantidad de ejes resistentes que presenta la estructura en cada dirección de la planta.

5.1.3.2 Análisis de Parámetros Componentes del Índice Básico (IB)

A continuación se estudian los efectos de los índices de planta (P), de elevación (E), de componentes del sistema estructural (S), de configuración estructural (C) y el factor de adecuación (F); sobre el Índice Básico de Calidad Sismorresistente (IB), el cual se relaciona con las características estructurales y arquitectónicas de cada conjunto.

Índice de Planta (P)

La planta de los conjuntos seleccionados presenta una forma rectangular con pequeñas perforaciones, por lo que el índice de planta depende sólo de la relación entre el largo y el ancho de ella.

Para los conjuntos pareados esta relación se califica como "buena" en todos los casos, siendo el largo de la planta en promedio 1.3 veces el ancho. En cambio, para los trenes de viviendas se tiene una situación muy diferente, como se aprecia de los valores de la Tabla 5.4, en donde los trenes de hasta 4 viviendas presentan una calificación "buena", los de 5 y 6 viviendas una calificación "regular" y los trenes de 7 y 8 presentan una calificación "mala".

Sin embargo, este criterio de calificación debe ser revisado, pues como se muestra en los planos de planta de los conjuntos, existen muros resistentes intermedios a lo largo de todos los trenes de viviendas (eje perpendicular a la fachada), que contribuyen a que el efecto de la relación largo y ancho no sea determinante como se plantea en la definición del índice.

Tabla 5. 4: Índice de Proporción de Planta.

Conjunto	Nº de Viviendas	Separación entre Ejes Resistentes	Largo/Ancho	Índice de Proporción (P1)	Calificativo
N	6	3.37	3.90	0.9	Regular
	8		5.19	0.8	Malo
O	3	3.74	2.35	1.0	Bueno
	5		3.92	0.9	Regular
	8		6.27	0.8	Malo
P	5	4.28	5.23	0.8	Malo
	6		6.28	0.8	Malo
	8		8.38	0.8	Malo
Q	4	3.64	2.98	1.0	Bueno
	5		3.73	0.9	Regular
	7		5.22	0.8	Malo
	8		5.97	0.8	Malo
R	6	3.64	4.48	0.9	Regular
	8		5.97	0.8	Malo
S	4	3.50	2.07	1.0	Bueno
T	4	3.50	1.67	1.0	Bueno
U	4	3.50	1.72	1.0	Bueno
V	4	3.64	2.99	1.0	Bueno
	5		3.73	0.9	Regular
	6		4.48	0.9	Regular
	7		5.23	0.8	Malo
	8		5.97	0.8	Malo
W	2	4.00	1.37	1.0	Bueno
	3		2.05	1.0	Bueno
	4		2.74	1.0	Bueno
	5		3.42	0.9	Regular
	6		4.10	0.9	Regular
	7		4.79	0.9	Regular
X	4	3.50	2.83	1.0	Bueno
	5		3.54	0.9	Regular
	8		5.66	0.8	Malo

Índice de Elevación (E)

Las estructuras estudiadas no presentan problemas de simetría, proporción o continuidad de su configuración en elevación, por lo que este índice califica como "bueno" para todos los casos de la muestra.

Índice de Componentes del Sistema Estructural (S)

El índice de Componentes del Sistema Estructural, en los edificios analizados, queda determinado por: la densidad de muros (S_1), la continuidad de los muros en altura (S_4) y por la conexión entre los muros de la estructura (S_5).

- **Densidad de Muros**

Para la muestra de viviendas, la densidad de muros en la dirección longitudinal (dirección de la fachada) de la planta se califica como "buena" para la mayoría de los conjuntos, exceptuando los conjuntos H, I y los trenes de vivienda S, T y U que presentan una calificación "regular" (ver Figura 5.11). Mientras que, para la dirección transversal la calificación es "buena" para todos los conjuntos (ver Figura 5.12).

Al comparar este parámetro con la densidad de muros propuesta por R. Meli, se puede ver que ambos índices presentan diferencias en la dirección de la fachada para casi todos los casos. En la Figura 5.11 se puede ver que el factor de esbeltez disminuye el área de la sección transversal de los muros en un promedio de un 22 % para los trenes de vivienda. Mientras que para los conjuntos pareados se tienen variaciones importantes del factor, con valores que disminuyen el área de muros en hasta más de un 60% en algunos casos, como los conjuntos B, H, I y L. En la dirección perpendicular a la fachada, las diferencias de los índices son prácticamente nulas (ver Figura 5.12). De este análisis se excluyeron los conjuntos A, C, E, J y K.

Gallegos propone un calificativo "bueno" para valores de este índice superiores a 1.0, "regular" para valores superiores a 0.5 y "malo" para valores más bajos. Sin embargo, según la experiencia reunida en los terremotos ocurridos en la zona central de Chile (1985) y Tocopilla (2007), se han observado daños severos para valores del índice de Meli menores que 0.85 en conjuntos construidos con albañilería y daños graves para valores menores que 1.0 en conjuntos construidos con bloques de hormigón. Por lo tanto, los valores propuestos por Gallegos para este índice deben ser mayores para calificar una estructura como "buena", más aún, si se considera que la densidad de muros propuesta por Gallegos no incluye la esbeltez de los muros.

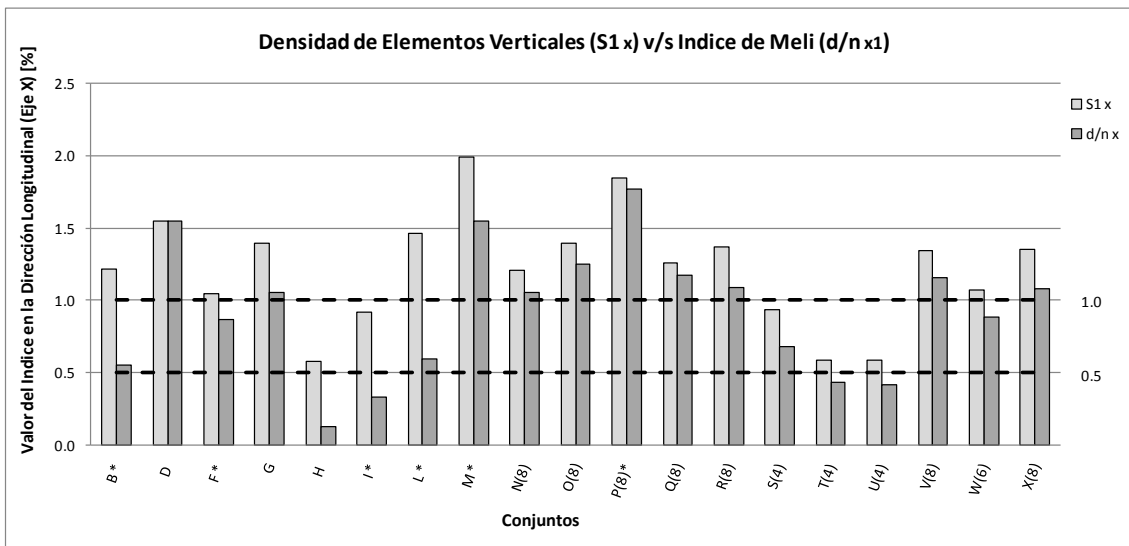


Figura 5. 11: Densidad de Muros en la dirección longitudinal (S_{1x}).

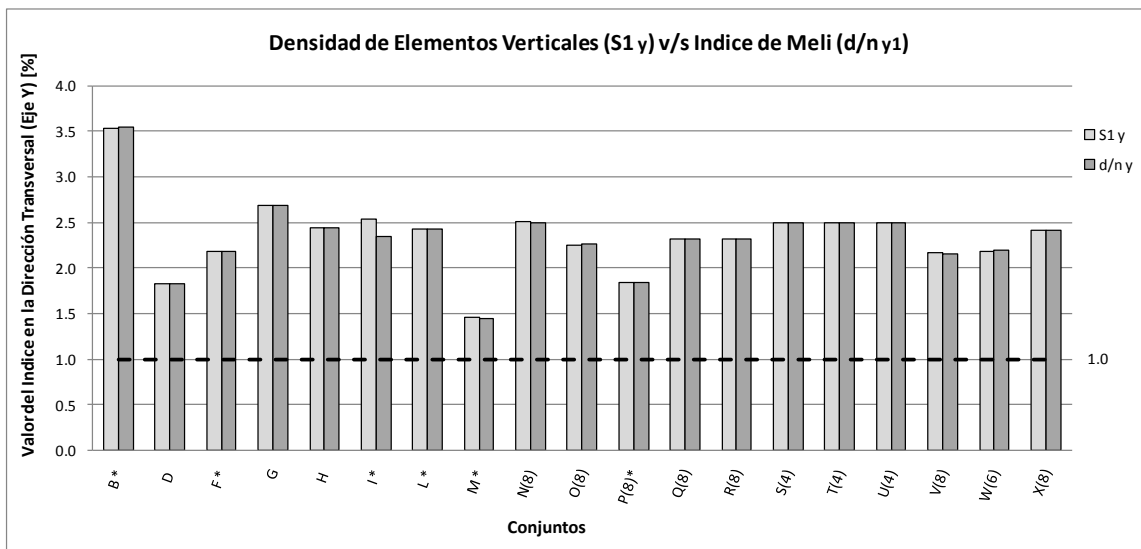


Figura 5. 12: Densidad de Muros en la dirección transversal (S_{1y}).

- **Continuidad de Muros**

La gran mayoría de los conjuntos presentan una mala calificación desde el punto de vista de la continuidad de los muros en la dirección de las fachadas (ver Tabla 5.5). En efecto, la configuración estructural de las viviendas presenta aberturas importantes en esta dirección, las cuales se distribuyen rompiendo la continuidad de los muros, alterando el flujo de cargas provenientes del nivel superior sobre los muros del primer piso.

En la dirección perpendicular a las fachadas, sólo los conjuntos D y L presentan una calificación "mala", según la continuidad de muros, el resto presenta calificaciones "regulares" y "buenas". Cabe destacar, que todos los trenes de viviendas presentan una calificación "buena" en la dirección transversal, debido a que no se presentan aberturas en los muros resistentes perpendiculares a la fachada.

Finalmente, el conjunto D presenta la peor continuidad de muros, pues pierde esta condición en ambas direcciones de la planta.

Tabla 5. 5: Continuidad de Muros.

Conjunto	Continuidad de Muros (S ₄)		Conjunto	Continuidad de Muros (S ₄)	
	Eje X	Eje Y		Eje X	Eje Y
A *	Malo	Regular	N	Malo	Bueno
B *	Malo	Bueno	O	Malo	Bueno
C	Malo	Regular	P *	Regular	Bueno
D	Malo	Malo	Q	Regular	Bueno
E *	Malo	Regular	R	Malo	Bueno
F *	Bueno	Regular	S	Malo	Bueno
G	Malo	Bueno	T	Malo	Bueno
H	Malo	Regular	U	Regular	Bueno
I *	Malo	Regular	V	Regular	Bueno
J	Malo	Bueno	W	Regular	Bueno
K	Malo	Bueno	X	Malo	Bueno
L *	Bueno	Malo			
M *	Malo	Bueno			

- **Conexión entre los Muros**

La conexión de elementos verticales es "buena" para todos los conjuntos de la muestra, debido a la existencia de una losa de hormigón armado a nivel del entrepiso y de vigas corridas que conectan todos los muros resistentes a nivel de todos los pisos.

Resumiendo, se puede destacar que la continuidad de muros en altura es determinante en el valor del índice de componentes del sistema estructural, mientras que la densidad de muros sólo es determinante en los casos más críticos. En la Figura 5.13, se muestra que los valores más bajos corresponden a los conjuntos que presentan una baja calificación, tanto para la continuidad de muros, como para la densidad de muros, como es el caso de los conjuntos H, I, J, K, S y T.

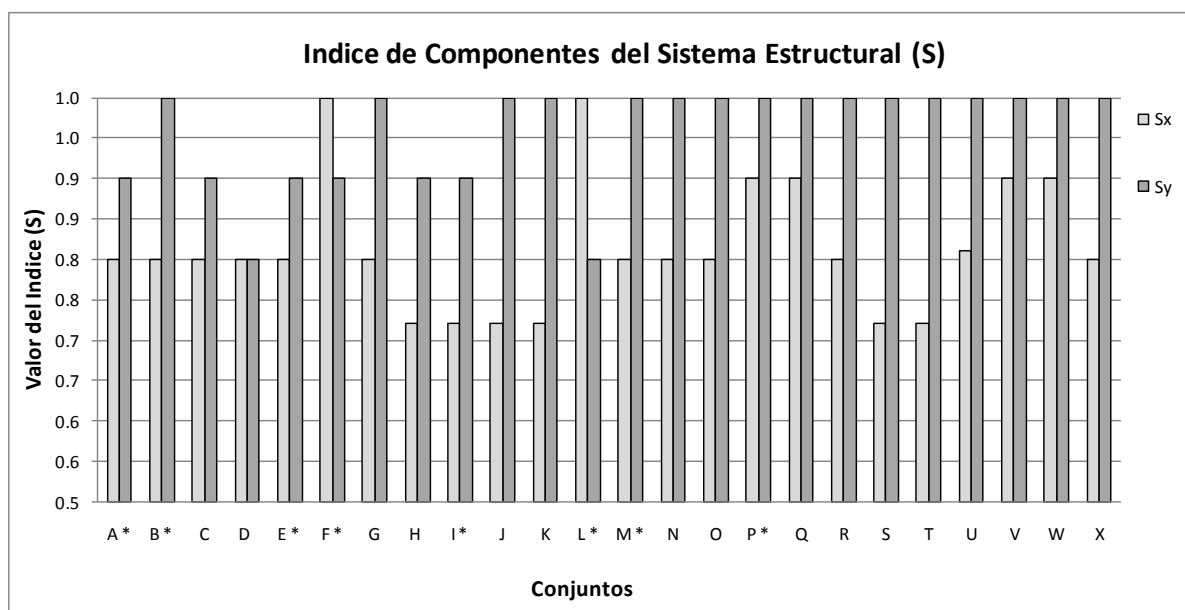


Figura 5. 13: Índice de Componentes del Sistema Estructural (S) para ambas direcciones de la planta.

Índice de la Configuración Estructural (C)

El índice de configuración estructural en los conjuntos analizados queda determinado por la distribución de rigidez de las estructuras, ya que el resto de los parámetros que definen este índice tiene una calificación "buena".

Los conjuntos estudiados se caracterizan por tener muros de diferentes longitudes en la dirección longitudinal (dirección de la fachada) de la planta, por la presencia de aberturas de puertas y ventanas. Esta distribución irregular de largo de muros configura una mala distribución de rigidez para la dirección de las fachadas, como se puede ver en la Figura 5.14, donde la mayoría de los conjuntos presentan una calificación "mala" o "regular".

En la dirección transversal (dirección perpendicular a la fachada) los conjuntos están estructurados con un muro medianero, que no presenta aberturas. Éste se ubica en el eje de simetría de las viviendas y proporciona gran parte de la rigidez en esta dirección. Los valores obtenidos en la Figura 5.14, muestran que los conjuntos con aberturas en los muros perimetrales del primer piso en la dirección transversal, presentan una mala distribución de rigidez. Sin embargo, este valor es cuestionable debido a que la definición propuesta por Gallegos y Ríos, perjudica a las estructuras que tienen un muro demasiado largo en comparación al resto de los muros en la misma dirección de análisis. Por lo tanto, sería incorrecto considerar como mala la distribución de rigidez en la dirección transversal de los conjuntos.

De este modo, los conjuntos que presentan una buena distribución de rigidez, en la dirección transversal, corresponden a los que no tienen aberturas en los muros del primer piso, como se puede ver en todos los trenes de viviendas y los conjuntos B, J y K.

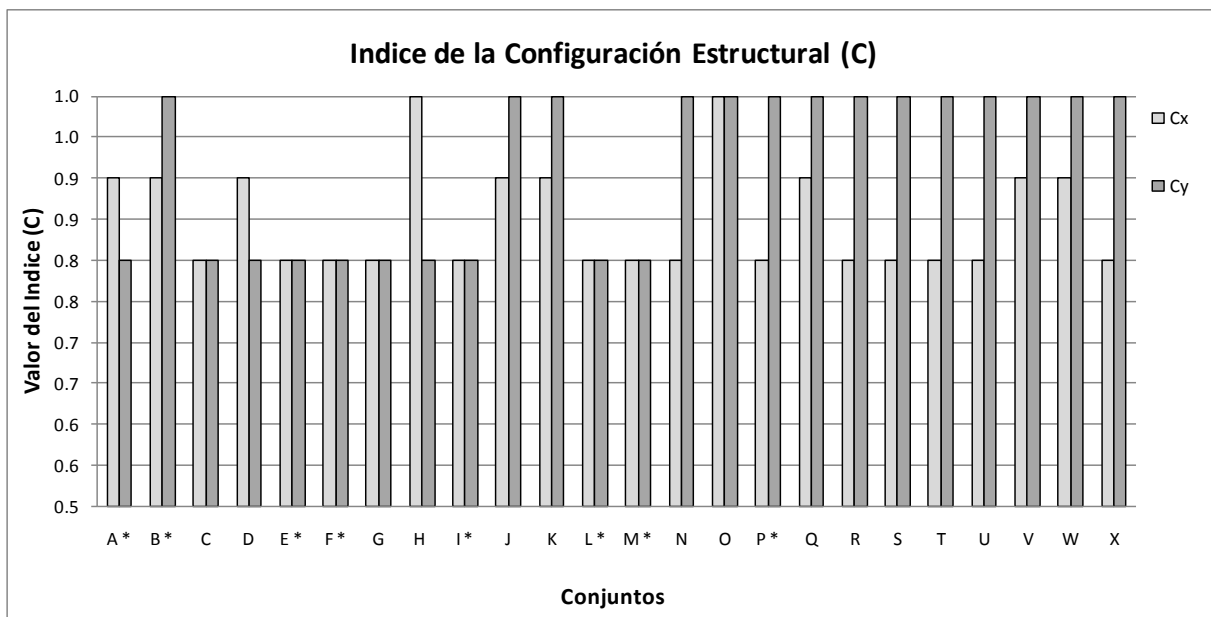


Figura 5. 14: Índice de la Configuración Estructural (C) para ambas direcciones de la planta.

Factor de Adecuación

El factor de adecuación se define según cuatro variables: suelo, uso, altura y relación suelo-altura. Sin embargo, debido a las características que presenta la muestra seleccionada, sólo se considera el efecto del suelo debido a que el resto de las variables califican como "bueno".

Desde el punto de vista del suelo, una gran parte de la muestra, como se puede ver en la Figura 5.15, se encuentra ubicada en sectores calificados por Gallegos con una descripción de suelo tipo "medio". Este tipo de suelo corresponde a arena densa, suelo cohesivo duro o firme, sin presencia de agua. En cambio, los conjuntos que se encuentran más próximos al borde costero, tales como, D2, F2, L y M presentan un calificativo "bajo" por encontrarse situados en arenas sueltas, suelos cohesivos medios o blandos con o sin presencia de agua. Los conjuntos D1, E, I, N y O1 presentan una buena calificación, pues se encuentran en suelos "duros", constituidos por rocas, grava o grava arenosa, como es el caso de los suelos clasificados como *Rocas del Morro* y *Abanico aluvial del río San José*.

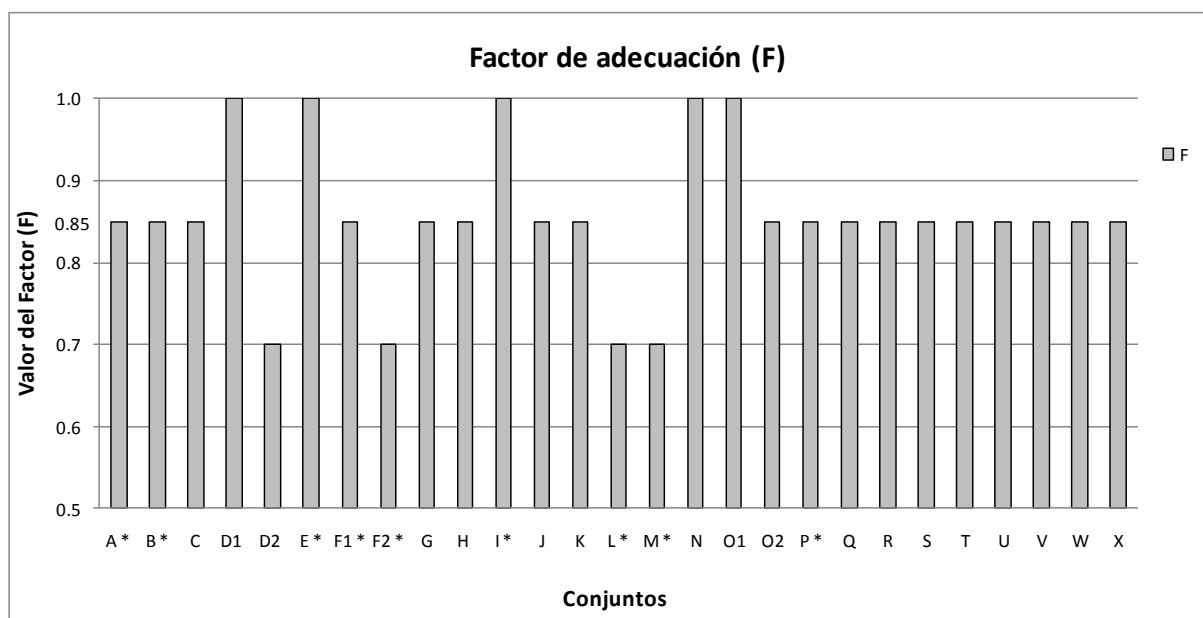


Figura 5. 15: Factor de Adecuación (F).

Índice de Gallegos (IG)

Los valores del índice de Gallegos se muestran en las Figura 5.16, comprobándose que el Factor de Adecuación hace descender el valor del Índice Básico de Calidad Sismorresistente (IB) en un 15% para los conjuntos localizados en un suelo tipo "medio" y en un 30% a los localizados en un suelo "blando".

De los valores de la Figura 5.16 se comprueba que las viviendas de los conjuntos estudiados presentan una condición aceptable según los valores límites sugeridos por Gallegos y Ríos (1986). No ocurre lo mismo si se consideran los resultados del estudio de la vulnerabilidad sísmica de las

viviendas de albañilería de bloques huecos de hormigón, de uno y dos pisos, construidas en el norte de Chile (Román, 2009). Según Román las viviendas de dos pisos analizadas en la dirección más débil (dirección de la fachada), presentaron daños moderados para valores del índice IG en el rango 0.6 - 0.7 y daños severos en el rango 0.5 - 0.6.

Teniendo en cuenta estas discrepancias, el análisis de vulnerabilidad sísmica a través de este índice debe calibrarse para las viviendas de albañilería construidas en Chile. Esto último, sólo se podrá realizar del estudio de los daños que puedan experimentar las viviendas de este tipo durante un evento sísmico de gran magnitud, como el que se espera que ocurra en el norte de Chile.

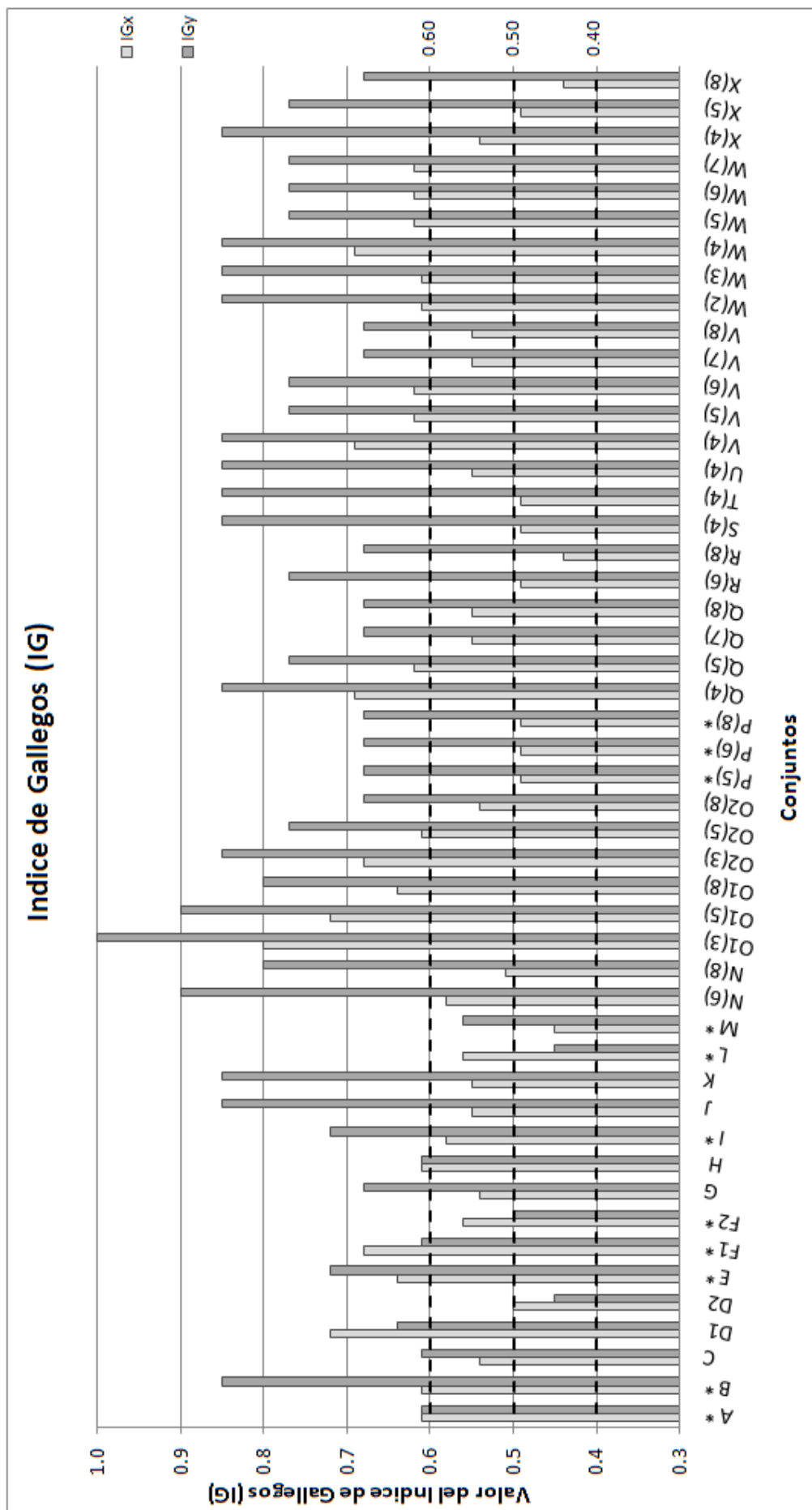


Figura 5. 16: Índice de Gallegos (IG) según ambas direcciones de la planta.

5.2 DIAGNÓSTICO SÍSMICO DE LOS CONJUNTOS

Para establecer un diagnóstico sísmico preliminar de cada uno de los conjuntos estudiados e identificar cuáles son los que representan un riesgo mayor desde el punto de vista sísmico, se considera el valor del índice de Densidad Muros (d/n) propuesto por R. Meli, el cumplimiento de las limitaciones de diseño establecidas en las normas de albañilería armada NCh1928.Of 03 y albañilería confinada NCh2123.Of 03 y las amenazas sísmicas de la ciudad de Arica. Estas últimas consideran el tipo de suelo, la profundidad del nivel freático, la potencialidad de licuefacción, el área de inundación por efecto de tsunami y los efectos de deslizamientos de tierras.

Para los efectos de este diagnóstico se han utilizado los siguientes criterios:

- a. Densidad de muros, (d/n). El nivel de daño sísmico de las estructuras se califica en *Bajo*, *Moderado* y *Alto*, según los valores indicados en la Tabla 5.6.
- b. El suelo de fundación se califica como *Bueno*, *Regular* y *Malo* cuando corresponda a un suelo tipo II, III y IV, según la clasificación de la norma NCh433.Of96. Esta calificación se hace considerando la amplificación que experimenta la intensidad sísmica debido al tipo de suelo; para un terremoto de gran magnitud ($M \geq 8.0$) pueden considerarse los valores de la Tabla 5.7.
- c. La profundidad del nivel freático se considera "*CRÍTICA*" si es menor o igual a 10 m, en caso contrario se considera "*NO CRÍTICA*"; para ello se ha considerado que para una profundidad mayor que 10 m no se produce un aumento de la intensidad sísmica (Medvedev, 1965).
- d. No se considera el efecto de la presencia de sales en el suelo de fundación y los daños que ello ha podido ocasionar en la estructura de las viviendas.
- e. Los conjuntos que se encuentren en la zona de inundación demarcada por el SHOA (1997), serán considerados con un diagnóstico de daño sísmico *Alto*, a pesar de tener una buena densidad de muros y cumplir con las limitaciones de diseño de las normas de albañilería, como es el caso del conjunto M. Efectivamente, será muy difícil que los conjuntos localizados en el borde costero de Chinchorro, sean capaces de resistir la acción de un Tsunami, teniendo en cuenta lo que ocurrió en el terremoto de Tohoku-Japón de 2011.

- f. Los conjuntos con valores de la densidad de muros por unidad de piso cercanos a los límites establecidos en la Tabla 5.6, descenderán al nivel de daño sísmico inferior en la medida que el conjunto se encuentre en un suelo *regular* o *malo* o se encuentre expuesto a alguna de las amenazas sísmicas destacadas para la ciudad de Arica. En el caso contrario, es decir, que se encuentre en un suelo *Bueno* y cumpla con las limitaciones de diseño de las normas de albañilería, ascenderá al nivel de daño sísmico superior.
- g. Los conjuntos C y E, a pesar de presentar un elevado porcentaje de elementos de hormigón armado (muros), serán considerados dentro del diagnóstico de daño sísmico propuesto a través del índice de densidad de muros. Mientras que, los conjuntos J y K serán descartado de este análisis debido a la configuración de pilares de hormigón armado que presentan en la dirección de las fachadas (dirección débil). Sin embargo, a estos dos últimos conjuntos se les asigna un *diagnóstico de daño sísmico alto* debido a la escasa densidad de muros que presentan en la dirección de las fachadas.

Tabla 5. 6: Niveles de Daño Sísmico.

Nivel de Daño Sísmico	Densidad de muros, (d/n) en %	
	Ladrillos Cerámicos	Bloques de Hormigón
Bajo	≥ 1.15	≥ 2.5
Moderado	$1.15 > d/n \geq 0.5$	$2.5 > d/n \geq 1.0$
Alto	< 0.5	< 1.0

Tabla 5. 7: Intensidades Macrosísmicas esperadas (Astroza, 2011).

Calificación	Tipo de Suelo	Intensidad
Bueno	II	VII- VIII
Regular	III	VIII
Malo	IV	IX

En la Tabla 5.8 se resumen los valores del índice de Meli en la dirección de las fachadas (dirección débil) de la planta, el tipo de suelo según la clasificación de la norma NCh433.Of 96, la presencia de un nivel freático "*CRÍTICO*" y las amenazas sísmicas destacadas.

Tabla 5. 8: Índices de Meli en la dirección de la fachada, tipo de suelo, nivel freático y amenazas sísmicas presentes.

Conjunto	Modalidad de Refuerzo	Índice de Meli	Tipo de Suelo (NCh433.Of96)	Nivel Freático	Amenaza		
					Deslizamiento	Tsunami	Licuefacción
A *	AADHV	1,09	III	NO CRÍTICO	NO	NO	NO
B *	AADHV	0,55	III	NO CRÍTICO	NO	NO	NO
C	AEPC	1,71	III	NO CRÍTICO	NO	NO	NO
D1	AEPC	1,55	II	NO CRÍTICO	NO	NO	NO
D2		1,55	III	CRÍTICO	NO	SI	SI
E *	AADHV	0,70	II	NO CRÍTICO	SI	NO	NO
F1 *	AEPC	0,87	III	NO CRÍTICO	NO	NO	NO
F2 *		0,87	III	CRÍTICO	NO	SI	SI
G	AEPC	1,05	III	NO CRÍTICO	NO	NO	NO
H	AADHV	0,12	III	NO CRÍTICO	NO	NO	NO
I *	AA	0,33	II	NO CRÍTICO	NO	NO	NO
J	AEPC	0,17	III	NO CRÍTICO	NO	NO	NO
K	AEPC	0,22	III	NO CRÍTICO	NO	NO	NO
L *	AEPC	0,59	III	CRÍTICO	NO	SI	SI
M *	AEPC	1,55	III	CRÍTICO	NO	SI	SI
N(6)	AEPC	1,04	II	NO CRÍTICO	NO	NO	NO
N(8)		1,05					
O1 (3)	AEPC	1,16	II	NO CRÍTICO	NO	NO	NO
O1 (5)		1,22					
O1 (8)		1,25					
O2 (3)	AEPC	1,16	III	NO CRÍTICO	NO	NO	NO
O2 (5)		1,22					
O2 (8)		1,25					
P(5)*	AEPC	1,76	III	NO CRÍTICO	NO	NO	NO
P(6)*		1,76					
P(8)*		1,77					
Q(4)	AEPC	1,14	III	NO CRÍTICO	NO	NO	NO
Q(5)		1,16					
Q(7)		1,17					
Q(8)		1,17					
R(6)	AEPC	1,07	III	NO CRÍTICO	NO	NO	NO
R(8)		1,09					
S(4)	AEPC	0,68	III	NO CRÍTICO	NO	NO	NO
T(4)	AEPC	0,43	III	NO CRÍTICO	NO	NO	NO
U(4)	AEPC	0,41	III	NO CRÍTICO	NO	NO	NO
V(4)	AEPC	1,17	III	NO CRÍTICO	NO	NO	NO
V(5)		1,17					
V(6)		1,16					
V(7)		1,16					
V(8)		1,16					
W(2)	AEPC	0,65	III	NO CRÍTICO	NO	NO	NO
W(3)		0,79					
W(4)		0,82					
W(5)		0,87					
W(6)		0,88					
W(7)		0,90					
X(4)	AEPC	1,03	III	NO CRÍTICO	NO	NO	NO
X(5)		1,07					
X(8)		1,08					

Nota: Se ha marcado con un (*) los conjuntos de albañilería construidos con ladrillo cerámico para diferenciarlos de los conjuntos construidos con bloques de hormigón. El valor entre paréntesis indica el número de viviendas de cada tren.

Con la información de la Tabla 5.8 y los criterios destacados, se establece el diagnóstico sísmico indicado en la Tabla 5.9 para cada uno de los conjuntos estudiados, destacando la cantidad de viviendas afectadas. La situación de cada uno de ellos se muestra en la Figura 5.17.

Tabla 5. 9: Diagnóstico de daño sísmico.

Conjuntos Pareados	Diagnóstico	Cantidad de Viviendas	Conjuntos Trenes de Viv.	Diagnóstico	Cantidad de Viviendas
A *	Moderado	30	N	Moderado	170
B *	Alto	136	O1	Moderado	80
C	Moderado	118	O2	Alto	138
D1	Alto	100	P*	Bajo	149
D2	Alto	100	Q	Alto	134
E *	Moderado	44	R	Alto	128
F1 *	Moderado	90	S	Alto	320
F2 *	Alto	60	T	Alto	272
G	Alto	230	U	Alto	399
H	Alto	118	V	Alto	221
I *	Moderado	480	W	Alto	463
J	Alto	144	X	Alto	185
K	Alto	42			
L *	Alto	106			
M *	Alto	30			

5.2.1 Comentarios

- Los conjuntos localizados frente al borde costero en la zona del Chinchorro tienen un *diagnóstico de daño sísmico Alto* considerando que se ubican: (a) sobre un suelo del tipo III o IV, según la clasificación de la norma NCh433.Of 96. Tipo de suelo en el cual la intensidad sísmica en un terremoto interplaca de magnitud igual o mayor que 8.0°, podría alcanzar los VIII o IX grados como se ha observado en los terremotos de 1906 y 2011 en el borde costero de las ciudades de Valparaíso (Carvajal, 1989) y Constitución (Astroza et al., 2010), respectivamente, (b) sobre un suelo licuable, lo que podría aumentar por lo menos en medio grado la intensidad sísmica, como se ha podido observar en sectores poblados en el terremoto del 27 de febrero de 2010, y (c) en la zona de inundación por tsunami (SHOA, 1997).

En esta situación se encontrarían los conjuntos D2, F2, L y M, los cuales están localizados a menos de 17 m sobre el nivel del mar y a menos de 750 m del borde costero. También podría verse expuesto el conjunto C, localizado en las proximidades del borde de inundación y a menos de 1.2 km del borde costero.

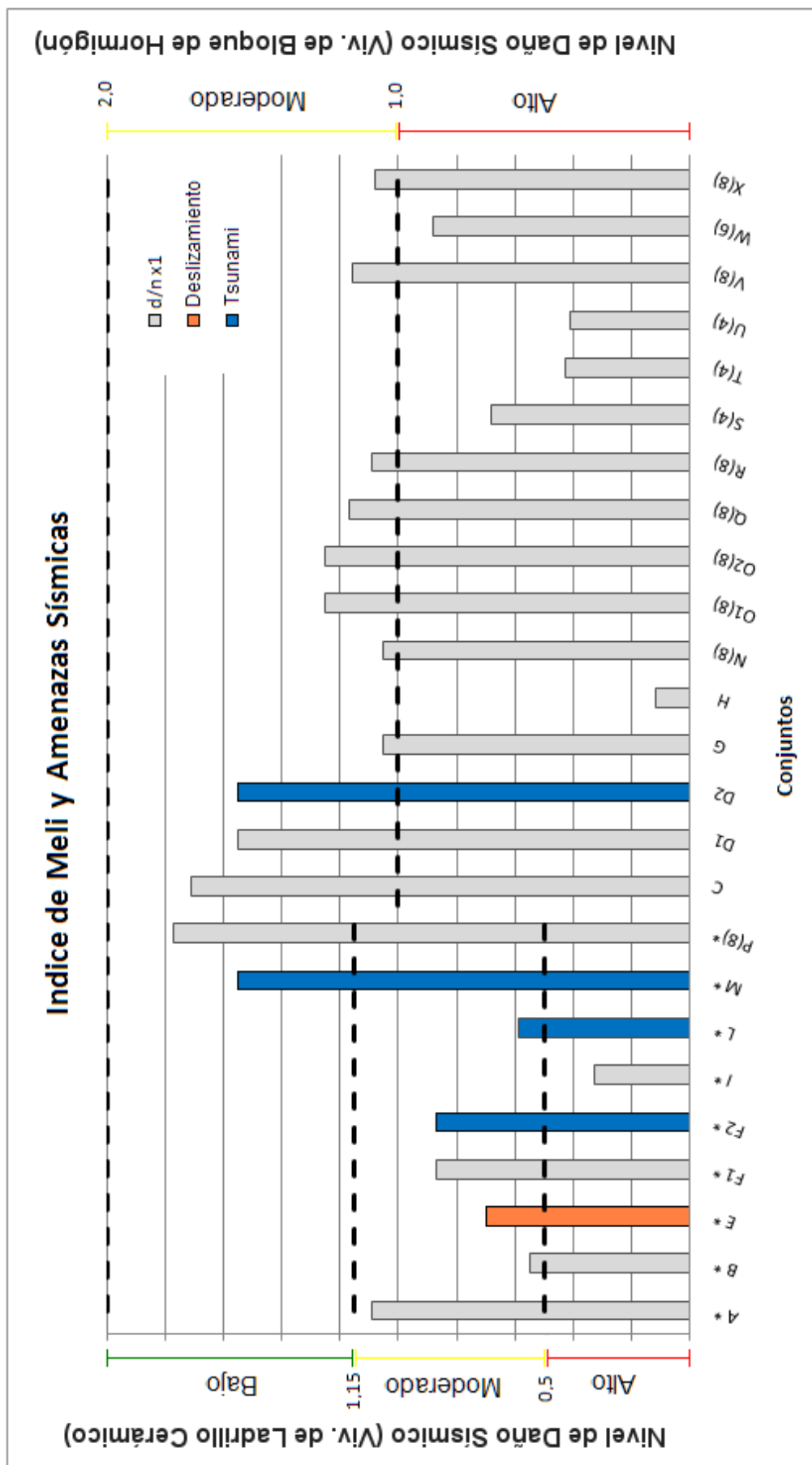


Figura 5. 17: Índice de Meli (d/n) y Amenazas Sísmicas.

- Con respecto al riesgo de deslizamientos y derrumbes, el conjunto E podría verse expuesto a este tipo de fenómeno, pues se encuentra localizado al costado Este del Cerro la Cruz. Según la carta N°5 propuesta por Méndez (2004), este conjunto se encontraría expuesto a deslizamientos de rocas y desprendimientos de estratos de suelos producto de la abrupta pendiente de la ladera del cerro.
- Con respecto a los efectos del material usado en la construcción de los conjuntos habitacionales, es conveniente destacar que la situación no es buena, ya que la mayoría de los conjuntos estudiados están construidos con bloques huecos de hormigón sin relleno de huecos. Este tipo de construcción ha presentado reiteradamente daños severos desde el terremoto de 1965 (Araneda, 2002; Norambuena, 2006), lo cual queda reflejado en los límites de la densidad de muros por unidad de piso recomendados por Román (2009), considerando los antecedentes de los terremotos de Tocopilla de 1967 y 2007, límites que han sido determinantes en la calificación de la vulnerabilidad.
- Los conjuntos de la muestra construidos con bloques de hormigón tienen una densidad de muros por unidad de piso menor que un 2.0%, límite a partir del cual podrían experimentar *Daños Severos* (Román, 2009). Los casos más críticos corresponden a los conjuntos H, S, T, U y W, localizados en un suelo calificado como *Regular* y con un valor del índice de Meli bajo un 1.0%, valor a partir del cual se pueden producir *Daños Graves* (Román, 2009).

A estos conjuntos se les asigna un *diagnóstico de daño sísmico Alto*, y de ellos los casos más críticos corresponden a los conjuntos H, T y U, pues presentan valores del índice de Meli inferiores a un 0.44 % y no cumplen con las limitaciones de diseño establecidas en las normas chilenas de diseño y cálculo de albañilería. A los conjuntos C, N y O1 se les asigna un *diagnóstico Moderado* ya que tienen un índice de Meli mayor que un 1.0% y los dos últimos se encuentran localizados en un suelo calificado como *Bueno*. Los conjuntos G, O2, Q, R, V y X tienen un *diagnóstico Alto* por tener un índice de Meli muy próximo al límite de un 1.0% y por localizarse en un suelo clasificado como *Regular*. Por último, los conjuntos D1 y D2 tienen un *diagnóstico Alto* por no tener armaduras de refuerzo en los bordes libres de sus muros y además, el conjunto D2 se encuentra en el área de inundación por tsunami.

- Con respecto a los conjuntos construidos con ladrillo cerámicos hechos a máquina, los conjuntos A, B, E, F1, y L, tienen valores del índice de Meli entre un 1.15% y un 0.5%, límites a partir del cual se puede asignar un *diagnóstico de daño sísmico Moderado*, como es la calificación establecida para los conjuntos A, E y F1. Al conjunto B se le asigna un *diagnóstico Alto* por tener una densidad de muros por unidad de piso cercana a un 0.5% y por estar situado en un suelo calificado como *Regular*. Al conjunto I, a pesar de su baja densidad de muros, se le asignó un *diagnóstico Moderado* debido a que cumple las limitaciones de diseño de la norma de albañilería armada NCh1928.Of 03 y se encuentra en un suelo

calificado como *Bueno*. En el caso del conjunto M, a pesar de tener una alta densidad de muros y cumplir con las limitaciones de diseño de la norma de albañilería confinada NCh2123.Of 03, tienen un *diagnóstico Alto* por situarse frente al borde costero, exponiéndose a las amenazas sísmicas de licuefacción y tsunami. El conjunto P, es el único conjunto al cual se le asigna un *diagnóstico de daño sísmico Bajo*, sin bien, no cumple con todas las limitaciones de diseño de la norma de albañilería confinada NCh2123.Of 03, se espera que su nivel de daño sea leve debido a que presenta una densidad de muros mayor que un 1.5%.

5.2.2 Conclusiones del Diagnóstico de Daño Sísmico.

Los conjuntos que presentan un *diagnóstico de daño sísmico alto* corresponden a aquellos que tienen una baja densidad de muros, especialmente cuando no cumplen con las limitaciones de diseño establecidas en las normas de albañilería. También, presentan este diagnóstico los conjuntos ubicados frente al borde costero, sector donde la intensidad macrosísmica podría alcanzar valores entre los VII y IX grados y el cual podría ser inundado en el caso que se produzca un tsunami (SHOA, 1997).

De la Figura 5.18, se muestra que el 74.1% de los conjuntos de la muestra presentan un *diagnóstico de daño sísmico Alto*, lo cual representa a un total de 3.326 viviendas. Entre ellos se encuentran los conjuntos pareados B, D1, D2, F2, G, H, J, K, L, M y los trenes de vivienda O2, Q, R, S, T, U, V, W y X. El 22.6% de la muestra, correspondiente a 1.012 viviendas, presentan un *diagnóstico de daño sísmico Moderado*, este es el caso de los conjuntos A, C, E, F1, I, N y O1.

Sólo el conjunto P, correspondiente 149 viviendas (3.3%), tiene un *diagnóstico de Daño Sísmico Bajo*. Si bien este conjunto no cumple en un 100% con las limitaciones de diseño de la norma de albañilería, se espera que su nivel de daño sea *Leve* debido a que tiene una alta densidad de muros.

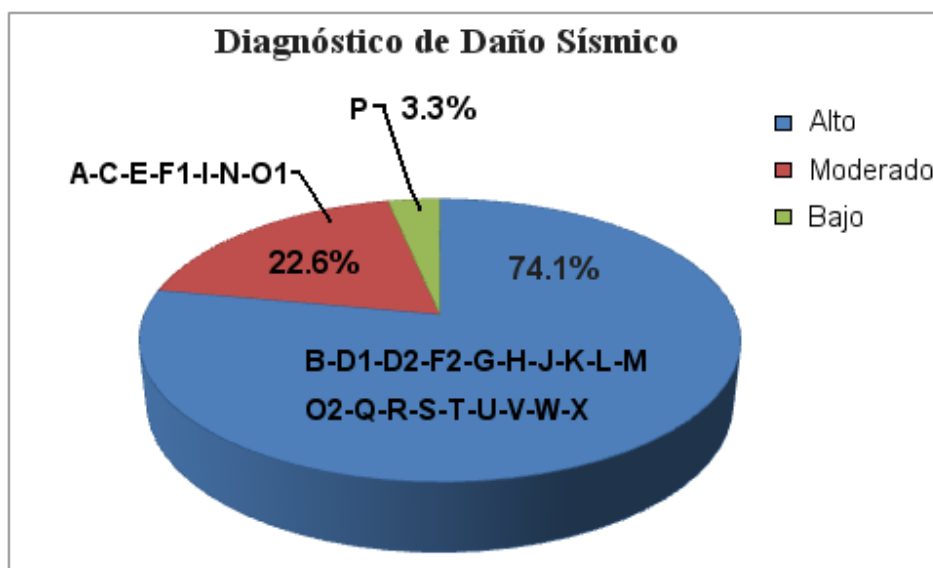


Figura 5. 18: Diagnóstico de Daño Sísmico.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES

- En este estudio se ha realizado un diagnóstico del daño sísmico de 27 conjuntos habitacionales de 2 y 3 pisos de altura de albañilería armada y confinada ubicados en la ciudad de Arica.
- Para realizar el diagnóstico se reunió información que permitió caracterizar las condiciones locales de la ciudad de Arica y los aspectos estructurales sismorresistentes de la estructura de los edificios de los conjuntos habitacionales. En esta evaluación sólo se consideraron las características estructurales originales proporcionadas por los planos de cálculo, sin tomar en cuenta las modificaciones realizadas por sus habitantes.
- La evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las estructuras se realizó usando el índice densidad de muros por unidad de piso propuesto por Meli (1991). De acuerdo con los valores de este índice se pudo comprobar que la estructura de estos conjuntos tiene una baja densidad de muros en la dirección de las fachadas, donde se concentra la mayor cantidad de aberturas de puertas y ventanas; mientras que en la otra dirección, la densidad de muros es alta.
- Los conjuntos habitacionales construidos con ladrillos cerámicos hechos a máquina, tienen valores del índice de Meli (d/n_{x1}) y amenazas sísmicas que permiten destacar que cuatro conjuntos, los que representan 332 viviendas, tienen un *diagnóstico de daño sísmico Alto*. En cambio, 644 viviendas se ubican en conjuntos que tienen un *diagnóstico de daño sísmico Moderado* y sólo uno conjunto de 149 viviendas tiene un *diagnóstico de daño sísmico Bajo*.
- Los conjuntos construidos con bloques huecos de hormigón, los que representan la mayoría de los conjuntos estudiados, tienen valores bajos del índice de Meli en el primer piso de los edificios. Producto de ello se tiene que prácticamente toda la muestra, correspondiente a 3.362 viviendas, podría experimentar *daños severos*, resultando 15 conjuntos con un *diagnóstico de daño sísmico Alto* (2.994 viviendas) y sólo 3 de ellos con un *diagnóstico de daño sísmico Moderado* (368 viviendas).
- Es necesario destacar que la representatividad de los índices calculados para estimar la vulnerabilidad de la estructura de los edificios de los conjuntos habitacionales, puede verse distorsionada por la calidad de la construcción y en algunos casos, por las modificaciones realizadas a la estructura original por los propietarios de las viviendas.

- El uso de otros índices de vulnerabilidad como son los propuestos por Lourenco & Roque y Gallegos & Ríos, permitieron destacar sus debilidades y fortalezas en el marco de las características de este tipo de edificios y la necesidad de calibrarlos de acuerdo a ellas, tal como se ha hecho con el índice propuesto por Meli (Astroza et al.,1993; Román, 2009).
- Los conjuntos habitacionales de la ciudad de Arica, además de presentar una alta vulnerabilidad sísmica por su baja densidad de muros, presentan un riesgo mayor por estar ubicados sobre suelos que contienen una gran concentración de sales solubles, susceptibles a la lixiviación, lo que puede provocar la socavación de las fundaciones en presencia de humedad. Este fenómeno, como se pudo comprobar en las visitas a terreno, ha producido que algunas viviendas presenten asentamientos diferenciales en sus fundaciones, lo que ha originado agrietamiento en sus muros, y con ello la capacidad resistente de las estructuras se encuentra disminuida. Adicionalmente, se encuentra el hecho que algunos sectores donde se ubican los conjuntos habitacionales presentan una alta posibilidad de experimentar licuefacción e inundación por efecto de tsunami según la zona demarcada por el SHOA (1997).
- Con los antecedentes reunidos, el diagnóstico de la muestra seleccionada de conjuntos de viviendas sociales de albañilería de la ciudad de Arica es bastante desfavorable, ya que el 74.1% (3.326 viviendas) presentaría un nivel de daño *Alto*, un 22,6% (1.012 viviendas) un nivel de daño *Moderado* y sólo un 3.3% un nivel de daño *Bajo*.
- Por lo anterior, se recomienda realizar un estudio más detallado para aquellos conjuntos habitacionales que tienen un *diagnóstico de daño sísmico Alto*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araneda, M., Avendaño, M. "Estructura del basamento subterráneo en la ciudad de Arica". Octavo congreso geológico chileno. Antofagasta, Chile. 1997.

Araneda, M. "Diseño y comportamiento sísmico de viviendas de uno y dos pisos de albañilería reforzada". Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 2002.

Aravena, E. "Estimación de efecto de sitio en la ciudad de Arica, utilizando registros acelerográficos". Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 2002.

Aravena, L., Cabrera Consultores. "Modelo de simulación hidrológico operacional de la cuenca del río San José". Sit #41. Dirección General de Aguas, Secretaria ministerial de Obras Publicas. Arica, Chile. 1997.

Arias, E. "Distribución de esfuerzos a lo largo de la placa de Nazca en subducción, del área de ruptura del terremoto de 1997 en el extremo norte de Chile". Seminario para optar al título de profesor de educación media en física y ciencias naturales. Chile. Universidad de Tarapacá, Facultad de Educación y Humanidades, 1998.

Astroza, M. Apuntes del Curso CI52H – Diseño de Albañilería Estructural, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 2009.

Astroza, M., Cabezas, F., Moroni, M., Massone, L., Ruiz, S., Parra, E., Cordero, F. and Motadelli, A. Intensidades sísmicas en el área de daños del terremoto del 27 de febrero de 2010, Universidad de Chile, Santiago, Chile, 2010. (<http://www.eqclearinghouse.org/20100227-chile>).

Astroza, M, Comunicación personal, 2011.

Astroza, M., Moroni, M., Kupfer, M. "Calificación Sísmica de Edificios de Ladrillo Confinado con Elementos de Hormigón Armado"; XXVI Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural, Montevideo, Uruguay, 1993.

Barrientos, S. "Regionalización sísmica de Chile". Tesis para optar al grado de magister en ciencias con mención en geofísica. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 1980.

Boroschek, R., Soto, P., León, R. "Registros en el norte de Chile: Terremoto del sur de Perú, 23 de Junio de 2001". Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 2001.

Carvajal, A. "Estudio comparativo de los terremotos de Valparaíso de 1906 y 3 de marzo de 1985". Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 1989.

Comte, D., Eisenberg, A., Pardo, M. "Sismicidad y riesgo sísmico en el margen occidental de Sudamérica, entre los 16°-22° latitud sur". Actas del quinto Congreso Geológico Chileno, tomo II. Santiago, Chile. Universidad de Chile, 1989.

Comte, D., Eisenberg, A., Pardo, M. "Análisis cuantitativo de los grandes terremotos del norte de Chile y sur de Perú; estimación del peligro sísmico". Actas de las quintas jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería antisísmica, tomo II. Santiago, Chile. Universidad de Chile, 1988.

Duque, G. "Manual de sismología". Cali, Colombia. Ed. Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia, 1998.

- Empresa de Servicios Sanitarios de Tarapacá (ESSAT). "Datos dinámicos de los pozos ubicados en la ciudad de Arica". Arica, Chile. ESSAT, 2003.
- Fábrica de Prefabricados de Hormigón "Bottai Hermanos". Arica, Chile. (www.bottai.cl).
- Fábrica de ladrillos "Melus". Arica Chile. (www.ladrillosmelus.cl).
- Fercovic, G. "Evaluación del riesgo sísmico del norte de Chile entre las latitudes 18° y 24° latitud sur". Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 1989.
- González, E. "Estudio del sismo de Arica del 8 de Agosto de 1987". Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 1998.
- Gallegos, H., Ríos, R. "Índice de Calidad Estructural Sismorresistente". 4^{as} Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica. Viña del Mar, Chile, pp. 136 - 161, 1986.
- Instituto de Investigaciones y Ensayos de Materiales (IDIEM). Informes de exploración de suelos, certificados de estratigrafías, mecánica de suelos, resistencia de hormigón, bloques, ladrillos y morteros. Arica, Chile.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE). "XVII Censo Nacional de Población y VI de Vivienda". Chile, 2002. (www.ine.cl).
- Karzulovic, J. "Estudio hidrogeológico de la región de Arica, provincia de Tarapacá". Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 1968.
- Kausel, E. "Las Terremotos de agosto 1868 y mayo 1877 que afectaron el sur de Perú y el norte de Chile". Discurso de incorporación a la Academia Chilena de Ciencias. Boletín de la Academia Chilena de Ciencias. Volumen 3, 1986, N°1. Santiago, Chile. 1986.
- Keefer, D. "Landslides caused by earthquakes". Geological Society of America, Vol. 95. Denver, 1984, p. 406-421.
- Küpfer, M. "Evaluación de las disposiciones del anteproyecto de norma de albañilería confinada NCh2123c90". Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 1993.
- Lourenco, P., Roque, J. "Simplified of ancient masonry building". Construction and Building Materials, 2006, p. 200-208.
- Medvedev, M. "Engineering Seismology". U.S. Department of Commerce Environmental, Science Service Administration. U.S.A., 1965.
- Meli, R. "Diseño sísmico de edificios de muros de mampostería; la práctica actual y el comportamiento observado". Memoria Simposium Internacional, Seguridad sísmica en la vivienda económica. México D.F., México. 1991. p. 398-423.
- Méndez, M. "Análisis y jerarquización de la vulnerabilidad al riesgo sísmico de la ciudad de Arica". Memoria para optar al título de Geógrafo. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Departamento de Geografía, 2004.
- NCh181.Of65. "Bloques huecos de hormigón de cemento". Norma Chilena Oficial, Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile. 1965.
- NCh148.Of68. "Cemento – Terminología, clasificación y especificaciones generales". Norma Chilena Oficial, Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile. 1968.
- NCh169.Of2001. "Construcción – Ladrillos cerámicos – Clasificación y requisitos". Norma Chilena Oficial, Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile. 2001.

- NCh1537.Of86. "Diseño estructural de edificios – Cargas permanentes y sobrecargas de uso", Norma Chilena Oficial, Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile. 1986.
- NCh433.Of96. "Diseño Sísmico de Edificios", Norma Chilena Oficial, Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile. 1996.
- NCh1928.Of1993. Modificada en 2003, "Albañilería armada – Requisitos para el diseño y cálculo". Norma Chilena Oficial, Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile. 2003.
- NCh2123.Of1997. Modificada en 2003, "Albañilería confinada – Requisitos de diseño y cálculo". Norma Chilena Oficial, Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile. 2003.
- NTC 1-DF 2004. "Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería". Reglamentos Estatales, México D.F., México. 2004.
- Norambuena, A. "Estudio de los efectos del terremoto de La Ligua del 28 de marzo de 1965". Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 2006.
- ONEMI-PUC. "Los deslizamientos de tierra en Chile, su significancia, origen, y ocurrencia histórica: I Región". Santiago, Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile, 1983.
- Osorio, C. "Estudio preliminar de la vulnerabilidad sísmica del sistema hospitalario chileno". Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 1995.
- Rojas, D. "Vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Arica, desde la perspectiva de las estructuras y servicios esenciales". Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Antofagasta, Chile. Universidad Católica del Norte, Facultad de Arquitectura, Construcción e Ingeniería Civil, 2000.
- Román, S. "Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería de bloques de hormigón del norte de Chile". Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 2009.
- Román, S., Astroza, M. "Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería de bloques de hormigón construidas en el Norte de Chile", XVII Jornadas Chilenas del Hormigón, Santiago, Chile, 21 al 23 de octubre, 2009.
- Saaty, T. "Toma de decisiones para líderes: El proceso analítico jerárquico en la toma de decisiones en un mundo complejo". Traducción de M. Escudey, E. Martínez y L. Vargas. RWS publications, Pittsburg, 1997.
- Saragoni, R., Labbe, J., Goldsack, A. "Algunas relaciones macrosísmicas para la evaluación del riesgo sísmico en Chile". En: Segundas jornadas Chilenas de sismología e Ingeniería antisísmica", Vol. II. Santiago, Chile. 1976.
- Salas, R., Kast, R., Montecinos, F., Salas, I. "Geología y recursos minerales del departamento de Arica". Santiago, Chile. Instituto de investigaciones Geológicas. Boletín N°21, 1966.
- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA). "Elaboración de carta de inundación por tsunami para la ciudad de Arica, Chile, mediante simulación numérica". Chile. 1997.
- Tapia, A. "Seguimiento espacio-temporal de la sismicidad en la zona de la cobertura de RESISTE-ARICA, entre los años 1995-1997". Seminario para optar al título de profesor de educación en física y ciencias naturales. Chile. Universidad de Tarapacá, Facultad de Educación y Humanidades, 2000.
- Urrutia, R., Lanza, C. "Catástrofes en Chile: 1541-1992". Santiago, Chile. Ed. La Noria, 1993.
- Vogel, S., Vila, T. "Carta geológica de Chile: Cuadrángulos de Arica y Poconchile". Santiago, Chile. Instituto de investigaciones geológicas, Revista N°35, 198.

