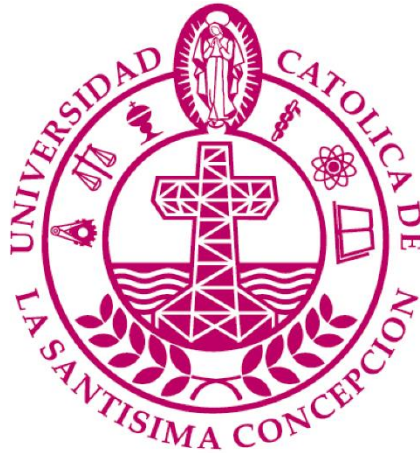


UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Civil



**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO – ECONÓMICO PARA UN LABORATORIO
DE ESTRUCTURAS EN LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN**

KAREN ALEJANDRA TORRES FERNÁNDEZ

INFORME DE PROYECTO DE TÍTULO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

Profesor Guía

Sr. CLAUDIO OYARZO V.

Profesor Informante

Sr. GUILLERMO BUSTAMANTE L.

Concepción, Marzo, 2017.

A Dios, mis padres y hermana.

Resumen

El presente proyecto tuvo por objetivo analizar la factibilidad técnica y económica de la futura construcción del Laboratorio de Estructuras, en la Universidad Católica de la Santísima Concepción, para la carrera de Ingeniería Civil.

La necesidad de lugares especializados, para dar apoyo a la carrera de Ingeniería Civil, se fundamenta en el déficit de espacios acondicionados para la realización de ensayos estructurales a escala real; considerando, además, la intención de trasladar el Laboratorio de Hormigón a las nuevas dependencias, analizadas en el proyecto.

El desarrollo de la factibilidad técnica y económica del proyecto, comenzó, en primer lugar, con la descripción de estructuras de laboratorios con características similares, instaurados y operativos en otras Universidades, de esta forma se logró elaborar todos los conceptos que se involucrarían en el análisis.

Posterior al trabajo investigativo, se realizó el diseño estructural de la edificación. Este constó de dos partes. El primero hace alusión a una losa y un muro de reacción, diseñados en hormigón armado para la realización de ensayos a escala real. Esta no es una estructura común por lo que el diseño se fundamentó en la resistencia de constantes esfuerzos, en relación a los diferentes ensayos que se realizarán sobre las estructuras en cuestión.

La segunda parte consistió en el diseño del edificio. Este se definió como una nave industrial de acero en dos niveles y fue diseñado en relación al método de tensiones admisibles (ASD) del AISC.

Concluidos ambos diseños estructurales, se realizaron los planos de presentación del proyecto.

El proyecto finalizó con el detalle de los costos asociados a las ejecuciones de la obra gruesa y la adquisición de los activos fijos esenciales para la operación del Laboratorio de Estructuras, valor que asciende a \$667.618.307.

Abstract

The present project had the objective of analyzing the technical and economic feasibility for the construction of Structures Laboratory, in the Universidad Católica de la Santísima Concepción, for the Civil Engineering Department.

The need for additional space to support the Civil Engineering career, the lack of conditioned places for the of structural tests on a real scale, and the intention to move the Laboratory of Concrete to the new dependencies was analyzed in the project.

The development of the technical and economic feasibility of the project began with the description of structures laboratories with similar characteristics, established and operative in other Universities, in this way it was possible to create all the concepts that would be involved in the analysis.

After the united research, the structural design of the building was developed. This consists in two parts. The first part refers to a slab and a reaction wall, designed in reinforced concrete for the realization of rehearsals. This is not a common structure so the design was based on the resistance of constant efforts, in relation to the different tests that were carried out on the structures in question.

The second part consists on a design of a building, which it was defined as a two-level steel industrial building and it was designed in relation to the AISC method of admissible stresses (ASD).

After completing both structural designs, the project presentation of construction drawings were made.

The project ended with the detail of the costs associated with the execution of the heavy work and the acquisition of the fixed assets essential for the operation of the Structures Laboratory, valued at \$667.618.307.

Índice de contenidos

Resumen	ii
Abstract.....	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de figuras	xi
Índice de tablas	xviii
1 Introducción	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Metodología	2
2 Características de otros laboratorios de estructuras existentes.....	4
2.1 DICTUC - Pontificia Universidad Católica de Chile	4
2.2 Universidad de los Andes – Colombia	6
2.3 CITEEC – Universidad de la Coruña - España.....	8
2.4 LANAMMEUCR – Universidad de Costa Rica.....	11
3 Descripción del Proyecto UCSC	13
3.1 Estructura Acero	15
3.2 Estructura de Hormigón.....	17
4 Consideraciones generales y base de cálculo	22
4.1 Diseño en Hormigón Armado.....	22
4.1.1 Normas de diseño	22
4.1.2 Materiales	23

4.1.2.1	Hormigón	23
4.1.2.2	Acero de refuerzo	23
4.1.3	Cargas de diseño	24
4.1.3.1	Peso Propio (PP)	24
4.1.3.2	Sismo (S).....	24
4.1.3.3	Empuje de tierra (ET).....	28
4.1.3.4	Cargas permanentes (CP)	29
4.1.3.5	Sobrecarga de Uso (qk).....	29
4.1.3.6	Sobrecarga de uso concentrado (Qk)	29
4.1.3.7	Cargas de puntuales (C)	30
4.1.3.8	Marco de reacción (CM)	30
4.1.3.9	Cilindro Hidráulicos (CC).....	30
4.1.3.10	Muros a Ensayar (L).....	33
4.1.4	Combinaciones de carga.....	42
4.1.4.1	Combinación de carga estructura sin equipos	43
4.1.4.2	Combinación de carga – Marco de reacción	43
4.1.4.3	Combinaciones de carga – Caso 1.....	43
4.1.4.4	Combinaciones de carga – Caso 2.....	43
4.1.4.5	Combinaciones de carga – Caso 3.....	44
4.1.4.6	Combinaciones de carga – Caso 4 (2D).....	44
4.1.4.7	Combinaciones de carga – Cilindros Empuja (Z3)	44
4.1.4.8	Combinaciones de carga – Cilindros Tira.....	44
4.1.4.9	Combinaciones de cargas sísmicas	45
4.1.5	Análisis estructural	45
4.1.5.1	Losas.....	45

4.1.5.2	Muros	56
4.1.5.3	Desplazamiento sísmico.....	59
4.1.6	Resultados.....	59
4.1.6.1	Muros de Reacción.....	59
4.1.6.2	Losa de Reacción	62
4.1.6.3	Análisis Sísmico.....	62
4.2	Diseño en Acero.....	63
4.2.1	Normas de diseño	63
4.2.2	Materiales	64
4.2.2.1	Acero	64
4.2.3	Cargas de diseño.....	64
4.2.3.1	Peso Propio (D).....	64
4.2.3.2	Sismo (S).....	64
4.2.3.3	Viento (W).....	65
4.2.3.4	Carga viva de techo (Lr).....	66
4.2.3.5	Carga viva de piso (L).....	67
4.2.4	Combinaciones de carga.....	67
4.2.5	Análisis estructural	68
4.2.5.1	Resistencia al corte.....	69
4.2.5.2	Resistencia de flexión miembros compactos de sección H.....	70
4.2.5.3	Resistencia de flexión ángulos dobles cargados en el plano de simetría.	72
4.2.5.4	Deformaciones	73
4.2.5.5	Deformaciones sísmicas	74
4.2.6	Resultados.....	74
4.2.6.1	Elección de Perfiles.....	74

4.2.6.2	Análisis Sísmico.....	74
4.3	Planos.....	76
4.3.1	Estructura de hormigón	76
4.3.2	Estructura de acero	79
5	Estimación de costos	84
6	Conclusiones	86
7	Referencias	88
8	Anexos.....	90
8.1	Anexo A – Cálculo cargas sísmicas.....	90
8.1.1	Estructura Hormigón	90
8.1.2	Estructura Acero	91
8.2	Anexo B – Deflexiones losas.....	92
8.3	Anexo C – Análisis estructural Hormigón.....	93
8.3.1	C1XA1.....	93
8.3.2	C1XB1	94
8.3.3	C1XC1	95
8.3.4	C1XD1.....	96
8.3.5	C1YA1.....	97
8.3.6	C1YB1	98
8.3.7	C1YC1.....	99
8.3.8	C1YD1.....	100
8.3.9	C1XA2.....	101
8.3.10	C1XB2.....	102
8.3.11	C1XC2.....	103
8.3.12	C1XD2.....	104

8.3.13	C1YA2.....	105
8.3.14	C1YB2.....	106
8.3.15	C1YC2.....	107
8.3.16	C1YD2.....	108
8.3.17	C2XA.....	109
8.3.18	C2XB.....	110
8.3.19	C2XC.....	111
8.3.20	C2XD.....	112
8.3.21	C2YA.....	113
8.3.22	C2YB.....	114
8.3.23	C2YC.....	115
8.3.24	C2YD.....	116
8.3.25	C3X.....	117
8.3.26	C3Y.....	118
8.3.27	CXCC.....	119
8.3.28	CYCC.....	120
8.3.29	CXA3.....	121
8.3.30	CXB3.....	122
8.3.31	CXC3.....	123
8.3.32	CXD3.....	124
8.3.33	CYA3.....	125
8.3.34	CYB3.....	126
8.3.35	CYC3.....	127
8.3.36	CYD3.....	128
8.3.37	CTXA1.....	129

8.3.38	CTXA2	130
8.3.39	CTXA3	131
8.3.40	CTXB1	132
8.3.41	CTXB2	133
8.3.42	CTXB3	134
8.3.43	CTXC1	135
8.3.44	CTXC2	136
8.3.45	CTXC3	137
8.3.46	CTXD1	138
8.3.47	CTXD2	139
8.3.48	CTXD3	140
8.3.49	CTYA1	141
8.3.50	CTYA2	142
8.3.51	CTYA3	143
8.3.52	CTYB1	144
8.3.53	CTYB2	145
8.3.54	CTYB3	146
8.3.55	CTYC1	147
8.3.56	CTYC2	148
8.3.57	CTYC3	149
8.3.58	CTYD1	150
8.3.59	CTYD2	151
8.3.60	CTYD3	152
8.3.61	Muros Subterráneo	153
8.4	Anexo D – Desplazamientos sísmicos (Hormigón).....	154

8.5	Anexo E – Razón Ancho Espesor	158
8.6	Anexo F – Diseño de costaneras	159
8.6.1	Costaneras techo	161
8.6.2	Costaneras laterales	165
8.7	Anexo G – Elemento máxima sollicitación	167
8.8	Anexo H – Perfiles.....	168
8.8.1	Diagonal Lateral	168
8.8.2	Diagonal Techo.....	170
8.8.3	Viga Techo	172
8.8.4	Columna de Viento.....	174
8.8.5	Viga Piso	176
8.8.6	Puntal de Techo	178
8.8.7	Columna Marco.....	180
8.9	Anexo I – Desplazamientos sísmicos (Acero).....	182
8.10	Anexo J – Análisis de precios unitarios.....	183
8.10.1	Moldaje.....	183
8.10.2	Enfierradura.....	184
8.10.3	Hormigón.....	185
8.10.4	Radier	188
8.10.5	Estructura Metálica.....	188
8.10.6	Movimiento de tierra	189
8.10.7	Membrana asfáltica.....	190
8.10.8	Resumen obra gruesa.....	191

Índice de figuras

Figura 2.1: Muro y Losa de Reacción - Pontificia Universidad Católica de Chile.	5
Figura 2.2: Muro y Losa de Reacción - Pontificia Universidad Católica de Chile.	5
Figura 2.3: Mesa Vibratoria – Universidad de los Andes.	6
Figura 2.4: Marco de Ensayos – Universidad de los Andes.	7
Figura 2.5: Muro de Reacción – Universidad de los Andes.	7
Figura 2.6: Losa y Muro de Reacción – Universidad de la Coruña.	8
Figura 2.7: Prensa MTS – Universidad de la Coruña.	9
Figura 2.8: Pórtico de Gran Luz – Universidad de la Coruña.	10
Figura 2.9: Central de Amasado – Universidad de la Coruña.	10
Figura 2.10: Losa y Muro De Reacción – Universidad de Costa Rica.	11
Figura 3.1: Alternativa 1. Ubicación del Proyecto.	13
Figura 3.2: Alternativa 2. Ubicación del Proyecto.	14
Figura 3.3: Panel Estructural PV-4.	15
Figura 3.4: Puente Grúa Monoriel.	16
Figura 3.5: Tabiquería Interior.	17
Figura 3.6: Sistema de elevación con cilindros y sensores de carrera.	18
Figura 3.7: Barra roscada de acero.	18
Figura 3.8: Diseño Galpón - RAM Advance.	19
Figura 3.9: Vista en planta "Losa de Reacción" - SAP 2000.	19
Figura 3.10: Modelo Perfil X-Z - SAP 2000.	20
Figura 3.11: Modelo Perfil Y-Z - SAP 2000.	20
Figura 3.12: Modelo 3D - SAP 2000.	21
Figura 4.1: Distribución de peso por piso.	27
Figura 4.2: Ubicación carga sísmica por muro.	28
Figura 4.3: Distribución de cilindros en muro de reacción.	31
Figura 4.4: Presión en el muro al empujar una estructura.	32
Figura 4.5: Fuerzas puntuales en el muro al tirar una estructura.	32
Figura 4.6: Geometría muros tipo.	33

Figura 4.7: Vista frontal y en plata del muro ensayado y distribución de esfuerzo en la losa de reacción.....	36
Figura 4.8: Vista frontal y en plata del muro ensayado y distribución de esfuerzo en la losa de reacción.....	37
Figura 4.9: Vista frontal y en plata del muro ensayado y distribución de esfuerzo en la losa de reacción.....	39
Figura 4.10: Vista frontal, lateral y en plata del muro ensayado y distribución de esfuerzo en la losa de reacción.....	41
Figura 4.11: Porción de losa para el cálculo del momento de inercia de vigas.....	47
Figura 4.12: Porción de losa para el cálculo del momento de inercia de losas.....	48
Figura 4.13: Viga y porción de losa.....	49
Figura 4.14: Viga y porción de losa.....	49
Figura 4.15: Viga y porción de losa.....	50
Figura 4.16: Viga y porción de losa.....	51
Figura 4.17: Viga y porción de losa.....	51
Figura 4.18: Viga y porción de losa.....	52
Figura 4.19: Porción de losa para el cálculo del momento de inercia de losas.....	53
Figura 4.20: Sección transformada viga doblemente armada.....	57
Figura 4.21: Desglose viga doblemente armada.....	58
Figura 4.22: Momento último [kg*cm/cm] para combinación CXD3.....	60
Figura 4.23: Coeficiente de forma.....	66
Figura 4.24: Elevación estructura de hormigón ejes A y B.....	76
Figura 4.25: Elevación estructura de hormigón ejes 1 y 2.....	77
Figura 4.26: Planta estructura de hormigón.....	78
Figura 4.27: Elevación estructura de acero ejes A y M.....	79
Figura 4.28: Elevación estructura de acero eje 1.....	80
Figura 4.29: Elevación estructura de acero eje 9.....	80
Figura 4.30: Planta estructura de acero primer nivel N. 0 [m].....	81
Figura 4.31: Planta estructura de acero segundo nivel N.+ 2,5 [m].....	82
Figura 4.32: Planta estructura de acero cubierta N.+7,6 [m].....	83
Figura 5.1: Gráfico porcentual costos obra gruesa.....	85

Figura 8.1: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C1XA1.	93
Figura 8.2: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C1XB1.	94
Figura 8.3: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C1XC1.	95
Figura 8.4: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C1XD1.	96
Figura 8.5: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C1YA1.	97
Figura 8.6: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C1YB1.	98
Figura 8.7: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C1YC1.	99
Figura 8.8: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C1YD1.	100
Figura 8.9: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C1XA2.	101
Figura 8.10: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C1XB2.	102
Figura 8.11: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C1XC2.	103
Figura 8.12: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C1XD2.	104
Figura 8.13: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C1YA2.	105
Figura 8.14: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C1YB2.	106
Figura 8.15: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C1YC2.	107

Figura 8.16: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C1YD2.	108
Figura 8.17: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C2XA.	109
Figura 8.18: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C2XB.	110
Figura 8.19: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C2XC.	111
Figura 8.20: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C2XD.	112
Figura 8.21: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C2YA.	113
Figura 8.22: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C2YB.	114
Figura 8.23: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C2YC.	115
Figura 8.24: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C2YD.	116
Figura 8.25: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C3X.	117
Figura 8.26: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C3Y.	118
Figura 8.27: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CXCC.	119
Figura 8.28: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CYCC.	120
Figura 8.29: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CXA3.	121
Figura 8.30: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CXB3.	122

Figura 8.31: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CXC3.	123
Figura 8.32: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CXD3.	124
Figura 8.33: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CYA3.	125
Figura 8.34: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CYB3.	126
Figura 8.35: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CYC3.	127
Figura 8.36: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CYD3.	128
Figura 8.37: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTXA1.	129
Figura 8.38: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTXA2.	130
Figura 8.39: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTXA3.	131
Figura 8.40 Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTXB1.	132
Figura 8.41: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTXB2.	133
Figura 8.42: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTXB3.	134
Figura 8.43: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTXC1.	135
Figura 8.44: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTXC2.	136
Figura 8.45: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTXC3.	137

Figura 8.46: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTXD1.....	138
Figura 8.47: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTXD2.....	139
Figura 8.48: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTXD3.....	140
Figura 8.49: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTYA1.....	141
Figura 8.50: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTYA2.....	142
Figura 8.51: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTYA3.....	143
Figura 8.52: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTYB1.....	144
Figura 8.53: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTYB2.....	145
Figura 8.54: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTYB3.....	146
Figura 8.55: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTYC1.....	147
Figura 8.56: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTYC2.....	148
Figura 8.57: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTYC3.....	149
Figura 8.58: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTYD1.....	150
Figura 8.59: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTYD2.....	151
Figura 8.60: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTYD3.....	152
Figura 8.61: Desplazamientos sísmicos combinación CSX.....	154

Figura 8.62: Desplazamientos sísmicos combinación CSX-.....	155
Figura 8.63: Desplazamientos sísmicos combinación CSY.	156
Figura 8.64: Desplazamientos sísmicos combinación CSY-.....	157
Figura 8.65: Diagrama de esfuerzos costaneras eje x.....	163
Figura 8.66: Diagrama de esfuerzos costaneras eje y.....	164
Figura 8.67: Elementos máxima sollicitación.	167
Figura 8.68: Diagramas de esfuerzos diagonal lateral.....	169
Figura 8.69: Diagramas de esfuerzos diagonal techo.	171
Figura 8.70: Diagramas de esfuerzos viga techo.....	173
Figura 8.71:Diagramas de esfuerzos columna de viento.....	175
Figura 8.72: Diagramas de esfuerzos viga piso.....	177
Figura 8.73:Diagramas de esfuerzos puntal de techo.	179
Figura 8.74: Diagramas de esfuerzos columna marco.....	181
Figura 8.75: Diagramas desplazamientos sísmicos.....	182

Índice de tablas

Tabla 4.1: Cuantía aproximada de acero de refuerzo – [kg/m ³] de hormigón.	24
Tabla 4.2: Valores máximo del coeficiente sísmico C.	25
Tabla 4.3: Dimensiones Muros Tipo.	34
Tabla 4.4: Dimensiones Losas.	46
Tabla 4.5: Espesor mínimo de las losas de dos direcciones con vigas entre los apoyos en todos los lados.	46
Tabla 4.6: Deflexión máxima admisible calculada.	55
Tabla 4.7: Desplazamientos sísmicos máximos.	63
Tabla 4.8: Presión básica a diferentes alturas sobre el suelo.	65
Tabla 4.9: Deformaciones admisibles.	73
Tabla 4.10: Desplazamientos sísmicos máximos	75
Tabla 5.1: Resumen costos asociados a obra gruesa.	84
Tabla 5.2: Presupuesto obra gruesa.	85
Tabla 5.3: Activos fijos.	85
Tabla 8.1: Cálculo esfuerzo de corte basal estructura hormigón.	90
Tabla 8.2: Cálculo fuerza sísmica horizontal estructura hormigón.	90
Tabla 8.3: Cálculo esfuerzo de corte basal estructura acero.	91
Tabla 8.4: Cálculo fuerza sísmica horizontal estructura acero.	91
Tabla 8.5: Flechas máximas [mm]	92
Tabla 8.6: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C1XA1.	93
Tabla 8.7: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C1XB1.	94
Tabla 8.8: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C1XC1.	95
Tabla 8.9: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C1XD1.	96
Tabla 8.10: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C1YA1.	97
Tabla 8.11: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C1YB1.	98
Tabla 8.12: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C1YC1.	99
Tabla 8.13: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C1YD1.	100
Tabla 8.14: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C1XA2.	101
Tabla 8.15: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C1XB2.	102

Tabla 8.16: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C1XC2.	103
Tabla 8.17: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C1XD2.	104
Tabla 8.18: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C1YA2.	105
Tabla 8.19: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C1YB2.	106
Tabla 8.20: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C1YC2.	107
Tabla 8.21: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C1YD2.	108
Tabla 8.22: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C2XA.	109
Tabla 8.23: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C2XB.	110
Tabla 8.24: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C2XC.	111
Tabla 8.25: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C2XD.	112
Tabla 8.26: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C2YA.	113
Tabla 8.27: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C2YB.	114
Tabla 8.28: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C2YC.	115
Tabla 8.29: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C2YD.	116
Tabla 8.30: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C3X.	117
Tabla 8.31: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación C3Y.	118
Tabla 8.32: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CXCC.	119
Tabla 8.33: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CYCC.	120
Tabla 8.34: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CXA3.	121
Tabla 8.35: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CXB3.	122
Tabla 8.36: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CXC3.	123
Tabla 8.37: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CXD3.	124
Tabla 8.38: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CYA3.	125
Tabla 8.39: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CYB3.	126
Tabla 8.40: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CYC3.	127
Tabla 8.41: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CYD3.	128
Tabla 8.42: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CTXA1.	129
Tabla 8.43: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CTXA2.	130
Tabla 8.44: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CTXA3.	131
Tabla 8.45: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CTXB1.	132
Tabla 8.46: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CTXB2.	133

Tabla 8.47: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CTXB3.....	134
Tabla 8.48: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CTXC1.....	135
Tabla 8.49: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CTXC2.....	136
Tabla 8.50: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CTXC3.....	137
Tabla 8.51: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CTXD1.	138
Tabla 8.52: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CTXD2.	139
Tabla 8.53: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CTXD3.	140
Tabla 8.54: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CTYA1.	141
Tabla 8.55: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CTYA2.	142
Tabla 8.56: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CTYA3.	143
Tabla 8.57: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CTYB1.....	144
Tabla 8.58: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CTYB2.....	145
Tabla 8.59: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CTYB3.....	146
Tabla 8.60: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CTYC1.....	147
Tabla 8.61: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CTYC2.....	148
Tabla 8.62: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CTYC3.....	149
Tabla 8.63: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CTYD1.	150
Tabla 8.64: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CTYD2.	151
Tabla 8.65: Resumen Mgr, Mn y Mu, combinación CTYD3.	152
Tabla 8.66: Resumen Mgr, Mn y Mu, Muros Subterráneo.	153
Tabla 8.67: Razones ancho espesor.....	158
Tabla 8.68: Propiedades del perfil C - Costaneras.	159
Tabla 8.69: Verificación diagonal lateral.	168
Tabla 8.70: Verificación diagonal techo.....	170
Tabla 8.71: Verificación viga techo.	172
Tabla 8.72: Verificación Columna de viento.....	174
Tabla 8.73: Verificación viga piso.	176
Tabla 8.74: Verificación puntal techo.	178
Tabla 8.75: Verificación columna marco.	180
Tabla 8.76: Análisis de precio unitarios moldaje vigas.....	183
Tabla 8.77: Análisis de precio unitario moldaje losas.....	183

Tabla 8.78: Análisis de precio unitario moldaje pilares y muros.	184
Tabla 8.79: Análisis de precios unitarios enfierradura.	184
Tabla 8.80: Análisis de precio unitario hormigón H30 pilares y muros.	185
Tabla 8.81: Análisis de precio unitario hormigón H25 muros.	185
Tabla 8.82: Análisis de precio unitario hormigón H30 vigas.	186
Tabla 8.83: Análisis de precio unitario hormigón H30 losas.	186
Tabla 8.84: Análisis de precio unitario hormigón H25 losas.	187
Tabla 8.85: Análisis de precio unitario hormigón H20 radier.	187
Tabla 8.86: Análisis de precio unitario base radier.	188
Tabla 8.87: Análisis de precio unitario estructura metálica	188
Tabla 8.88: Análisis de precio unitario cubierta.	189
Tabla 8.89: Análisis de precio unitario excavación.	189
Tabla 8.90: Análisis de precio unitario relleno compactado.	190
Tabla 8.91: Análisis de precio unitario membrana asfáltica.	190
Tabla 8.92: Partidas y costos obra gruesa.	191
Tabla 8.93: Partidas y costos obra gruesa.	192

1 Introducción

1.1 Generalidades

El Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de la Santísima Concepción se caracteriza por su calidad docente, donde la mayoría de su planta académica cuentan con un grado de magister y/o doctor. No obstante, siendo este recurso una gran fortaleza para la carrera, aún se hace necesario desarrollar la infraestructura y equipamiento adecuado para la investigación. Frente a esta problemática, se observa que la Universidad no cuenta con un Laboratorio de Estructura que tenga las dimensiones necesarias para el estudio de estructuras a mayor escala. Actualmente, este laboratorio sólo cuenta con una sala y equipamiento para ensayos de materiales y modelos a pequeña escala, lo que no es suficiente para satisfacer las necesidades presentes y futuras tanto de profesores como de alumnos.

A la fecha, estudiantes de la carrera han diseñado en sus proyectos de títulos, diferentes tipos de equipos para el estudio de elementos estructurales, pero mucho de estos proyectos se encuentran a la espera de un espacio físico que permita la utilización de éstos.

A partir de esta problemática, se ha decidido estudiar la factibilidad de una futura construcción de un laboratorio que cumpla con las necesidades de profesores y alumnos, potenciando el aprendizaje experimental y la investigación para alumnos tanto de pre-grado como de post-grado que deseen perfeccionarse en esta área de la Ingeniería Civil. Es así, como la carrera se verá favorecida, ya que las universidades más conocidas de la región que dictan Ingeniería Civil, cuentan con laboratorios de estructura de mayor envergadura del que cuenta actualmente la Universidad.

En este estudio, se describirán tanto las dimensiones de la edificación y los equipos con los que constará este laboratorio, como también los espacios destinados a salas de estudio, oficinas, bodegas, entre otros; finalizando con las especificaciones y costos de cada uno de estos puntos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

El objetivo general de este proyecto es diseñar y evaluar técnica y económicamente la construcción de un edificio con la finalidad de dar cabida al nuevo Laboratorio de Estructura para la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, considerando, además, espacios para el traslado del Laboratorio de Hormigón a estas instalaciones.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Pre diseñar arquitectónicamente el laboratorio, estudiando los espacios necesarios para realizar los ensayos y los diferentes lugares necesarios para un funcionamiento adecuado.
- Pre diseñar estructuralmente el edificio.
- Determinar los equipos requeridos para los ensayos y estimar los costos de compra e instalación de cada uno de ellos.
- Estimar costos asociados a la obra gruesa del proyecto.

1.3 Metodología

El desarrollo de esta tesis se realizó siguiendo los siguientes pasos:

- Se indagó sobre laboratorios de similar característica con el fin de recopilar antecedentes para tener una referencia de espacios físicos y equipos para el diseño y estimación de costo.
- Se solicitó una entrevista con cada uno de los profesores de la carrera dedicados al área estructural donde se les explicó el nuevo proyecto y se les consultó cuáles son sus expectativas para el nuevo laboratorio de estructura.

- Se seleccionó un lugar estratégico disponible donde construir el laboratorio dentro del Campus San Andrés.
- Se realizó el diseño arquitectónico con una propuesta de distribución de espacios.
- Una vez claro las características que tendrá el laboratorio se realizó el diseño estructural de éste el cual se dividió en dos partes, una de ellas el diseño en Hormigón Armado que consistirá en una losa de reacción, dos muros de reacción y un subterráneo.

La segunda parte consistió en el diseño en Acero que consistirá en el edificio de dos pisos que cuente con el espacio necesario para satisfacer las necesidades académicas de la Universidad.

- Se estimó los esfuerzos a los cuales se someterán las estructuras, para luego realizar la modelación tridimensional de ambas. Para esto se utiliza el Software SAP2000 V18 y RAM Advanse V9.5. Luego se especificaron los criterios utilizados para el diseño estructural de éstas.
- Finalmente, una vez terminado el diseño del nuevo laboratorio de estructuras se realizó un análisis económico asociado a la obra gruesa y costos de los nuevos equipos necesarios para los ensayos.

2 Características de otros laboratorios de estructuras existentes

A continuación, se presentará algunos laboratorios de estructuras de similares características existentes tanto nacionales como extranjeros. Esto servirá como punto de referencia para las dimensiones del nuevo laboratorio, el tipo de equipamiento posible e identificar las diferentes áreas de la ingeniería civil que podrían compartir este tipo de edificaciones.

2.1 DICTUC - Pontificia Universidad Católica de Chile

El Departamento de Ingeniería Estructural y Geotécnica de la Pontificia Universidad Católica de Chile cuenta con un laboratorio orientado al desarrollo de la docencia y la investigación.

Actualmente se destaca como un laboratorio de prestigio, reconocido a nivel nacional, con equipamiento para la realización de proyectos en las áreas de la ingeniería estructural y geotécnica.

La unidad estructural del laboratorio cuenta con una variada gama de equipamiento entre ellos destacan:

➤ Mesa Vibradora

Mesa de vibrar de un grado de libertad, con un área de ensayo de 2,5 x 1,5 [m], con capacidad de hasta 4 [t].

➤ Muro y Losa de Reacción

Muro de reacción en forma de “L” para ensayos en dos direcciones de 5,5 [m] de altura, además cuenta con tres actuadores hidráulicos de doble acción (Empuja - Tira) con capacidad de empuje de 60 [t] y de tracción 30 [t]. También cuenta con una losa de reacción de 10 x 10 [m].



Figura 2.1: Muro y Losa de Reacción - Pontificia Universidad Católica de Chile.

Fuente: [14].

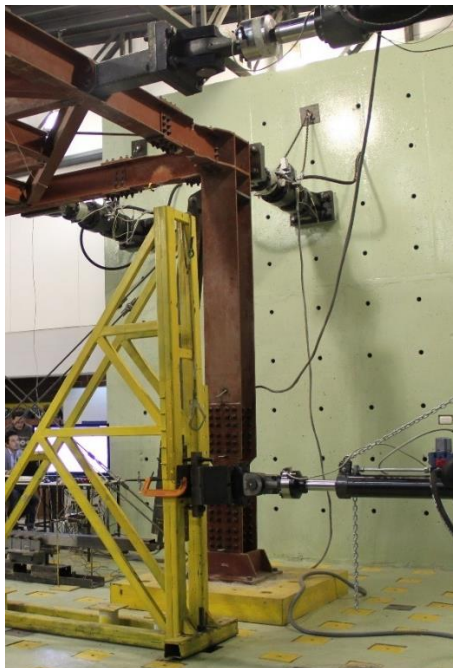


Figura 2.2: Muro y Losa de Reacción - Pontificia Universidad Católica de Chile.

Fuente: [14].

2.2 Universidad de los Andes – Colombia

El Laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad de los Andes cuenta con equipos de última tecnología y la infraestructura adecuada para la realización de diferentes tipos de pruebas en las áreas de: suelos, estructuras, pavimentos, hidráulica y materiales de construcción.

Cuenta con diferentes equipos orientados al estudio de materiales y estructura, como:

➤ Mesa Vibradora

Este simulador sísmico unidireccional, cuenta con un área de ensayo de 4.5 x 4.5 [m] y, permite realizar ensayos dinámicos a gran escala (1:1 a 1:4) de estructuras de hasta tres pisos de altura.



Figura 2.3: Mesa Vibratoria – Universidad de los Andes.

Fuente: [15].

➤ Marco de Ensayos de 50 Toneladas

En este marco metálico de perfiles armados se realizan ensayos sobre diversos elementos estructurales como vigas, losas y otros elementos que soportan carga vertical. Las máximas dimensiones de este marco son de 5 [m] de ancho y 3.75 [m] de alto, con la posibilidad de ajustar a dimensiones menores.



Figura 2.4: Marco de Ensayos – Universidad de los Andes.

Fuente: [15].

➤ Losa y Muro de Reacción

El laboratorio de modelos estructurales cuenta con una losa de reacción de 1 [m] de espesor y un área de ensayo de 450 [m²] soportada por muros estructurales que conforman un sótano debajo de ésta. Adicionalmente a la losa de reacción, se cuenta con un muro de reacción de 8 [m] de altura en forma de "L" de 7 [m] de longitud, lo cual permite realizar ensayos en dos direcciones simultáneas (paralelo al plano de la losa) por medio de dos pares de actuadores hidráulicos con capacidad de 40 [t] y 60 [t] cada uno.



Figura 2.5: Muro de Reacción – Universidad de los Andes.

2.3 CITEEC – Universidad de la Coruña - España

La Universidad de la Coruña cuenta con un Centro de Innovación Tecnológica en Edificación e Ingeniería Civil. Su objetivo es mejorar la investigación desde la óptica del análisis experimental. El Centro cuenta con diferentes áreas como construcción, hidráulica de puertos y costas, ingeniería sanitaria y estudio de aereoelástica de puentes.

El área estructural o de construcción del laboratorio cuenta con la siguiente infraestructura:

➤ Losa y Muro de Reacción

La losa de carga tiene un área de ensayo de 322 [m²] y un espesor de 1 [m]. La losa se encuentra perforada regularmente en toda su superficie mediante agujeros de 0.15 [m] de diámetro separados 0.8 [m] en ambas direcciones. La misión de tales huecos es la de alojar posibles anclajes que puedan precisarse en el ensayo de grandes estructuras. Para facilitar el uso de ésta bajo la losa se realizó una estructura tipo cajón de 2.2 [m] de altura libre, que permite circular libremente bajo ella y así poder manipular los anclajes. Adicionalmente junto a la losa se encuentra un Muro de Reacción, de 8 [m] de ancho y 10 [m] de altura, dotado de numerosos anclajes, soportando cada uno de estos hasta 800 [kN].



Figura 2.6: Losa y Muro de Reacción – Universidad de la Coruña.

Fuente: [16].

➤ Prensa MTS

Máquina de capacidad de 15 [MN] en compresión y 10 [MN] en tracción, con dos actuadores para carga axial y lateral, y para cargas con grandes deformaciones (>1 [m]). Útil para ensayos de soportes de 7 [m] de altura a escala real, de vigas de hasta 30 [m] a escala real, aparatos de apoyo, etc. Es una máquina única a nivel español. Su fabricación es de la firma MTS.



Figura 2.7: Prensa MTS – Universidad de la Coruña.

Fuente: [16].

➤ Pórtico de Gran Luz

El pórtico es metálico y va situado sobre la losa de carga del laboratorio. Está formado por cuatro pilares de gran rigidez que van anclados a la losa a través de los puntos de anclaje de ésta (situados cada 0.8 [m] en ambas direcciones). Las distancias entre ejes de pilares serán de 4.8 [m] en una dirección (corta) y de 6.4 [m] en la otra dirección (larga). La unión a la losa permite trasladar el pórtico cuando sea necesario y para ello se utilizan uniones atornilladas.



Figura 2.8: Pórtico de Gran Luz – Universidad de la Coruña.

Fuente: [16].

➤ Central de Amasado

La planta, totalmente automatizada y capaz de amasar hasta un volumen de 250 litros, consta de cuatro tolvas para áridos con capacidad de 1 [m³] por unidad, las cuales disponen de 4 apoyos y un soporte en la parte superior para ser sustituidas mediante una carretilla elevadora eléctrica capaz de transportar hasta 1500 [kg].



Figura 2.9: Central de Amasado – Universidad de la Coruña.

Fuente: [16].

➤ Cámara Climática

Se utiliza para mantener las condiciones de temperatura y humedad de las probetas de ensayo.

2.4 LANAMMEUCR – Universidad de Costa Rica

El Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica cuentan con modernos equipos para realizar múltiples y complejos ensayos. También, se cuenta con personal altamente calificado para la ejecución de los ensayos, en los distintos laboratorios que la componen, incluyendo certificaciones del ACI (American Concrete Institute) para ensayos de concreto en el campo. Estos laboratorios están enfocados en ensayos para materiales y modelos estructurales concernientes a obras civiles como edificios, taludes, viviendas, cimientos, puentes, entre otros.

El laboratorio se divide en tres áreas concreto y agregados, geotecnia y estructuras. El área estructural del laboratorio se destaca la siguiente infraestructura:

➤ Losa y muro de reacción

El Laboratorio de estructuras a escala natural está equipado con un piso y muro de reacción en el cual se ensayan elementos estructurales como vigas, columnas, muros, paredes, entresijos, tuberías de gran tamaño y otros elementos. También se ensayan conexiones de diferentes sistemas, tales como concreto reforzado, mampostería, acero y madera. Se han ensayado también estructuras tridimensionales. El laboratorio cuenta con dos gatos hidráulicos servo-controlados marca MTS con una capacidad de carga de 490 [kN] en dos direcciones (tracción y compresión) y una capacidad de desplazamiento de ± 250 [mm].



Figura 2.10: Losa y Muro De Reacción – Universidad de Costa Rica.

Fuente: [17].

➤ Marco de reacción

Cuenta con dos marcos de reacción de acero con una capacidad en carga axial de 1000 y 2000 [kN].

3 Descripción del Proyecto UCSC

El proyecto consiste en el diseño del nuevo Laboratorio de Estructuras de la Universidad Católica de la Santísima Concepción. Además, se desea trasladar a estas dependencias el Laboratorio de Hormigón.

Se consideraron dos opciones posibles para la ubicación del nuevo Laboratorio. La primera será en entrada del Campus San Andrés como se muestra en la Figura 3.1. Se eligió este lugar ya que cumple con las siguientes características:

- Acceso vehicular cercano.
- Se puede acceder al Laboratorio desde dos de las principales avenidas de la ciudad Av. Gral. Bonilla y Av. Paicaví.
- Menor flujo de personas en sus alrededores que otros lugares del Campus.
- Amplia zona para carga y descarga fuera del Laboratorio.



Figura 3.1: Alternativa 1. Ubicación del Proyecto.

Fuente: Google Earth.

La segunda alternativa de ubicación se muestra en la Figura 3.2. Se eligió este lugar ya que cumple con las siguientes características:

- Acceso vehicular.
- Menor flujo de personas en sus alrededores que otros lugares del Campus.
- Continuo a Laboratorios y Talleres de Ingeniería. Esto brinda mayor comodidad a docentes y alumnos.



Figura 3.2: Alternativa 2. Ubicación del Proyecto.

Fuente: Google Earth.

El enfoque de este proyecto es el diseño del edificio, el cual consiste en una nave industrial tipo cajón de dos pisos cerrada más subterráneo y una losa con dos muros de reacción los cuales estarán dentro de la estructura de acero.

A continuación se describirán aspectos importantes para el diseño de ambas estructuras.

3.1 Estructura Acero

El laboratorio cuenta con una gran área para realizar ensayos. Además, oficinas y salas de estudio.

Para dimensionar, distribuir espacios y diseñar la estructura fue necesario considerar los siguientes puntos:

- **Características:** La nave industrial será de 30 x 20 [m], tendrá una altura de hombro de 7 [m] y una pendiente de techo del 6%.
- **Revestimiento:** La cubierta lateral será de PV4. Consisten en paneles trapezoidales constituidos por una lámina 0,6 [mm] de espesor de acero zinc-alum o pre-pintado con diferentes esquemas de protección y variedad de colores.



Figura 3.3: Panel Estructural PV-4.

Fuente: Cintac.

- **Entrada Vehicular:** El laboratorio tendrá una entrada vehicular en uno de los frentes de la estructura, la idea de éste es que puedan ingresar sin problemas camiones tres cuartos para descargar algún tipo de material pesado.

- **Puente Grúa:** Se instalará un puente grúa monoriel de 5,5 [m] de luz a una altura de 5,5 [m], 17 [m] de recorrido con una capacidad de carga de 10 [t]. Con éste se solucionará el problema de transporte de materiales sobre la Losa de Reacción. Se eligió un puente grúa monoriel ya que estos no requieren una distancia de seguridad hasta el techo.

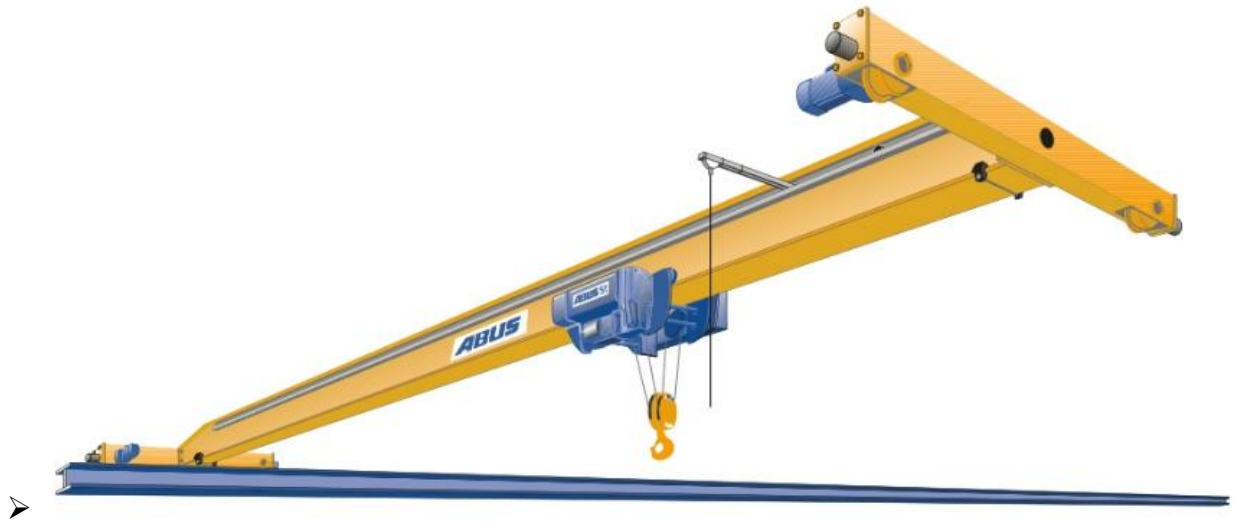


Figura 3.4: Puente Grúa Monoriel.

Fuente: ABUS Grúas S.L.

- **Sala de Curado:** En el primer nivel se construirá la sala de curado de 4 x 3 [m] esta será de hormigón armado con muros de 20 [cm] de espesor.
- **Oficinas y salas de estudio:** El segundo piso de la estructura de 150 [m²], se encuentran 10 oficinas de 3 x 3 [m] cada una y un pasillo a lo largo de 2 x 30 [m] el cual también se utilizará como zona de seguridad para observar los ensayos que se realizarán en la losa de reacción.

La tabiquería de divisiones de oficinas será de perfiles metálicos de acero galvanizado de bajo espesor cubierta por ambos lados por planchas de yeso-cartón. La cavidad del tabique se rellena con productos aislantes como lana de vidrio, mejorando sustancialmente las condiciones acústicas, térmicas y de resistencia al fuego del conjunto.

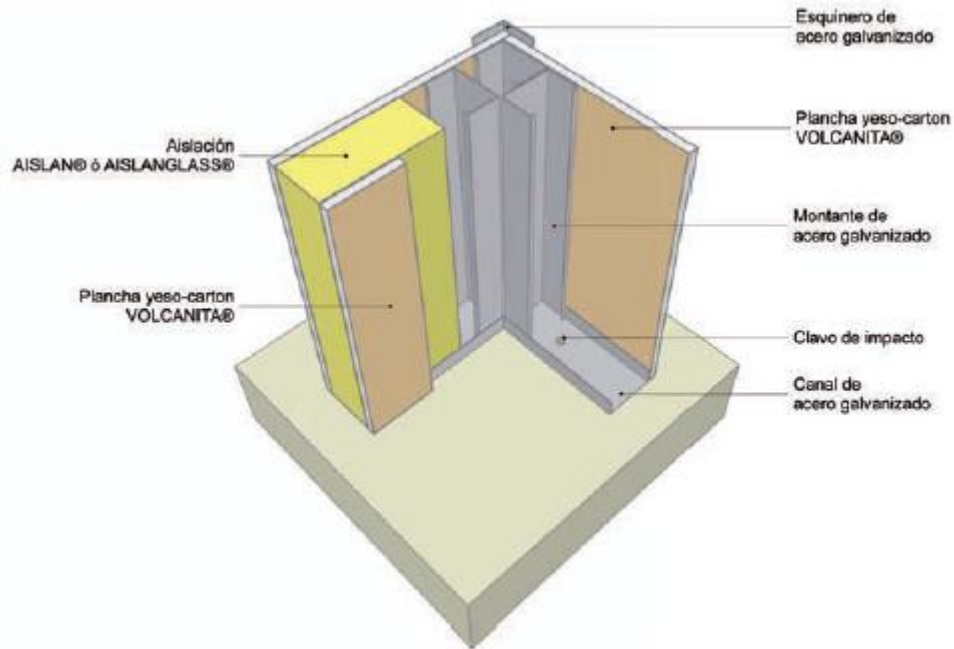


Figura 3.5: Tabiquería Interior.

Fuente: VOLCAN S.A.

3.2 Estructura de Hormigón

Para dimensionar y diseñar la estructura de hormigón armado fue necesario considerar los siguientes puntos:

- **Muro de Reacción:** Se diseñarán dos muros de 5 [m] de altura y 5 [m] de largo cada uno, el espesor de estos muros forma parte del análisis estructural del proyecto. Los muros tendrán perforaciones de 3 [cm] de diámetro en toda su superficie cada 0,5 [m] donde se sostendrán los cilindros hidráulicos para los diferentes tipos de ensayos. Los muros son en forma de “L” para así poder realizar ensayos en dos direcciones.
- **Cilindros Hidráulicos:** Se utilizarán cilindros de doble acción marca Enerpac modelo RR-3014 con capacidad de tirar 30 [t], empujar 6 [t] y 37 [cm] de carrera.

Estos funcionarán gracias a un sistema elevación síncrona que brinda el control preciso para la mayoría de las aplicaciones de elevación/descenso.

La precisión de estos sistemas es de hasta 1 [mm], Tienen alarma de advertencia y parada integrada para garantizar óptima seguridad y puede funcionar con diversos tipos de flujos para permitir velocidades de elevación óptima.



Figura 3.6: Sistema de elevación con cilindros y sensores de carrera.

Fuente: Enerpac.

- **Barras Roscadas de Acero:** Se usarán para los anclajes de los cilindros en el Muro y algunos elementos en Losa de Reacción. Se eligió este tipo de barras, ya que tienen rosca gruesa y sin fin, se adaptan a cualquier espesor de muro o losa ya que se pueden cortar y alargar sin problemas. Además, están estandarizados y disponible todos los accesorios para completar los anclajes como tuercas y placas de anclaje.



Figura 3.7: Barra roscada de acero.

Fuente: Stahlwerk Annahütte.

- **Losa de Reacción:** Se diseñará una losa de reacción de 17 x 5 [m] y 0,4 [m] de espesor. La losa estará perforada en toda su superficie mediante agujeros de 3 [cm] de diámetro separados 0,5 [m] en todas sus direcciones en la zona del Muro de Reacción y cada 1[m] en el resto de la Losa de Reacción. Para la manipulación de los anclajes bajo la Losa de Reacción se diseñó un subterráneo de una altura de 2,5 [m], el cual se aprovechará como sala de bodega.
- **Marco de Reacción:** Sobre la Losa De Reacción se instalará de forma permanente un Marco de Carga de 4 [m] de luz de 2,8 [t]. Con una fuerza máxima de aplicación a los elementos a ensayar de 25 [t].



Figura 3.8: Diseño Galpón - RAM Advance

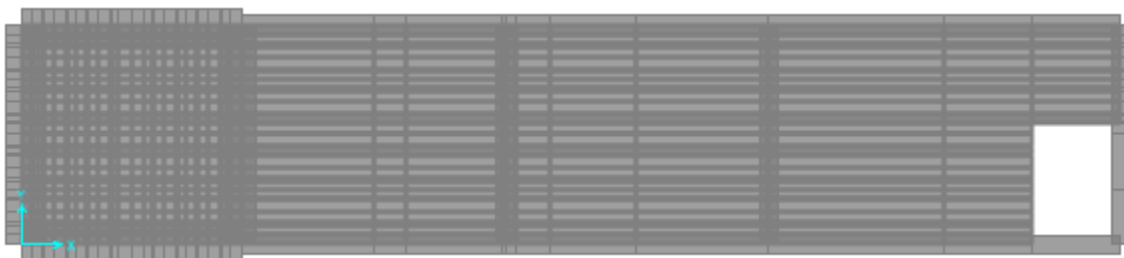


Figura 3.9: Vista en planta "Losa de Reacción" - SAP 2000



Figura 3.10: Modelo Perfil X-Z - SAP 2000.

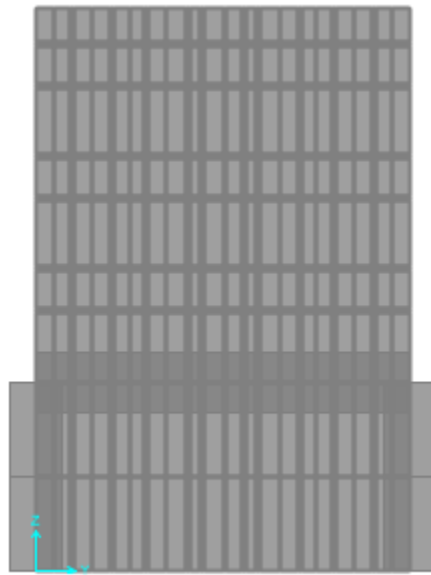


Figura 3.11: Modelo Perfil Y-Z - SAP 2000.

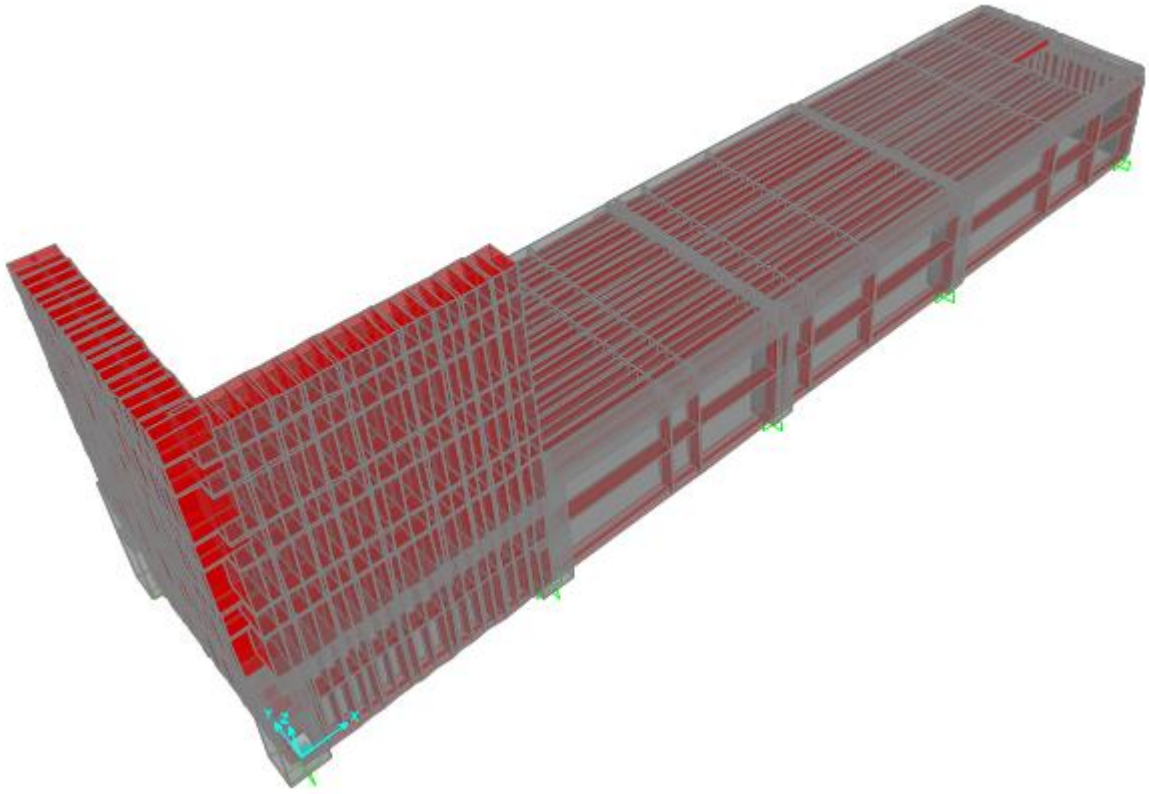


Figura 3.12: Modelo 3D - SAP 2000.

4 Consideraciones generales y base de cálculo

La presente memoria de cálculo describe los materiales, equipos, cargas y métodos empleados para el análisis y diseño estructural del nuevo “Laboratorio de Estructuras UCSC”

El proyecto consta de dos partes un edificio de dos pisos de acero y un sistema de muro y losa de reacción para ensayos de estructuras a escala real. Ambas estructuras se analizarán por separado:

4.1 Diseño en Hormigón Armado

Para realizar el diseño estructural de los Muros de Reacción, Losa de Reacción y el subterráneo fue necesario tener en cuenta los siguientes consideraciones y procedimientos.

4.1.1 Normas de diseño

Para el diseño de la estructura de Hormigón Armado, fue necesario utilizar las siguientes normas y códigos extranjeros para aquellos aspectos que no se encuentran en la legislación chilena:

- NCh 170. Of. 85: Hormigón – Requisitos Generales.
- NCh 1537. Of. 09: Diseño Estructural de Edificios – Cargas Permanentes y Sobrecargas de Uso.
- NCh 204. Of 2006: Acero – Barras Laminadas en Caliente Para Hormigón Armado.
- NCh 433. Of. 96: Diseño Sísmico de Edificios.
- DS. 117: Decreto Supremo - Modifica la Norma NCh 433.
- ACI 318 – 14: Requisitos de Reglamento Para Concreto Estructural.

4.1.2 Materiales

Los materiales considerados en el diseño estructural de muros, losas, vigas y pilares son los siguientes:

4.1.2.1 Hormigón

Se utilizó un hormigón H30 el cual presenta las siguientes propiedades:

- Resistencia Específica: $f_c = 300$ [kg/cm²]
- Resistencia Característica: $f_c' = 250$ [kg/cm²]
- Densidad hormigón armado: $\rho = 2500$ [kg/m³]
- Módulo de elasticidad: $E_c = 14860 \cdot \sqrt{f_c'} \approx 235000$ [kg/cm²]
- Módulo de rotura $f_r = 2,21 \cdot \sqrt{f_c'} = 34,93$ [kg/cm²]
- Módulo de Poisson: $\nu = 0,2$
- Módulo de corte: $G \approx 98000$ [kg/cm²]

4.1.2.2 Acero de refuerzo

Se utilizó acero tipo A 63-42 H para refuerzo de hormigones el cual presenta las siguientes propiedades:

- Tensión de fluencia: $F_y = 4200$ [kg/cm²]
- Resistencia a la tracción $F_u = 6300$ [kg/cm²]
- Módulo de elasticidad: $E_s = 2,1 \cdot 10^6$ [kg/cm²]

Para el cálculo de materiales se utilizará a modo de referencia las siguientes cuantías aproximadas de acero de refuerzo:

Tabla 4.1: Cuantía aproximada de acero de refuerzo – [kg/m³] de hormigón.

Elemento estructural	[kg/m ³]
Muros	120
Vigas	168
Losas	144
Pilares	216

4.1.3 Cargas de diseño

4.1.3.1 *Peso Propio (PP)*

El peso propio de la estructura de Hormigón Armado corresponde a 2500 [kg/m³].

4.1.3.2 *Sismo (S)*

La caracterización del tipo de suelos para el cálculo de las fuerzas sísmicas y el empuje que este genera en el subterráneo de la estructura, se realizó utilizando la mecánica de suelos disponible del lugar más cercano a la futura ubicación del laboratorio que corresponde al “Informe de ingeniería geotécnica edificio SAE UCSC” el cual consiste en la clasificación geotécnica de suelos a partir de tres sondajes realizados en el Campus San Andrés de la UCSC.

Las fuerzas sísmicas sobre la estructura se calcularon según lo indicado en Nch 433 Of 2009 considerando los cambios aplicados a esta norma que se encuentran en el Decreto supremo N° 61. Para iniciar el análisis sísmico fue necesario identificar las siguientes características del proyecto:

- Zona Sísmica = 3
- Categoría de Ocupación = III
- Tipo de suelo = D

Se realizó un análisis estático, ya que la estructura cumple con la característica de no ser mayor a cinco pisos y tener una altura no mayor a 20 [m].

Este método consiste en aplicar cargas estáticas en los centros de masa de cada uno de los pisos en dos sentidos ortogonales.

El cálculo realizado siguió el siguiente procedimiento:

El valor máximo del coeficiente sísmico:

Tabla 4.2: Valores máximo del coeficiente sísmico C.

R	$C_{m\acute{a}x.}$
2	$0,90 SA_o / g$
3	$0,60 SA_o / g$
4	$0,55 SA_o / g$
5.5	$0,40 SA_o / g$
6	$0,35 SA_o / g$
7	$0,35 SA_o / g$

Fuente: NCh 433 Of.96.

- Coeficiente de importancia $I = 1,2$
- Aceleración efectiva $A_o = 0,4 * g$
- Parámetro que depende del tipo de suelo $S = 1,2$
- Factor de modificación de la respuesta estructural $R = 7$

El esfuerzo de corte basal está dado por:

$$Q_o = CIP$$

Donde:

C: Coeficiente sísmico (en este análisis se utilizará el C_{\max}).

I: Valor según categoría del edificio.

P: Peso total del edificio sobre el nivel basal.

La fuerza sísmica horizontal fue calculada con la siguiente fórmula:

$$F_k = \frac{A_k P_k}{\sum_{j=1}^N A_j P_j} Q_o$$

En que

$$A_k = \sqrt{1 - \frac{Z_{k-1}}{h}} - \sqrt{1 - \frac{Z_k}{h}}$$

Donde:

A_k : Factor de ponderación para el peso asociado al nivel k

P_k : Peso asociado al nivel k

h: Altura total del edificio sobre nivel basal;

Z_k : Altura del nivel k sobre el nivel basal

El peso asociado a cada nivel se determina siguiendo la siguiente metodología

- Se considera la carga muerta total de Losas y Vigas.
- Se considera la mitad de la carga de Muros y Columnas tanto sobre como bajo la losa.

En la Figura 4.1 se muestra el peso asociado al nivel k.

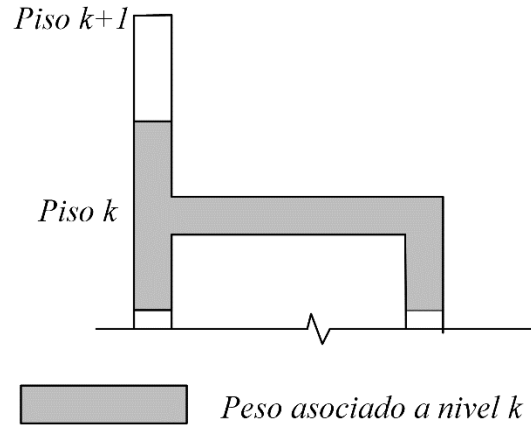


Figura 4.1: Distribución de peso por piso.

Centro de masa

La fuerza sísmica horizontal en sus direcciones ortogonales X e Y son aplicadas en los centros de masa correspondientes a cada piso, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones según piso:

- El cálculo de la posición del centro de masa para el primer nivel se realizó dividiendo la losa en rectángulos y en vez de utilizar las áreas de cada rectángulo para el cálculo se utilizó el volumen ya que la losa a lo largo tiene diferente espesor. Las fórmulas aplicadas para este caso son:

$$X_{cm} = \frac{\sum V_i * X_i}{\sum V_i}$$

$$Y_{cm} = \frac{\sum V_i * Y_i}{\sum V_i}$$

Donde

X_{cm}, Y_{cm} : Coordenadas del Centro de Masa;

V_i : Volumen del rectángulo i;

X_i, Y_i : Coordenadas al centro del centro de rectángulo i;

- Para el segundo nivel se utilizaron dos centros de masa uno en cada muro, dividiendo la fuerza S_x y S_y en dos partes iguales y aplicándolas en $L/2$ de cada muro para cada una de las direcciones. En la Figura 4.2 se muestra la aplicación de estas cargas.

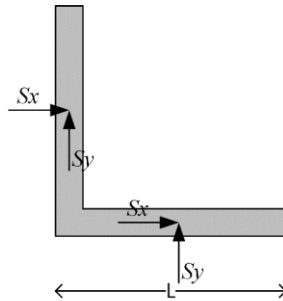


Figura 4.2: Ubicación carga sísmica por muro.

Finalmente, se tiene una distribución de cargas por pisos de:

- Piso 1: $S_x, S_y = 483691$ [N]
- Piso 2: $S_x, S_y = 163150$ [N] (Por muro)

En el *Anexo A* se puede observar en detalle el cálculo de cada una de estas cargas.

4.1.3.3 Empuje de tierra (ET)

La carga causada por el empuje del suelo es considerada como una carga permanente, esta fue calculada con valores empíricos previamente conociendo el tipo de suelo que ejerce esta presión que corresponde a arcilla.

Esta carga fue aplicada alrededor de toda la estructura desde los 0 a los -2,5 [m], se asume un empuje en reposo.

- Peso específico aparente Arcilla: $\gamma = 15$ [kN/m³]
- Ángulo de fricción interno: $\phi' = 16^\circ$
- Coeficiente de empuje en reposo: $K_o = 1 - \text{sen}\phi' = 0,7$
- Empuje Suelo: $E = K_o * \gamma * H$

Esta será una carga triangular distribuida a lo largo de todos los muros del subterráneo donde

- $E (H=0) = 0 \text{ [Pa]}$
- $E (H=-2.5 \text{ [m]}) = 26250 \text{ [Pa]}$

4.1.3.4 Cargas permanentes (CP)

Se considerará carga permanente al marco de reacción que consiste en una estructura de perfiles de acero de un peso total de 2,9 [t], ésta será aplicada en la losa de reacción como dos cargas puntuales espaciada a 4 [m] de 1,45 [t] c/u.

Además, se agrega el peso del Muro Tipo 1 que se ensayará en el marco de reacción el cual tiene una base de 0,5 x 2,5 [m], y genera una carga uniforme de 23299 [Pa] en la losa de reacción.

4.1.3.5 Sobrecarga de Uso (q_k)

La sobrecarga de uso uniformemente distribuida aplicada en la losa según NCh 1537, corresponde a $q_k=6,0 \text{ [MPa]}$ para Tipo de edificio: Fábrica y Uso: Áreas con maquinaria pesada

4.1.3.6 Sobrecarga de uso concentrado (Q_k)

La sobrecarga puntual será aplicada al elemento en la posición más desfavorable. Ésta es calculada considerando que ella es aplicada sobre una superficie cuadrada de 0,1 [m] de lado y que tiene un valor igual a la sobrecarga de uso.

- $Q_k = (0,1 \text{ m})^2 * 6000 \text{ Pa} = 60 \text{ [N]}$

4.1.3.7 *Cargas de puntuales (C)*

Tanto el muro como la losa tendrán esfuerzos adicionales a los de las estructuras comunes, ya que en ellos se ensayarán estructuras y, por lo tanto, tienen que ser capaces de fijar los modelos a ensayar y los diferentes dispositivos de aplicación de carga además de resistir cada uno de estos esfuerzos extras.

4.1.3.8 *Marco de reacción (CM)*

El marco de reacción es capaz de aplicar una carga de 25 [t] al muro a ensayar, esta es transmitida a la losa por toda el área de la base del muro como una carga distribuida de 196200 [Pa].

4.1.3.9 *Cilindro Hidráulicos (CC)*

Se determinaron puntos estratégicos en los muros donde podrían instalarse los cilindros hidráulicos distribuidos como se muestran en la Figura 4.3. Se determinaron tres posiciones en la dirección Z y cada una de ellas cuatro posibles lugares en la dirección X, lo mismo se realizó en el muro del plano Y-Z. Se determina un punto central el cual se utilizará para el estudio de ensayos en dos direcciones.

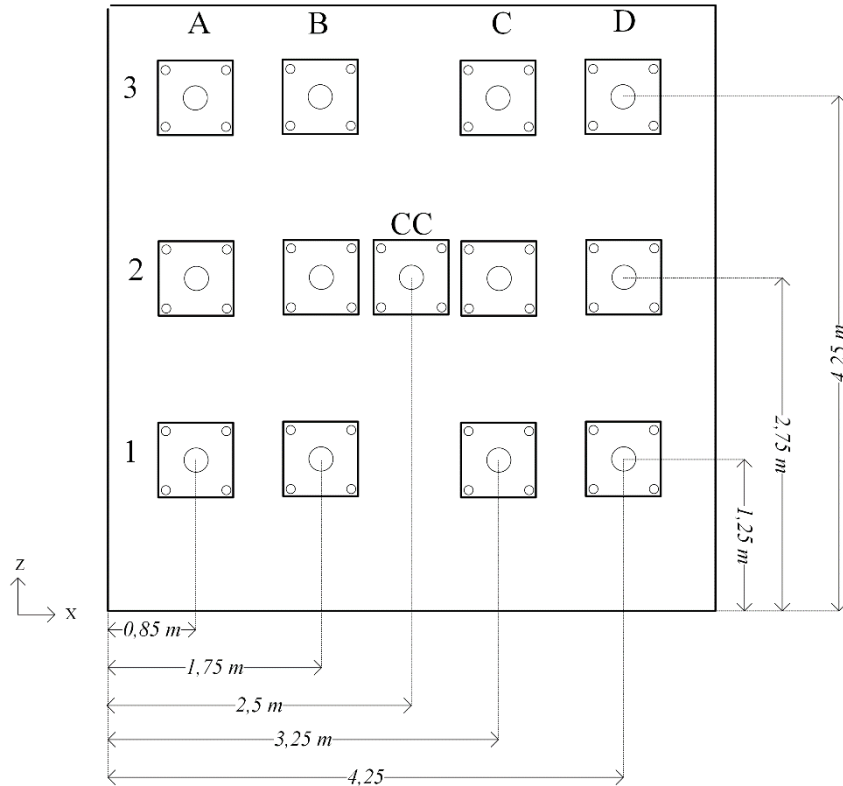


Figura 4.3: Distribución de cilindros en muro de reacción.

Cada actuador tiene la capacidad de empujar y tirar, estas cargas se consideran cargas de impacto y se transfieren al muro como se muestra a continuación:

4.1.3.9.1 Empuje (E)

El actuador tiene una capacidad máxima de empuje de 294300 [N] (30 [t]) ésta se transmitirá al muro por medio de una base de 0,6 x 0,6 [m] produciendo una presión de 817500 [Pa]. En la Figura 4.4 se muestra cómo ejerce la presión en el muro el actuador hidráulico al momento de empujar una estructura.

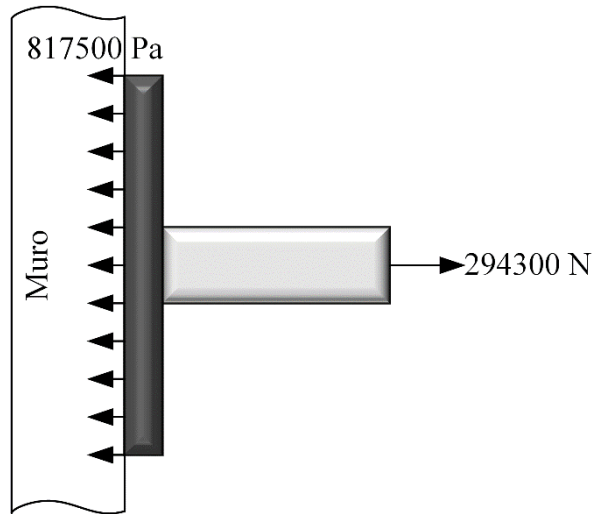


Figura 4.4: Presión en el muro al empujar una estructura.

4.1.3.9.2 Tirar (T)

El actuador tiene una capacidad máxima de tirar de 53000 [N] esta se transmitirá al muro por medio de cuatro anclajes separados a 0,5 [m] produciendo cuatro fuerzas puntuales de 13250 [N] c/u. La Figura 4.5 muestra las fuerzas puntuales en el muro por el actuador hidráulico al momento de tirar una estructura.

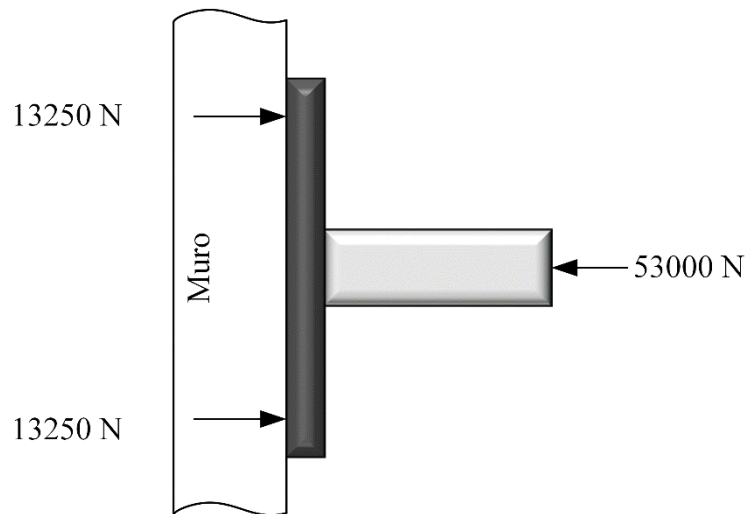


Figura 4.5: Fuerzas puntuales en el muro al tirar una estructura.

4.1.3.10 Muros a Ensayar (L)

Fue necesario para el análisis estimar el efecto que produce en la losa los muros al ser ensayados, para esto se usaron dos muros tipo con diferentes combinaciones de carga. La Figura 4.6 muestra la geometría de los muros tipos a ser ensayado y a continuación la *Tabla 4.3* las dimensiones de cada uno de estos.

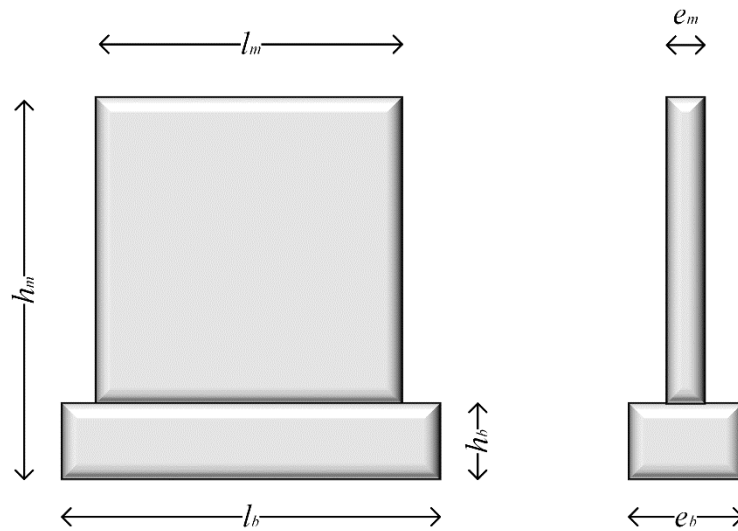


Figura 4.6: Geometría muros tipo.

Donde

h_m : Altura total del muro;

h_b : Altura base del muro;

l_b : Largo base del muro;

l_m : Largo muro;

e_m : Espesor muro;

e_b : Espesor base;

Tabla 4.3: Dimensiones Muros Tipo.

Tipo	l_b [m]	e_b [m]	h_b [m]	l_m [m]	e_m [m]	h_m [m]
1	2,5	0,5	0,5	1,5	0,25	2
2	3,5	0,5	0,5	2,5	0,25	3

Para cada uno de los ensayos se agregará una carga vertical adicional sobre el muro, ésta corresponde a dos veces el valor del peso del muro, esta carga simulará dos pisos sobre el muro a ensayar.

Las reacciones aplicadas sobre la losa por efecto de los diferentes tipos de ensayos se calcularán en función de las dimensiones del muro tipo y las siguientes variables:

W: Peso de base y muro a ensayar;

- $W_{\text{Muro 1}} = 29124$ [N]
- $W_{\text{Muro 2}} = 59780$ [N]

SC: Sobrecarga vertical;

- $SC_{\text{Muro 1}} = 27591$ [N]
- $SC_{\text{Muro 2}} = 76641$ [N]

h_c : Altura del cilindro que ejerce la fuerza;

- $h_{c1} = 1,25$ [m]
- $h_{c2} = 2,75$ [m]

F: Empuje generado por el cilindro;

- $F = 294300$ [N]

Las posiciones tanto de muro y cilindro para el cálculo de las reacciones que estos ejercen en la losa son las siguientes:

4.1.3.10.1 Caso 1

Se aplica la fuerza máxima del cilindro en el muro tipo 1 y 2 esta fuerza genera las reacciones A y B, cada una de estas reacciones se dividen en partes iguales ($A/2$ y $B/2$) y se aplican en la losa de reacción. Para conocer el valor de cada una de estas reacciones se realizó el siguiente procedimiento:

$$\sum Fy = 0$$

$$-A - B - W - SC = 0$$

$$\sum MA = 0$$

$$-B * l_b - (W + SC) * \frac{l_b}{2} - F * h_c = 0$$

Resultando

Caso 1 – Muro 1

$$B = - \frac{F * h_{c1}}{l_{b1}} - \frac{(W1 + SC1)}{2}$$

$$B = - \frac{294300 * 1,25}{2,5} - \frac{(29124 + 27591)}{2} = -175508 [N]$$

$$A = -W1 - SC1 - B$$

$$A = -29124 - 27591 - (-175508) = 118793 [N]$$

Caso 1 – Muro 2

$$B = - \frac{F * h_{c2}}{l_{b2}} - \frac{(W2 + SC2)}{2}$$

$$B = - \frac{294300 * 2,75}{3,5} - \frac{(59780 + 76641)}{2} = -299446 [N]$$

$$A = -W/2 - SC/2 - B$$

$$A = -59780 - 76641 - (-299446) = 163025 \text{ [N]}$$

La Figura 4.7 muestra las reacciones que genera el esfuerzo aplicado en el muro a la losa de reacción.

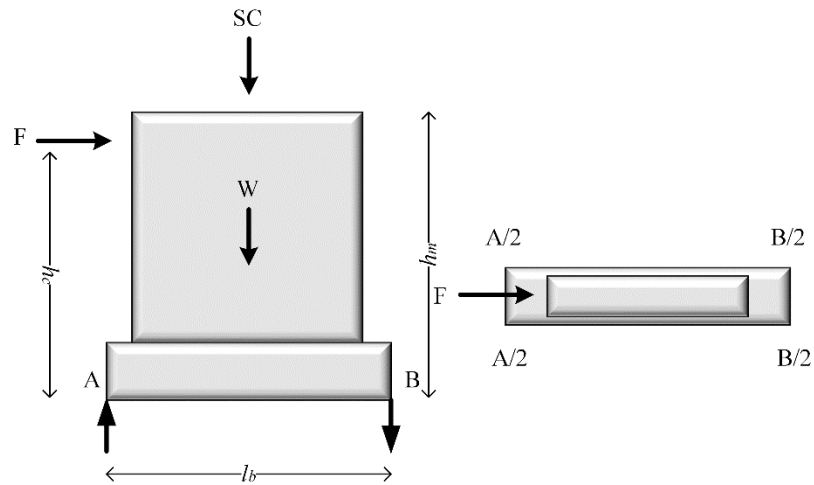


Figura 4.7: Vista frontal y en planta del muro ensayado y distribución de esfuerzo en la losa de reacción.

4.1.3.10.2 Caso 2

Para este caso sólo se utiliza el muro Tipo 2, se aplican dos fuerzas al muro como muestra la Figura 4.8, esta fuerza tiene una magnitud de la mitad del esfuerzo máximo que es capaz de empujar cada cilindro.

Al resolver el sistema se obtienen dos reacciones A y B, cada una de estas reacciones se dividen en partes iguales ($A/2$ y $B/2$) y se aplican en la losa de reacción. Para conocer el valor de cada una de estas reacciones se realizó el siguiente procedimiento:

$$\sum Fy = 0$$

$$-A - B - W - SC = 0$$

$$\sum MA = 0$$

$$-B * l_b - W * \frac{l_b}{2} - SC * \frac{l_b}{2} - \frac{F}{2} * h_{c1} - \frac{F}{2} * h_{c2} = 0$$

Resultando

$$F = \frac{294300}{2} = 147150 \text{ [N]}$$

$$B = -\frac{F}{l_b} * (h_{c1} + h_{c2}) - \frac{W + SC}{2}$$

$$B = -\frac{147150}{3,5} * (1,25 + 2,75) - \frac{59780 + 76641}{2} = -236382 \text{ [N]}$$

$$A = -W - SC - B$$

$$A = -59780 - 76641 - (-236382) = 99961 \text{ [N]}$$

La Figura 4.8 muestra las reacciones que genera el esfuerzo aplicado en el muro a la losa de reacción.

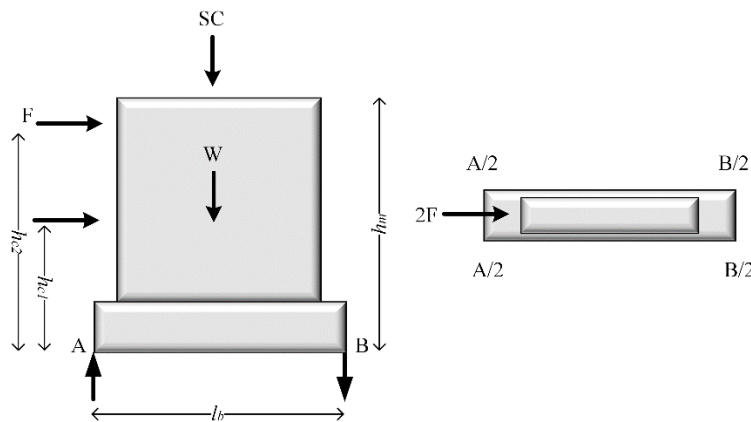


Figura 4.8: Vista frontal y en planta del muro ensayado y distribución de esfuerzo en la losa de reacción.

4.1.3.10.3 Caso 3

Se utiliza el muro Tipo 2, y se le aplican dos fuerzas a la misma altura espaciadas a 1,5 [m] una de la otra, ambas con las mismas distancias al centro del muro. Cada una de estas fuerzas tiene una magnitud de la mitad del esfuerzo máximo que es capaz de empujar cada cilindro.

Al resolver el sistema se obtienen dos reacciones A y B, cada una de estas reacciones se dividen en partes iguales ($A/2$ y $B/2$) y se aplican en la losa de reacción. Para conocer el valor de cada una de estas reacciones se realizó el siguiente procedimiento:

$$\sum Fy = 0$$

$$-A + B - W - SC = 0$$

$$\sum MA = 0$$

$$-B * e_b - W * \frac{e_b}{2} - SC * \frac{e_b}{2} - 2F * h_c = 0$$

Resultando

$$F = \frac{294300}{2} = 147150 [N]$$

$$B = -\frac{2F * h_c}{e_b} - \frac{W + SC}{2}$$

$$B = -\frac{2 * 147150 * 2,75}{0,5} - \frac{59780 + 76641}{2} = -1686861 [N]$$

$$A = -W - SC - B$$

$$A = -59780 - 76641 - (-1686861) = 1550440 [N]$$

La Figura 4.9 muestra las reacciones que genera el esfuerzo aplicado en el muro a la losa de reacción.

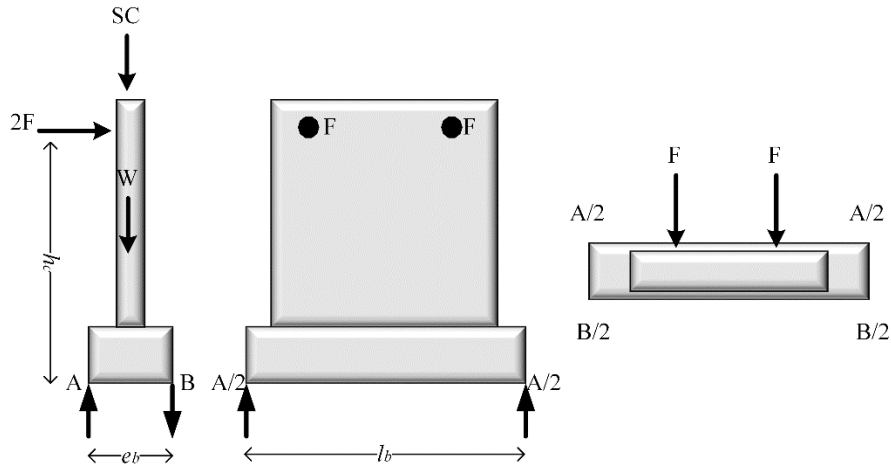


Figura 4.9: Vista frontal y en plata del muro ensayado y distribución de esfuerzo en la losa de reacción.

4.1.3.10.4 Caso 4 (Ensayo en dos direcciones)

La finalidad de hacer un muro en forma de “L” es poder realizar ensayos en dos direcciones. Se utiliza el muro Tipo 2, y se le aplican dos fuerzas a la misma altura en el centro de la cara frontal y la lateral. Cada una de estas fuerzas tiene una magnitud de la mitad del esfuerzo máximo que es capaz de empujar cada cilindro.

Fue necesario resolver dos sistemas de ecuaciones, de los cuales se obtendrán las reacciones A, B, C y D, como no se consideró el peso propio del muro a ensayar ni la sobrecarga, éstas se dividen en cuatro partes iguales y se aplican en cada uno de los extremos de la base del muro a ensayar. Finalmente, se tendrá cuatro reacciones E, G, H e Y que corresponde al valor final que será aplicado a la losa de reacción. Para conocer el valor de cada una de estas reacciones se realizó el siguiente procedimiento:

Sistema 1

$$\sum Fy = 0$$

$$-A - B = 0$$

$$\sum MA = 0$$

$$-B * e_b - F * h_c = 0$$

Resultando

$$F = \frac{294300}{2} = 147150 [N]$$

$$B = -\frac{F * h_c}{e_b}$$

$$B = -\frac{147150 * 2,75}{0,5} = -809325 [N]$$

$$A = -B$$

$$A = 809325 [N]$$

Sistema 2

$$\sum Fy = 0$$

$$-C - D = 0$$

$$\sum MC = 0$$

$$-D * l_b - F * h_c = 0$$

Resultando

$$D = -\frac{F * h_c}{l_b}$$

$$D = -\frac{147150 * 2,75}{3,5} = -115618 [N]$$

$$C = -D$$

$$C = 115618 [N]$$

Los esfuerzos que genera sobre la losa de reacción son los siguientes:

$$E = \frac{A}{2} + \frac{C}{2} - \frac{W + SC}{4} = \frac{809325}{2} + \frac{115618}{2} - \frac{59780 + 76641}{4} = 428366[N]$$

$$G = \frac{A}{2} + \frac{D}{2} - \frac{W + SC}{4} = \frac{809325}{2} + \frac{-115618}{2} - \frac{59780 + 76641}{4} = 312748[N]$$

$$H = \frac{B}{2} + \frac{D}{2} - \frac{W + SC}{4} = \frac{-809325}{2} + \frac{-115618}{2} - \frac{59780 + 76641}{4} = 496577[N]$$

$$I = \frac{B}{2} + \frac{C}{2} - \frac{W + SC}{4} = \frac{-809325}{2} + \frac{115618}{2} - \frac{59780 + 76641}{4} = 380959[N]$$

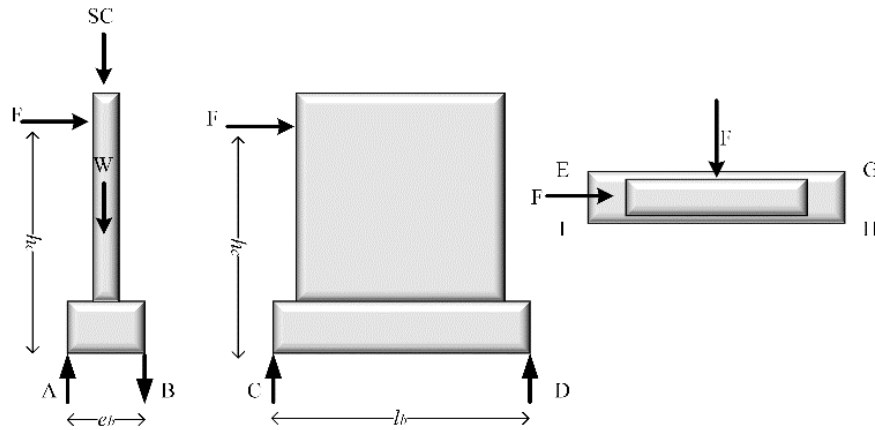


Figura 4.10: Vista frontal, lateral y en planta del muro ensayado y distribución de esfuerzo en la losa de reacción.

4.1.4 Combinaciones de carga

Para el análisis de la estructura, se considerarán los siguientes estados de carga:

- Peso propio (PP)
- Sismo en dos sentidos ortogonales (S)
- Cargas permanentes (SC):
 - Empuje tierra (ET)
 - Sobrecarga de uso (qk)
 - Sobrecarga de uso concentrado (Qk)
 - Carga Permanente; marco de reacción (P1)
 - Carga Permanente; muro a ensayar por marco de reacción (P2)
- Carga puntual; marco de reacción (C)
- Carga puntual cilindro empujando (E)

Donde, por ejemplo: (EXC1) Corresponde a la carga de puntual del cilindro en el muro X posición C y altura 1, se tienen 12 diferentes posiciones de este tipo de carga por muro.
- Carga puntual cilindro tira (T);

Donde, por ejemplo: (TXC1) Corresponde a la carga de puntual del cilindro en el muro X posición C y altura 1, se tienen 12 diferentes posiciones de este tipo de carga por muro.
- Carga puntual losa (L)

Donde, por ejemplo: (L1XA1) Corresponde a las reacciones en la losa por el ensayo Caso 1 en el muro X donde actúa el cilindro en posición A altura 1.
- Carga puntual losa ensayo en 2 direcciones (LCC).

Los estados de carga indicados, se consideran para las siguientes combinaciones de carga:

4.1.4.1 *Combinación de carga estructura sin equipos*

1) $CA = 1,2 PP + 1,6 ET + 1,6 qk$

4.1.4.2 *Combinación de carga – Marco de reacción*

2) $CM = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 IM$

4.1.4.3 *Combinaciones de carga – Caso 1*

3) $C1XA1 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 EXA1 + 1,6 LIXA1$

4) $C1XB1 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 EXB1 + 1,6 LIXB1$

5) $C1XC1 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 EXC1 + 1,6 LIXC1$

6) $C1XD1 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 EXD1 + 1,6 LIXD1$

7) $C1XA2 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 EXA1 + 1,6 LIXA2$

8) $C1XB2 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 EXB1 + 1,6 LIXB2$

9) $C1XC2 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 EXC1 + 1,6 LIXC2$

10) $C1XD2 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 EXD1 + 1,6 LIXD2$

11) $C1YA1 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 EYA1 + 1,6 LIYA1$

12) $C1YB1 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 EYB1 + 1,6 LIYB1$

13) $C1YC1 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 EYC1 + 1,6 LIYC1$

14) $C1YD1 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 EYD1 + 1,6 LIYD1$

15) $C1YA2 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 EXA1 + 1,6 LIYA2$

16) $C1YB2 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 EXB1 + 1,6 LIYB2$

17) $C1YC2 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 EXC1 + 1,6 LIYC2$

18) $C1YD2 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 EXD1 + 1,6 LIYD2$

4.1.4.4 *Combinaciones de carga – Caso 2*

19) $C2XA = 1,2 PP + 1,6 SC + 0,8 EXA1 + 0,8 EXA2 + 1,6 L2XA$

20) $C2XB = 1,2 PP + 1,6 SC + 0,8 EXB1 + 0,8 EXB2 + 1,6 L2XB$

21) $C2XC = 1,2 PP + 1,6 SC + 0,8 EXC1 + 0,8 EXC2 + 1,6 L2XC$

22) $C2XD = 1,2 PP + 1,6 SC + 0,8 EXD1 + 0,8 EXD2 + 1,6 L2XD$

23) $C2YA = 1,2 PP + 1,6 SC + 0,8 EYA1 + 0,8 EYA2 + 1,6 L2YA$

24) $C2YB = 1,2 PP + 1,6 SC + 0,8 EYB1 + 0,8 EYB2 + 1,6 L2YB$

25) $C2YC = 1,2 PP + 1,6 SC + 0,8 EYC1 + 0,8 EYC2 + 1,6 L2YC$

26) $C2YD = 1,2 PP + 1,6 SC + 0,8 EYD1 + 0,8 EYD2 + 1,6 L2YD$

4.1.4.5 *Combinaciones de carga – Caso 3*

$$27) C3X = 1,2 PP + 1,6 SC + 0,8 EXB2 + 0,8 EXC2 + 1,6 L3X$$

$$28) C3Y = 1,2 PP + 1,6 SC + 0,8 EYB2 + 0,8 EYC2 + 1,6 L3Y$$

4.1.4.6 *Combinaciones de carga – Caso 4 (2D)*

$$29) CXCC = 1,2 PP + 1,6 SC + 0,8 EXCC + 0,8 EYA2 + 1,6 LXCC$$

$$30) CYCC = 1,2 PP + 1,6 SC + 0,8 EYCC + 0,8 EXA2 + 1,6 LYCC$$

4.1.4.7 *Combinaciones de carga – Cilindros Empuja (Z3)*

$$31) CXA3 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 EXA3$$

$$32) CXB3 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 EXB3$$

$$33) CXC3 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 EXC3$$

$$34) CXD3 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 EXD3$$

$$35) CYA3 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 EYA3$$

$$36) CYB3 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 EYB3$$

$$37) CYC3 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 EYC3$$

$$38) CYD3 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 EYD3$$

4.1.4.8 *Combinaciones de carga – Cilindros Tira*

$$39) CTXA1 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 TXA1$$

$$40) CTXA2 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 TXA2$$

$$41) CTXA3 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 TXA3$$

$$42) CTXB1 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 TXB1$$

$$43) CTXB2 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 TXB2$$

$$44) CTXB3 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 TXB3$$

$$45) CTXC1 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 TXC1$$

$$46) CTXC2 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 TXC2$$

$$47) CTXC3 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 TXC3$$

$$48) CTXD1 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 TXD1$$

$$49) CTXD2 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 TXD2$$

$$50) CTXD3 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 TXD3$$

$$51) CTYA1 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 TYA1$$

$$52) CTYA2 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 TYA2$$

$$53) CTYA3 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 TYA3$$

$$54) CTYB1 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 TYB1$$

$$55) CTYB2 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 TYB2$$

$$56) CTYB3 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 TYB3$$

$$57) CTYC1 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 TYC1$$

$$58) CTYC2 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 TYC2$$

$$59) CTYC3 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 TYC3$$

$$60) CTYD1 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 TYD1$$

$$61) CTYD2 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 TYD2$$

$$62) CTYD3 = 1,2 PP + 1,6 SC + 1,6 TYD3$$

4.1.4.9 *Combinaciones de cargas sísmicas*

$$63) CSX = 0,9 PP \mp 1,4 SX + 1,6 ET$$

$$64) CSY = 0,9 PP \mp 1,4 SY + 1,6 ET$$

4.1.5 Análisis estructural

Se realizará una modelación tridimensional de la estructura en el software SAP2000 V18 para obtener los esfuerzos y deformaciones de los elementos estructurales para el diseño de éste.

Se realizarán diferentes métodos dependiendo el elemento a diseñar, para cada método se utilizarán las combinaciones de carga definidas en el Cap.4.1.4.

Las condiciones que deberá cumplir cada elemento son las siguientes:

4.1.5.1 *Losas*

Para el diseño de las losas fue necesario delimitar las deflexiones de ésta al ser sometida a los esfuerzos provocados por los diferentes tipos de ensayos que se realizarán sobre ésta misma, además de cumplir con los valores mínimos de espesor según sus dimensiones.

Se utiliza el código ACI 318 – 14 para la estimación de las deflexiones máximas admisibles además de imponer un valor mínimo de espesor.

En el proyecto considera cuatro losas, tres de estas corresponden a la losa de reacción la cual será sometida grandes esfuerzos debido a los ensayos que se realizarán sobre ella.

Las proporciones de cada una de éstas losas se muestran a continuación:

Tabla 4.4: Dimensiones Losas.

Losa	Ancho [m]	Luz [m]	Espesor [m]
1	5	5	0,4
2	6	5	0,4
3	6	5	0,4
4	8	5	0,25

Cada una de estas losas tiene viga en sus cuatro lados, esto produce momentos en dos direcciones, además cumple con la relación $\text{Ancho} \leq 2 * \text{Luz}$, por lo tanto, la losa es considerada como “Losa en dos direcciones”

Según código ACI Capítulo 8 – losas en dos direcciones se debe considerar:

- Espesor mínimo de las losas

Tabla 4.5: Espesor mínimo de las losas de dos direcciones con vigas entre los apoyos en todos los lados.

$\alpha_{fm}^{[1]}$	Espesor mínimo, h , mm		
$\alpha_{fm} \leq 0.2$	Se aplica 8.3.1.1		(a)
$0.2 < \alpha_{fm} \leq 2.0$	Mayor de:	$h = \frac{\ell_n \left(0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0.2)}$	(b) ^{[2], [3]}
		125	(c)
$\alpha_{fm} > 2.0$	Mayor de:	$h = \frac{\ell_n \left(0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$	(d) ^{[2], [3]}
		90	(e)

Fuente: ACI Capítulo 8.

Donde:

α_{fm} : Es el valor promedio de α_f para todas las vigas de borde de un panel;

ℓ_n : Luz libre en la dirección larga;

β : Es la relación de la luz libre en la dirección larga a la luz libre en la dirección corta de la losa;

$$\alpha_f = \frac{E_{cb}I_b}{E_{cs}I_s}$$

Donde:

E_{cb} : Módulo de elasticidad del concreto de la viga;

I_b : Momento de inercia de la sección bruta de una viga con respecto al eje que pasa por el centroide;

E_{cs} : Módulo de elasticidad del concreto de la losa;

I_s : Momento de inercia de la sección bruta de una losa con respecto al eje que pasa por el centroide;

Para el cálculo del momento de inercia se considera que las vigas incluyen porciones de losa como si fueran alas. En la Figura 4.11 se presentan dos ejemplos.

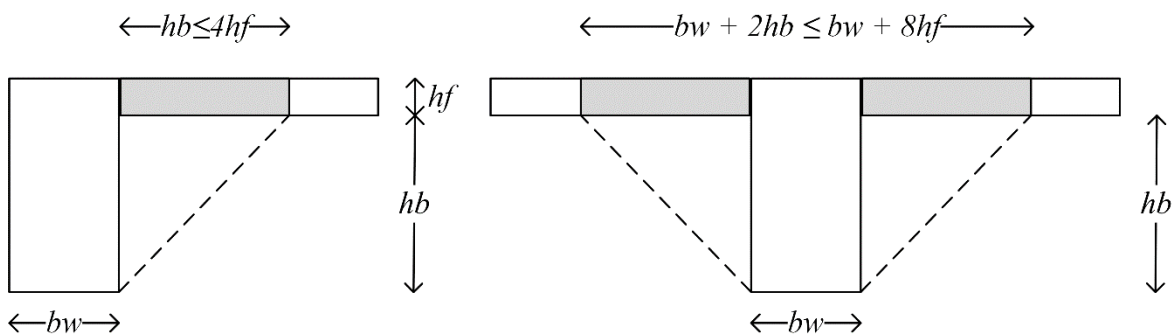


Figura 4.11: Porción de losa para el cálculo del momento de inercia de vigas.

La inercia para una sección compuesta es calculada con la expresión del “Teorema de ejes Paralelos”, previo cálculo del centroide de áreas compuestas:

$$I_b = \sum I_i + A_i * (d_i)^2$$

$$I_i = \frac{b * h^3}{12}$$

Donde:

b: Base de la sección;

h: Altura de la sección;

I_i: Inercia de cada una de sus partes;

A_i: Área de cada una de sus partes;

d: Distancia desde el eje centroidal de la figura compuesta hasta el centroide de cada una de sus partes;

Para el cálculo del momento de inercia en losas se considera una porción de losa igual a $\ell_i/2$, donde ℓ_i es la luz medida centro a centro las vigas, como muestra la Figura 4.12.

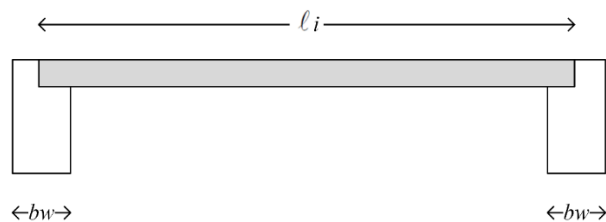


Figura 4.12: Porción de losa para el cálculo del momento de inercia de losas.

A continuación, se presenta en detalle el cálculo de los espesores mínimos:

Momento de inercia vigas (I_b)

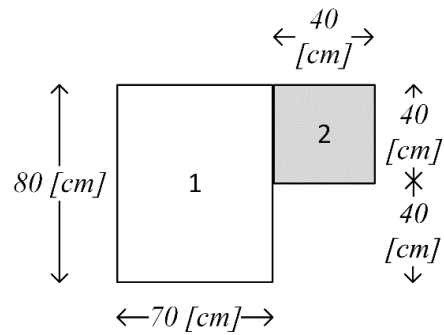


Figura 4.13: Viga y porción de losa.

$$\bar{y} = \frac{\bar{y}_1 * A_1 + \bar{y}_2 * A_2}{A_1 + A_2}$$

$$\bar{y} = \frac{40 * 70 * 80 + 60 * 40 * 40}{70 * 80 + 40 * 40} = 44,44 \text{ [cm]}$$

$$I = I_1 + A_1 * (\bar{y} - \bar{y}_1)^2 + I_2 + A_2 * (\bar{y} - \bar{y}_2)^2$$

$$I = \frac{70 * 80^3}{12} + 70 * 80 * (44,44 - 40)^2 + \frac{40 * 40^3}{12} + 40 * 40 * (44,444 - 60)^2$$

$$I_{b1} = 3.697.777,78 \text{ [cm}^4\text{]}$$

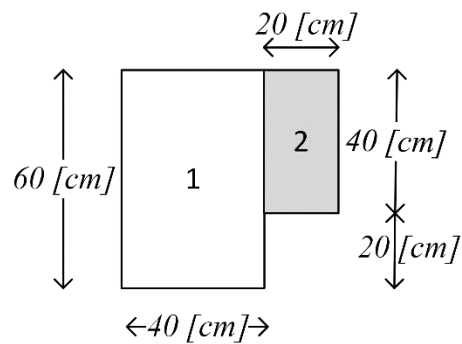


Figura 4.14: Viga y porción de losa.

$$\bar{y} = \frac{\bar{y}_1 * A_1 + \bar{y}_2 * A_2}{A_1 + A_2}$$

$$\bar{y} = \frac{30 * 40 * 60 + 40 * 40 * 20}{40 * 60 + 40 * 20} = 32,5 [cm]$$

$$I = I_1 + A_1 * (\bar{y} - \bar{y}_1)^2 + I_2 + A_2 * (\bar{y} - \bar{y}_2)^2$$

$$I = \frac{40 * 60^3}{12} + 40 * 60 * (32,5 - 30)^2 + \frac{20 * 40^3}{12} + 20 * 40 * (32,5 - 40)^2$$

$$I_{b2} = 886666,67 [cm^4]$$

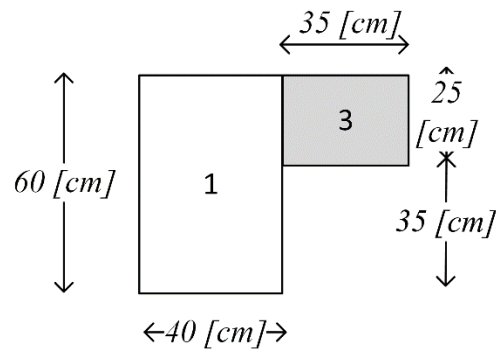


Figura 4.15: Viga y porción de losa.

$$\bar{y} = \frac{\bar{y}_1 * A_1 + \bar{y}_2 * A_2}{A_1 + A_2}$$

$$\bar{y} = \frac{30 * 40 * 60 + 47,5 * 35 * 25}{40 * 60 + 35 * 25} = 34,68 [cm]$$

$$I = I_1 + A_1 * (\bar{y} - \bar{y}_1)^2 + I_2 + A_2 * (\bar{y} - \bar{y}_2)^2$$

$$I = \frac{40 * 60^3}{12} + 40 * 60 * (34,68 - 30)^2 + \frac{35 * 25^3}{12} + 35 * 25 * (34,68 - 47,5)^2$$

$$I_{b3} = 961946,96 [cm^4]$$

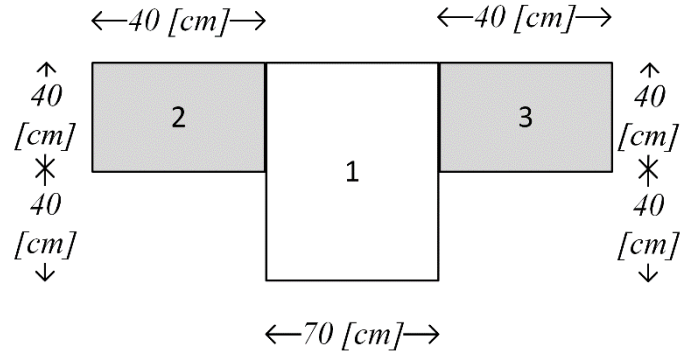


Figura 4.16: Viga y porción de losa.

$$\bar{y} = \frac{\bar{y}_1 * A_1 + \bar{y}_2 * A_2 + \bar{y}_3 * A_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

$$\bar{y} = \frac{40 * 70 * 80 + 60 * 40 * 40 + 60 * 40 * 40}{70 * 80 + 40 * 40 + 40 * 40} = 47,273 \text{ [cm]}$$

$$I = I_1 + A_1 * (\bar{y} - \bar{y}_1)^2 + I_2 + A_2 * (\bar{y} - \bar{y}_2)^2 + I_3 + A_3 * (\bar{y} - \bar{y}_3)^2$$

$$I = \frac{70 * 80^3}{12} + 70 * 80 * (47,273 - 40)^2 + \frac{40 * 40^3}{12} + 40 * 40 * (47,273 - 60)^2 + \frac{40 * 40^3}{12} + 40 * 40 * (47,273 - 60)^2$$

$$I_{b4} = 5.209.959,543 \text{ [cm}^4\text{]}$$

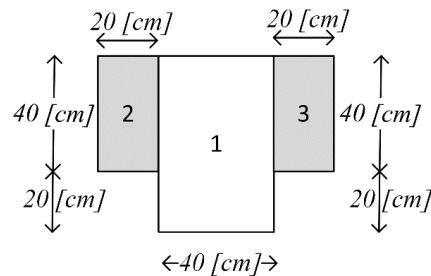


Figura 4.17: Viga y porción de losa.

$$\bar{y} = \frac{\bar{y}_1 * A_1 + \bar{y}_2 * A_2 + \bar{y}_3 * A_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

$$\bar{y} = \frac{30 * 40 * 60 + 40 * 40 * 20 + 40 * 40 * 20}{40 * 60 + 40 * 20 + 40 * 20} = 34 \text{ [cm]}$$

$$I = I_1 + A_1 * (\bar{y} - \bar{y}_1)^2 + I_2 + A_2 * (\bar{y} - \bar{y}_2)^2 + I_3 + A_3 * (\bar{y} - \bar{y}_3)^2$$

$$I = \frac{40 * 60^3}{12} + 40 * 60 * (34 - 30)^2 + \frac{20 * 40^3}{12} + 20 * 40 * (34 - 40)^2 + \frac{20 * 40^3}{12} + 20 * 40 * (34,32 - 40)^2$$

$$I_{b5} = 1029333,33 \text{ [cm}^4\text{]}$$

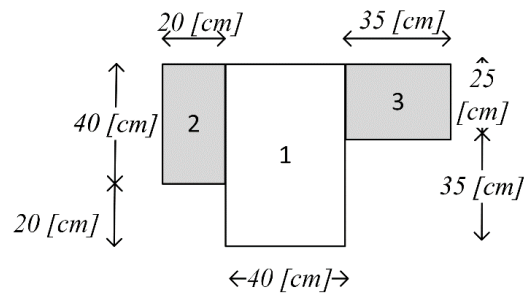


Figura 4.18: Viga y porción de losa.

$$\bar{y} = \frac{\bar{y}_1 * A_1 + \bar{y}_2 * A_2 + \bar{y}_3 * A_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

$$\bar{y} = \frac{30 * 40 * 60 + 40 * 40 * 20 + 47,5 * 25 * 35}{40 * 60 + 40 * 20 + 25 * 35} = 35,72 \text{ [cm]}$$

$$I = I_1 + A_1 * (\bar{y} - \bar{y}_1)^2 + I_2 + A_2 * (\bar{y} - \bar{y}_2)^2 + I_3 + A_3 * (\bar{y} - \bar{y}_3)^2$$

$$I = \frac{40 * 60^3}{12} + 40 * 60 * (35,72 - 30)^2 + \frac{20 * 40^3}{12} + 20 * 40 * (35,72 - 40)^2 + \frac{35 * 25^3}{12} + 35 * 25 * (35,72 - 47,5)^2$$

$$I_{b6} = 1086840,81 \text{ [cm}^4\text{]}$$

Momento de inercia losas (I_s)

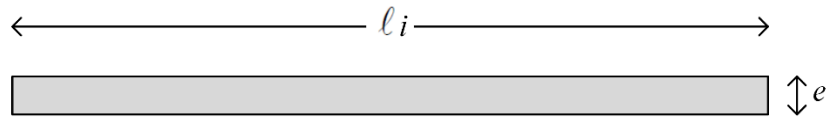


Figura 4.19: Porción de losa para el cálculo del momento de inercia de losas.

$$\frac{\ell_i}{2} = 250 \text{ [cm]} ; e = 40 \text{ [cm]}$$

$$I_{s1} = \frac{250 \cdot 40^3}{12} = 1.333.333,333 \text{ [cm}^4\text{]}$$

$$\frac{\ell_i}{2} = 300 \text{ [cm]} ; e = 40 \text{ [cm]}$$

$$I_{s2} = \frac{300 \cdot 40^3}{12} = 1.600.000 \text{ [cm}^4\text{]}$$

$$\frac{\ell_i}{2} = 250 \text{ [cm]} ; e = 25 \text{ [cm]}$$

$$I_{s3} = \frac{250 \cdot 25^3}{12} = 325.520,833 \text{ [cm}^4\text{]}$$

$$\frac{\ell_i}{2} = 400 \text{ [cm]} ; e = 25 \text{ [cm]}$$

$$I_{s4} = \frac{400 \cdot 25^3}{12} = 520.833,333 \text{ [cm}^4\text{]}$$

Calculo valor promedio de α_{fm} por losa

Losa 1

$$E_{cb} = E_{cs}$$

$$\alpha_{fm1} = \frac{\frac{I_{b1}}{I_{s1}} + \frac{I_{b1}}{I_{s1}} + \frac{I_{b1}}{I_{s1}} + \frac{I_{b4}}{I_{s1}}}{4} = 3,09$$

Losa 2

$$E_{cb} = E_{cs}$$

$$\alpha_{fm2} = \frac{\frac{I_{b2}}{I_{s1}} + \frac{I_{b2}}{I_{s1}} + \frac{I_{b5}}{I_{s2}} + \frac{I_{b5}}{I_{s2}}}{4} = 0,65$$

Losa 3

$$E_{cb} = E_{cs}$$

$$\alpha_{fm3} = \frac{\frac{I_{b2}}{I_{s1}} + \frac{I_{b2}}{I_{s1}} + \frac{I_{b5}}{I_{s2}} + \frac{I_{b6}}{I_{s2}}}{4} = 0,66$$

Losa 4

$$E_{cb} = E_{cs}$$

$$\alpha_{fm4} = \frac{\frac{I_{b3}}{I_{s3}} + \frac{I_{b3}}{I_{s3}} + \frac{I_{b5}}{I_{s4}} + \frac{I_{b6}}{I_{s4}}}{4} = 2,55$$

Si $0,2 < \alpha_{fm} \leq 2$ el espesor mínimo de la losa tendrá que ser mayor que

$$h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$$

$$\beta = \frac{\ell_n}{\ell_m}$$

Si $\alpha_{fm} > 2$ el espesor mínimo de la losa tendrá que ser mayor que

$$h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

Donde:

ℓ_m : Luz libre en la dirección corta;

$$f_y = 420 \text{ [MPa]}$$

Losa 1

$$\beta = \frac{\ell_n}{\ell_m} = \frac{5[m]}{5[m]} = 1$$

$$h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} = \frac{5000 \text{ [mm]} * \left(0,8 + \frac{420 \text{ [MPa]}}{1400} \right)}{36 + 9 * 1} = 122,22 \text{ [mm]}$$

Losa 2

$$\beta = \frac{\ell_n}{\ell_m} = \frac{6[m]}{5[m]} = 1,2$$

$$h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} = \frac{6000 [mm] * \left(0,8 + \frac{420[MPa]}{1400}\right)}{36 + 5 * 1,2 * (0,65 - 0,2)} = 170,54 [mm]$$

Losa 3

$$\beta = \frac{\ell_n}{\ell_m} = \frac{6[m]}{5[m]} = 1,2$$

$$h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} = \frac{6000 [mm] * \left(0,8 + \frac{420[MPa]}{1400}\right)}{36 + 5 * 1,2 * (0,66 - 0,2)} = 170,28 [mm]$$

Losa 4

$$\beta = \frac{\ell_n}{\ell_m} = \frac{8[m]}{5[m]} = 1,6$$

$$h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} = \frac{8000 [mm] * \left(0,8 + \frac{420[MPa]}{1400}\right)}{36 + 9 * 1,6} = 174,6 [mm]$$

➤ Flechas máximas admisibles

Las deflexiones inmediatas y a largo plazo no deben exceder los límites establecidos en la *Tabla 4.6*

Tabla 4.6: Deflexión máxima admisible calculada.

Miembro	Condición		Deflexión considerada	Límite de deflexión
Cubiertas planas	Que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes		Deflexión inmediata debida a L_r , S y R	$\ell/180^{[1]}$
Entrepisos			Deflexión inmediata debida a L	$\ell/360$
Cubiertas o entrepisos	Soporten o están ligados a elementos no estructurales	Susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	La parte de la deflexión total que ocurre después de la unión de los elementos no estructurales (la suma de la deflexión a largo plazo debida a todas las cargas permanentes, y la deflexión inmediata debida a cualquier carga viva adicional) ^[2]	$\ell/480^{[3]}$
		No susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.		$\ell/240^{[4]}$

Fuente: ACI Capítulo 24.

Donde:

ℓ : Luz menor medida entre caras de los apoyos de la losa;

Para este proyecto corresponde una flecha máxima admisible de $\frac{\ell}{480}$, además se le aplicó un factor de seguridad FS = 2, por lo tanto, se utilizó una flecha admisible para todas las cuatro losas de $\frac{\ell}{960}$.

$$\frac{\ell}{960} = \frac{5000}{960} = 5,208[mm]$$

Las flechas máximas para cada una de las losas se detallan en *Anexo B*.

4.1.5.2 Muros

El análisis se realizará estudiando secciones de muro de ancho b, se analizará que cada una de estas secciones como vigas rectangulares doblemente armadas.

Se colocan barras de acero de refuerzo en el lado sometido a tensión ya que las vigas de concreto simple son ineficientes como elementos sometidos a flexión debido a que la resistencia a la tensión en flexión del hormigón es una pequeña fracción de la resistencia a la compresión. En consecuencia, estas vigas fallan en el lado sometido a tensión a cargas bajas mucho antes de que se desarrolle la resistencia completa del concreto en el lado de compresión.

Se utilizó doble armadura ya que las cargas a las que está sometido el muro estructural se invierten, cambiando el signo del momento flector convirtiendo la cara comprimida en traccionada y viceversa.

Para el diseño de los muros de reacción y subterráneo, se realizó un análisis a flexión asegurando que estos permanezcan en un rango elástico no fisurado delimitando el momento máximo capaz de resistir los muros antes de agrietarse ya que estos muros por los diferentes tipos de ensayos necesitan una resistencia mayor a la que requiere un muro norma, con esto aseguramos que las deformaciones sean pequeñas y eliminar la posibilidad de agrietamiento

del muro. Además, se estimará el Área de acero y espaciamento de barras de cada una de estas secciones mínima para que cumpla las condiciones antes mencionadas.

Se define una sección transformada donde el área aportada por las barras de acero es reemplazada por un área equivalente de hormigón, determinada por la razón modular, $n = \frac{E_s}{E_c}$

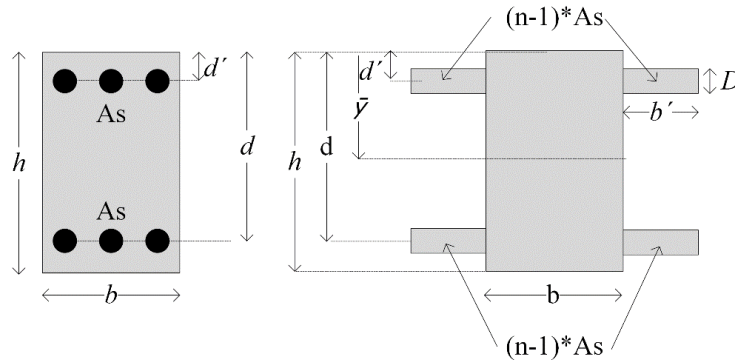


Figura 4.20: Sección transformada viga doblemente armada.

Si la sección está sometida a un momento flector M, el momento máximo que es capaz de resistir la viga antes de agrietarse corresponde a:

$$M_{gr} = \frac{f_r * I}{(h - \bar{y})}$$

Donde

M: Momento flector al que es sometido;

\bar{y} : Posición del eje neutro de la sección transformada;

I: Momento de inercia de la sección transformada;

f_r : Módulo de rotura del hormigón; $f_r = 34,94$ [kg/cm²]

El eje neutro y momento de inercia de la sección transformada se calculó de la siguiente forma:

$$\bar{y} = \frac{b * h * \frac{h}{2} + b * h * (n - 1) * A_s * d + (n - 1) * A_s * d'}{b * h + 2 * (n - 1) * A_s}$$

$$(n - 1) * A_s = b' * D$$

$$b' = \frac{(n - 1) * A_s}{D}$$

$$I = \frac{b * h^3}{12} + b * h * \left(\frac{h}{2} - \bar{y}\right)^2 + 2 * \frac{b' * D^3}{12} + (n - 1) * A_s * (d - \bar{y})^2 + (n - 1) * A_s * (d' - \bar{y})^2$$

También se calculó el momento resistente total M_n , con el fin de evitar fallas frágiles por cargas accidentales, para el cálculo se consideró acero a tracción y compresión en fluencia:

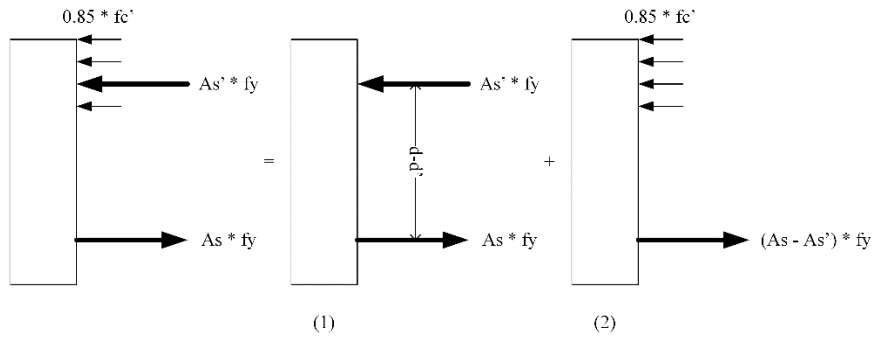


Figura 4.21: Desglose viga doblemente armada.

$$M_n = M_{n1} + M_{n2}$$

$$M_{n1} = As' * fy * (d - d')$$

$$M_{n2} = (As - As') * fy * \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

Como $As = As'$, $M_{n2} = 0$

$$M_n = As' * fy * (d - d')$$

Se obtuvo del software SAP2000 V18 con cada una de las combinaciones los momentos últimos en secciones de muro asegurando que cada uno de estos momentos estén bajo el momento máximo que es capaz de resistir la viga antes de agrietarse.

4.1.5.3 Desplazamiento sísmico

Se verificará que el desplazamiento máximo en cada una de las direcciones de análisis, medido en el centro de masa no deba ser mayor que la altura de entrepiso multiplicada por 0,002.

4.1.6 Resultados

4.1.6.1 Muros de Reacción

Para el diseño de Muros de Reacción y Subterráneo se verificó:

$$M_u < M_{gr} < \phi M_n$$

A continuación, se presenta el procedimiento realizado para encontrar M_{gr} y M_n en una sección de muro de 25 cm y el M_u para la combinación CXD3:

$$\phi = 0,9$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 8,9$$

$$h = 70 [cm] - \text{Espesor muro}$$

$$b = 25 [cm] - \text{Sección de muro}$$

$$r = 2 [cm] - \text{Recubrimiento}$$

$$D = 2,5 [cm] - \text{Diámetro barras de acero}$$

$$e = 15 [cm] - \text{Espaciamiento de barras}$$

$$A_s = 32,73 [cm^2/m] - \text{Área de acero por metro}$$

$$A_s = 32,73 * b = 8,18 [cm^2] - \text{Área de acero por sección de muro}$$

$$d = h - r - \frac{D}{2} = 66,75 [cm]$$

$$d' = r + \frac{D}{2} = 3,25 \text{ [cm]}$$

$$\bar{y} = \frac{b * h * \frac{h}{2} + b * h * (n - 1) * A_s * d + (n - 1) * A_s * d'}{b * h + 2 * (n - 1) * A_s} = 35 \text{ [cm]}$$

$$b' = \frac{(n - 1) * A_s}{D} = 25,98 \text{ [cm]}$$

$$I = \frac{b * h^3}{12} + b * h * \left(\frac{h}{2} - \bar{y}\right)^2 + 2 * \frac{b' * D^3}{12} + (n - 1) * A_s * (d - \bar{y})^2 + (n - 1) * A_s * (d' - \bar{y})^2 = 845600 \text{ [cm}^4\text{]}$$

$$M_{gr} = \frac{f_r * I}{(h - \bar{y})} = 844227,31 \text{ [kg * cm]}$$

$$M_n = A_s' * f_y * (d - d') = 2182272,75 \text{ [kg * cm]}$$

$$\phi M_n = 1964045,48 \text{ [kg * cm]}$$

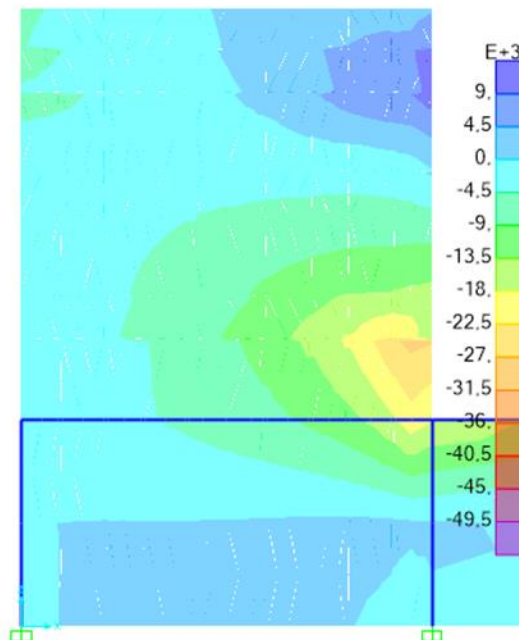


Figura 4.22: Momento último [kg*cm/cm] para combinación CXD3.

Para la combinación CXD3 se tiene:

$$Mu = 28198 \text{ kg} * \text{cm}/\text{cm}$$

El momento último para la sección b de 25 [cm]:

$$Mu = 28198 * b = 704950 \text{ kg} * \text{cm}$$

$$\frac{Mu}{M_{gr}} = \frac{704950}{844227} = 0,85$$

$$\frac{M_{gr}}{\phi M_n} = \frac{844227}{1964045,48} = 0.43$$

$$\therefore Mu < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

El detalle de cada uno de los momentos últimos para cada una de las combinaciones y el cálculo del momento de agrietamiento se detallan en el *Anexo C*.

Las dimensiones de los muros serán las siguientes:

- Muro de Reacción
 - Alto = 5 [m]
 - Largo = 5 [m]
 - Espesor = 0.7[m]
 - Acero = 25@15
- Muro de Subterráneo
 - Alto = 2.5 [m]
 - Largo = Variable
 - Espesor = 0.35[m]
 - Acero = 28@15

4.1.6.2 Losa de Reacción

Los espesores mínimos por losas son:

- Losa 1: $h_{\min} = 12,2$ [cm]
- Losa 2: $h_{\min} = 17,1$ [cm]
- Losa 3: $h_{\min} = 17$ [cm]
- Losa 4: $h_{\min} = 17,5$ [cm]

Los espesores impuestos para las losas superan los espesores mínimos calculados.

Las deflexiones máximas para cada una de las losas para todas las combinaciones de carga que aplican esfuerzos adicionales a la losa se encuentran en el *Anexo B*.

Las flechas máximas en las cuatro losas son causadas por la combinación C3X cumplen la condición:

$$\Delta u < \Delta_{adm} = 5,208[\text{mm}]$$

- Losa 1: $\Delta u = -1,59$ [mm]
- Losa 2: $\Delta u = -1,75$ [mm]
- Losa 3: $\Delta u = -1,75$ [mm]
- Losa 4: $\Delta u = -2,87$ [mm]

4.1.6.3 Análisis Sísmico

Se verifica que los desplazamientos horizontales en la estructura producidos por las fuerzas sísmicas, no superen los 10 [mm] en los Muros de Reacción y 5 [mm] en la Losa de Reacción.

Los desplazamientos máximos obtenidos fueron:

Tabla 4.7: Desplazamientos sísmicos máximos.

	Dirección	Desplazamiento [mm]	Combinación
Losa de reacción	-Y	0,1	CSY-
Muro 1 de reacción	-X	1,3	CSX-
Muro 2 de reacción	-Y	1,4	CSY-

En *Anexo D* se pueden visualizar cada una de estas deformaciones entregadas por el software SAP2000 V18.

4.2 Diseño en Acero

Para realizar el diseño estructural del laboratorio como una nave industrial de acero fue necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones y procedimientos.

4.2.1 Normas de diseño

Para el diseño de la nave industrial tipo cajón, fue necesario utilizar las siguientes normas y códigos extranjeros para aquellos aspectos que no se encuentran en la legislación chilena:

- NCh 432. Of. 71: Efecto de la Acción del Viento Sobre las Construcciones.
- NCh 1537. Of. 09: Diseño estructural de edificios – Cargas permanentes y sobrecargas de uso.
- NCh 433. Of. 96: Diseño sísmico de edificios.
- DS. 117: Decreto supremo que modifica la norma NCh 433.
- NCh 2369 Of. 03: Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales.
- NCh 3170. Of. 10: Diseño Estructural – Disposiciones Generales y Combinaciones de Cargas.
- AISC – 2005: Specification for Structural Steel Buildings.

4.2.2 Materiales

4.2.2.1 Acero

Se usa tipo A 42-27 ES para los perfiles soldados y plegados de la nave industrial los cuales presentan las siguientes propiedades:

- Tensión de fluencia: $F_y = 2.700 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia a la tracción $F_u = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad: $E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$

4.2.3 Cargas de diseño

4.2.3.1 *Peso Propio (D)*

- El peso propio de la estructura de Acero corresponde a $7850 \text{ [kg/m}^3\text{]}$.
- Se distribuyó en los marcos de la nave los pesos de:
 1. Costaneras $Q_{pp} = 8,1 \text{ [kg/m]}$
 2. Revestimiento $Q_{Cubierta} = 4,6 \text{ [kg/m}^2\text{]}$
 3. Losa de hormigón segundo piso $Q_{Losa} = 500 \text{ [kg/m}^2\text{]}$
 4. Tabiquería segundo piso sobre losa de hormigón $Q_{Tabiquería} = 23 \text{ [kg/m}^2\text{]}$

4.2.3.2 *Sismo (S)*

Se realizó un análisis estático ya que la estructura cumple con la característica de no ser mayor a cinco pisos y tener una altura no mayor a 20 m. Se analizó la estructura con la fuerza sísmica en dirección Z y X.

Las fuerzas sísmicas se aplican en los marcos de la nave industrial.

Se utilizó la misma metodología explicada en el Capítulo 4.1.3.2. Para el cálculo de cada una de estas fuerzas.

Finalmente, se tiene una distribución de cargas por pisos y marcos de:

- Piso 1: $S_x, S_z = 1433$ [kg]
- Piso 2: $S_x, S_z = 5420$ [kg]

En el *Anexo A* se puede observar en detalle el cálculo de cada una de estas cargas.

4.2.3.3 Viento (*W*)

Las cargas de viento sobre la estructura se determinan según NCh 432. Se consideró para el cálculo la presión básica sobre el suelo para construcciones a campo abierto, estos valores se encuentran en la *Tabla 4.7*, para alturas intermedias se interpola.

Tabla 4.8: Presión básica a diferentes alturas sobre el suelo.

Construcciones situadas en campo abierto, ante el mar, o en sitios asimilables a estas condiciones, a juicio de la Autoridad Revisora	
Altura sobre el suelo, m	Presión básica, q , en kg/m^2 *)
0	70
4	70
7	95
10	106
15	118
20	126
30	137
40	145
50	151
75	163
100	170
150	182
200	191
300	209

Fuente: NCh 432.

La fuerza del viento por unidad de superficie se obtendrá multiplicando la presión básica q por un coeficiente de forma C .

- Barlovento lateral: $C = +0.8$
- Sotavento lateral: $C = 1.2 * \text{Sen}(\alpha) - 0.4$
- Barlovento techo: $C = -0.8$
- Sotavento techo: $C = -0.4$

Donde:

α : Pendiente de techo;

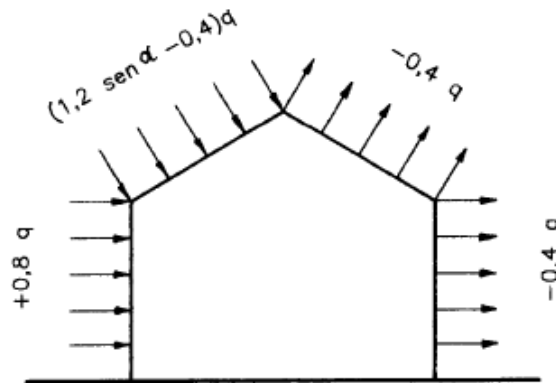


Figura 4.23: Coeficiente de forma.

Fuente: NCh 432.

4.2.3.4 Carga viva de techo (L_r)

La carga viva o sobrecarga de techo debe ser determinada según NCh 1537. El valor de esta carga depende del uso de techo, en este caso corresponde a techos accesibles sólo para mantenimiento:

- $L_0 = 1$ [kPa]

La carga de uso para techos accesibles sólo para mantenimiento, puede ser reducida por pendiente y área tributaria de acuerdo a la expresión siguiente:

Reducción por área tributaria A_T

- $R_1 = 1 - 0,008 \cdot A_T$ Para $A_T < 50 \text{ m}^2$
- $R_1 = 0,6$ Para $A_T \geq 50 \text{ m}^2$

Donde:

A_T : área tributaria soportada por el elemento estructural, expresada en $[\text{m}^2]$.

Reducción por pendiente de techo F

- $R_2 = 1 - 0,023 \cdot F$ Para $F < 30\%$
- $R_2 = 0,3$ Para $F \geq 30\%$

Donde:

F = Pendiente expresada en porcentaje

4.2.3.5 Carga viva de piso (L)

La carga se usó para el diseño de edificios y otras estructuras deben ser como mínimo las indicadas por norma NCh1537. Para esta estructura el caso más conservador sería la carga para Oficinas públicas o privadas con equipos que corresponde a:

- $L = 5 \text{ [kPa]}$

4.2.4 Combinaciones de carga

Para el análisis de la estructura, se considerarán los siguientes estados de carga:

- Peso propio (D);
- Sismo en dos sentidos ortogonales (E);
- Carga viva de techo (L_r);
- Carga viva de piso (L);
- Viento (W);

Las combinaciones de carga nominales según NCh 3171 para el método de diseño por tensiones admisibles (ASD) son las siguientes:

- 1) $C1 = D$
- 2) $C2 = D + L$
- 3) $C3 = D + Lr$
- 4) $C4 = D + 0.75L + 0.75Lr$
- 5) $C5a = D + W$
- 6) $C5b = D + E$
- 7) $C6a = D + 0.75W + 0.75L + 0.75 Lr$
- 8) $C6b = D + 0.75E + 0.75L$
- 9) $C7 = 0.6D + W$
- 10) $C8 = 0.6D + E$

4.2.5 Análisis estructural

El diseño se realizará de acuerdo a las disposiciones del método de Diseño en base a Tensiones Admisibles (ASD) del AISC.

Se satisfacen las especificaciones del código cuando las tensiones admisibles de cada componente estructural son mayor o igual a la resistencia admisible de cada componente de acuerdo a las combinaciones de carga ya mencionadas.

El diseño se realiza de acuerdo con la ecuación:

$$R_a \leq R_n / \Omega$$

Donde:

R_a = resistencia requerida (ASD);

R_n = resistencia nominal;

Ω = factor de seguridad;

R_n / Ω = resistencia admisible;

$$\Omega_{Corte} = 1,5 \text{ (ASD)}$$

$$\Omega_{Flexión} = 1,67 \text{ (ASD)}$$

Se realizará el diseño en el software RAM Advanse, este analizará el modelo por el método (ASD).

El software entrega los miembros más solicitados y estado de carga con el que se presenta la sollicitación, para luego realizar una verificación de las resistencias y deformaciones de estos miembros.

Se agregó como peso propio de la estructura las Costaneras y cubierta, previo se realizó un análisis de sus resistencias detallado en *Anexo F*

4.2.5.1 Resistencia al corte

Para no requerir atiesadores por corte es necesario que la relación:

$$\frac{h}{t} \leq 260$$

La resistencia al corte nominal V_n , de almas no atiesadas o atiesadas de acuerdo al estado límite de fluencia en corte y pandeo en corte es:

$$\text{Para } \frac{h}{t} \leq 2,45 * \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$V_n = 0,6 * F_y * A_w$$

$$\text{Para } 2,45 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{h}{t} \leq 3,07 * \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$V_n = 0,6 * F_y * A_w * \left[\frac{2,45 * \sqrt{\frac{E}{F_y}}}{h/t} \right]$$

Para $\frac{h}{t} > 3.07 * \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

$$V_n = A_w * \left[\frac{4,52 * E}{\left(\frac{h}{t}\right)^2} \right]$$

Donde

h : altura del alma;

t : Espesor del alma;

A_w : Área del alma;

E : Módulo de elasticidad del acero;

F_y : Tensión de fluencia;

4.2.5.2 Resistencia de flexión miembros compactos de sección H

Para flexión, las secciones se clasifican como compactas, no compactas y esbeltas si:

- $\lambda_{Ancho-Espesor} < \lambda_p$ (Compacto)
- $\lambda_p < \lambda_{Ancho-Espesor} \leq \lambda_p$ (No Compacto)
- $\lambda_{Ancho-Espesor} > \lambda_p$ (Esbleta)

En Anexo E se encuentra la Razón Ancho-Espesor de la secciones y Razón Ancho-Espesor Límite para elementos en compresión de miembros en flexión.

La resistencia nominal de flexión M_n , debe ser el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites de fluencia (momento plástico) y pandeo lateral-torsional.

- Fluencia Perfil

$$M_n = M_p = F_y * Z_x$$

Donde:

M_p : Momento de flexión plástico;

Z_x : Módulo de sección plástico en torno al eje x, [cm³];

➤ Pandeo Lateral-Torsional

Para miembros con estas características se sigue la siguiente metodología:

Cuando $L_b \leq L_p$ el estado límite de pandeo lateral-torsional no aplica

Cuando $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 * F_y * S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

Cuando $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} * S_x \leq M_p$$

Donde:

L_b : Distancia entre arriostramientos;

L_r : Longitud límite sin arriostramiento lateral para el estado límite de pandeo flexo-torsional inelástico;

L_p : Longitud límite sin arriostramiento lateral para el estado límite de fluencia;

C_b : Factor de modificación del pandeo lateral torsional ($C_b = 1$)

S_x : Módulo elástico de la sección tomado en torno al eje x;

F_{cr} : Tensión crítica;

$$F_{cr} = \frac{C_b * \pi^2 * E}{\left(\frac{L_b}{r_{st}} \right)^2}$$

Las longitudes límites L_p y L_r se determinan a continuación:

$$L_p = 1,76 * r_y * \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$L_r = 1,95 * r_{ts} * \frac{E}{0,7 * F_y} * \sqrt{\frac{J * c}{S_x * h_o} + \sqrt{\left(\frac{J * c}{S_x * h_o}\right)^2 + 6,76 * \left(\frac{0,7 * F_y}{E}\right)^2}}$$

Donde:

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{\sqrt{I_y * C_w}}{S_x}}$$

El coeficiente c se determina como sigue a continuación:

Para secciones I con simetría doble: $c = 1$

Para canales: $c = \frac{h_o}{2} * \sqrt{\frac{I_y}{C_w}}$

Donde:

r_{ts} : Radio de giro efectivo;

C_w : Constante de deformación del perfil;

h_o : Distancia entre los centroides de las alas;

J : Constante torsional del perfil;

r_y : Radio de giro en torno al eje y;

4.2.5.3 Resistencia de flexión ángulos dobles cargados en el plano de simetría.

➤ Fluencia Perfil

$$M_p = F_y * Z_x$$

➤ Pandeo Lateral-Torsional

$$M_n = \pi \frac{\sqrt{E * I_y * G * J}}{L_b} \left[-B + \sqrt{1 + B^2} \right]$$

$$B = 2,3 * \left(\frac{d}{L_b} \right) * \sqrt{\frac{I_y}{J}}$$

Donde:

G: Módulo de corte de elasticidad del acero;

4.2.5.4 Deformaciones

Las deformaciones máximas recomendadas son las siguientes:

Tabla 4.9: Deformaciones admisibles.

N°	Elemento	Def/Luz	Notas	
<u>VERTICALES</u>				
1	Planchas onduladas de techo.	1/120	Carga total. Sobrecarga únicamente.	
2	Planchas onduladas de techo.	1/240		
3	Costaneras.	1/200	Efecto de la sobrecarga. Salvo indicación del fabricante Con hormigón fresco.	
4	Vigas corrientes de piso.	1/300		
5	Vigas que soportan cielos estucados.	1/350		
6	Portagrúas soldadas o laminadas.	1/450		
7	Id. remachadas o apernadas.	1/600		
8	Vigas portagrúas de acero.	1/1000		
9	Cerchas, vigas enrejadas.	1/700		
10	Vigas de equipo vibratorio. (*)	1/800		
11	Vigas de piso colaborante.	1/180		
<u>HORIZONTALES</u>				
12	Planchas onduladas de muro.	1/100		
13	Costaneras de muro.	1/100		
14	Columnas de viento.	1/200		
15	Vigas portagrúa.	1/500		

Fuente: Perfiles ICHA 2010.

4.2.5.5 *Deformaciones sísmicas*

Se verificará que el desplazamiento máximo en cada una de las direcciones de análisis, medido en el centro de masa no deba ser mayor que la altura de entrepiso multiplicada por 0,002.

4.2.6 Resultados

4.2.6.1 *Elección de Perfiles*

Luego de verificar la resistencia y Deformaciones admisibles de los perfiles más solicitados se obtuvo como resultado:

- Columna Marco: H350 x 350 x 144
- Viga Techo H350 x 350 x 272,8
- Columna de Viento H350 x 200 x 106,4
- Viga de Piso H350 x 200 x 106,4
- Puntal Techo H350 x 200 x 106,4
- Diagonales Muro L150 x 150 x 10
- Diagonal Techo L150 x 150 x 10
- Costaneras C150 x 50 x 5

Los elementos con máxima sollicitación entregados por software se encuentran en el *Anexo G*, el cálculos y verificaciones de cada uno de estos se encuentran en el *Anexo H*.

4.2.6.2 *Análisis Sísmico*

Se verifica los desplazamientos horizontales en la estructura producidos por las fuerzas sísmicas, no superen los 5 [mm] en las Vigas de Piso del segundo piso y no superen los 10,2 [mm] en los Puntales de Techo.

Se realizó una verificación de los perfiles donde se aplicaron las cargas y se analizó el elemento más solicitados para todas las ecuaciones que incluían el sismo.

Los desplazamientos máximos obtenidos fueron:

Tabla 4.10: Desplazamientos sísmicos máximos

Tipo	Miembro	Dirección	Desplazamiento [mm]	Combinación
Puntal de Techo	134	X	7.06	C5bx
Viga Piso	107	X	0.0073	C6bx

En *Anexo I* se pueden visualizar cada una de estas deformaciones entregadas por el software RAM Advanse.

4.3 Planos

A continuación, se presentan los planos de presentación del proyecto estos contienen detalles básicos estructurales y de arquitectura.

4.3.1 Estructura de hormigón

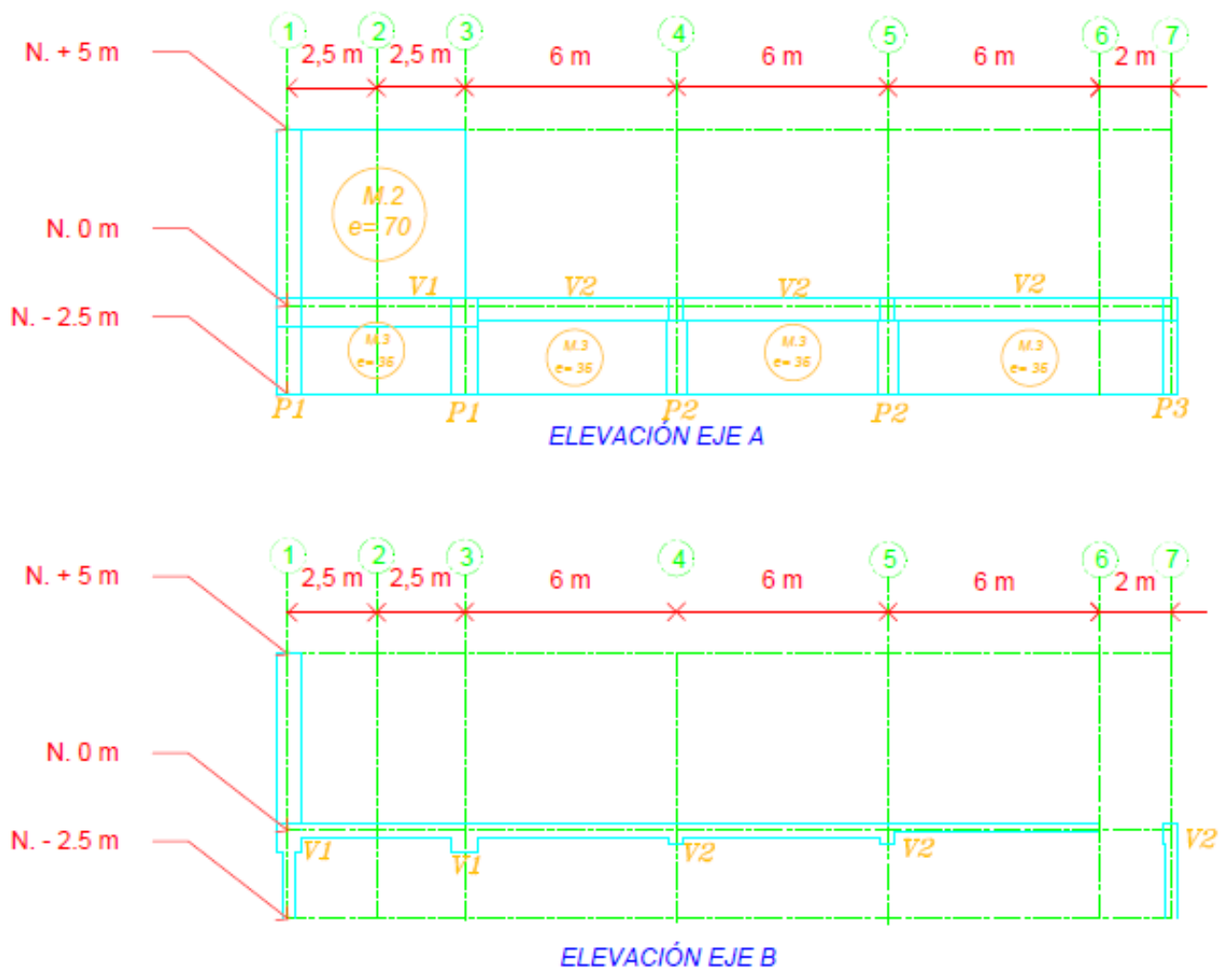


Figura 4.24: Elevación estructura de hormigón ejes A y B.

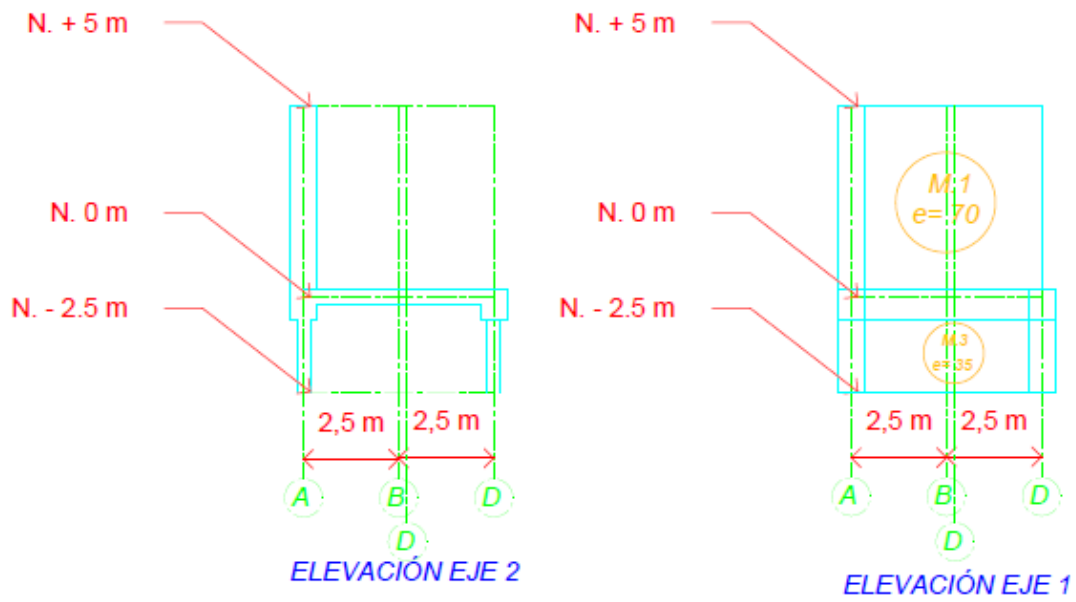
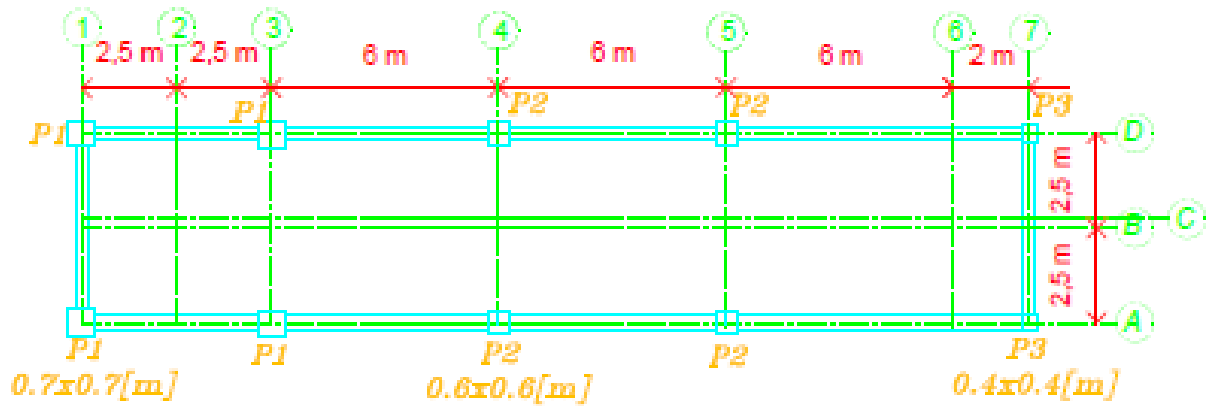
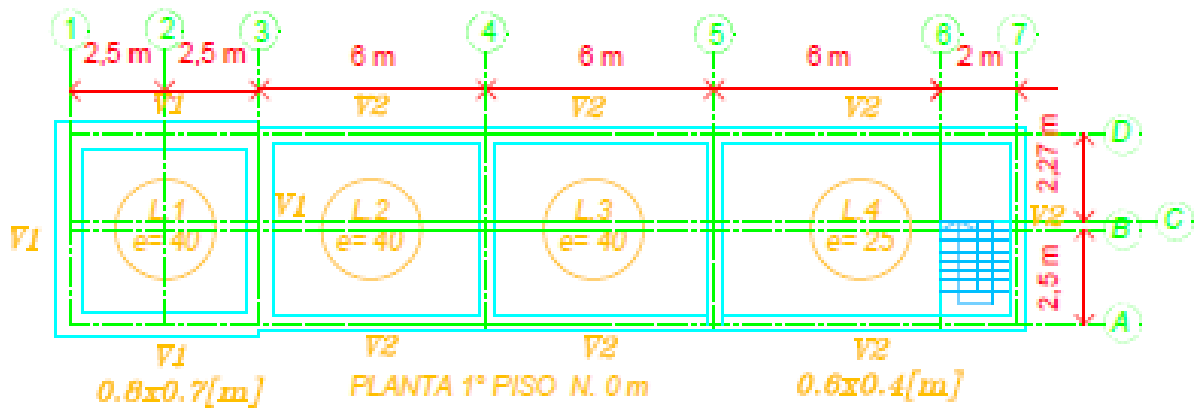


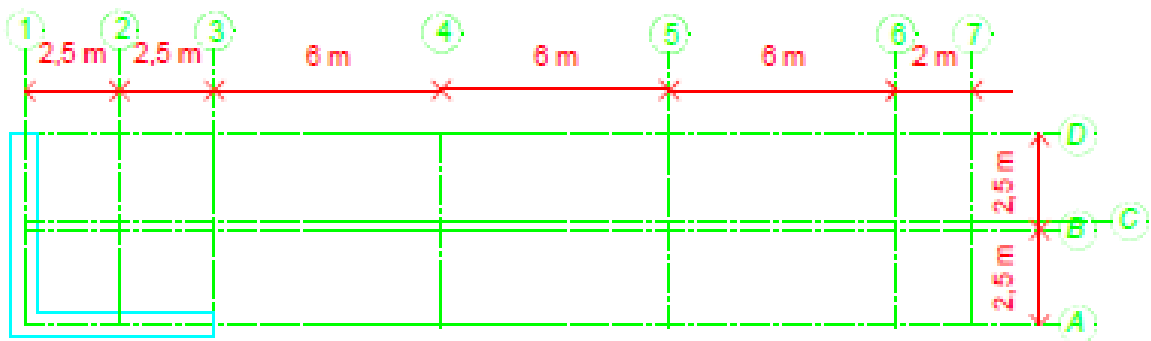
Figura 4.25: Elevación estructura de hormigón ejes 1 y 2.



PLANTA SUBTERRÁNEO N. -2.5 m



PLANTA 1º PISO N. 0 m



PLANTA MURO N. +5 m

Figura 4.26: Planta estructura de hormigón.

4.3.2 Estructura de acero

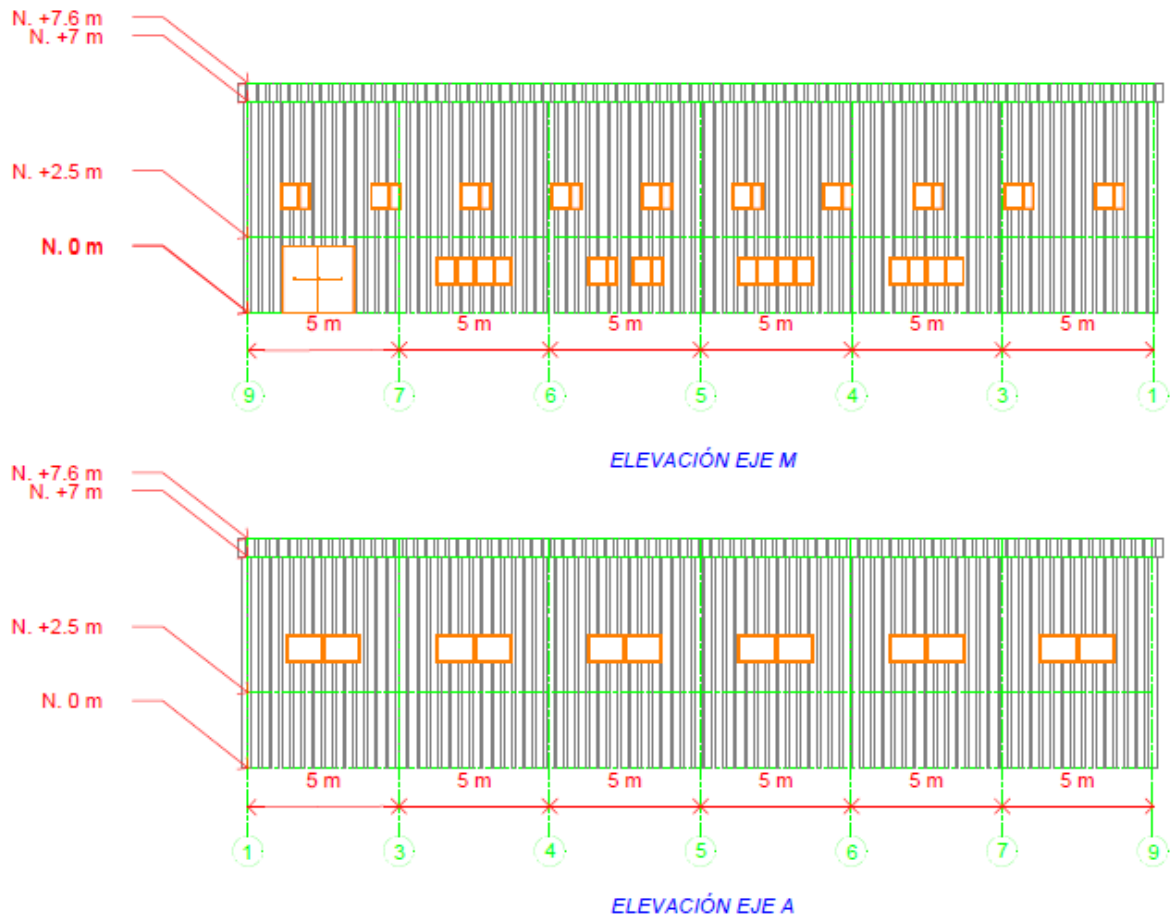


Figura 4.27: Elevación estructura de acero ejes A y M.

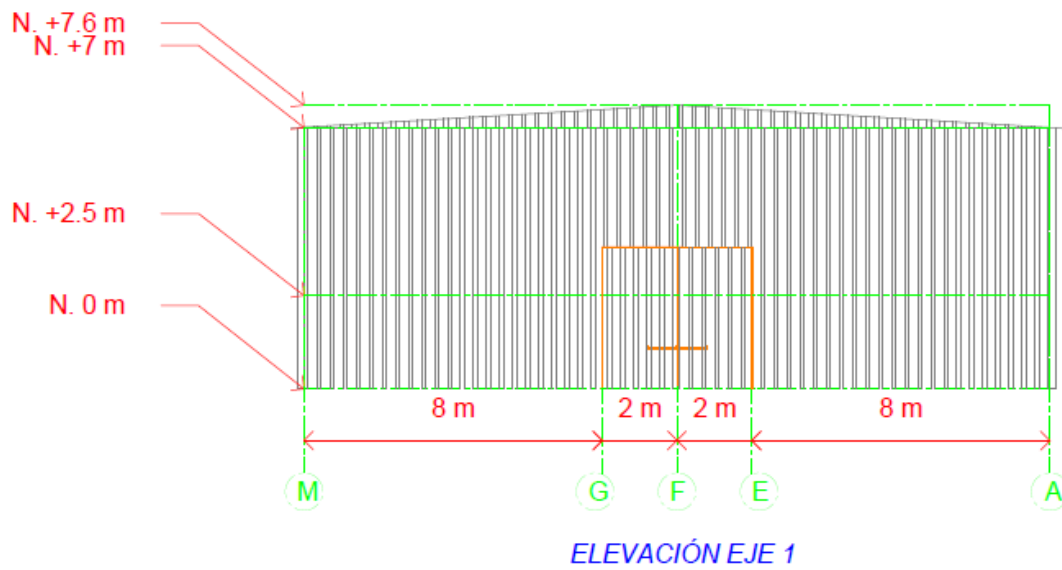


Figura 4.28: Elevación estructura de acero eje 1.

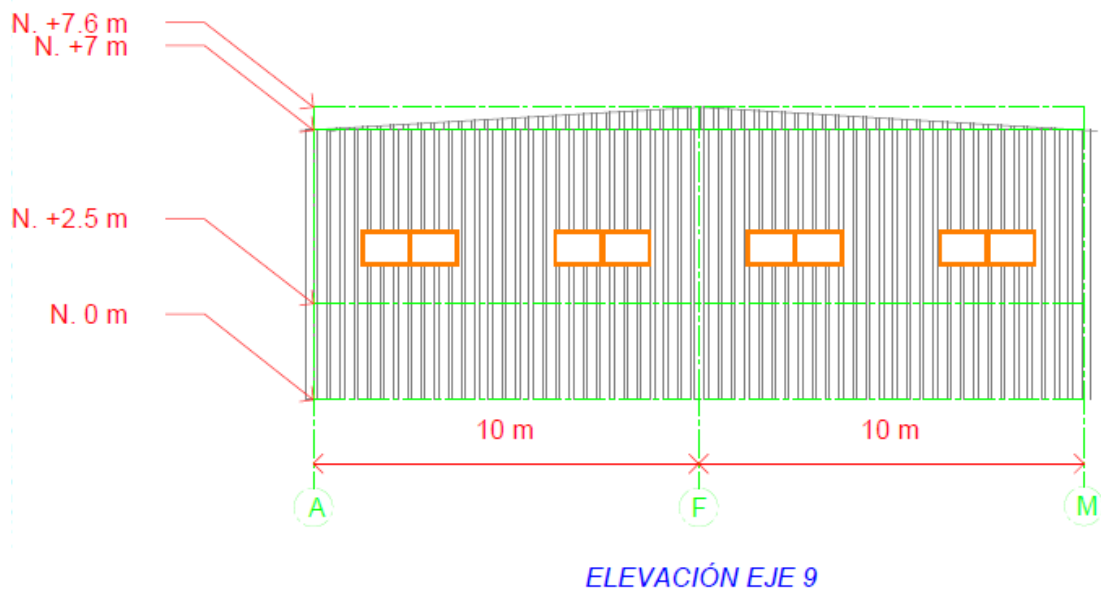


Figura 4.29: Elevación estructura de acero eje 9.

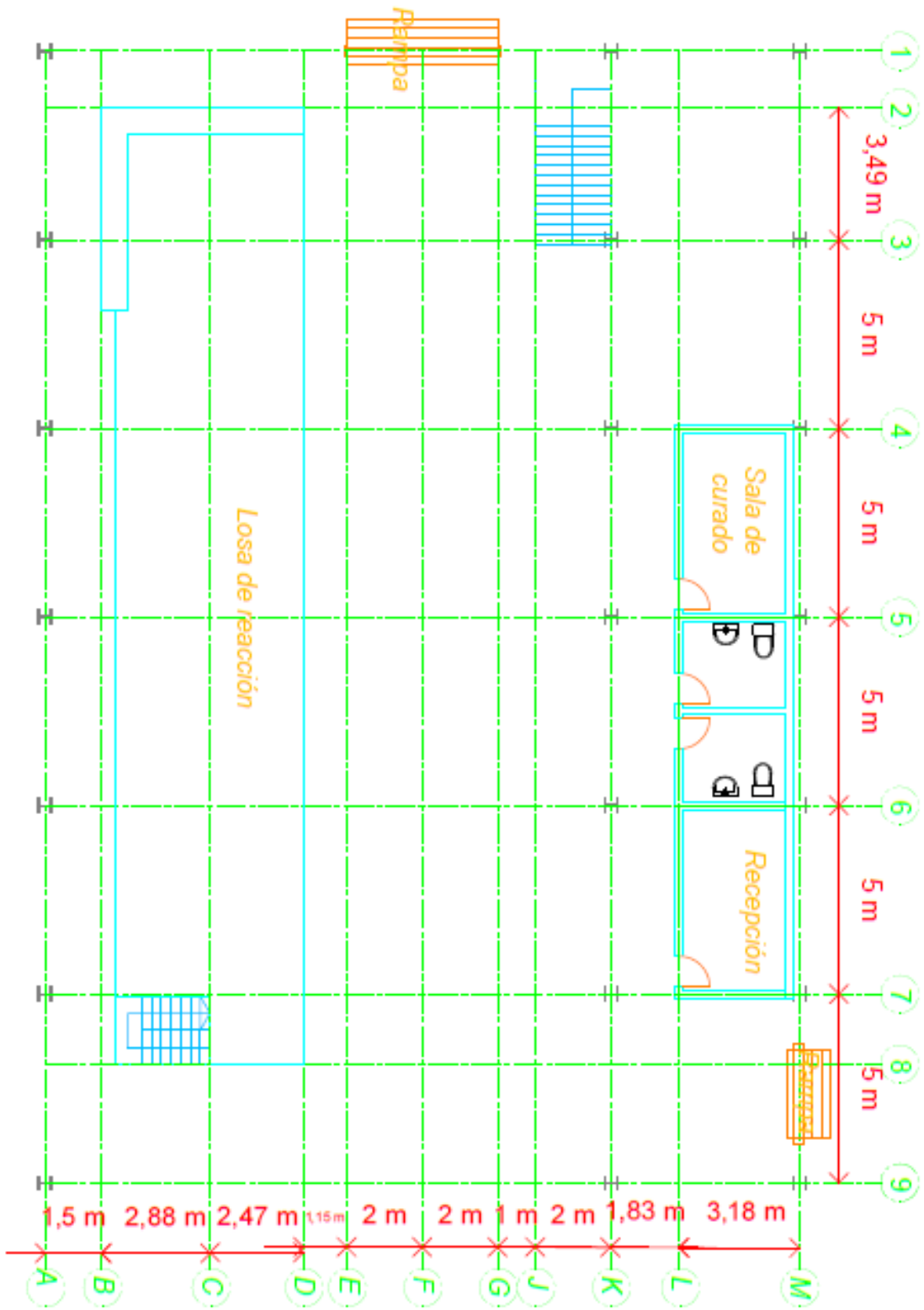


Figura 4.30: Planta estructura de acero primer nivel N. 0 [m].

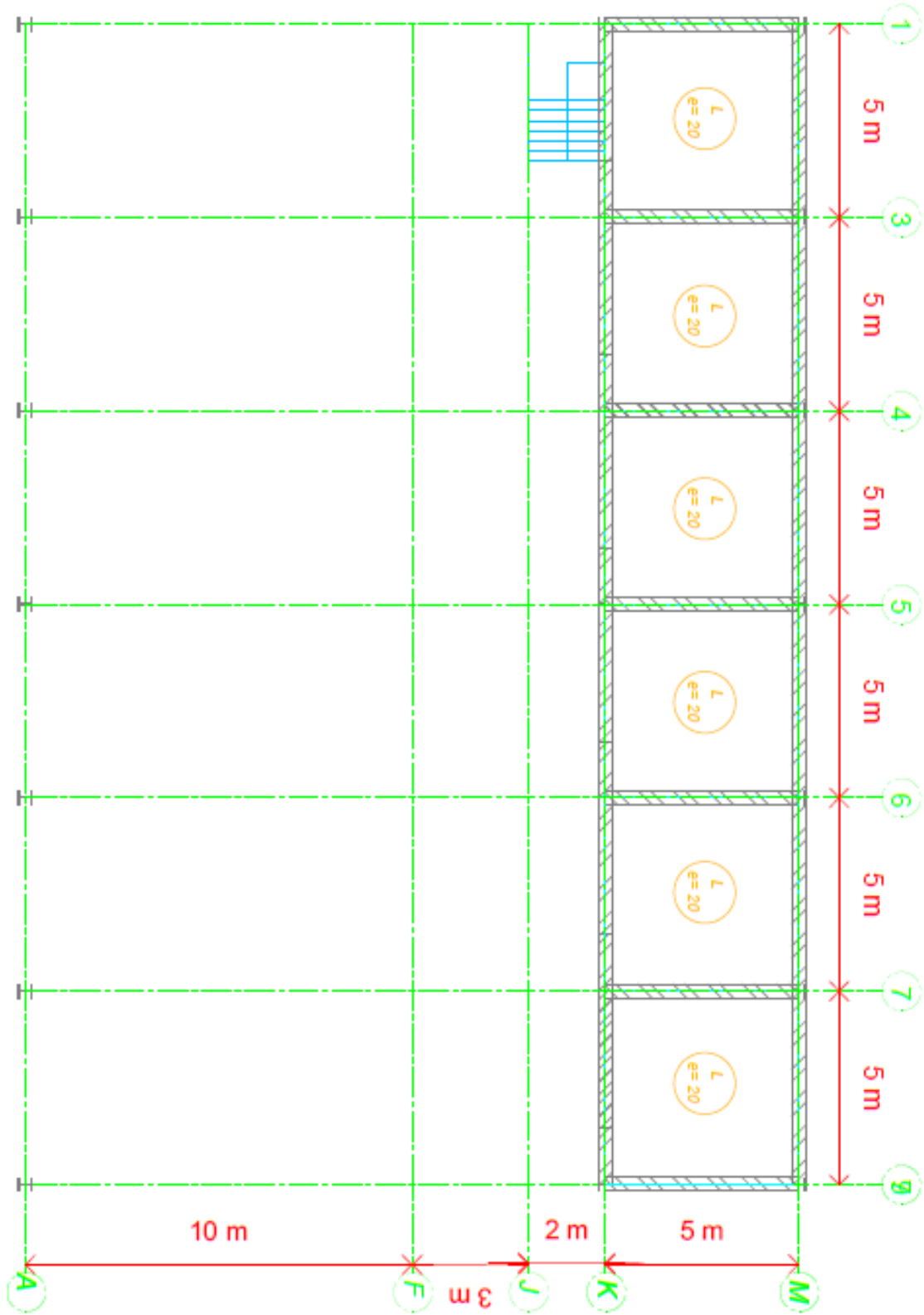


Figura 4.31: Planta estructura de acero segundo nivel N.+ 2,5 [m].

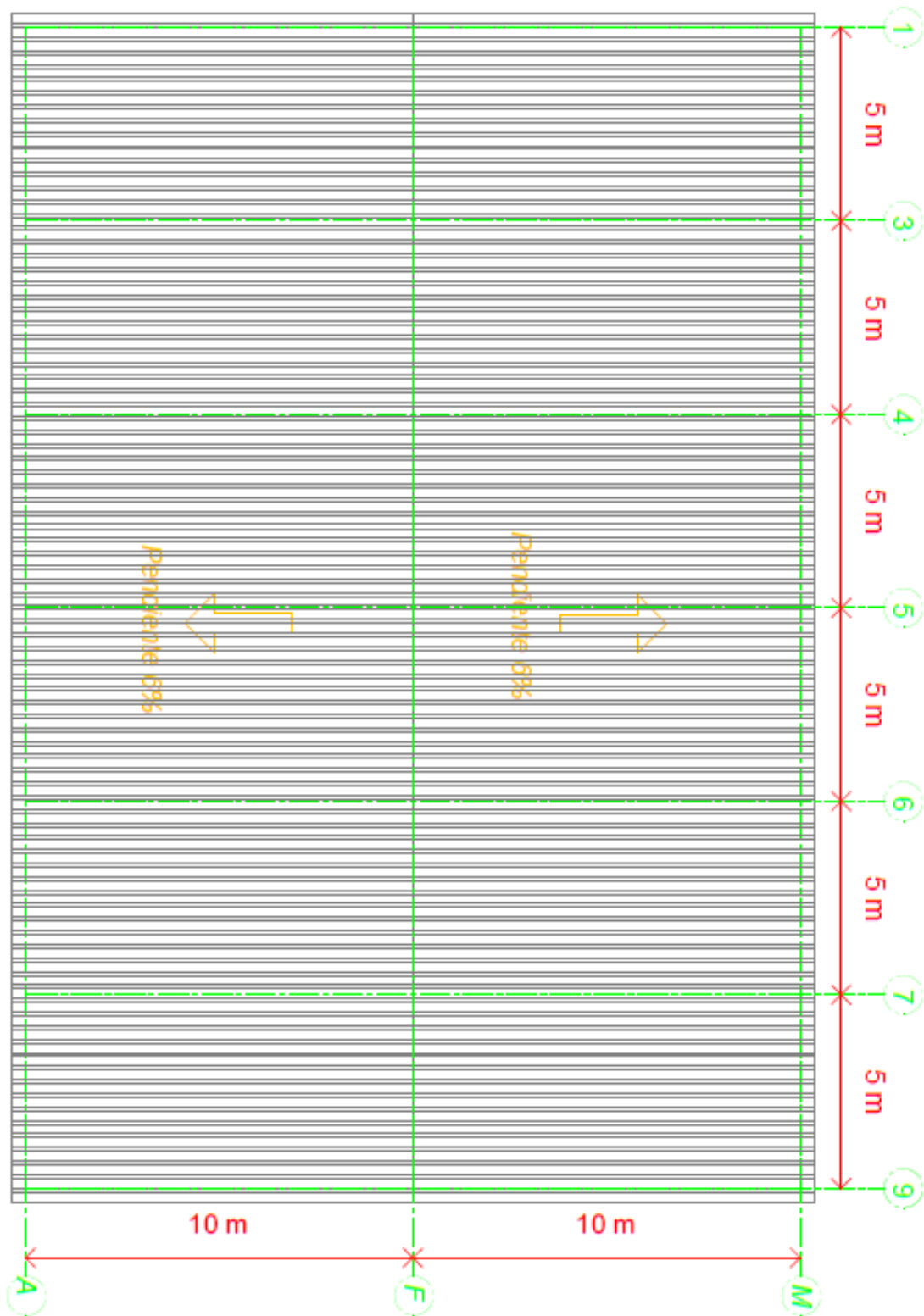


Figura 4.32:Planta estructura de acero cubierta N.+7,6 [m].

5 Estimación de costos

En este capítulo se muestra el análisis de costos del Laboratorio de Estructuras proyectado. Sólo se consideran los valores asociados a la obra gruesa del proyecto y el equipo necesario para su funcionamiento.

Los costos involucrados para el análisis económico son los siguientes:

- Materiales
- Subcontratos de Mano de Obra
- Gastos generales (25%)
- Utilidades de la empresa que se adjudicará el proyecto (25 %)
- IVA (19 %)

Para la estimación de los costos asociados a la construcción de la obra, se ha considerado un 3% de pérdidas y 32% de leyes sociales, valor que se incluirá en el análisis de precios unitarios. En *Anexo J* se puede apreciar los APU y el detalle de las partidas de obra gruesa y sus respectivos valores.

A continuación, se muestra un resumen de los valores asociados a obra gruesa:

Tabla 5.1: Resumen costos asociados a obra gruesa.

Ítem	Actividad	Precio Total
1	Subterráneo	\$ 15.361.248
2	Losa de Reacción	\$ 14.720.725
3	Muro de Reacción	\$ 6.331.473
4	Estructura Metálica	\$257.318.242
5	Otros	\$ 23.020.816
Total Neto		\$316.752.504

Se puede apreciar en el siguiente gráfico que el valor asociado a la estructura metálica es el que predomina sobre las estructuras de hormigón y otros.



Figura 5.1: Gráfico porcentual costos obra gruesa.

A continuación, se presenta el presupuesto de obra gruesa para el proyecto:

Tabla 5.2: Presupuesto obra gruesa.

Total, Neto	\$316.752.504
Gastos Generales (25%)	\$ 79.188.126
Utilidad (25 %)	\$ 98.985.157
IVA (19 %)	\$ 94.035.900
Total, Bruto	\$588.961.687

Los activos fijos esenciales para el funcionamiento del laboratorio se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 5.3: Activos fijos.

Descripción	Cantidad	P.U.	Total
Cilindros hidráulicos 30 [t] *	2	\$2.549.000	\$5.098.000
Sistema de elevación síncrona*	1	\$19.000.000	\$19.000.000
Puente grúa 10 [t] (Cimentaciones - estructura - instalación) *	1	\$42.000.000	\$42.000.000
		Total, Neto	\$66.098.000
		IVA (19%)	\$12.558.620
		Total, Bruto	\$78.656.620

(*) Precios referenciales.

Finalmente, el valor total del proyecto asciende a \$667.618.307.

6 Conclusiones

Laboratorio de Estructuras, en la Universidad Católica de la Santísima Concepción, para la carrera de Ingeniería Civil, debe constar con un sistema para ensayar estructuras a escala real en dos direcciones, así el Laboratorio se posicionaría como el más completo a nivel regional. Además, se agregaron las dependencias necesarias para trasladar el Laboratorio de Hormigón a la nueva edificación.

Posterior al diseño del Laboratorio se realizó un análisis de costos asociados a la obra gruesa y activos fijos esenciales para el funcionamiento del laboratorio. En base a todo lo realizado en este proyecto, se concluye lo siguiente:

- Los principales laboratorios tanto nacionales como extranjeros cuentan con muros y losas de reacción que sean capaces de realizar ensayos a escala real y en dos direcciones simultáneamente, por lo tanto, el laboratorio tiene que incluir esta infraestructura.
- El sistema de fijación tanto de estructuras a ensayar como los cilindros hidráulicos consiste en perforaciones sobre toda su superficie. Por si falla el anclaje y para el libre desplazamiento de los operarios al momento de instalación de éstos se consideró un espacio de 1,5 [m] libres para los muros y una estructura subterránea tipo cajón de 2,5 [m] de alto bajo la losa que además se utilizará como bodega.
- Se utilizarán cilindros hidráulicos de capacidad máxima 30 [t], éstos se manejarán con un sistema de elevación síncrona con una precisión de 1 [mm], alarma de advertencia y parada integrada para garantizar óptima seguridad.
- El proyecto incluye un puente grúa de 5,5 [m] de luz a una altura de 5,5 [m], 17 [m] de recorrido con una capacidad de carga de 10 [t]. Éste se desplazará sobre toda la losa de reacción, para facilitar la instalación tanto de equipos como estructuras a ensayar.
- Los muros de reacción serán sometidos a continuos esfuerzos de empuje y tracción, por esto se diseñaron calculando los momentos generados por los distintos tipos de ensayos, comprobando que no superaran el momento de agrietamiento del muro, además se consideró para el diseño doble armadura ya que será muy común que se

inviertan los momentos. Teniendo en cuenta estas consideraciones el proyecto tendrá dos muros de reacción en forma de "L" de cinco metros de alto, cinco metros de largo y un espesor de 0,7 [m].

- La losa de reacción al igual que los muros serán sometidos a continuos esfuerzos de empuje y tracción, además tendrán que soportar las diferentes estructuras a ensayar para esto se delimitó las deformaciones y así se encontró el espesor adecuado para su óptimo funcionamiento el cual es de 40 [cm].
- La edificación donde se encontrará lo antes mencionado es una estructura de acero de dos pisos de 600 [m²], 7 [m] de altura de hombro y 7,6 [m] altura de cumbre éste se diseñó con acero A 42-27 ES el cual se encuentra comercialmente disponible en Chile para los perfiles soldados y plegados. Se analizó cada uno de estos perfiles obteniendo su resistencia tanto al corte como flexión y deformaciones admisibles según el tipo de elemento, se destaca que esta última fue la que finalmente determinó las dimensiones de los perfiles.
- El edificio además de los espacios para la realización de ensayos cuenta con oficinas, baños y un segundo piso con capacidad de diez salas de estudio u oficinas de 9 [m²] y un pasillo de 2 [m] por 30 [m] el cual además se utilizará como zona de seguridad al momento realizar ensayos a escala real.
- El costo total del proyecto a la fecha es de \$667.618.307 el cual se divide en \$588.961.687 en obra gruesa y \$78.656.620 en equipo necesario para el funcionamiento de este.
- Para finalizar es necesario destacar que si se realizara la construcción del laboratorio es necesario tener el personal capacitado y comprometido para el buen funcionamiento de éste.

7 Referencias

1. Instituto Nacional de Normalización, NCh433 (1996). Diseño Sísmico de Edificios.
2. Instituto Nacional de Normalización, NCh170 (1985). Hormigón – Requisitos Generales.
3. Instituto Nacional de Normalización, NCh1537 (2009). Diseño Estructural de Edificios – Cargas Permanentes y Sobrecargas de Uso.
4. Instituto Nacional de Normalización, NCh204 (2006). Acero - Barras Laminadas en Caliente Para Hormigón Armado.
5. American Concrete Institute, ACI3118S (2014). Requisitos de Reglamento Para Concreto Estructural.
6. Código Técnico de la Edificación, CTE Cimientos (2008). Documento Básico SE-C, Seguridad estructural Cimientos.
7. Nilson, Arthur (2001). Diseño de Estructuras De Concreto.
8. Oyarzo, Claudio. Libro del curso “Hormigón Armado”, Facultad de Ingeniería UCSC.
9. Instituto Nacional de Normalización, NCh432 (1971). Efecto de la Acción del Viento Sobre las Construcciones.
10. Instituto Nacional de Normalización, NCh2370 (2003). Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones
11. Instituto Nacional de Normalización, NCh3170 (2010). Diseño Estructural – Disposiciones Generales y Combinaciones de Cargas.
12. American Institute of Steel Construction, AISC 360 (2005). Especificación ANSI/AISC 360-05 para Construcciones de Acero.
13. Instituto Chileno del Acero (2001). Libro de Diseño Para Estructuras de Acero – Método por Factores de Carga y Resistencia.
14. Pontificia Universidad Católica de Chile. Departamento de Ingeniería Estructural Y Geotécnica. <http://www.ing.uc.cl/estructural-y-geotecnica/>
15. Universidad de los Andes Colombia. Laboratorio Integrado de Ingeniería Civil Y Ambiental. <http://laboratoriointegrado.uniandes.edu.co/>

16. Universidad de la Coruña España. Centro de Innovación Tecnológica en Edificación e Ingeniería Civil. <http://www.udc.es/citeec/>
17. Universidad de Costa Rica. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. <http://www.lanamme.ucr.ac.cr/>
18. Cintac S.A. (2015). Catálogo Técnico Cubiertas y Revestimientos.
19. ABUS Grúas S.L. Puentes grúa ABUS, Información general de diseño.
20. VOLCAN S.A. Solución Constructiva VOLCOMETAL, Manual de Instalación Para Constructores.
21. Enerpac (2014). Serie EVO, Sistemas de Elevación Sincronizada.
22. Stahlwerk Annahütte (2013). Sistema de Refuerzo de Barras Roscadas de Acero SAS 500 / 550 – Manguito.
23. Rondon Carlos (2005). Manual de armadura de refuerzo para hormigón.

8 Anexos

8.1 Anexo A – Cálculo cargas sísmicas.

8.1.1 Estructura Hormigón

Tabla 8.1: Cálculo esfuerzo de corte basal estructura hormigón.

C	0,168	
I	1,2	
V _k	164	[m ³]
P	4017808	[N]
Q ₀	809990	[N]

Donde:

V_t: Volumen de hormigón total de la estructura;

Tabla 8.2: Cálculo fuerza sísmica horizontal estructura hormigón.

Nivel k	1	2	
V _k	115	18	[m ³]
P _k	2830798	429188	[N]
h	7,5	7,5	[m]
Z _k	2,5	7,5	[m]
Z _{k-1}	-	2,5	[m]
A _k	0,18	0,82	
F _k	483691	326299	[N]

Donde:

V_k: Volumen de hormigón al nivel k;

8.1.2 Estructura Acero

Tabla 8.3: Cálculo esfuerzo de corte basal estructura acero.

C	0,168	
I	1,2	
P	203954	[kg]
Q	41117	[kg]

Tabla 8.4: Cálculo fuerza sísmica horizontal estructura acero.

Nivel k	1	2	
Pk	104438	87197	[kg]
h	7,6	7,6	[m]
Zk	2,5	7,6	[m]
ZK-1	-	2,5	[m]
Ak	0,18	0,82	
Fk	8598	32520	[kg]
Fk (Marco)	1433	5420	[kg]

8.2 Anexo B – Deflexiones losas

Tabla 8.5: Flechas máximas [mm]

Combinación	Flecha máxima [mm]			
	Losa 1	losa 2	Losa 3	Losa 4
CA	-0,77	-1,19	-1,18	-1,91
CM	-0,77	-1,70	-1,61	-1,91
C1XA1	-0,77	-1,19	-1,18	-1,91
C1XA2	-0,78	-1,19	-1,18	-1,91
C1XB1	-0,80	-1,19	-1,18	-1,91
C1XB2	-0,82	-1,18	-1,18	-1,91
C1XC1	-0,85	-1,18	-1,18	-1,91
C1XC2	-0,85	-1,17	-1,18	-1,91
C1XD1	-0,79	-1,18	-1,18	-1,91
C1XD2	-0,76	-1,17	-1,18	-1,91
C1YA1	-0,85	-1,20	-1,18	-1,91
C1YA2	-0,76	-1,19	-1,18	-1,91
C1YB1	-0,85	-1,20	-1,18	-1,91
C1YB2	-1,20	-1,22	-1,18	-1,91
C1YC1	-1,02	-1,20	-1,18	-1,91
C1YC2	-1,22	-1,22	-1,18	-1,91
C1YD1	-0,85	-1,20	-1,18	-1,91
C1YD2	-0,93	-1,21	-1,18	-1,91
C2XA	-0,78	-1,19	-1,18	-1,91
C2XB	-0,81	-1,18	-1,18	-1,91
C2XC	-0,83	-1,18	-1,18	-1,91
C2XD	-0,77	-1,18	-1,18	-1,91
C2YA	0,89	-1,20	-1,18	-1,91
C2YB	-1,11	-1,21	-1,18	-1,91
C2YC	-1,11	-1,20	-1,18	-1,91
C2YD	-0,89	-1,21	-1,18	-1,91
C3X	-1,59	-1,75	-1,75	-2,87
C3Y	-1,41	-1,75	-1,75	-2,87
CXCC	-0,87	-1,19	-1,18	-1,91
CYCC	-0,87	-1,19	-1,18	-1,91

8.3 Anexo C – Análisis estructural Hormigón

A continuación, se presentan los momentos para cada una de las combinaciones en ambos muros de reacción.

Donde Muro 1 corresponde al muro paralelo al eje Y, Muro 2 paralelo al eje X.

8.3.1 C1XA1

Tabla 8.6: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación C1XA1.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	M_u	2.649,00	5.948,00	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	M_u	66.225,00	148.700,00	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

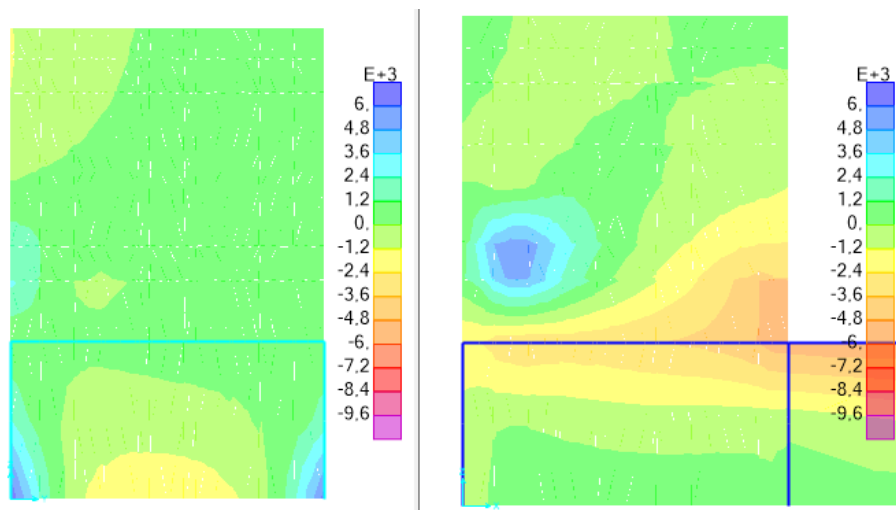


Figura 8.1: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C1XA1.

8.3.2 C1XB1

Tabla 8.7: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación C1XB1.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
fc'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
Ec	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
fr	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
Es	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	ȳ	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	2.263	7.702	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	56.575	192.550	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

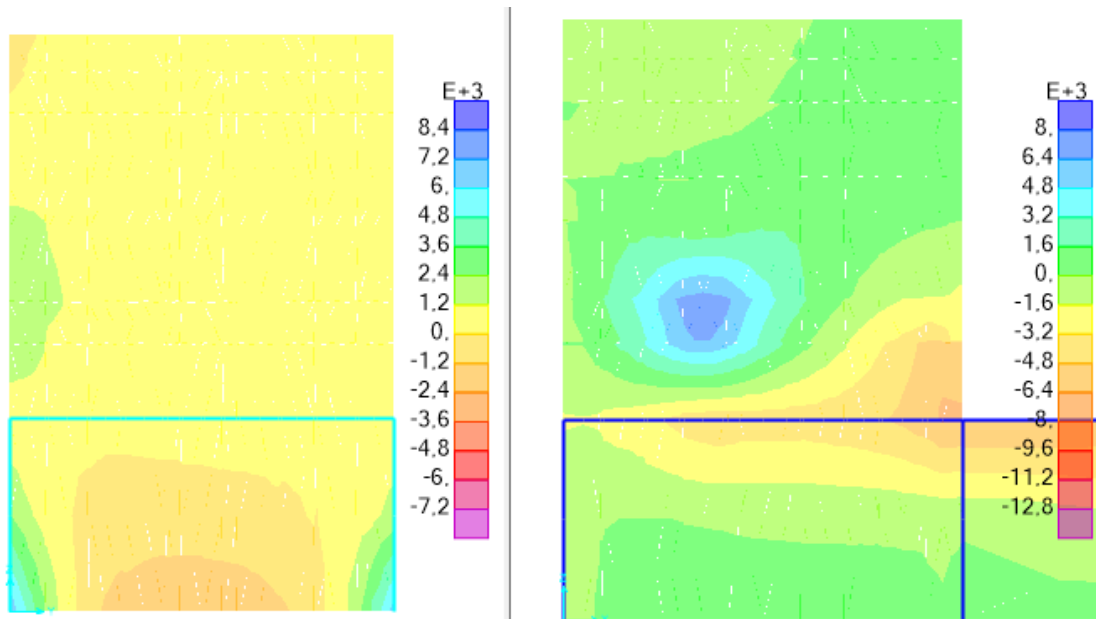


Figura 8.2: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C1XB1.

8.3.3 C1XC1

Tabla 8.8: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación C1XC1.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	6,55	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	20,78	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	676.480,30	[cm ⁴]
b	25	20	[cm]	M_{gr}	844.227,31	675.381,85	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	1.745.818,20	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.571.236,38	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	1.572	9.473	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	39.300	189.460	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

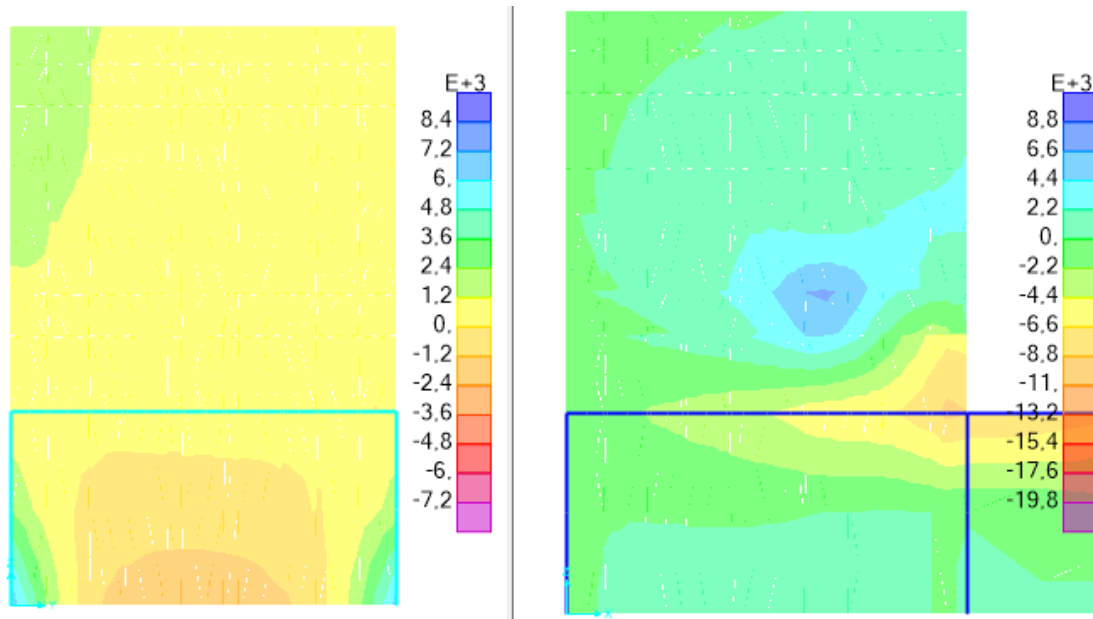


Figura 8.3: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C1XC1.

8.3.4 CIXD1

Tabla 8.9: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CIXD1.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	6,55	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	20,78	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	676.480,30	[cm ⁴]
b	25	20	[cm]	M_{gr}	844.227,31	675.381,85	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	1.745.818,20	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.571.236,38	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	1.911	13.111	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	47.775	262.220	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

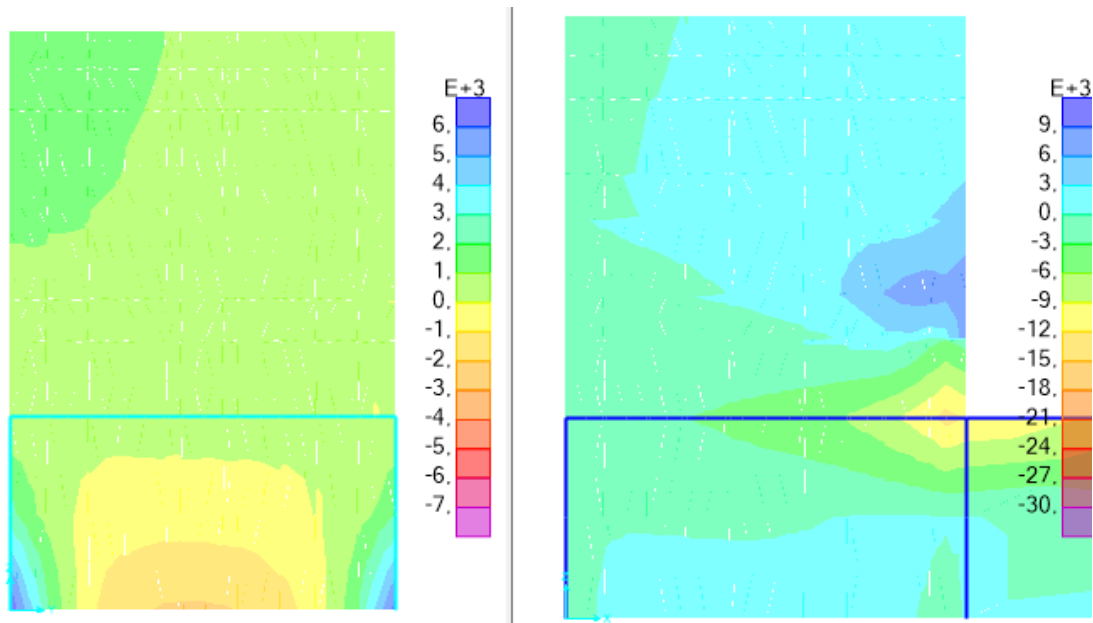


Figura 8.4: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CIXD1.

8.3.5 CIYA1

Tabla 8.10: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CIYA1.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	ȳ	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	6.872	5.221	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	171.800	130.525	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

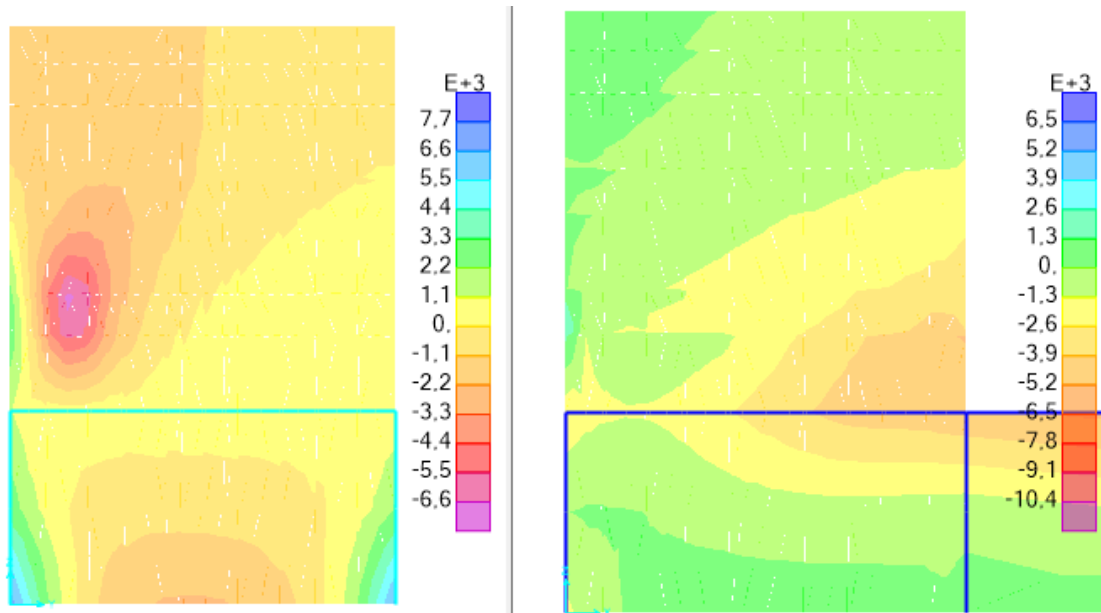


Figura 8.5: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CIYA1.

8.3.6 CIYB1

Tabla 8.11: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CIYB1.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
fc'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
Ec	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
fr	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
Es	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	ȳ	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	8.036	4.846	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	200.900	121.150	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

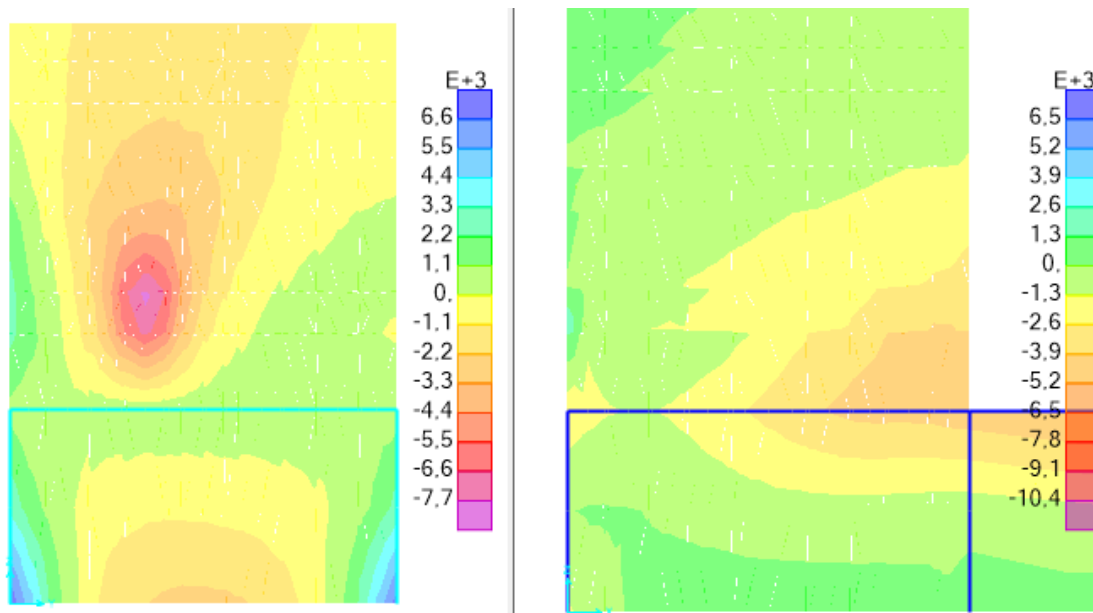


Figura 8.6: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CIYB1.

8.3.7 CIYC1

Tabla 8.12: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CIYC1.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	6,55	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	20,78	[cm]
n	8,94	8,94	-	ȳ	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	676.480,30	[cm ⁴]
b	25	20	[cm]	M_{gr}	844.227,31	675.381,85	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	1.745.818,20	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.571.236,38	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	7.803	4.989	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	195.075	99.780	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

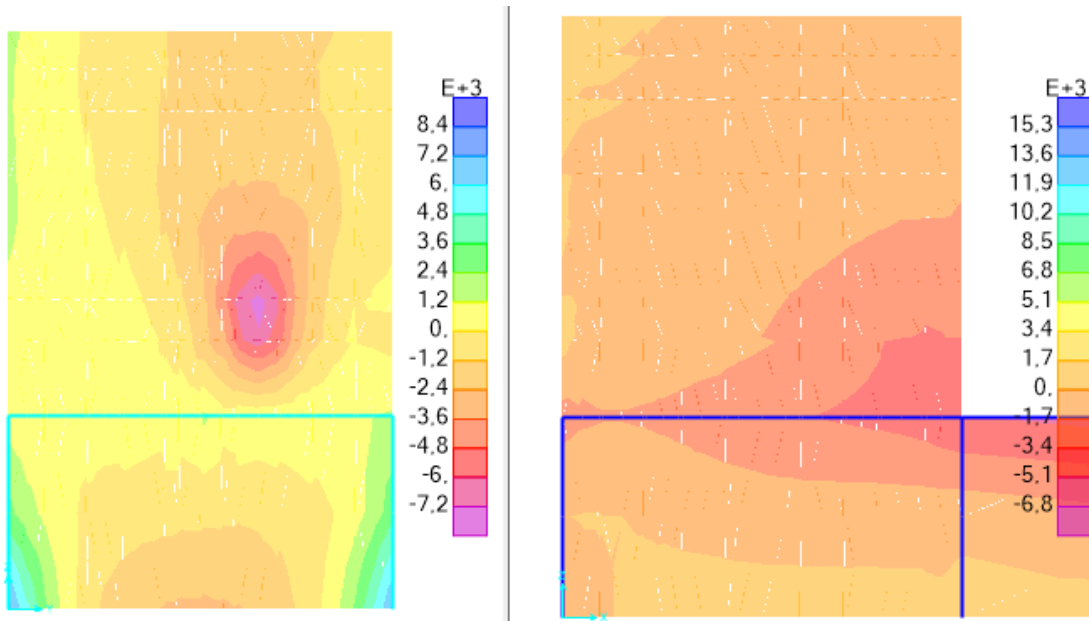


Figura 8.7: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CIYC1.

8.3.8 CIYD1

Tabla 8.13: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CIYD1.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	5.796	4.600	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	144.900	115.000	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

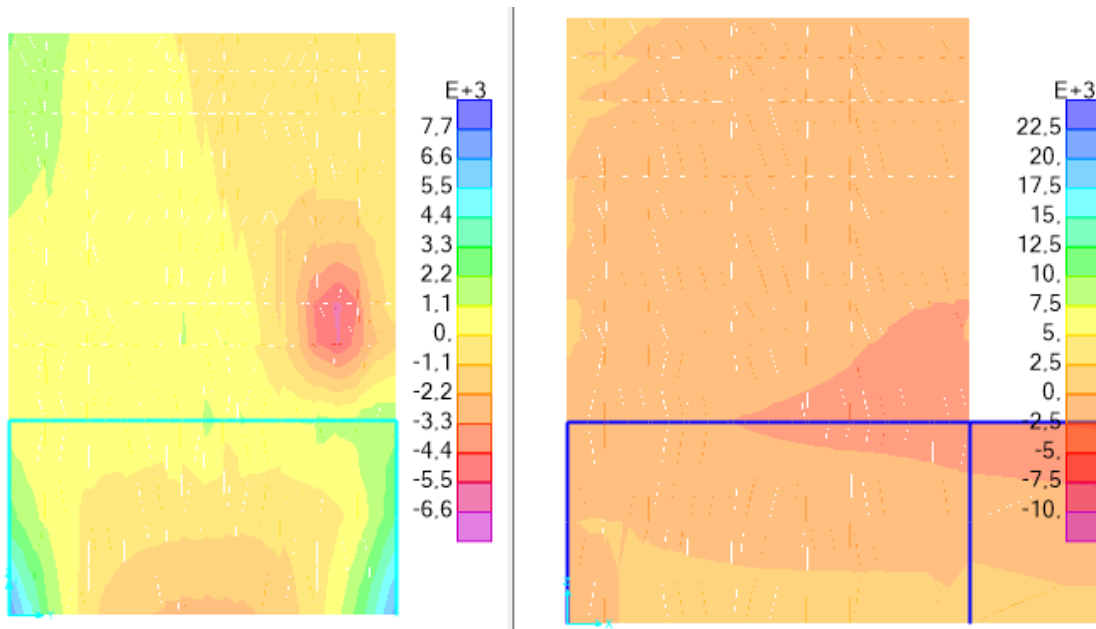


Figura 8.8: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CIYD1.

8.3.9 C1XA2

Tabla 8.14: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación C1XA2.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	2.572	6.563	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	64.300	164.075	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

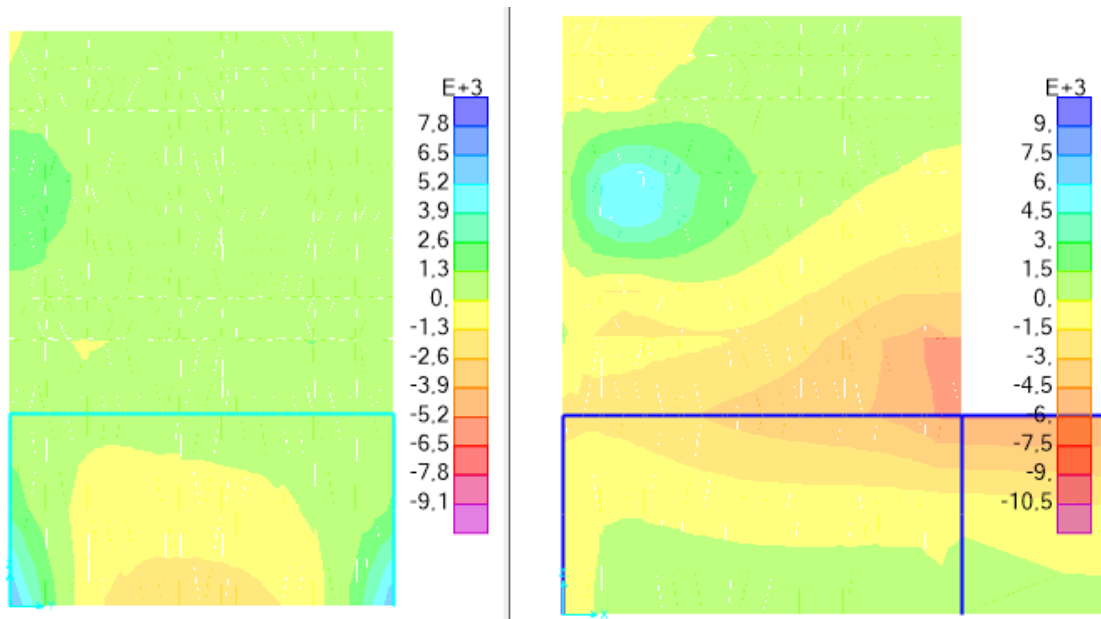


Figura 8.9: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C1XA2.

8.3.10 C1XB2

Tabla 8.15: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación C1XB2.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	ȳ	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	4.641	9.506	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	116.025	237.650	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

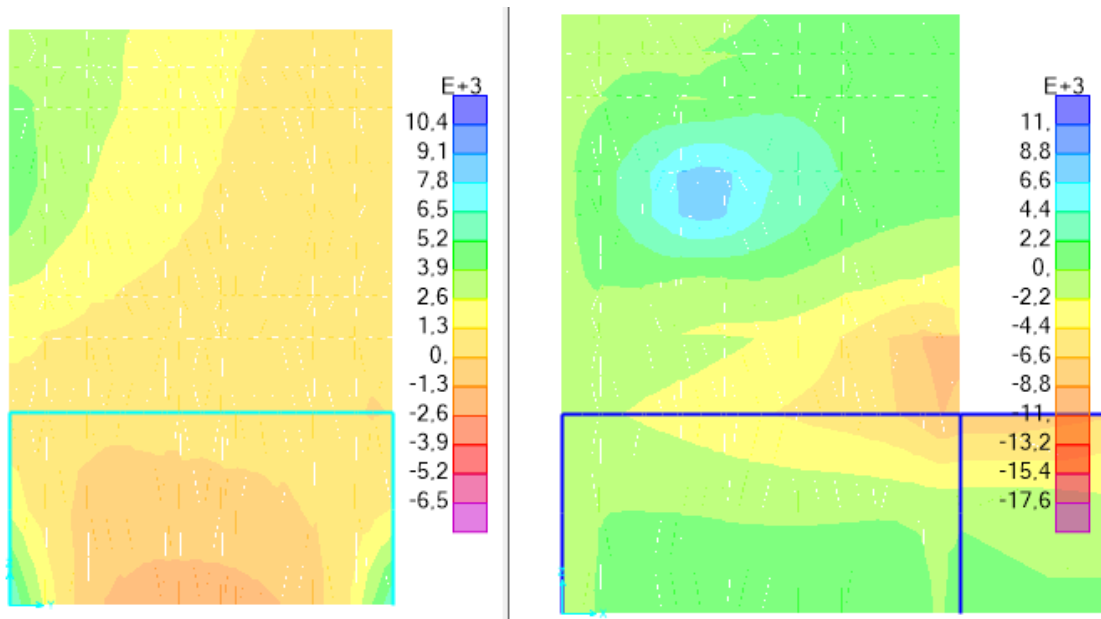


Figura 8.10: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C1XB2.

8.3.11 C1XC2

Tabla 8.16: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación C1XC2.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	ȳ	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	7.306	14.933	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	182.650	373.325	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

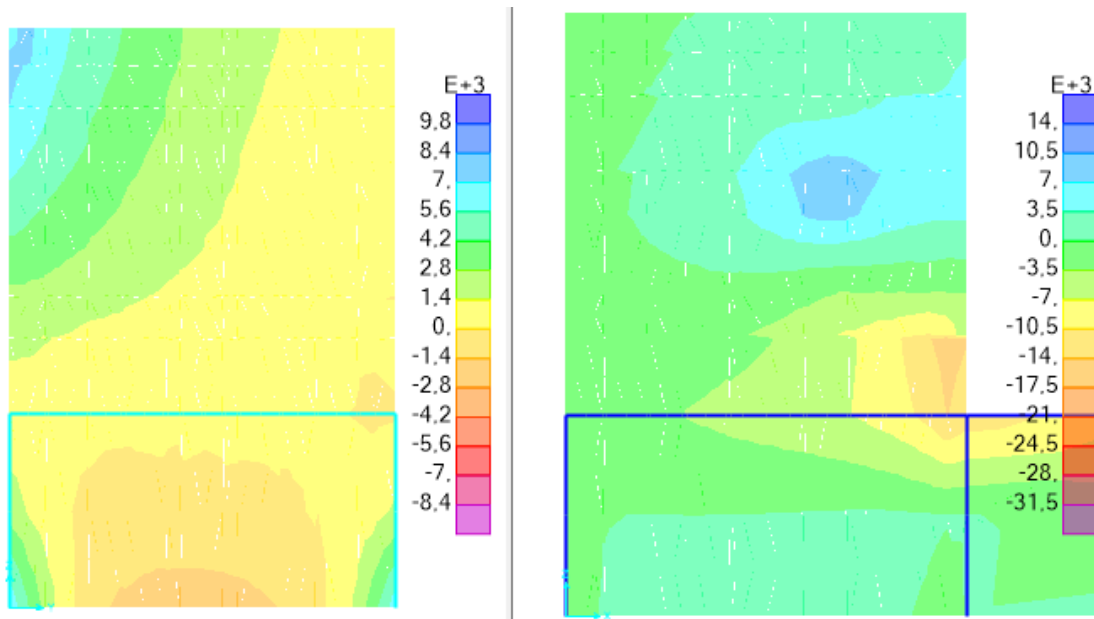


Figura 8.11: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C1XC2.

8.3.12 C1XD2

Tabla 8.17: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación C1XD2.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ϕM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	M_u	8.515	19.759	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	M_u	212.875	493.975	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

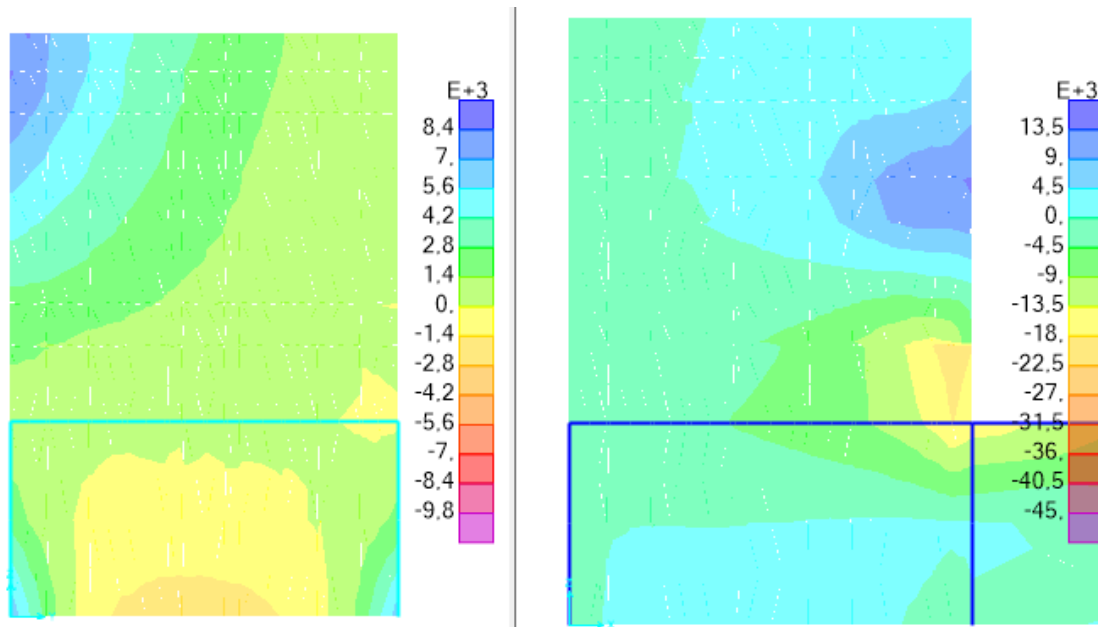


Figura 8.12: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C1XD2.

8.3.13 CIYA2

Tabla 8.18: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CIYA2.

	Muro 1	Muro 2		Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	A_s	8,18	8,18 [cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75 [cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25 [cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98 [cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00 [cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37 [cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31 [kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75 [kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ϕM_n	1.964.045,48	1.964.045,48 [kg*cm]
e	15	15	[cm]	M_u	7.843	4.409 [kg*cm/cm]
A_s	32,73	32,73	[cm ² *m]	M_u	196.075	110.225 [kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

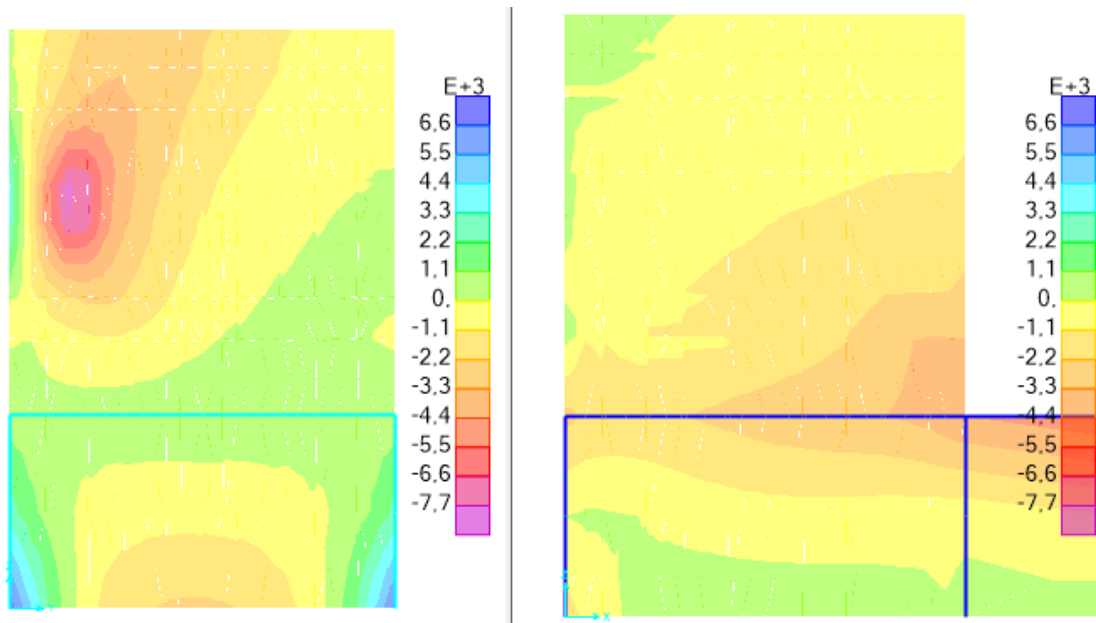


Figura 8.13: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CIYA2.

8.3.14 CIYB2

Tabla 8.19: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CIYB2.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	ȳ	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	10.808	5.955	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	270.200	148.875	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

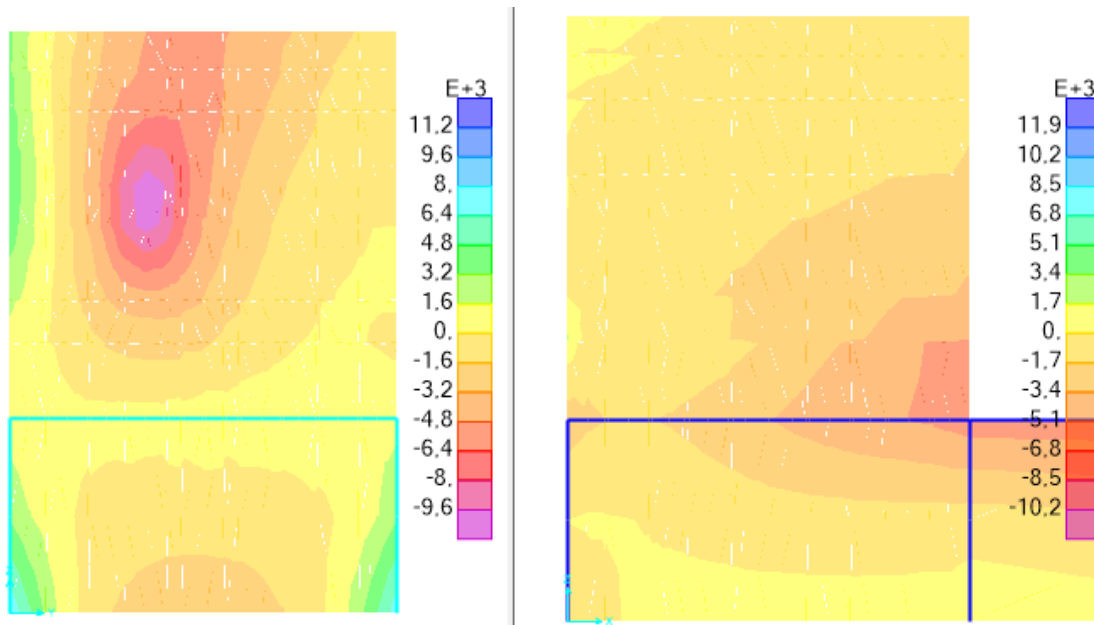


Figura 8.14: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CIYB2.

8.3.15 CIYC2

Tabla 8.20: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CIYC2.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	10.280	5.032	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	257.000	125.800	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

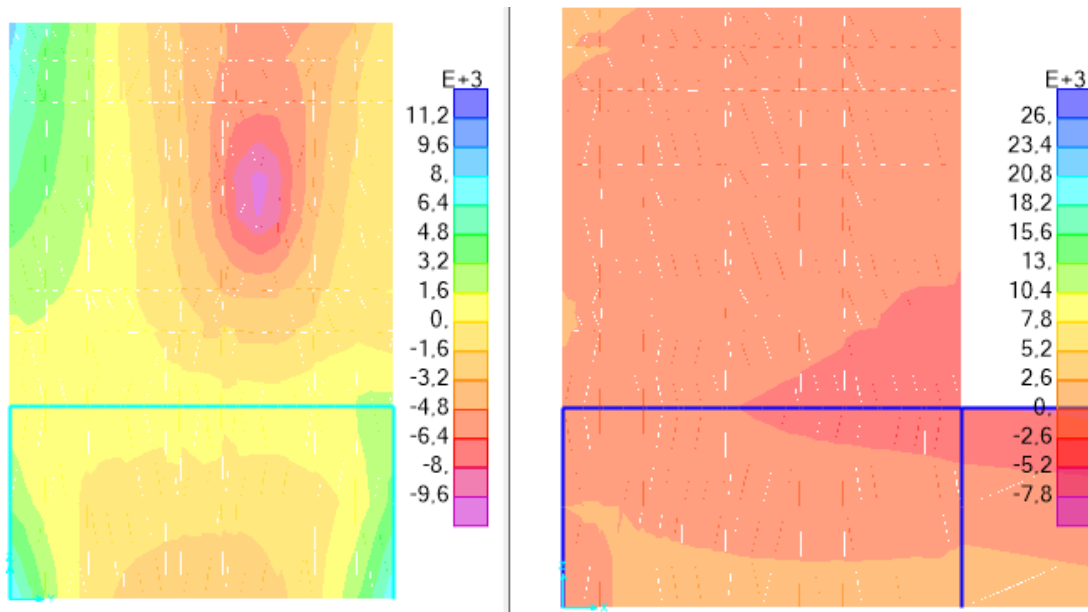


Figura 8.15: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CIYC2.

8.3.16 CIYD2

Tabla 8.21: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CIYD2.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	ȳ	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	10.937	1.048	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	273.425	26.200	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

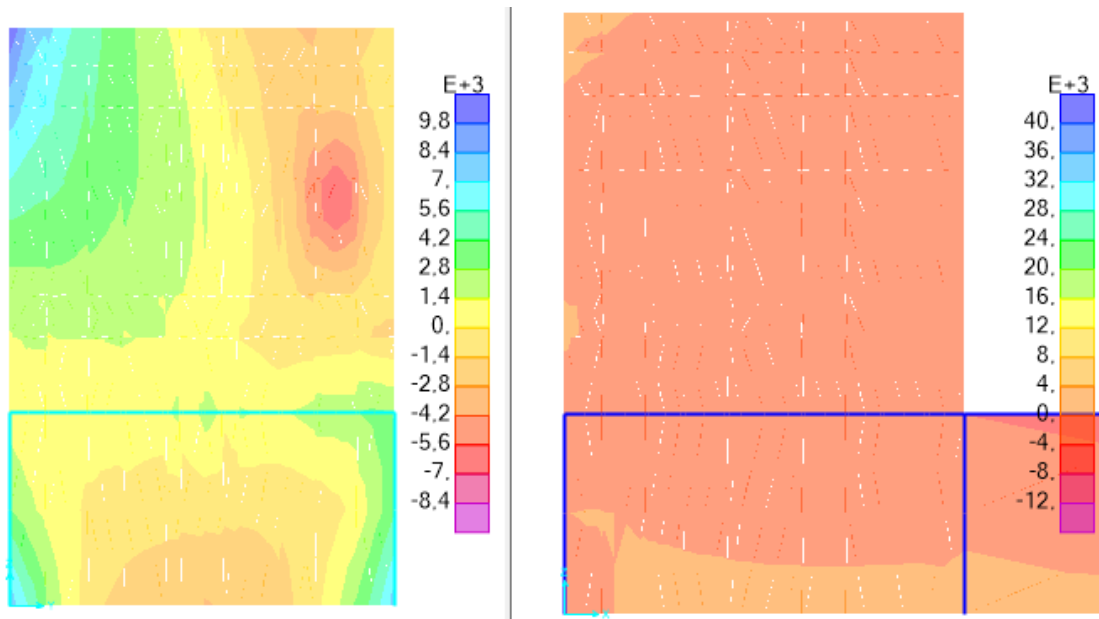


Figura 8.16: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CIYD2.

8.3.17 C2XA

Tabla 8.22: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación C2XA.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ϕM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	M_u	1.420	5.884	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	M_u	35.500	147.100	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

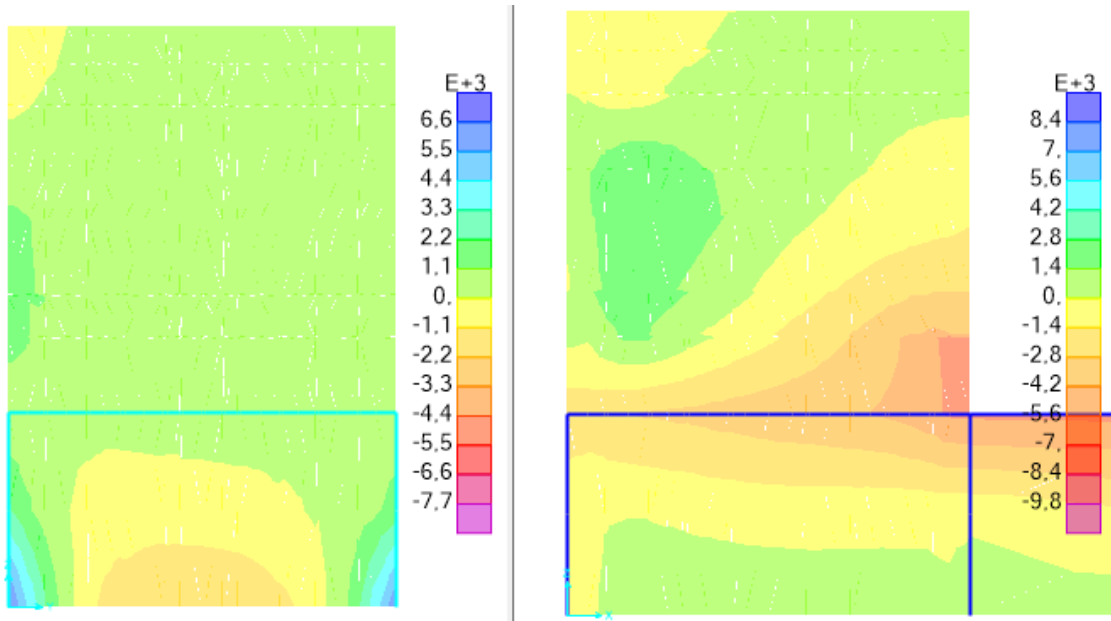


Figura 8.17: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C2XA.

8.3.18 C2XB

Tabla 8.23: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación C2XB.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	ȳ	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	2.745	7.667	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	68.625	191.675	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

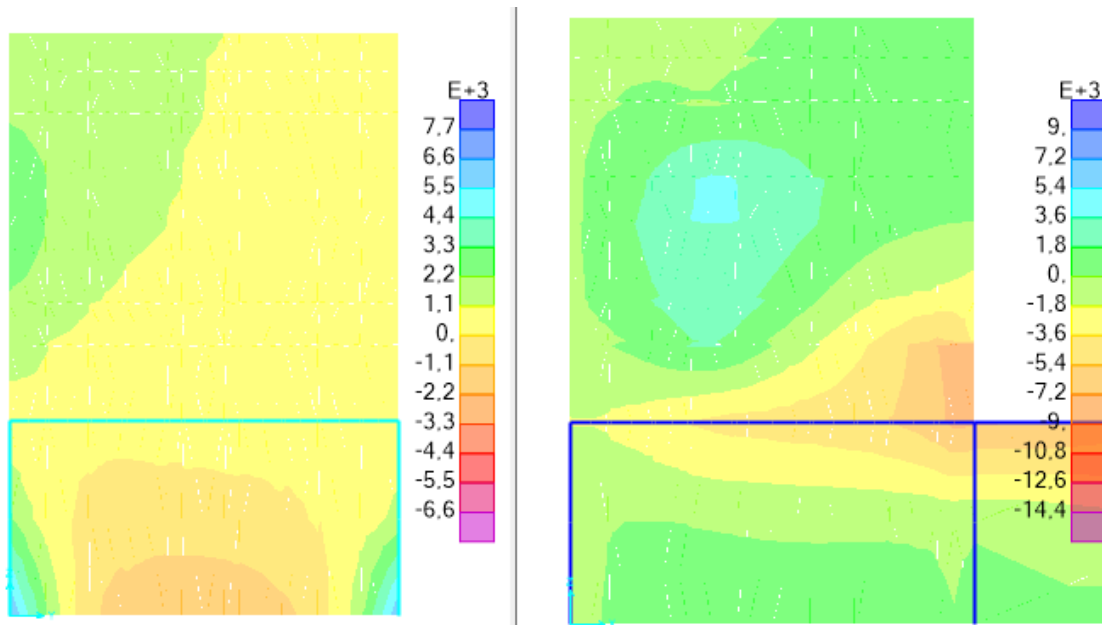


Figura 8.18: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C2XB.

8.3.19 C2XC

Tabla 8.24: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación C2XC.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
fc'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
Ec	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
fr	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
Es	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	ȳ	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ϕM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	M_u	4.293	11.832	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	M_u	107.325	295.800	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

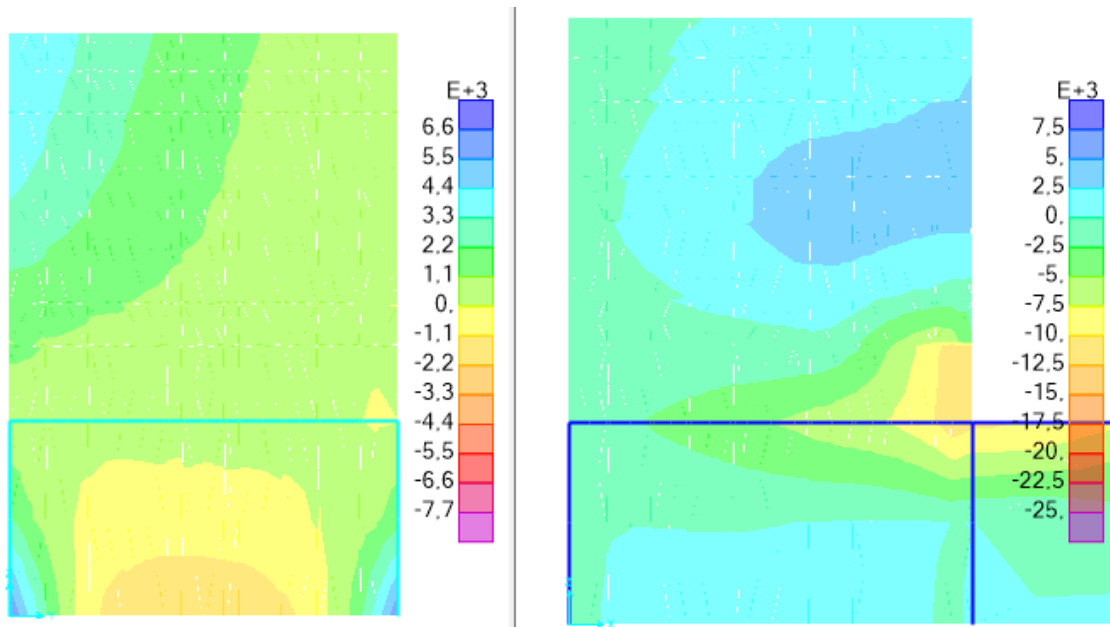


Figura 8.19: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C2XC.

8.3.20 C2XD

Tabla 8.25: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación C2XD.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ϕM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	M_u	5.135	15.801	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	M_u	128.375	395.025	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

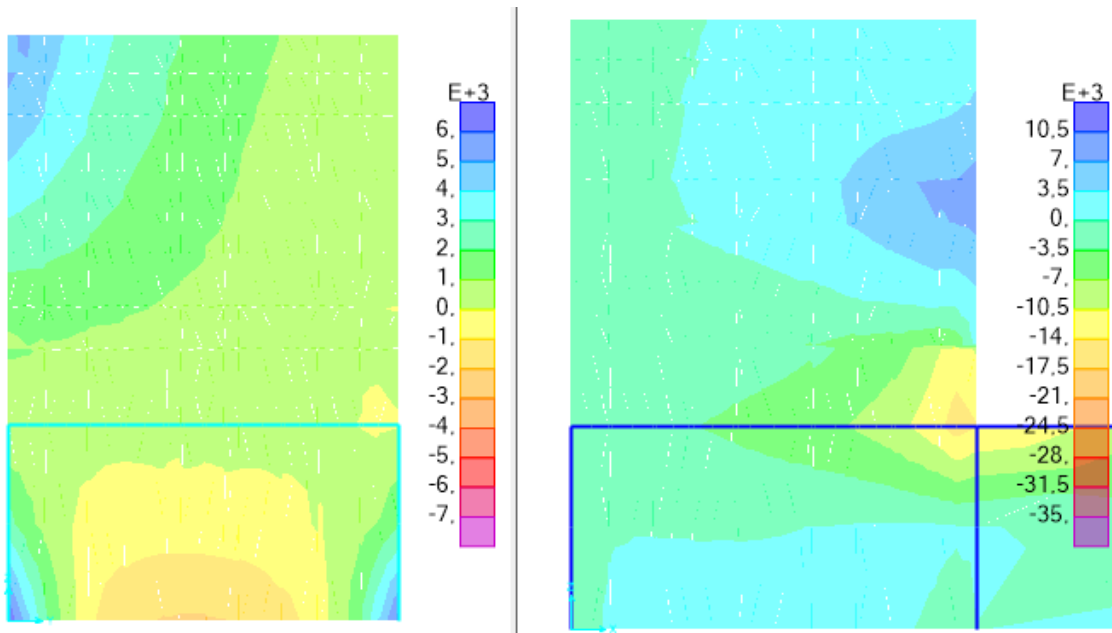


Figura 8.20: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C2XD.

8.3.21 C2YA

Tabla 8.26: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación C2YA.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	ȳ	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	M_u	5.325	6.022	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	M_u	133.125	150.550	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

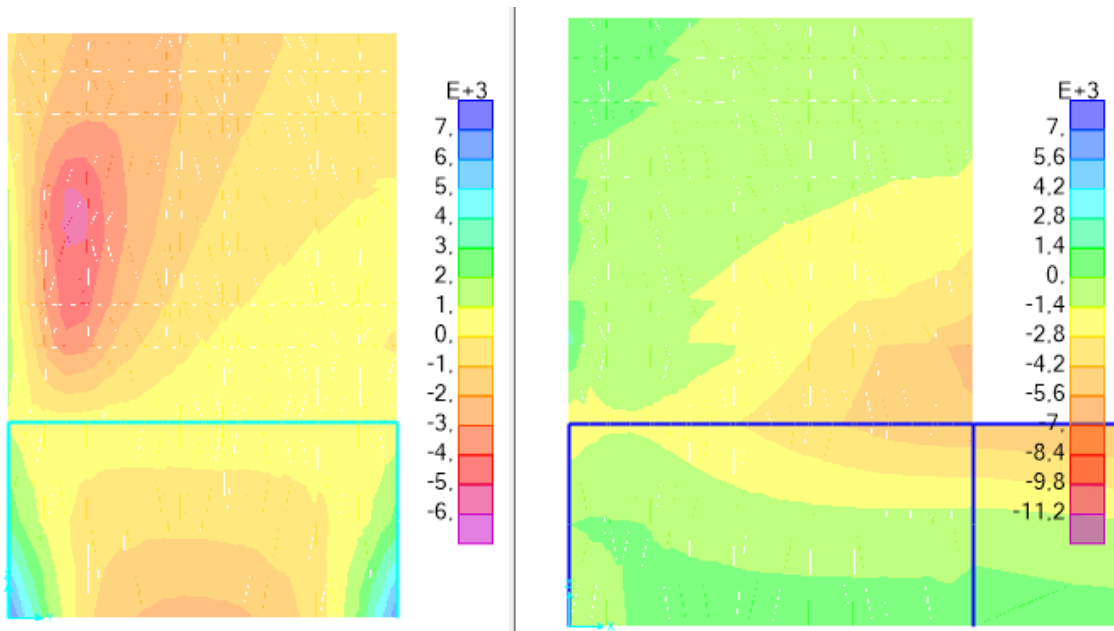


Figura 8.21: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C2YA.

8.3.22 C2YB

Tabla 8.27: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación C2YB.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	ȳ	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	7.035	5.818	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	175.875	145.450	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

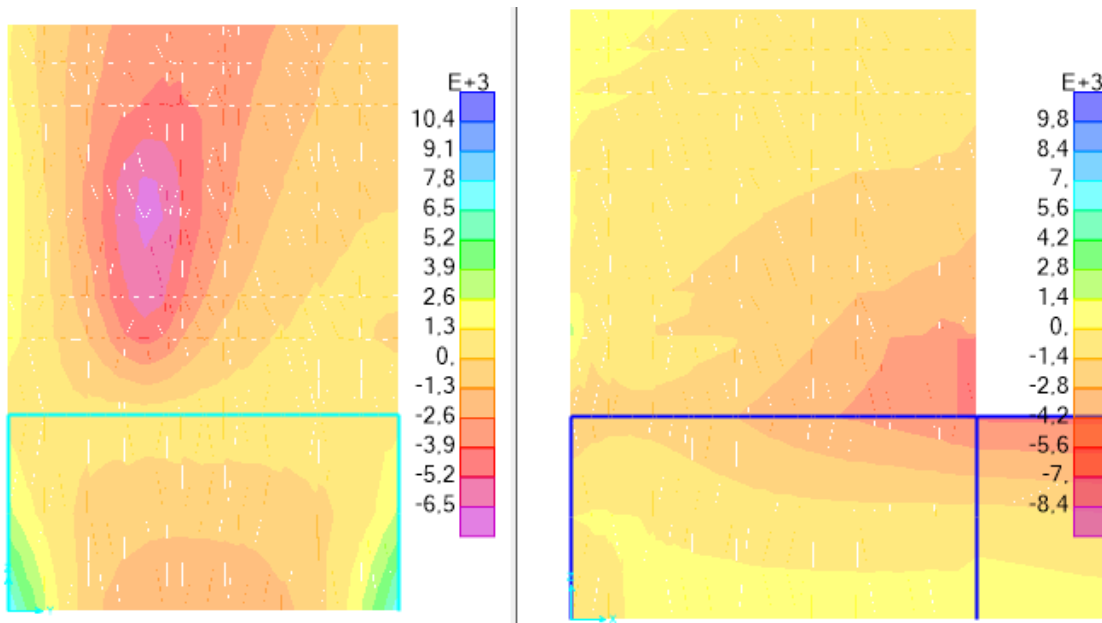


Figura 8.22: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C2YB.

8.3.23 C2YC

Tabla 8.28: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación C2YC.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	ȳ	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	∅M_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	M_u	6.477	5.119	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	M_u	161.925	127.975	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

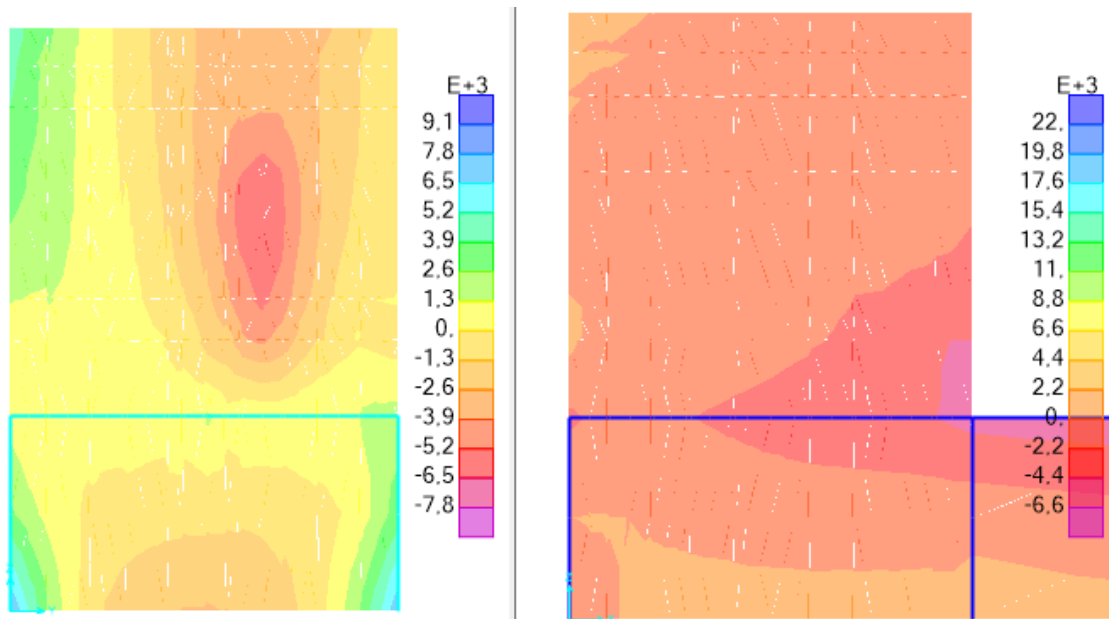


Figura 8.23: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C2YC.

8.3.24 C2YD

Tabla 8.29: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación C2YD.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	ȳ	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	6.595	4.373	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	164.875	109.325	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

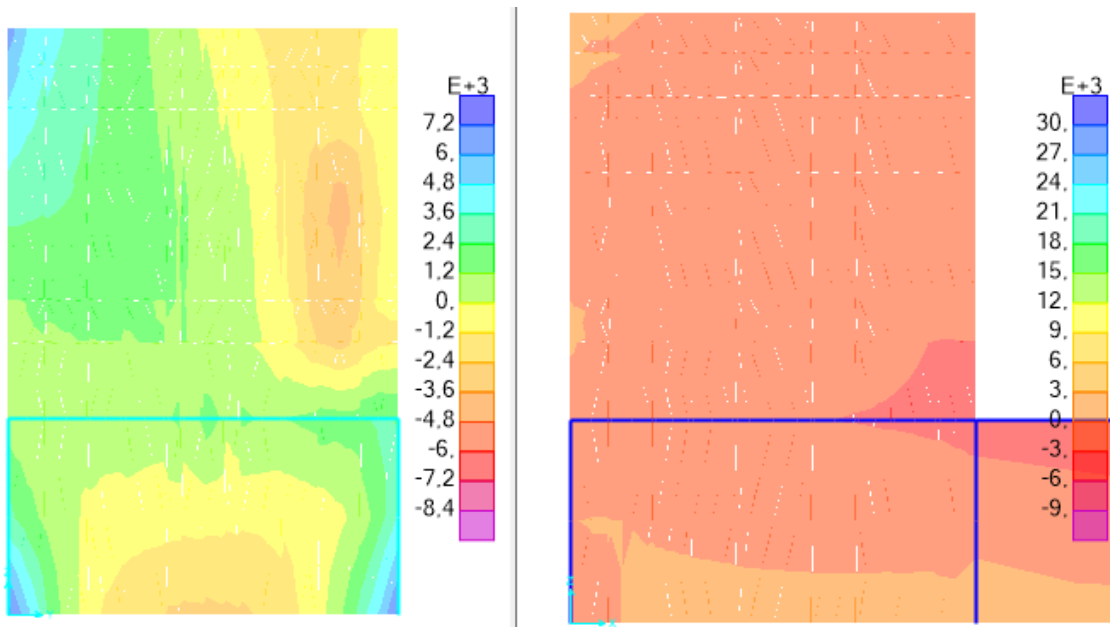


Figura 8.24: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C2YD.

8.3.25 C3X

Tabla 8.30: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación C3X.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	6,55	6,55	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	20,78	20,78	[cm]
n	8,94	8,94	-	ȳ	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	676.480,30	676.480,30	[cm ⁴]
b	20	20	[cm]	M_{gr}	675.381,85	675.381,85	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	1.745.818,20	1.745.818,20	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.571.236,38	1.571.236,38	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	3.572	16.365	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	71.440	327.300	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

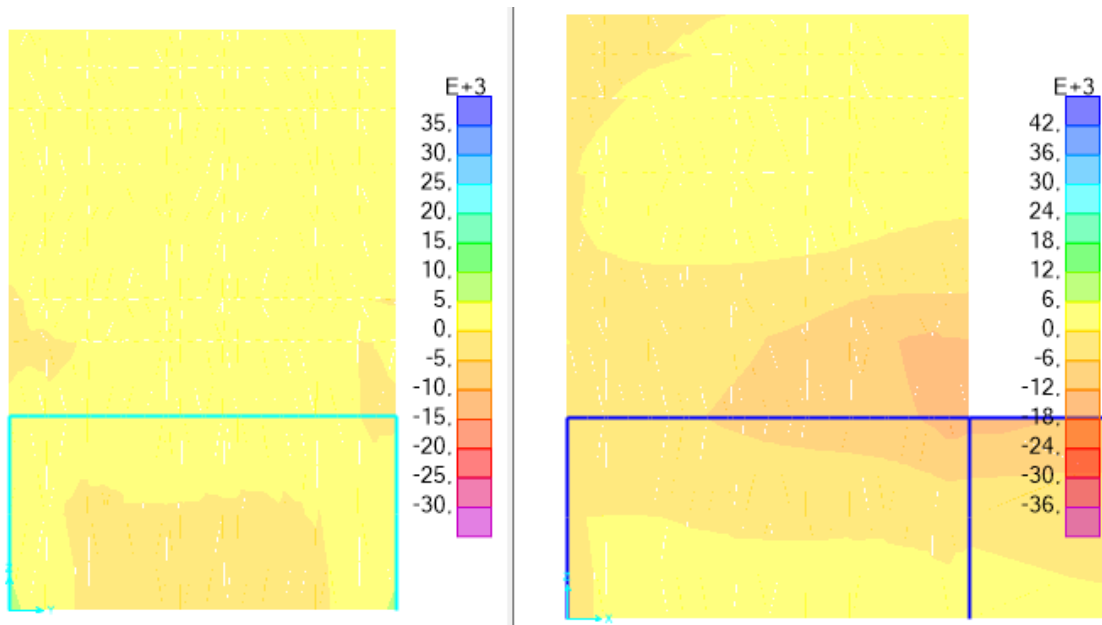


Figura 8.25: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C3X.

8.3.26 C3Y

Tabla 8.31: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación C3Y.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
fc'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	1,64	[cm ²]
Ec	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
fr	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
Es	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	5,20	[cm]
n	8,94	8,94	-	ȳ	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	169.120,07	[cm ⁴]
b	25	5	[cm]	M_{gr}	844.227,31	168.845,46	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	436.454,55	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	392.809,10	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	6.273	5.929	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	156.825	29.645	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

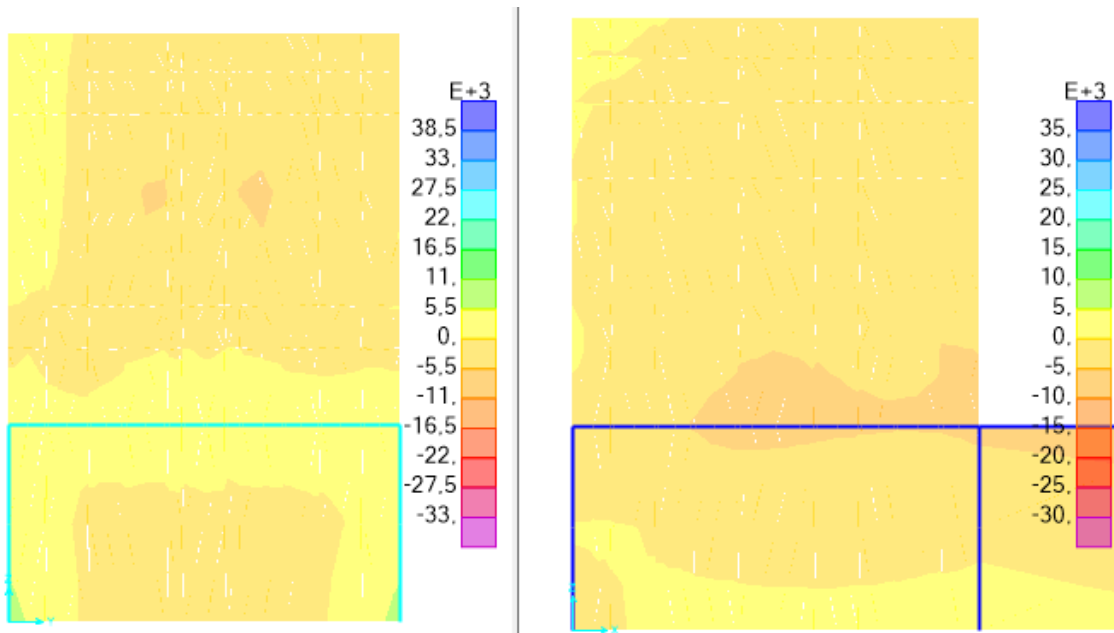


Figura 8.26: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación C3Y.

8.3.27 CXCC

Tabla 8.32: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CXCC.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	ȳ	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	3.225	10.005	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	80.625	250.125	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

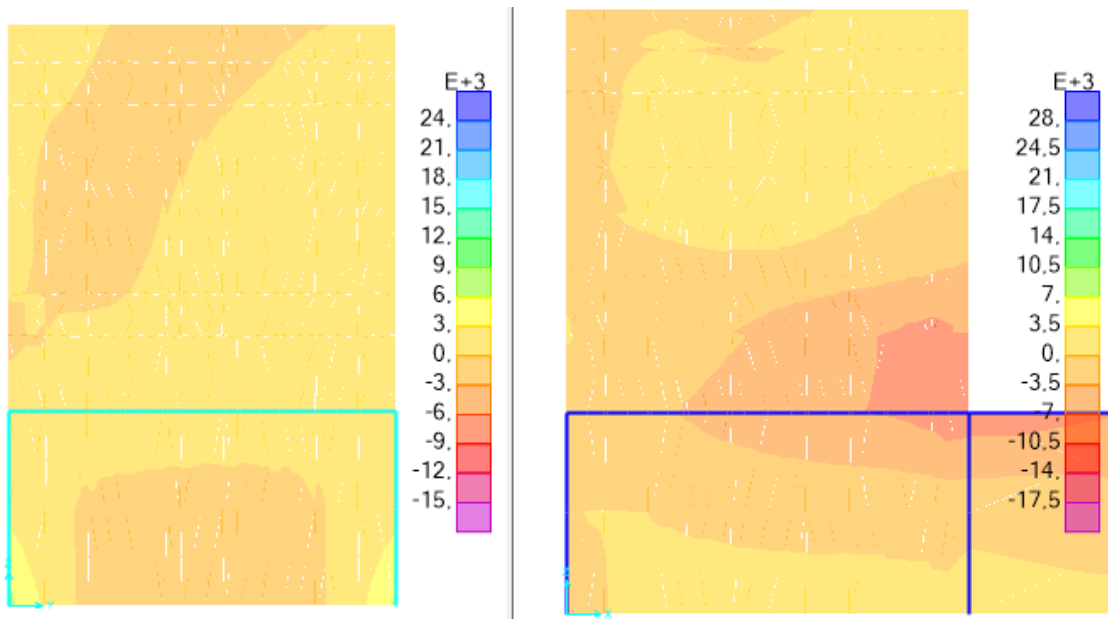


Figura 8.27: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CXCC.

8.3.28 CYCC

Tabla 8.33: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CYCC.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	6,55	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	20,78	[cm]
n	8,94	8,94	-	ȳ	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	676.480,30	[cm ⁴]
b	25	20	[cm]	M_{gr}	844.227,31	675.381,85	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	1.745.818,20	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.571.236,38	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	4.226	4.850	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	105.650	97.000	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

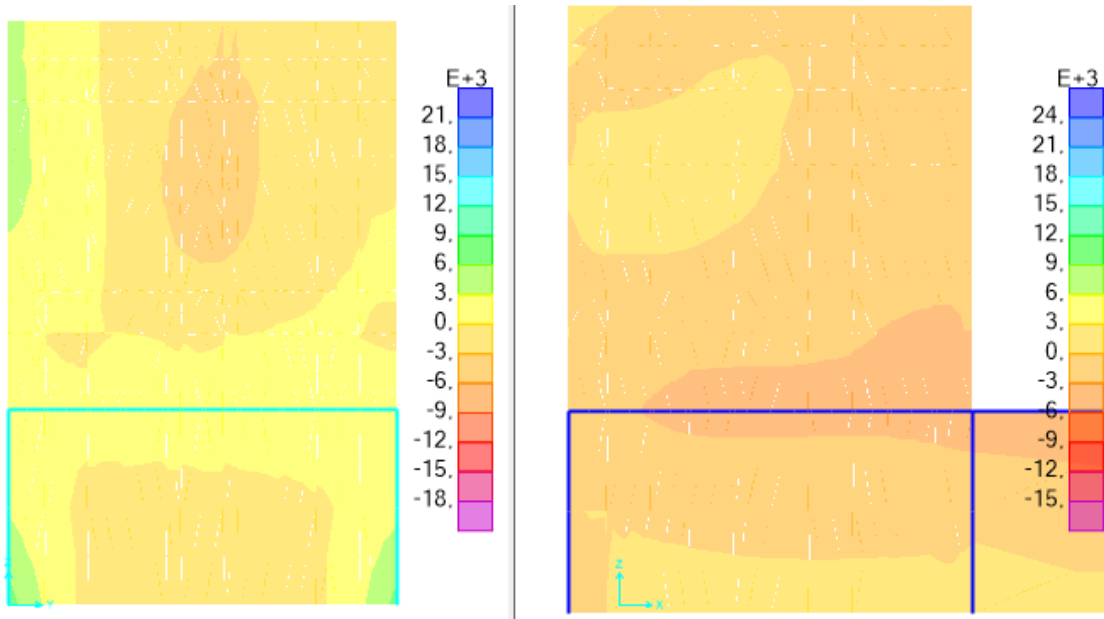


Figura 8.28: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CYCC.

8.3.29 CXA3

Tabla 8.34: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CXA3.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	A_s	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ϕM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	M_u	6.111	8.042	[kg*cm/cm]
A_s	32,73	32,73	[cm ² *m]	M_u	152.775	201.050	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

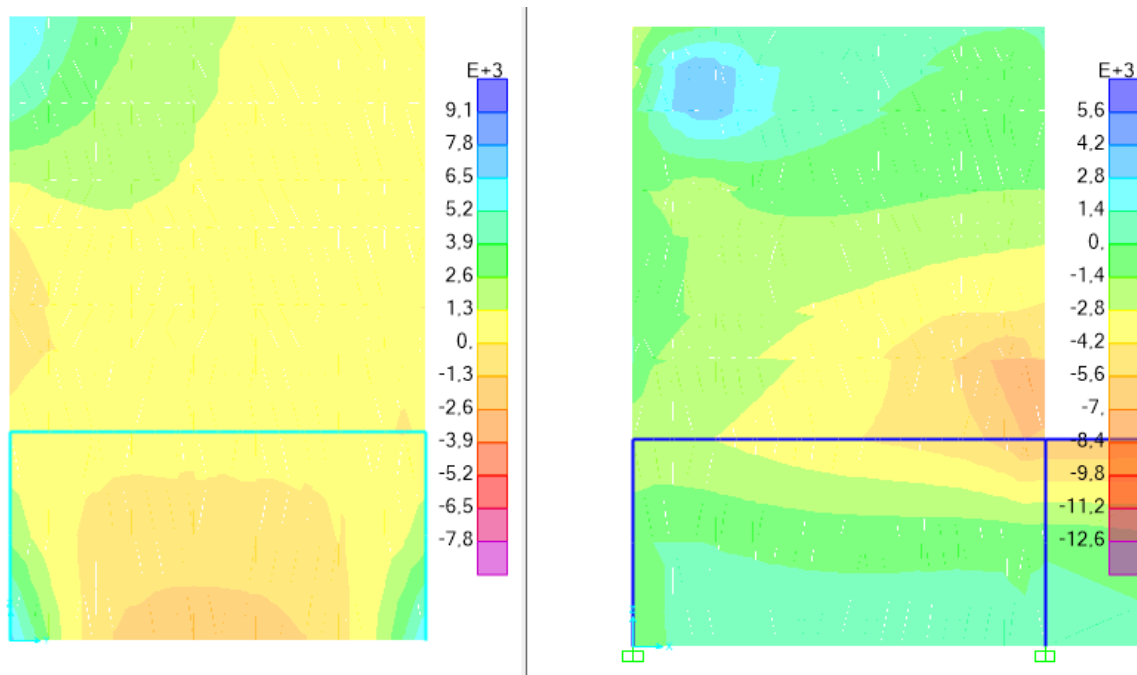


Figura 8.29: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CXA3.

8.3.30 CXB3

Tabla 8.35: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CXB3.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	A_s	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ϕM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	M_u	12.382	12.924	[kg*cm/cm]
A_s	32,73	32,73	[cm ² *m]	M_u	309.550	323.100	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

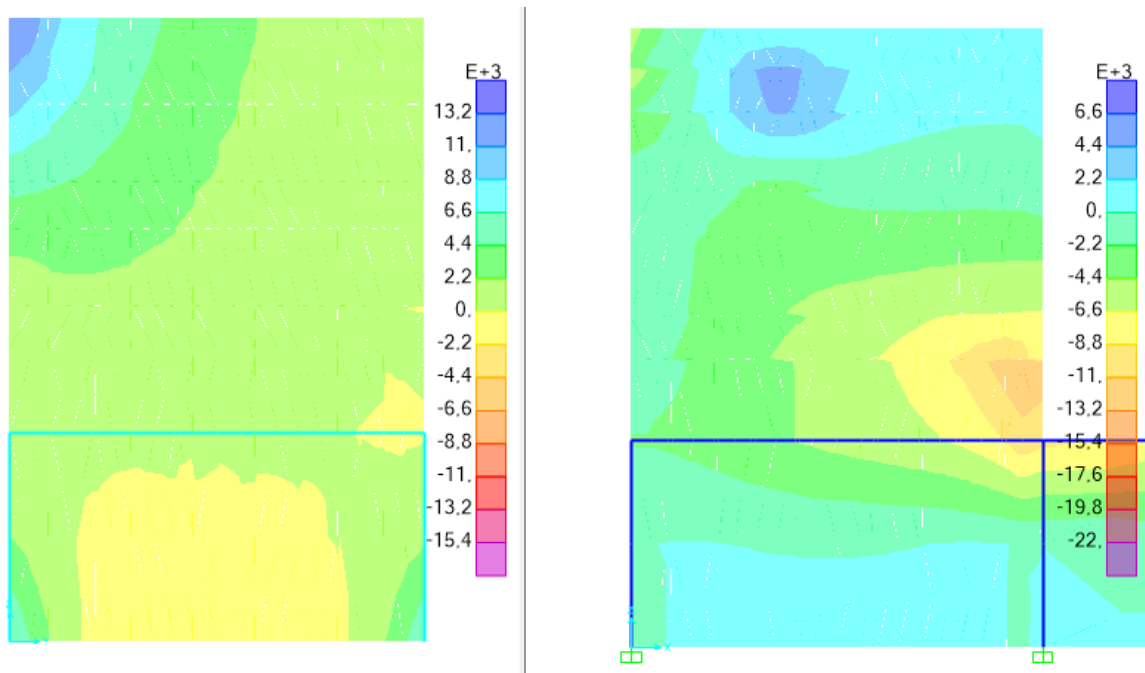


Figura 8.30: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CXB3.

8.3.31 CXC3

Tabla 8.36: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CXC3.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	A_s	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ϕM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	M_u	16.360	21.660	[kg*cm/cm]
A_s	32,73	32,73	[cm ² *m]	M_u	409.000	541.500	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

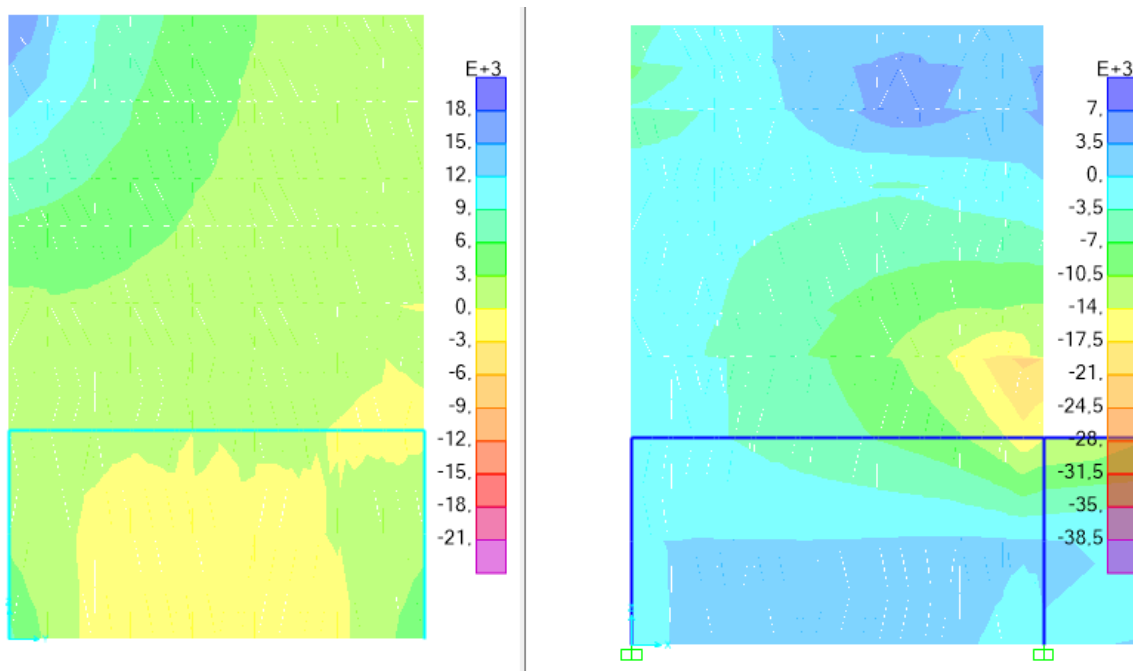


Figura 8.31: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CXC3.

8.3.32 CXD3

Tabla 8.37: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CXD3.

	Muro 1	Muro 2		Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	A_s	8,18	8,18 [cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75 [cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25 [cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98 [cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00 [cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37 [cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31 [kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75 [kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ϕM_n	1.964.045,48	1.964.045,48 [kg*cm]
e	15	15	[cm]	M_u	17.708	28.155 [kg*cm/cm]
A_s	32,73	32,73	[cm ² *m]	M_u	442.700	703.875 [kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

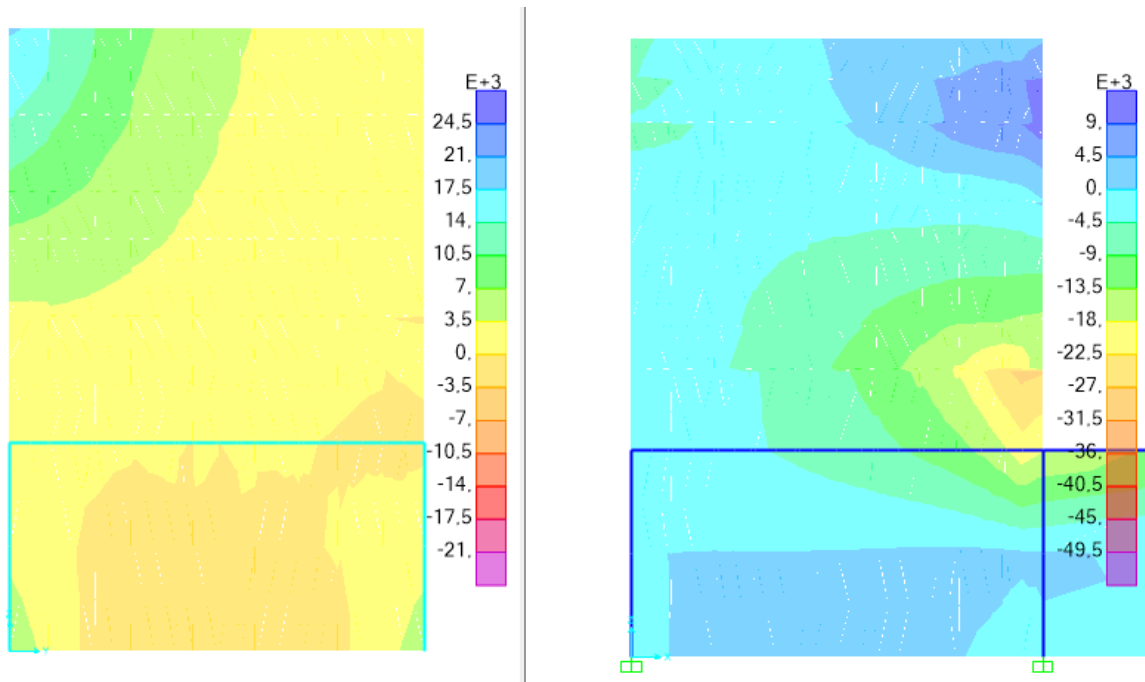


Figura 8.32: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CXD3.

8.3.33 CYA3

Tabla 8.38: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CYA3.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	A_s	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ϕM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	M_u	9.596	4.132	[kg*cm/cm]
A_s	32,73	32,73	[cm ² *m]	M_u	239.900	103.300	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

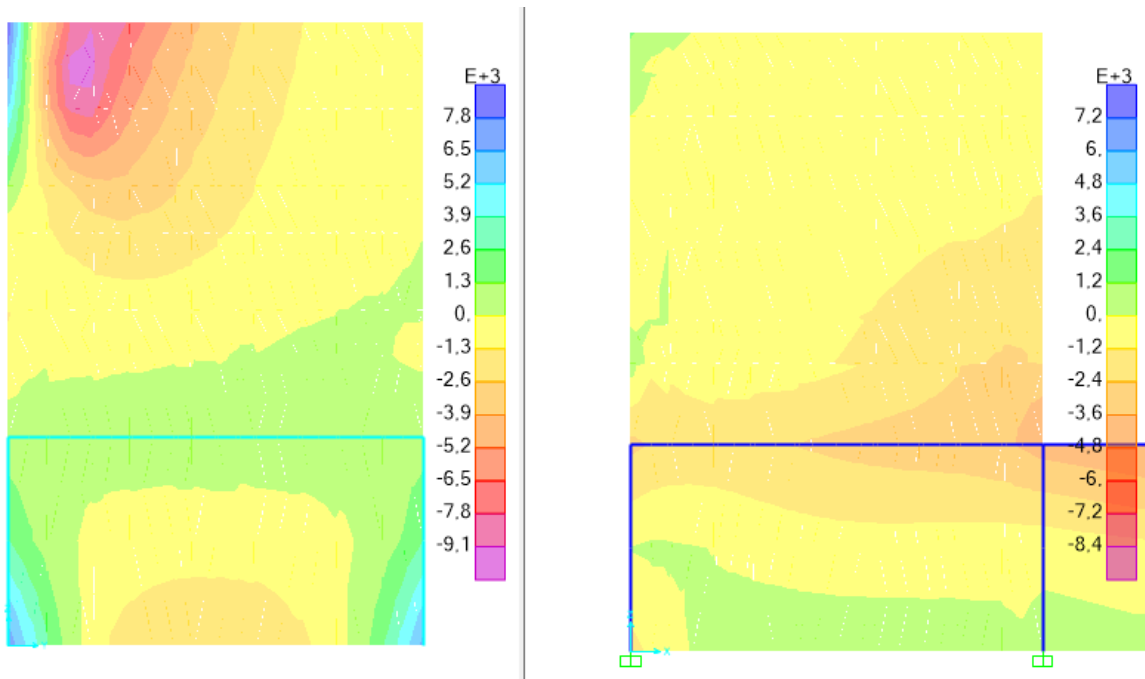


Figura 8.33: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CYA3.

8.3.34 CYB3

Tabla 8.39: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CYB3.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	A_s	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ϕM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	M_u	17.103	3.317	[kg*cm/cm]
A_s	32,73	32,73	[cm ² *m]	M_u	427.575	82.925	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

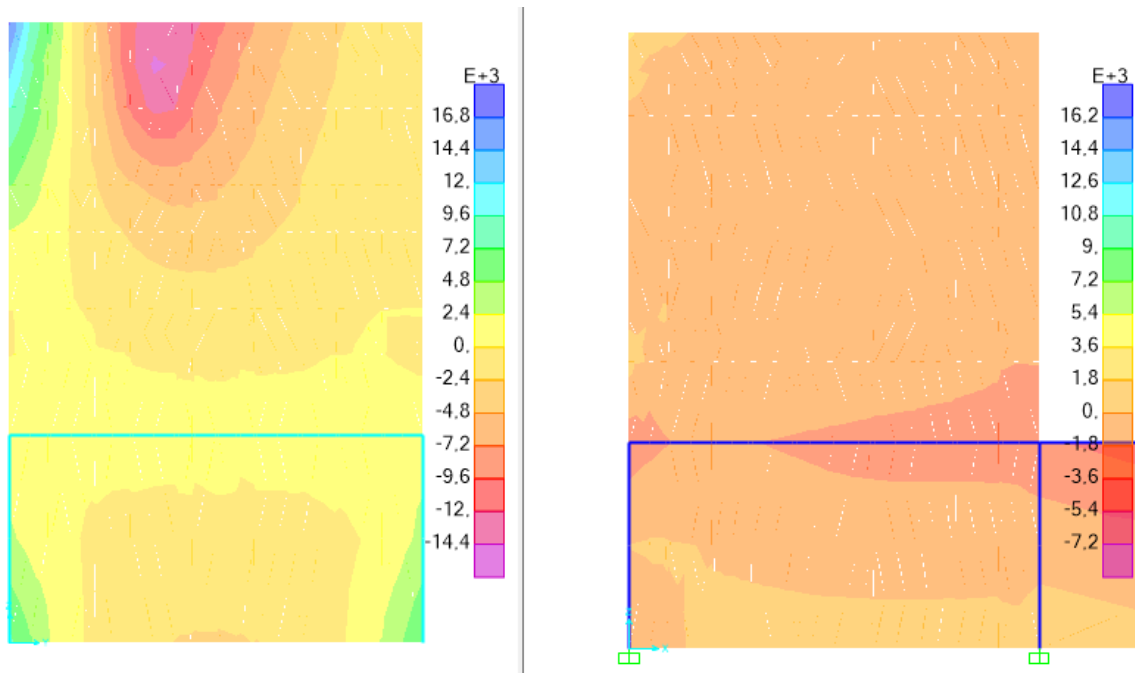


Figura 8.34: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CYB3.

8.3.35 CYC3

Tabla 8.40: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CYC3.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	22.361	2.696	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	559.025	67.400	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

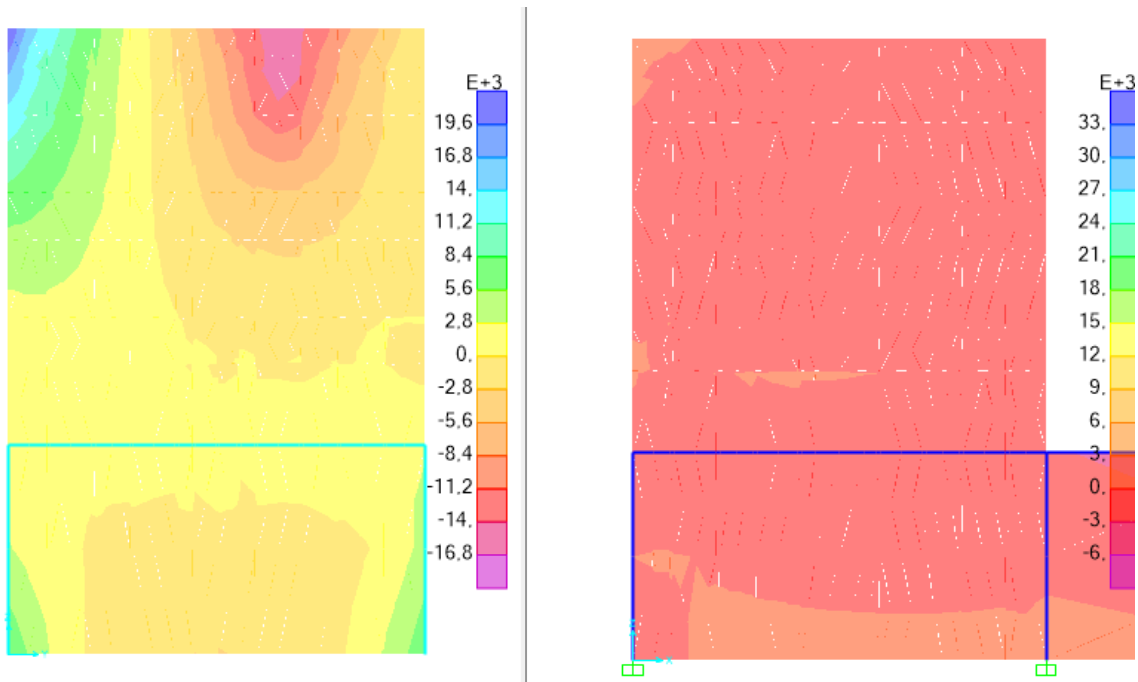


Figura 8.35: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CYC3.

8.3.36 CYD3

Tabla 8.41: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CYD3.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	A_s	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ϕM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	M_u	24.053	2.891	[kg*cm/cm]
A_s	32,73	32,73	[cm ² *m]	M_u	601.325	72.275	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

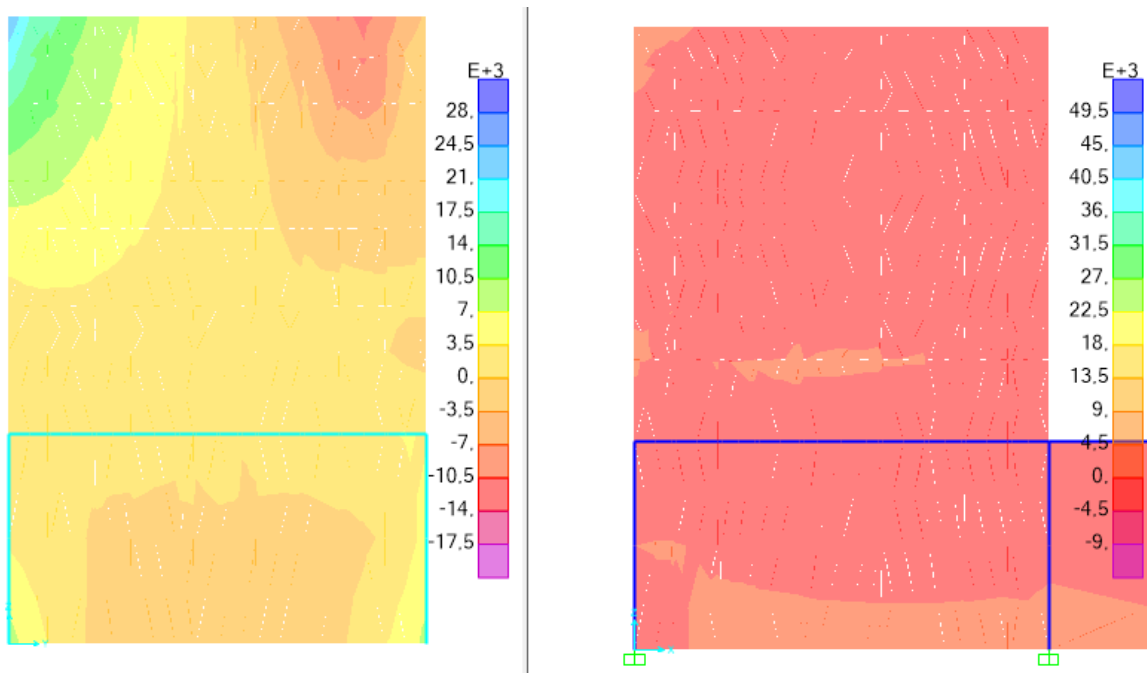


Figura 8.36: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CYD3.

8.3.37 CTXA1

Tabla 8.42: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CTXA1.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
fc'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
Ec	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
fr	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
Es	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	2.208	4.733	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	55.200	118.325	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

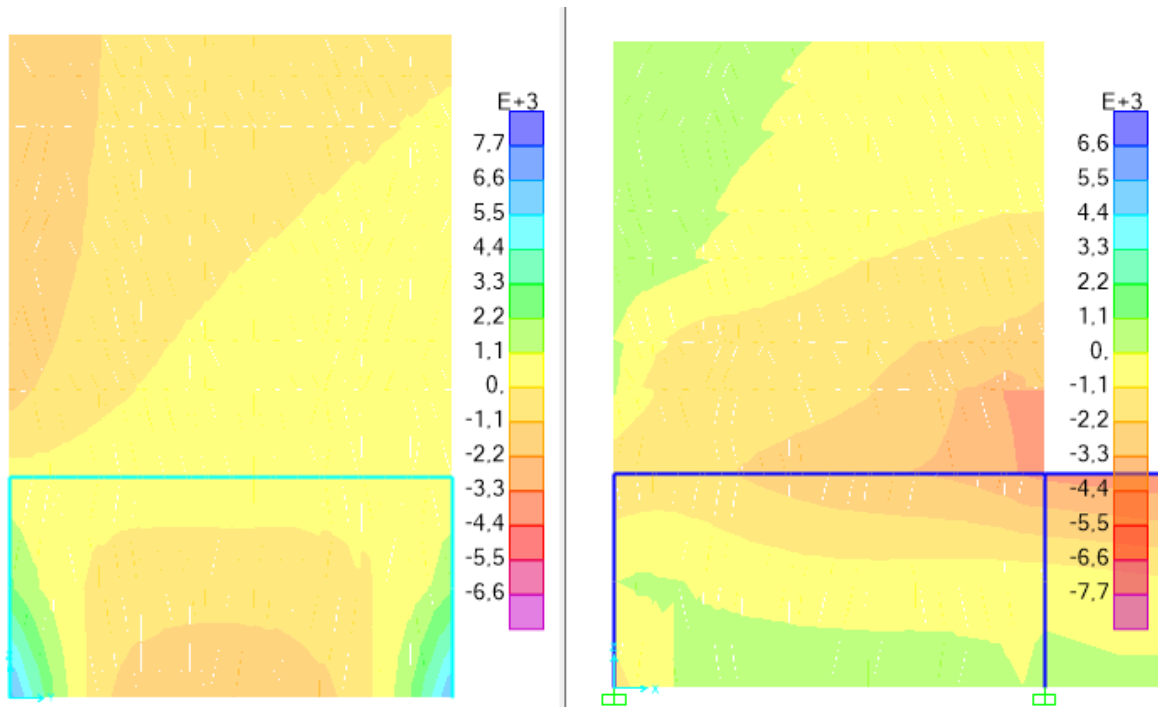


Figura 8.37: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTXA1.

8.3.38 CTXA2

Tabla 8.43: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CTXA2.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	2.545	4.607	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	63.625	115.175	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

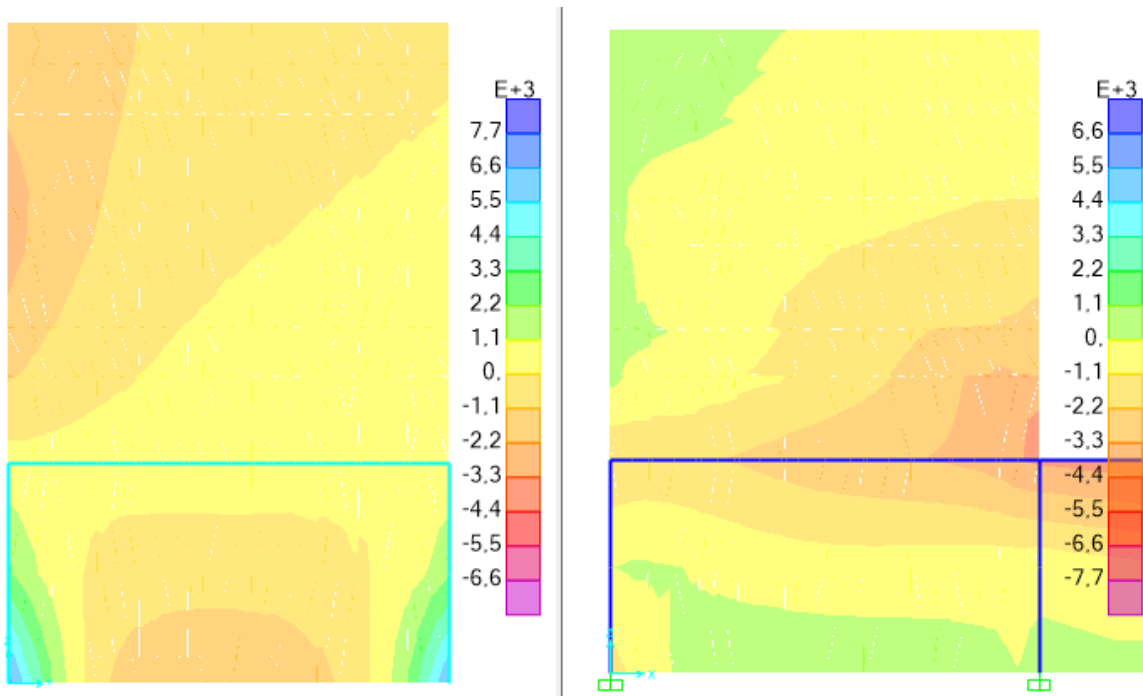


Figura 8.38: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTXA2.

8.3.39 CTXA3

Tabla 8.44: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CTXA3.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	2.794	4.441	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	69.850	111.025	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

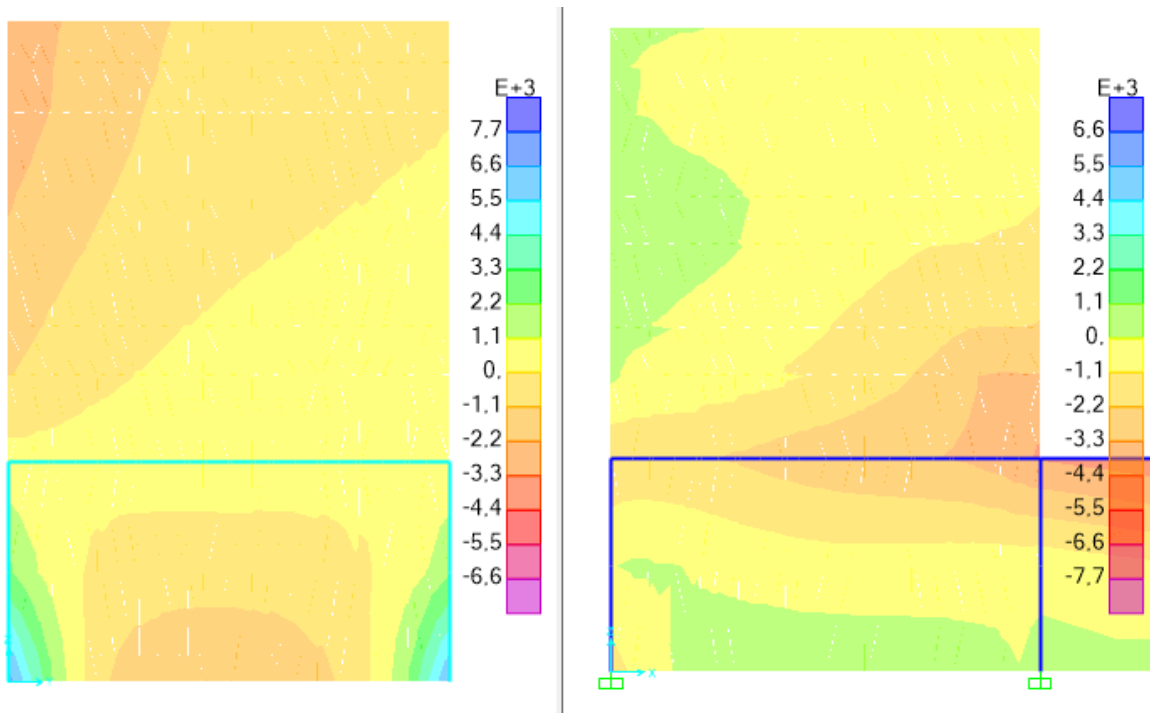


Figura 8.39: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTXA3.

8.3.40 CTXB1

Tabla 8.45: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CTXB1.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	2.380	4.559	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	59.500	113.975	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

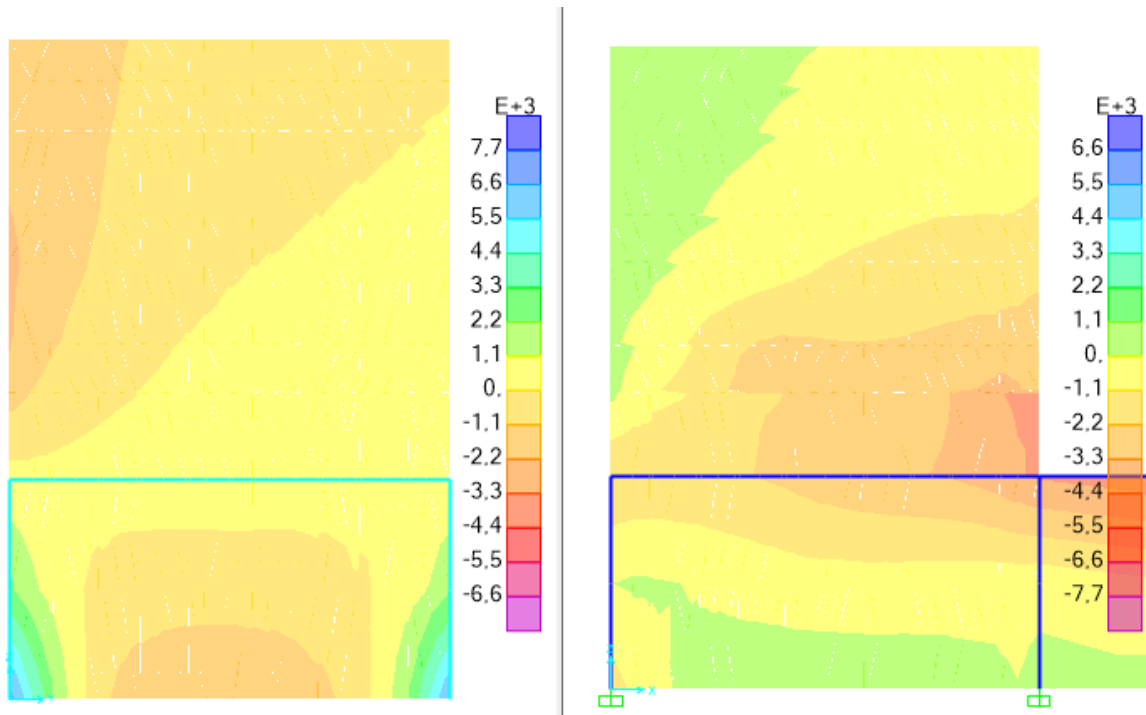


Figura 8.40 Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTXB1.

8.3.41 CTXB2

Tabla 8.46: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CTXB2.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	2.911	4.297	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	72.775	107.425	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

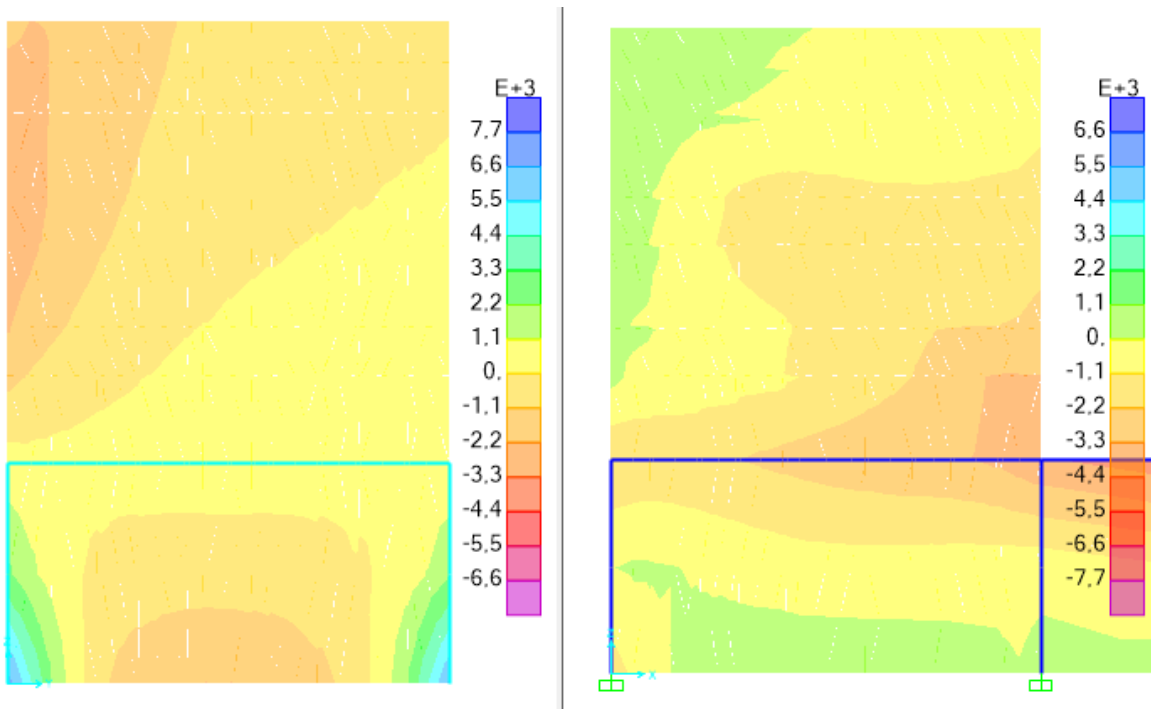


Figura 8.41: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTXB2.

8.3.42 CTXB3

Tabla 8.47: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CTXB3.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	3.808	4.040	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	95.200	101.000	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

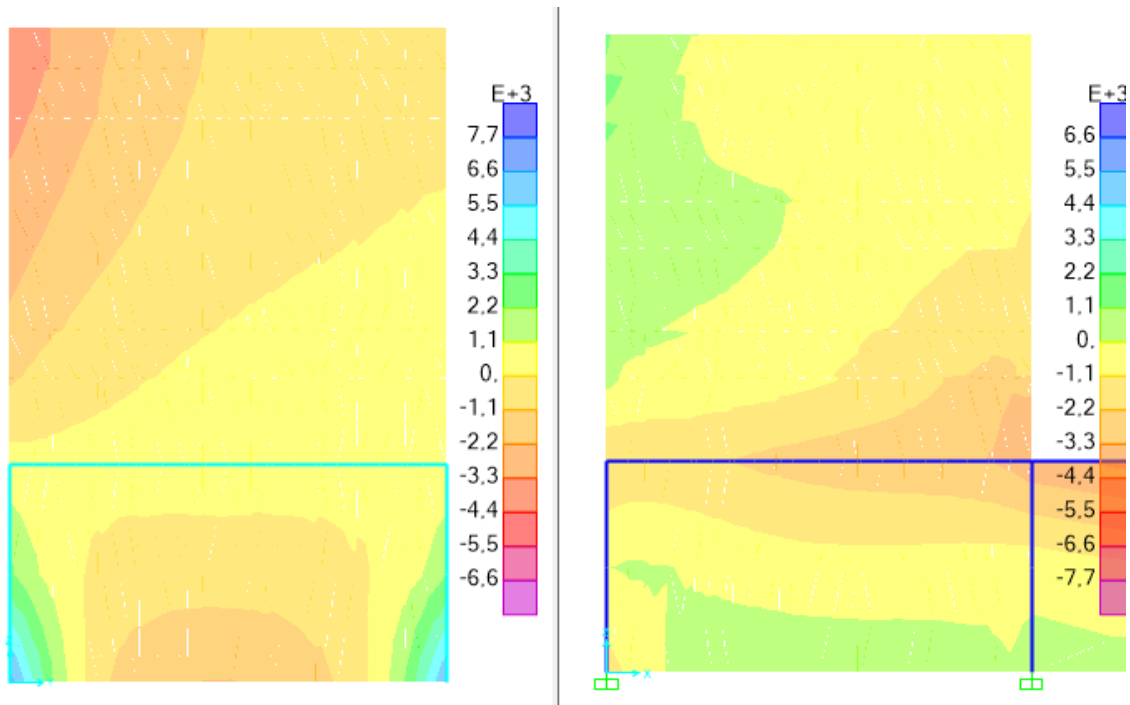


Figura 8.42: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTXB3.

8.3.43 CTXC1

Tabla 8.48: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CTXC1.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	2.354	4.460	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	58.850	111.500	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

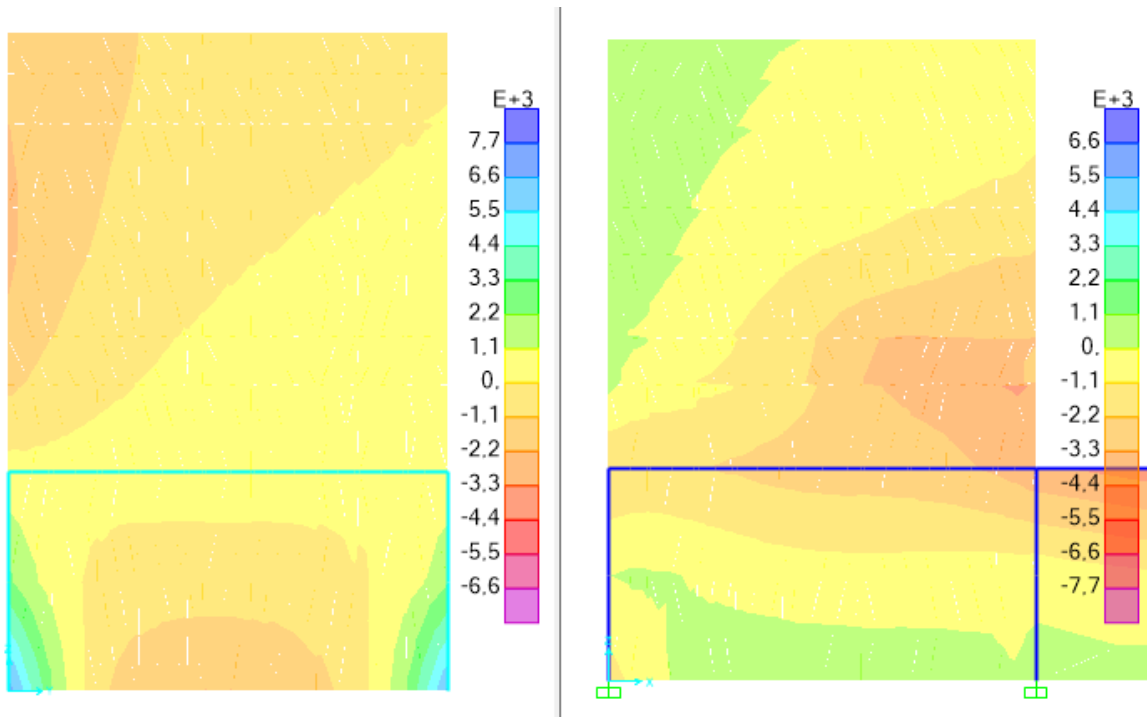


Figura 8.43: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTXC1.

8.3.44 CTXC2

Tabla 8.49: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CTXC2.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	3.076	3.522	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	76.900	88.050	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

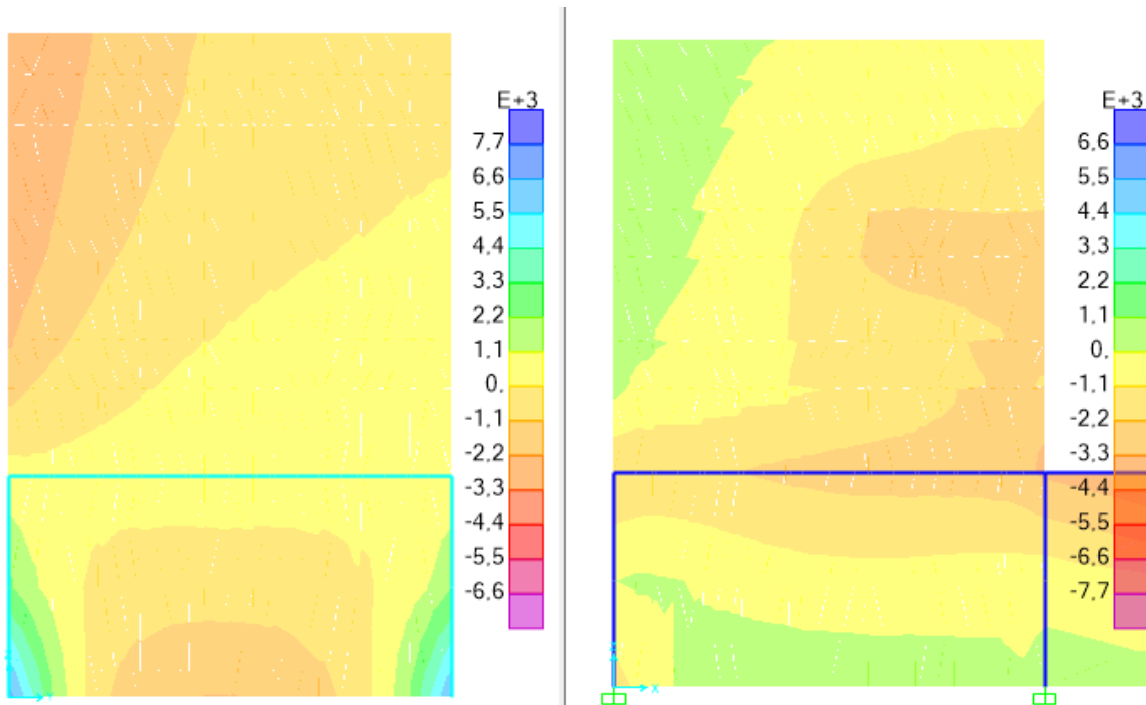


Figura 8.44: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTXC2.

8.3.45 CTXC3

Tabla 8.50: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CTXC3.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
fc`	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
Ec	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
fr	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d`	3,25	3,25	[cm]
Es	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b`	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	ȳ	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	4.514	3.157	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	112.850	78.925	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

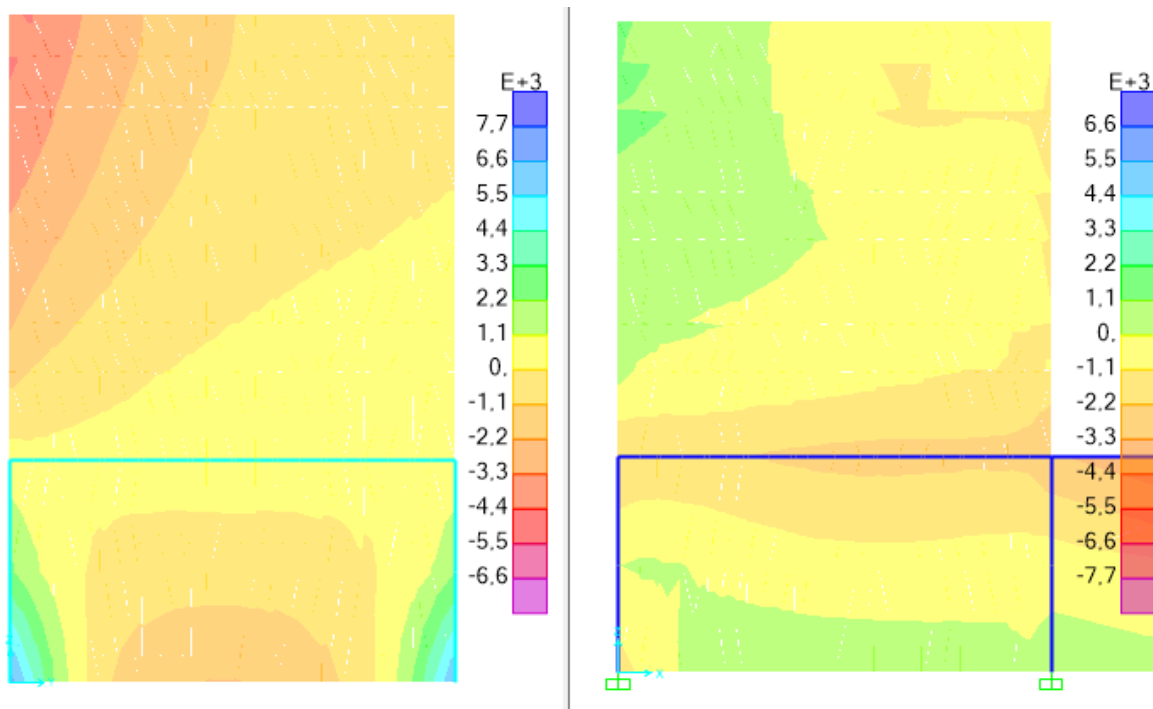


Figura 8.45: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTXC3.

8.3.46 CTXD1

Tabla 8.51: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CTXD1.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
fc'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
Ec	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
fr	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
Es	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	2.316	4.627	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	57.900	115.675	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

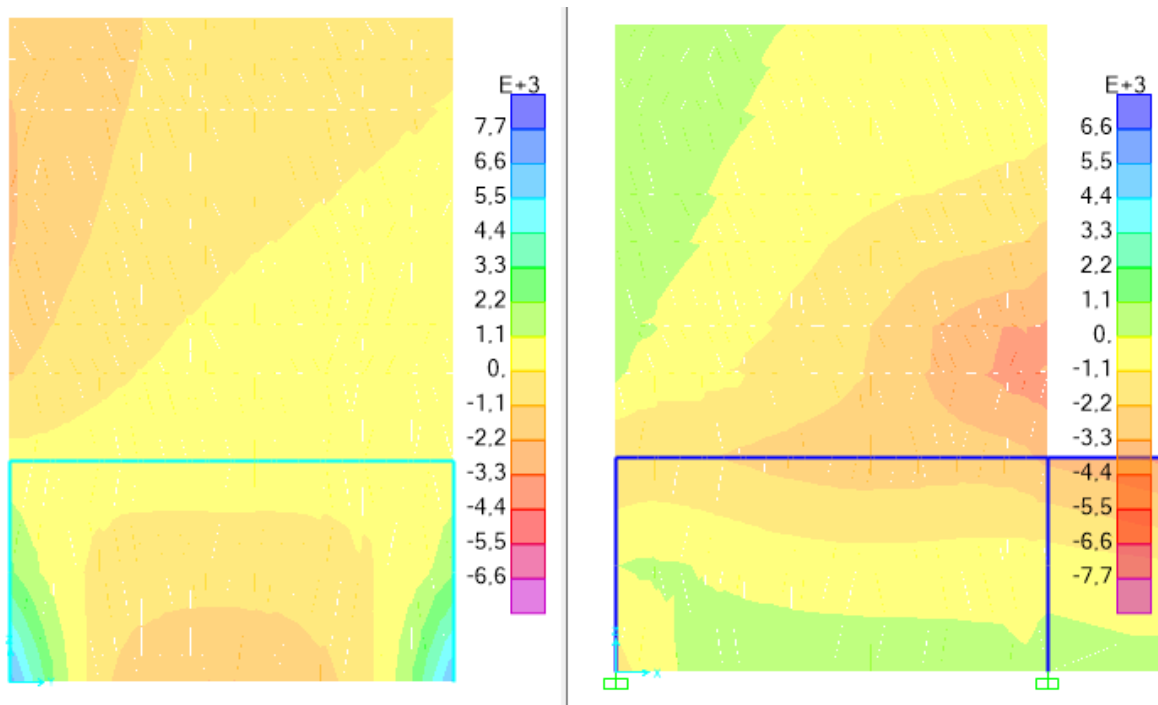


Figura 8.46: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTXD1.

8.3.47 CTXD2

Tabla 8.52: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CTXD2.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	3.090	3.982	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	77.250	99.550	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

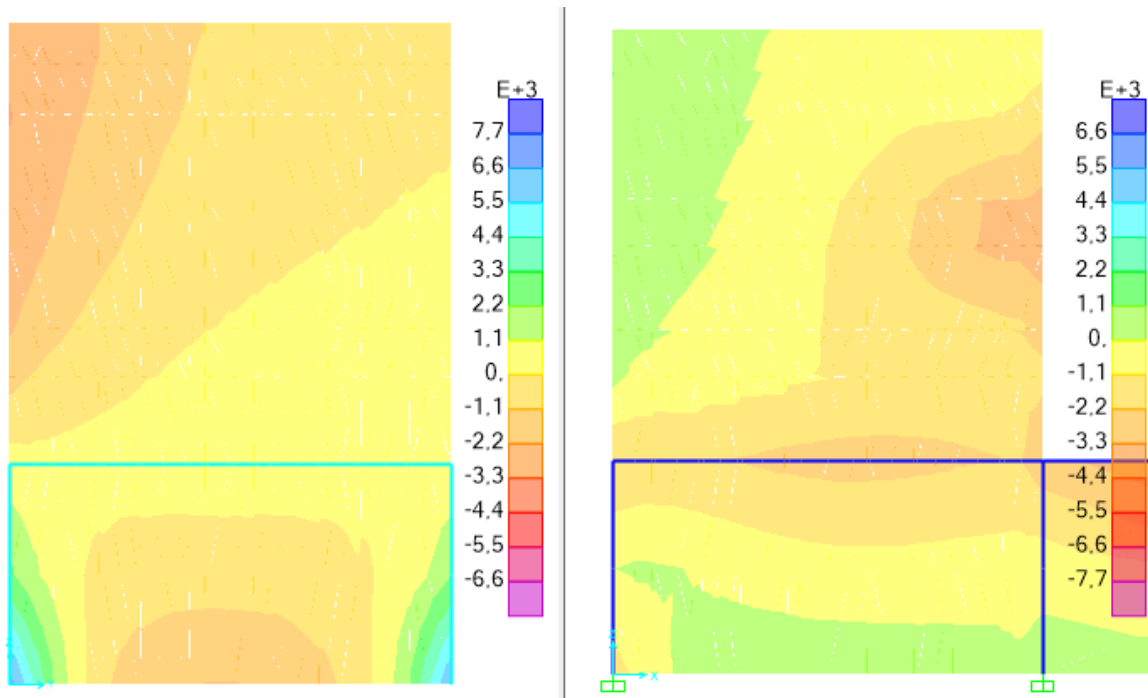


Figura 8.47: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTXD2.

8.3.48 CTXD3

Tabla 8.53: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CTXD3.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	4.767	2.711	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	119.175	67.775	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

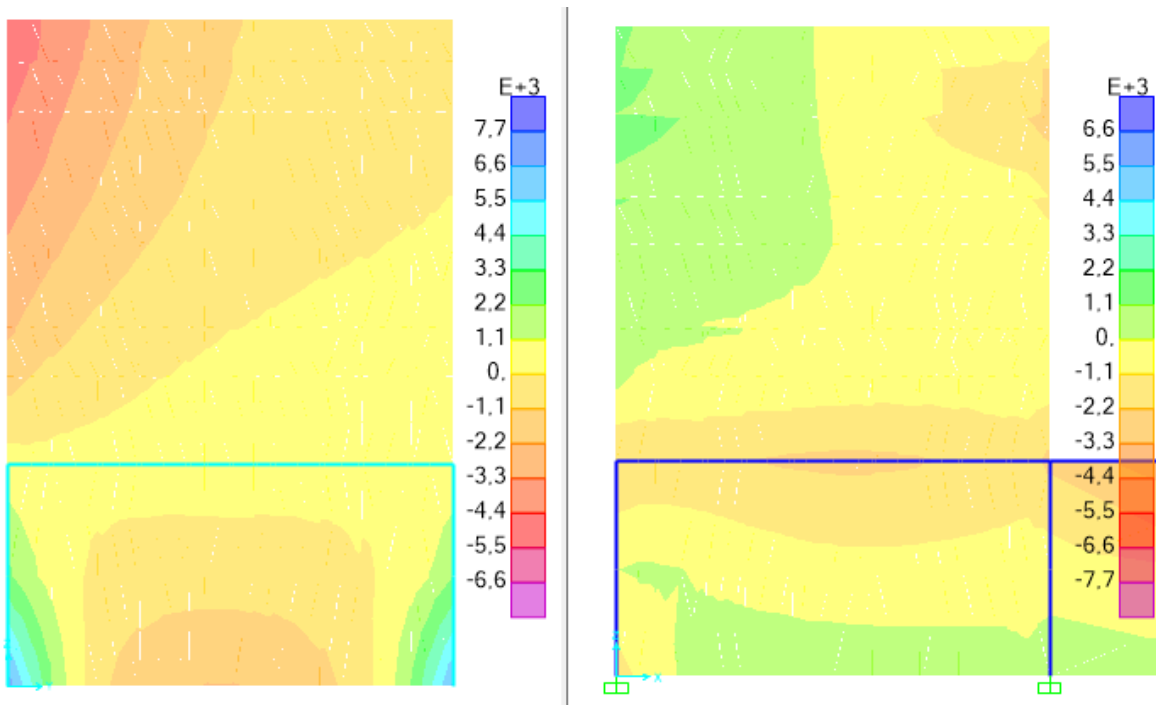


Figura 8.48: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTXD3.

8.3.49 CTYA1

Tabla 8.54: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CTYA1.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	2.374	4.888	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	59.350	122.200	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

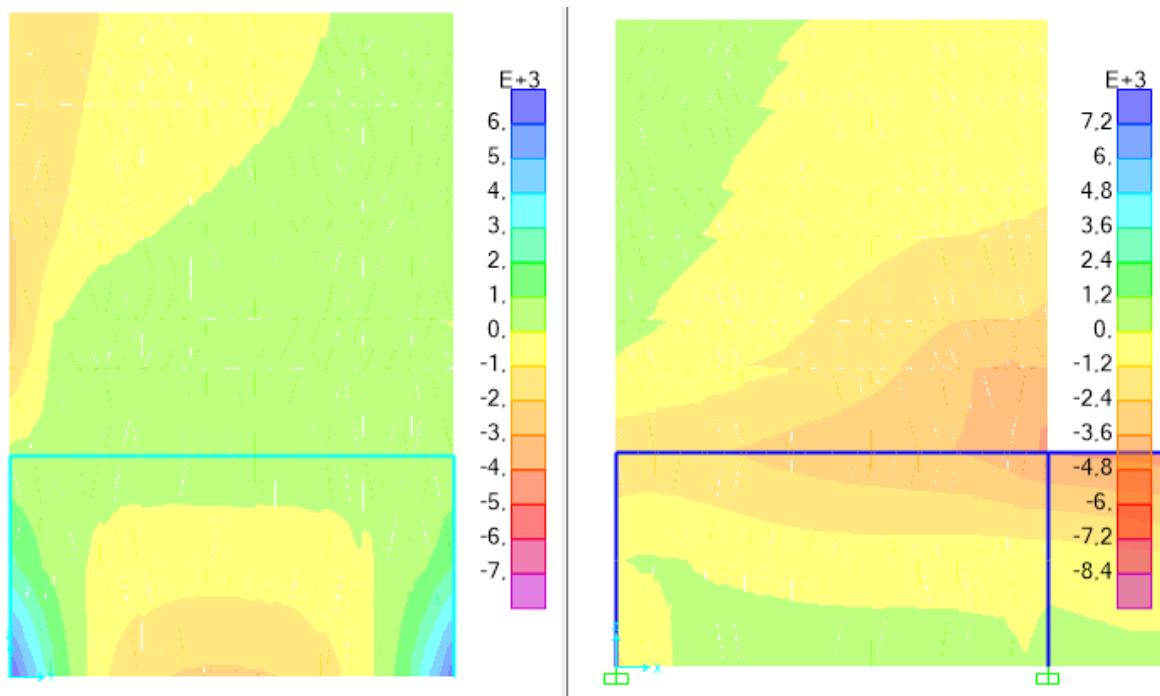


Figura 8.49: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTYA1.

8.3.50 CTYA2

Tabla 8.55: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CTYA2.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	6,55	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	20,78	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	676.480,30	[cm ⁴]
b	25	20	[cm]	M_{gr}	844.227,31	675.381,85	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	1.745.818,20	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.571.236,38	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	2.681	4.935	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	67.025	98.700	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

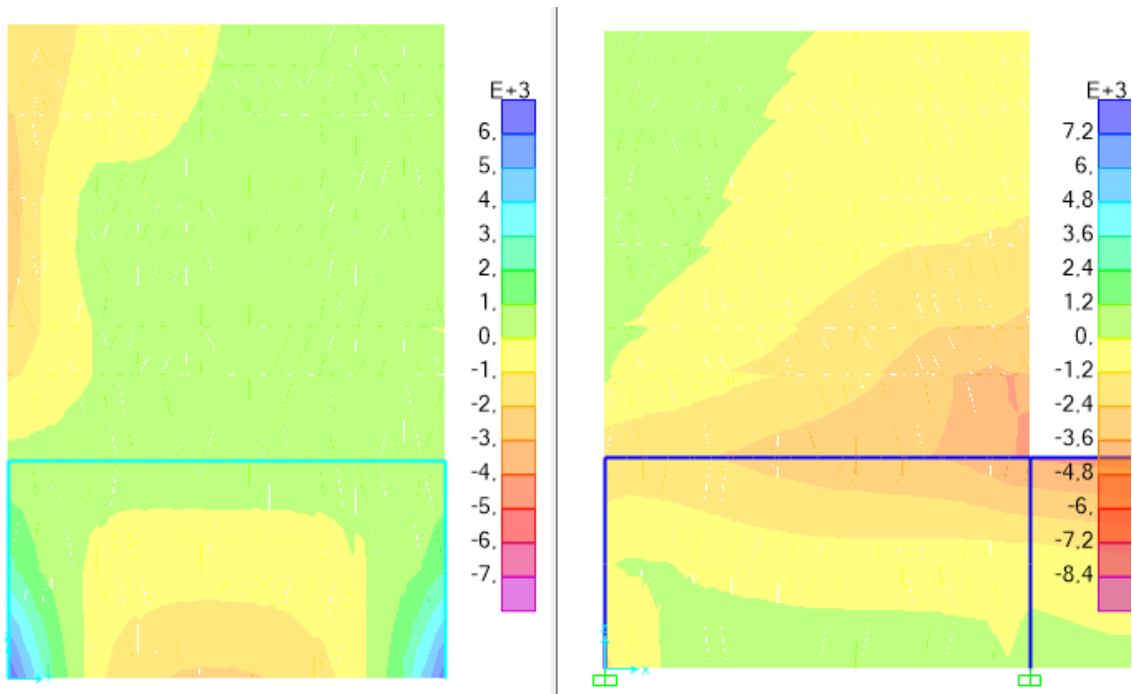


Figura 8.50: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTYA2.

8.3.51 CTYA3

Tabla 8.56: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CTYA3.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
fc'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
Ec	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
fr	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
Es	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	ȳ	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	29.885	4.980	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	747.125	124.500	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

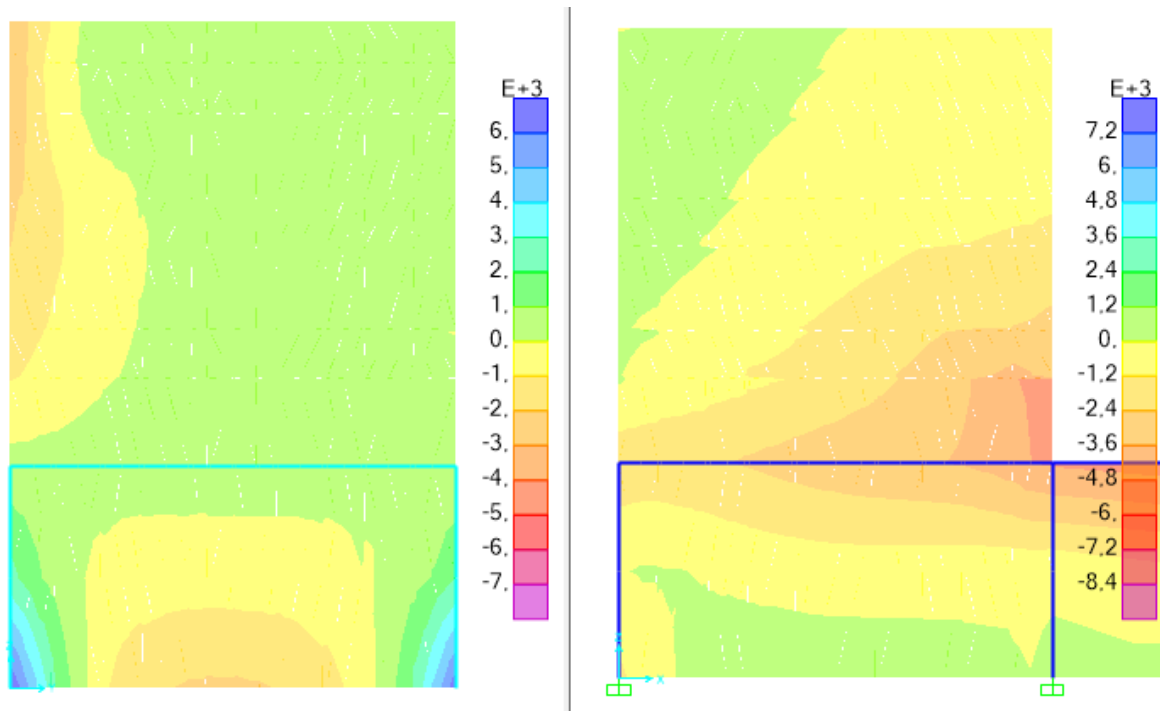


Figura 8.51: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTYA3.

8.3.52 CTYB1

Tabla 8.57: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CTYB1.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
fc`	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
Ec	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
fr	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d`	3,25	3,25	[cm]
Es	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b`	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	ȳ	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	2.373	4.926	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	59.325	123.150	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

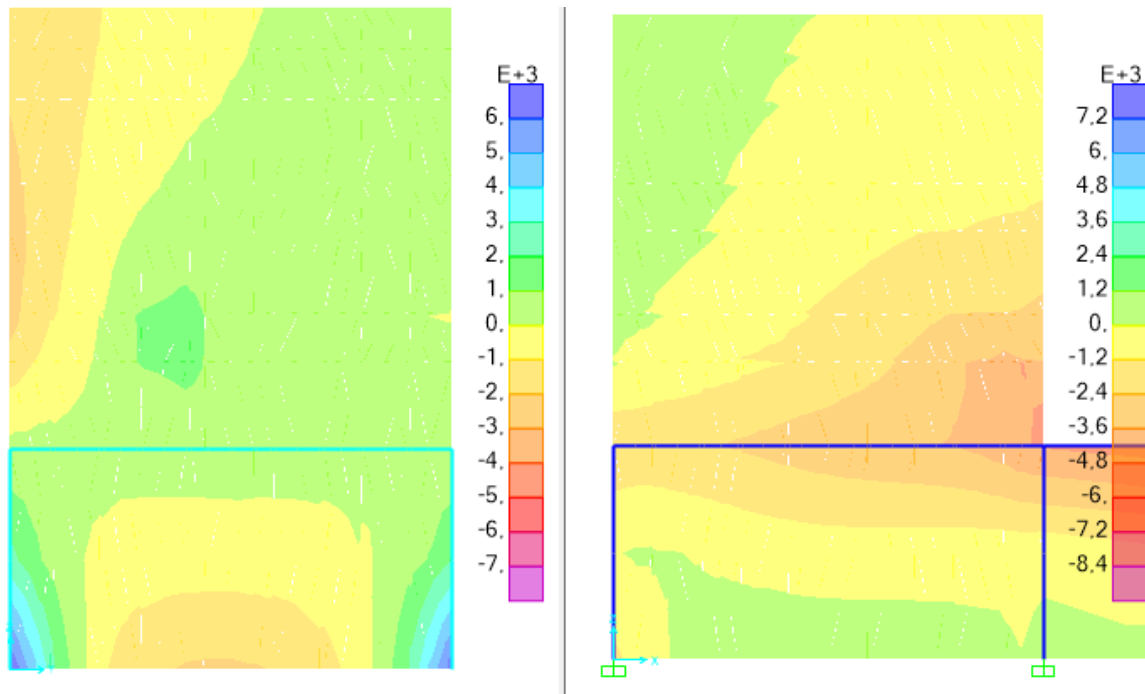


Figura 8.52: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTYB1.

8.3.53 CTYB2

Tabla 8.58: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CTYB2.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
fc`	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	6,55	[cm ²]
Ec	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
fr	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d`	3,25	3,25	[cm]
Es	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b`	25,98	20,78	[cm]
n	8,94	8,94	-	ȳ	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	676.480,30	[cm ⁴]
b	25	20	[cm]	M_{gr}	844.227,31	675.381,85	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	1.745.818,20	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.571.236,38	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	2.925	5.027	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	73.125	100.540	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

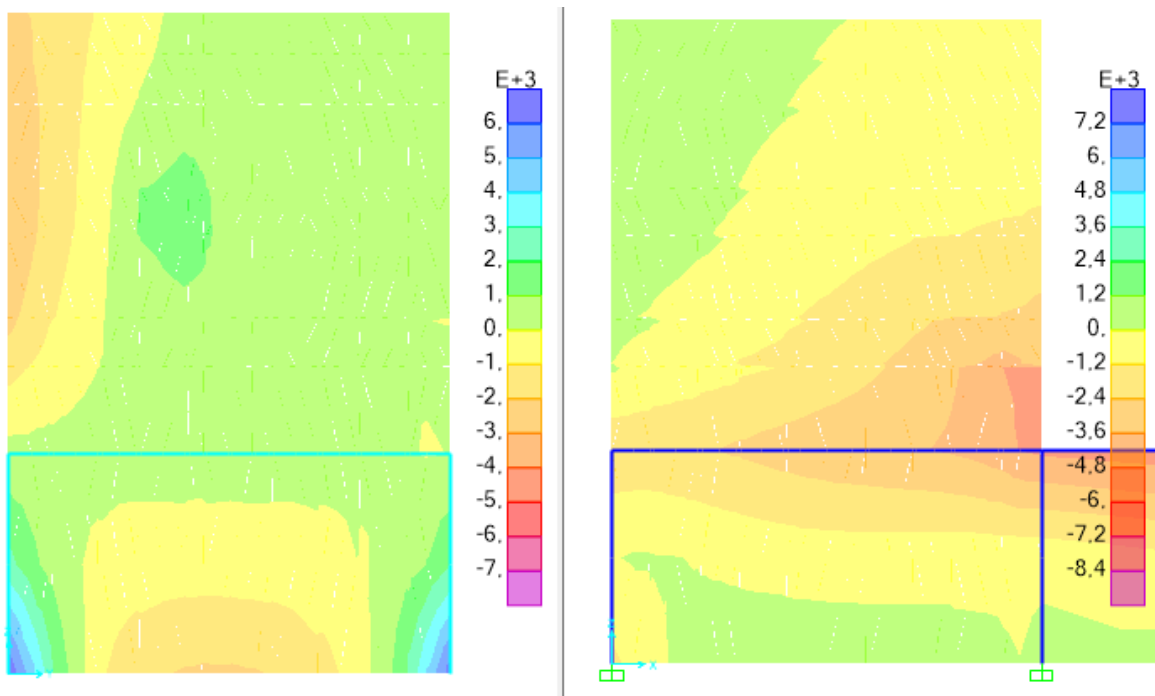


Figura 8.53: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTYB2.

8.3.54 CTYB3

Tabla 8.59: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CTYB3.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	2.448	5.203	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	61.200	130.075	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

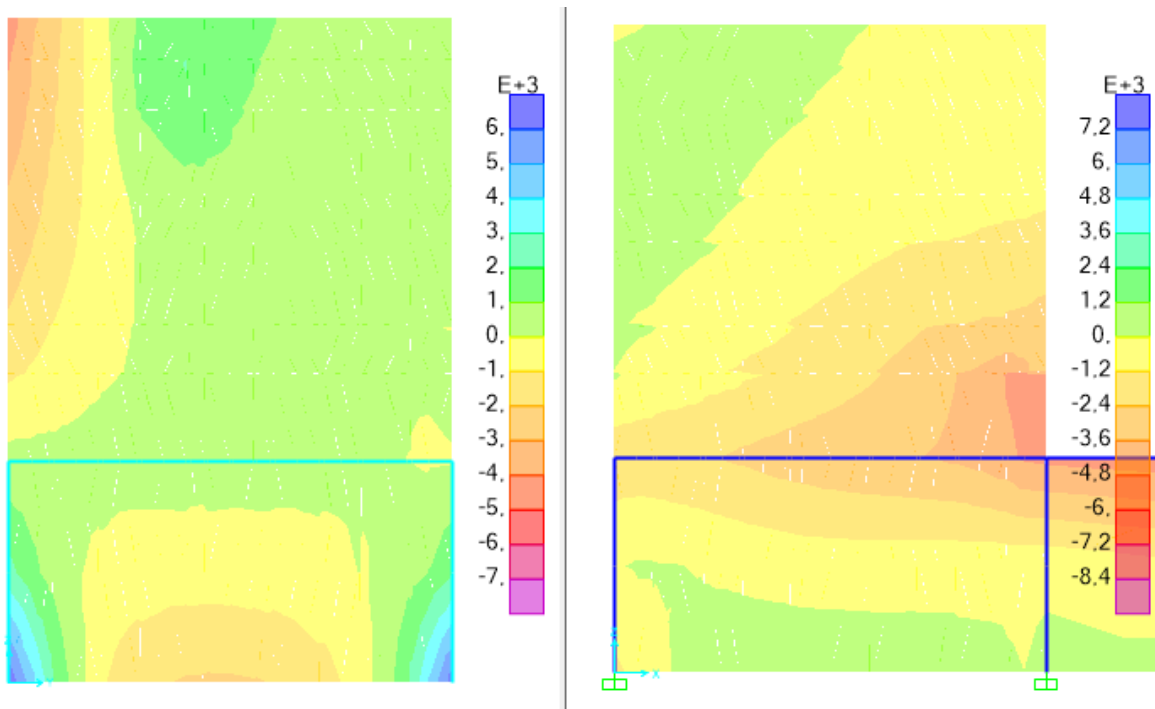


Figura 8.54: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTYB3.

8.3.55 CTYC1

Tabla 8.60: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CTYC1.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	2.358	4.948	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	58.950	123.700	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

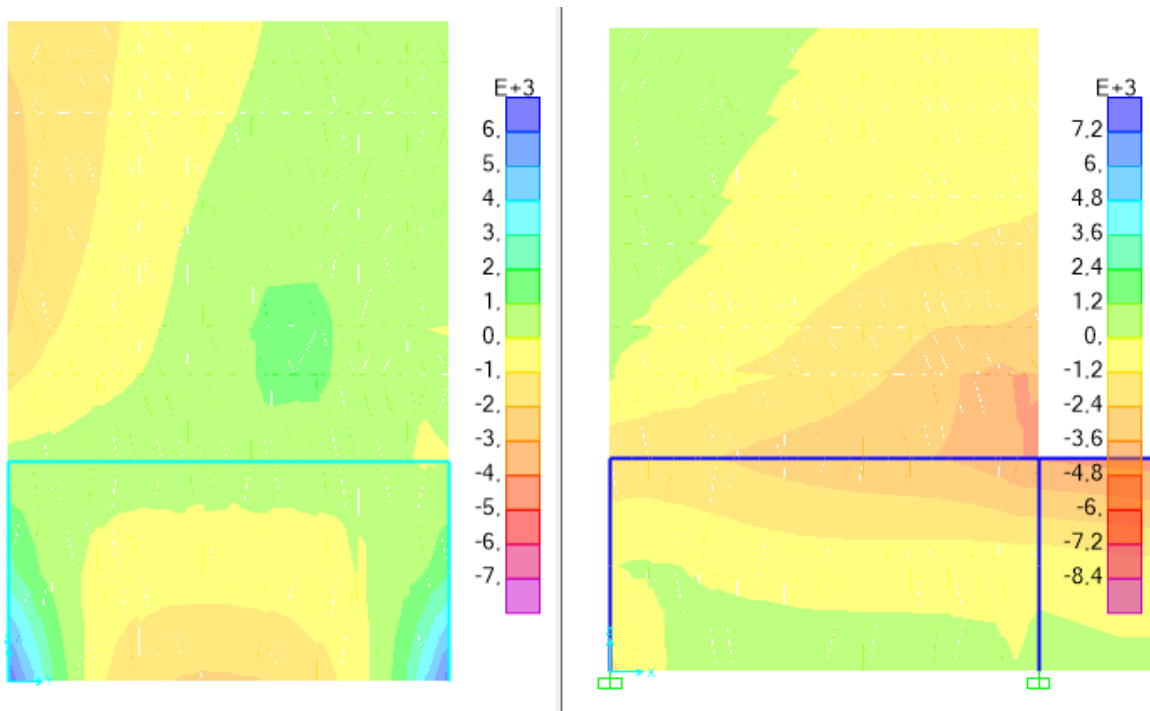


Figura 8.55: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTYC1.

8.3.56 CTYC2

Tabla 8.61: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CTYC2.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	3.194	5.124	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	79.850	128.100	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

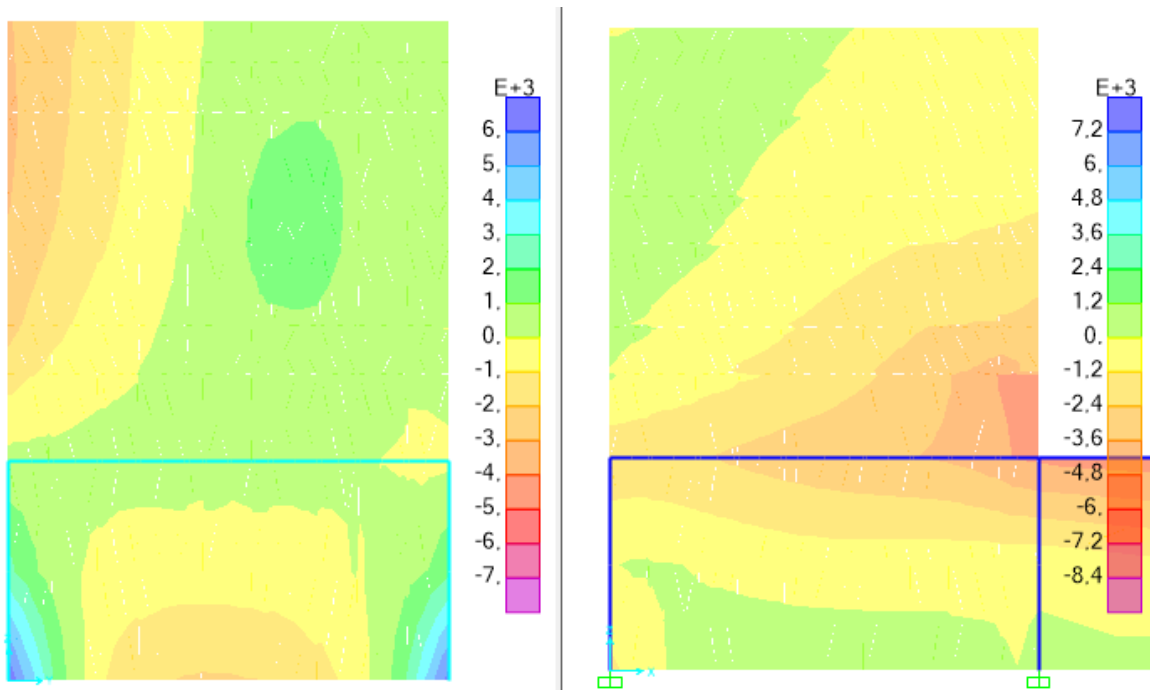


Figura 8.56: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTYC2.

8.3.57 CTYC3

Tabla 8.62: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CTYC3.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
fc'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
fr	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ϕM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	5.432	5.408	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	135.800	135.200	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

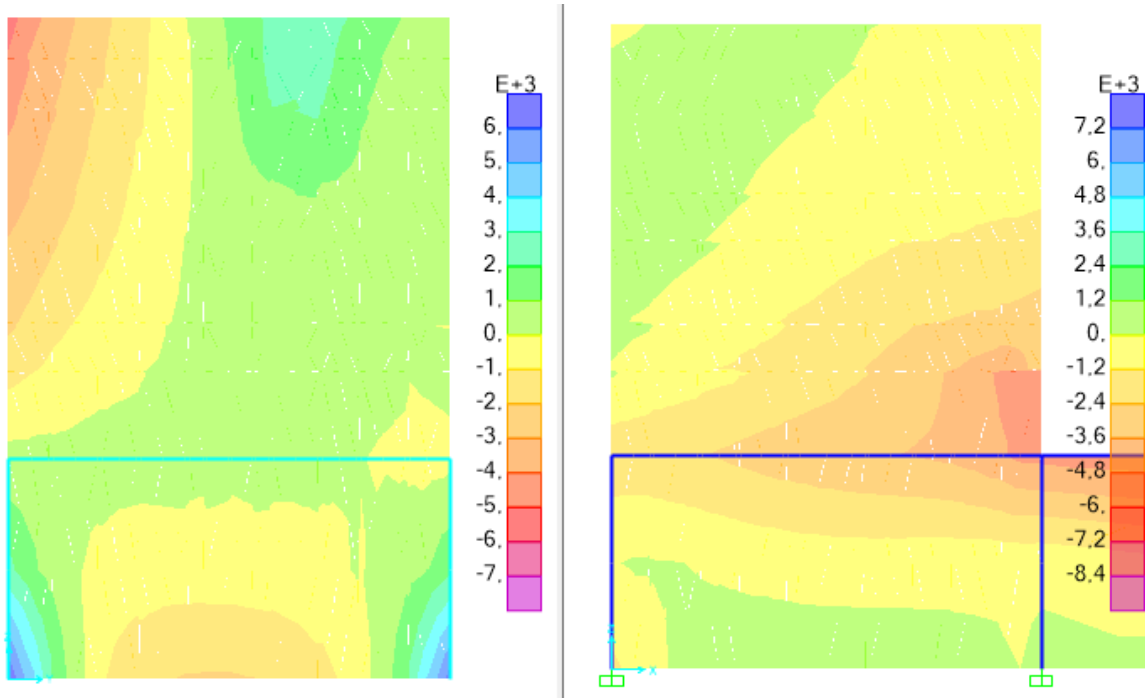


Figura 8.57: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTYC3.

8.3.58 CTYD1

Tabla 8.63: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CTYD1.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
fc'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
Ec	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
fr	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
Es	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	M_u	2.250	4.950	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	M_u	56.250	123.750	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

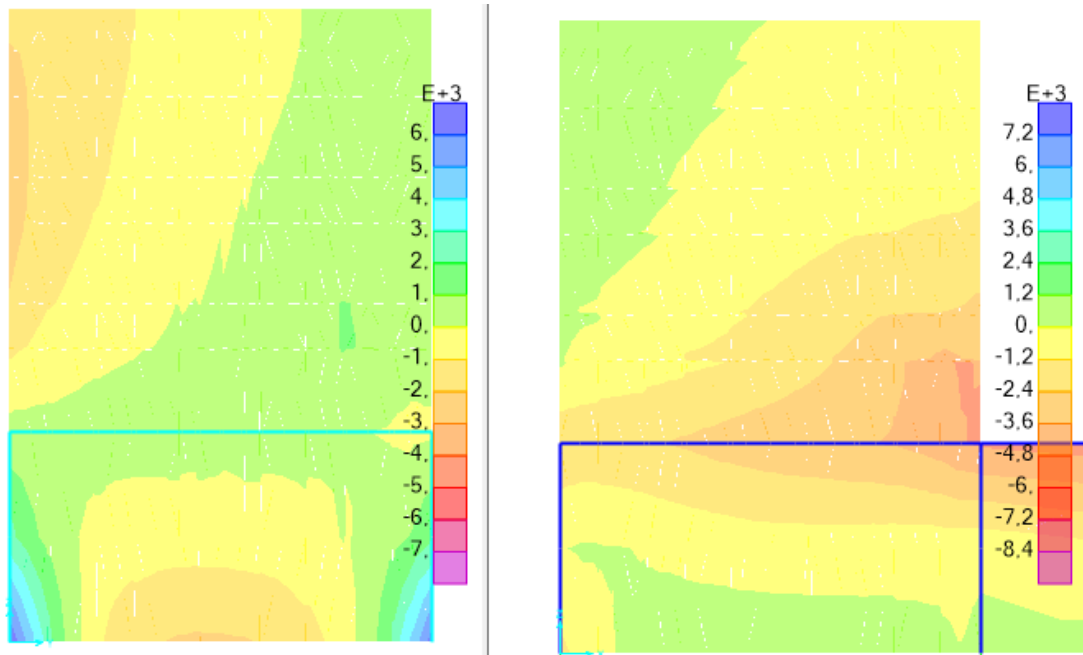


Figura 8.58: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTYD1.

8.3.59 CTYD2

Tabla 8.64: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CTYD2.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
f_c'	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
E_c	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
f_r	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d'	3,25	3,25	[cm]
E_s	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b'	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	\bar{y}	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	3.392	5.112	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	84.800	127.800	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

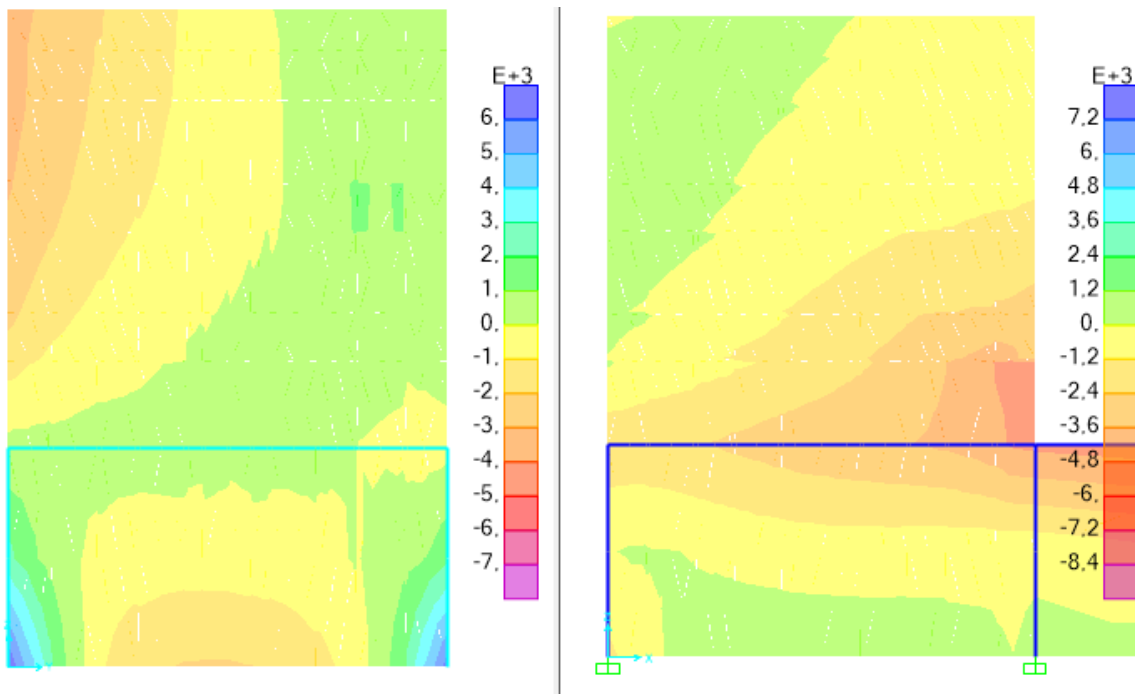


Figura 8.59: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTYD2.

8.3.60 CTYD3

Tabla 8.65: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , combinación CTYD3.

	Muro 1	Muro 2			Muro 1	Muro 2	
fc`	250	250	[kg/cm ²]	As	8,18	8,18	[cm ²]
Ec	234.957	234.957	[kg/cm ²]	d	66,75	66,75	[cm]
fr	34,94	34,94	[kg/cm ²]	d`	3,25	3,25	[cm]
Es	2.100.000	2.100.000	[kg/cm ²]	b`	25,98	25,98	[cm]
n	8,94	8,94	-	ȳ	35,00	35,00	[cm]
h	70	70	[cm]	I	845.600,37	845.600,37	[cm ⁴]
b	25	25	[cm]	M_{gr}	844.227,31	844.227,31	[kg*cm]
r	2	2	[cm]	M_n	2.182.272,75	2.182.272,75	[kg*cm]
D	2,5	2,5	[cm]	ØM_n	1.964.045,48	1.964.045,48	[kg*cm]
e	15	15	[cm]	Mu	5.739	5.480	[kg*cm/cm]
As	32,73	32,73	[cm ² *m]	Mu	143.475	137.000	[kg*cm]

$$\therefore M_u < M_{gr} < \phi M_n \text{ Cumple}$$

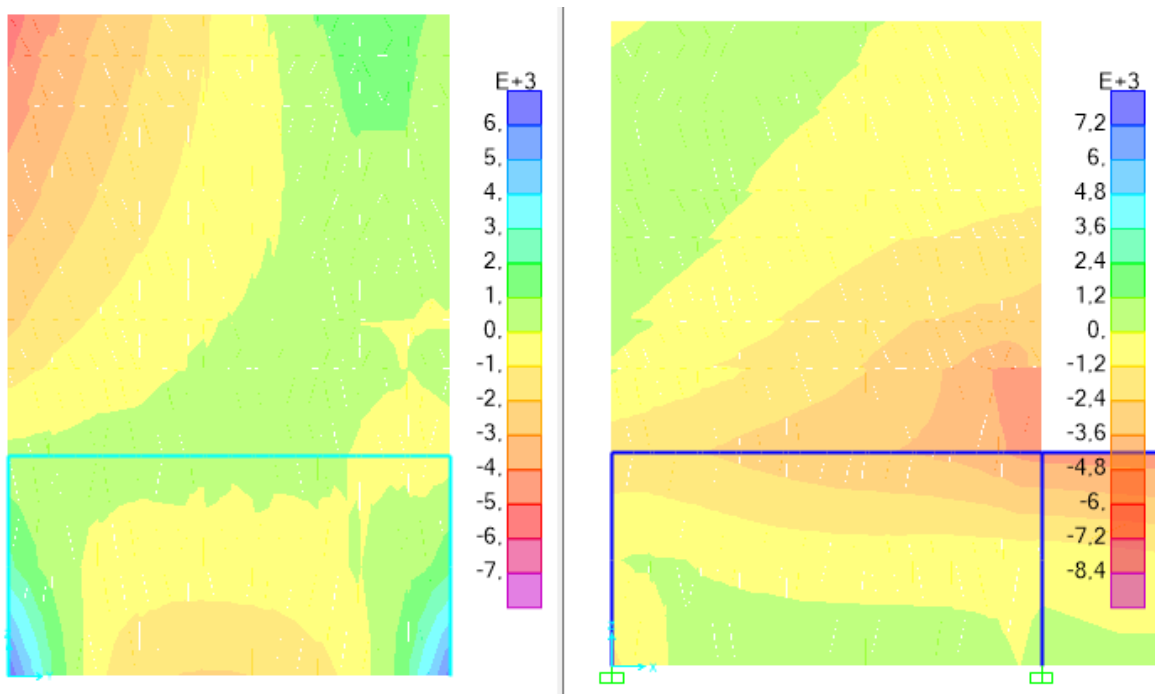


Figura 8.60: Diagrama de momento último [kg*cm/cm]. Muro 1 (Izquierda) y Muro 2 (Derecha) para combinación CTYD3.

8.3.61 Muros Subterráneo

Tabla 8.66: Resumen M_{gr} , M_n y M_u , Muros Subterráneo.

Eje	X=0 [m]	X=25 [m]	Y=0 [m]	Y= 5 [m]	
Combinación	CYD3	C3Y	C3X	C3Y	
f_c'	250	250	250	250	[kg/cm ²]
E_c	234957	234957	234957	234957	[kg/cm ²]
f_r	35	35	35	35	[kg/cm ²]
E_s	2100000	2100000	2100000	2100000	[kg/cm ²]
n	9	9	9	9	
h	35	35	35	35	[cm]
b	25	25	25	25	[cm]
r	2	2	2	2	[cm]
D	2,8	2,8	2,8	2,8	[cm]
e	15	15	15	15	[cm]
A_s	41,05	41,05	41,05	41,05	[cm ² *m]
A_s	10,26	10,26	10,26	10,26	[cm ²]
d	31,6	31,6	31,6	31,6	[cm]
d'	3,4	3,4	3,4	3,4	[cm]
b'	29,1	29,1	29,1	29,1	[cm]
\bar{y}	17,5	17,5	17,5	17,5	[cm]
I	121820	121820	121820	121820	[cm ⁴]
M_{gr}	243.245	243.245	243.245	243.245	[kg*cm]
M_n	1.215.491	1.215.491	1.215.491	1.215.491	[kg*cm]
$\emptyset M_n$	1.093.941	1.093.941	1.093.941	1.093.941	[kg*cm]
M_u	8.221	7.111	8.623	3.875	[kg*cm/cm]
M_u	205.535	177.786	215.565	96.878	[kg*cm]

8.4 Anexo D – Desplazamientos sísmicos (Hormigón)

A continuación, se presentan los desplazamientos sísmicos [mm] para cada una de las combinaciones:

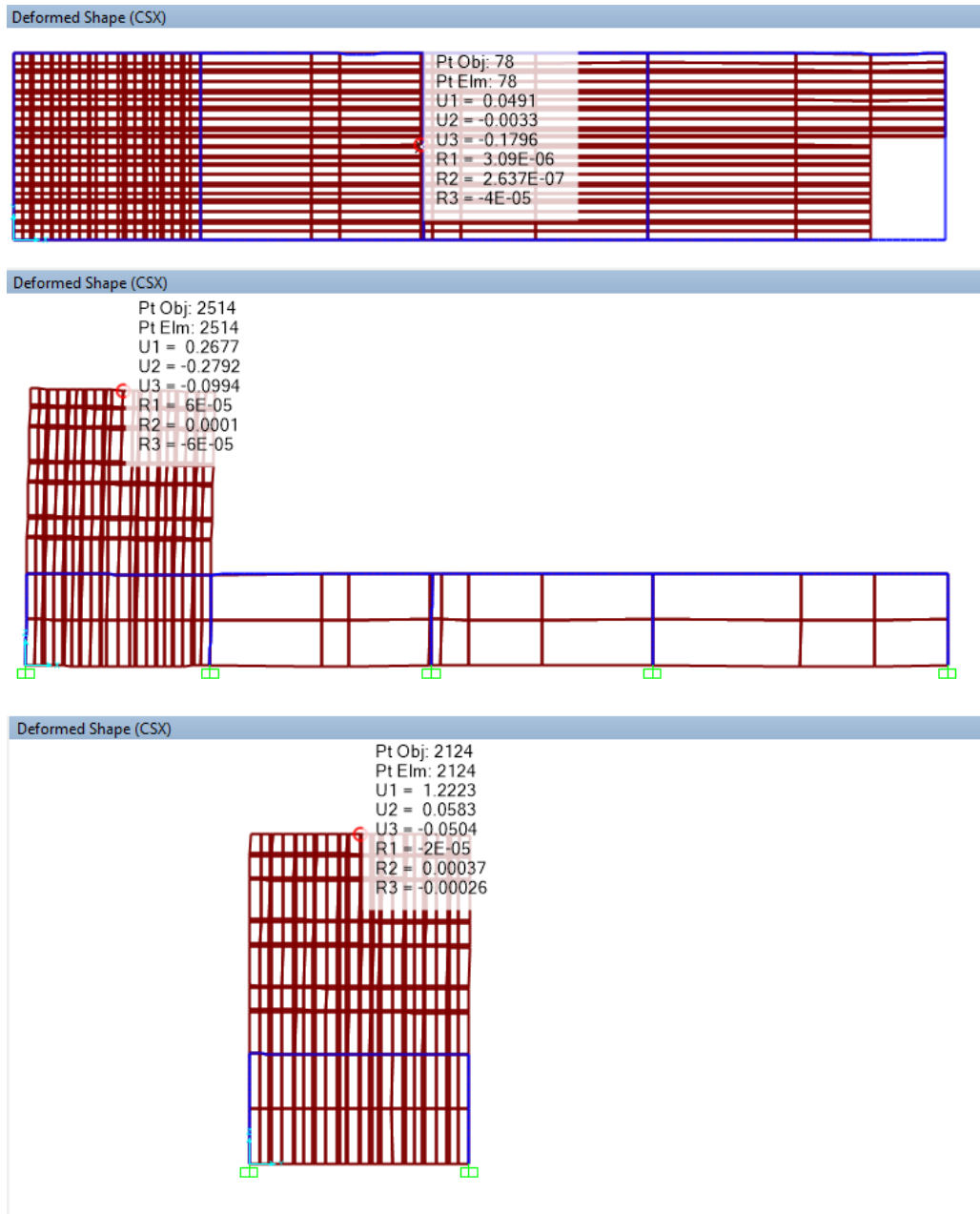
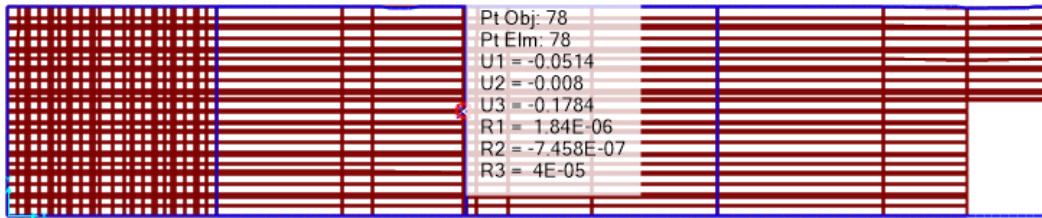
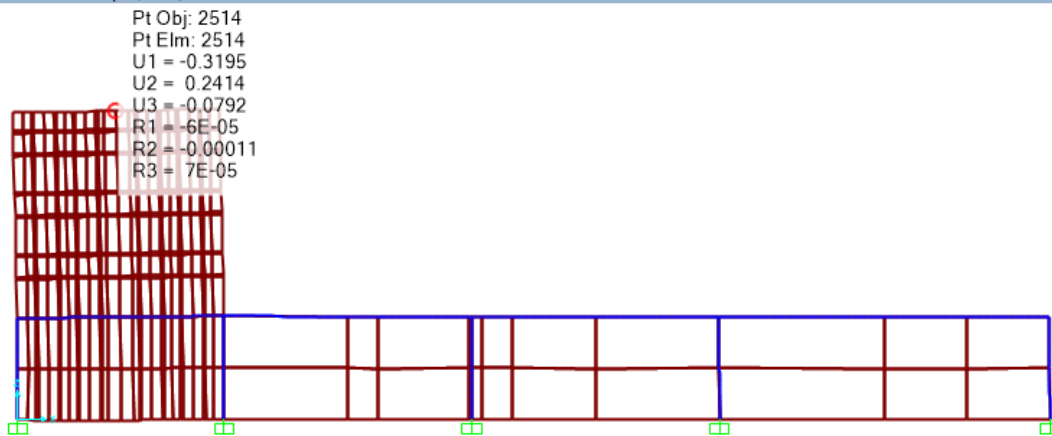


Figura 8.61: Desplazamientos sísmicos combinación CSX

Deformed Shape (CSX-)



Deformed Shape (CSX-)



Deformed Shape (CSX-)

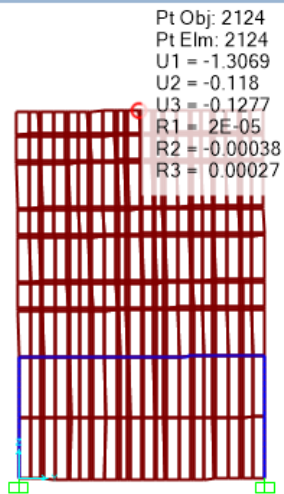
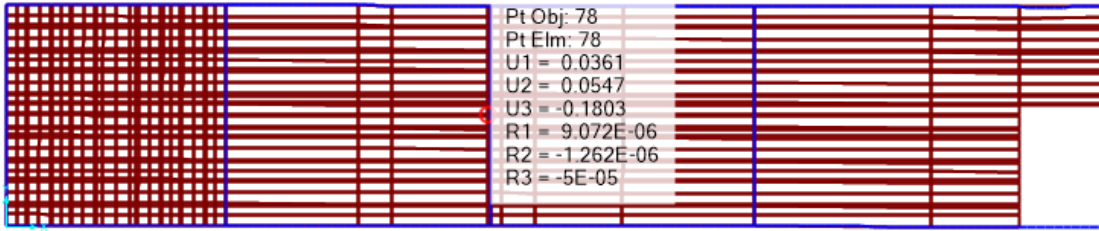
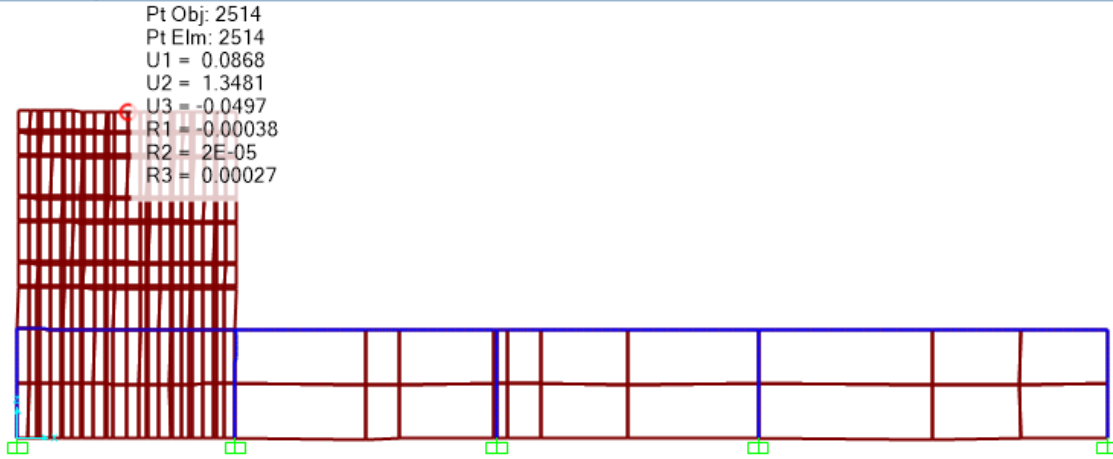


Figura 8.62: Desplazamientos sísmicos combinación CSX-.

Deformed Shape (CSY)



Deformed Shape (CSY)



Deformed Shape (CSY)

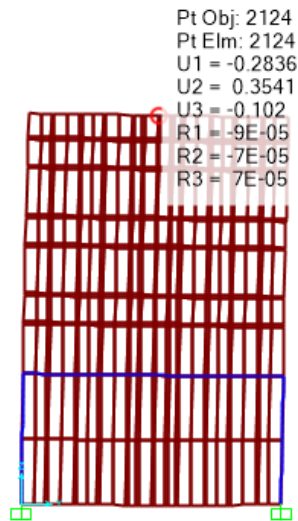


Figura 8.63: Desplazamientos sísmicos combinación CSY.

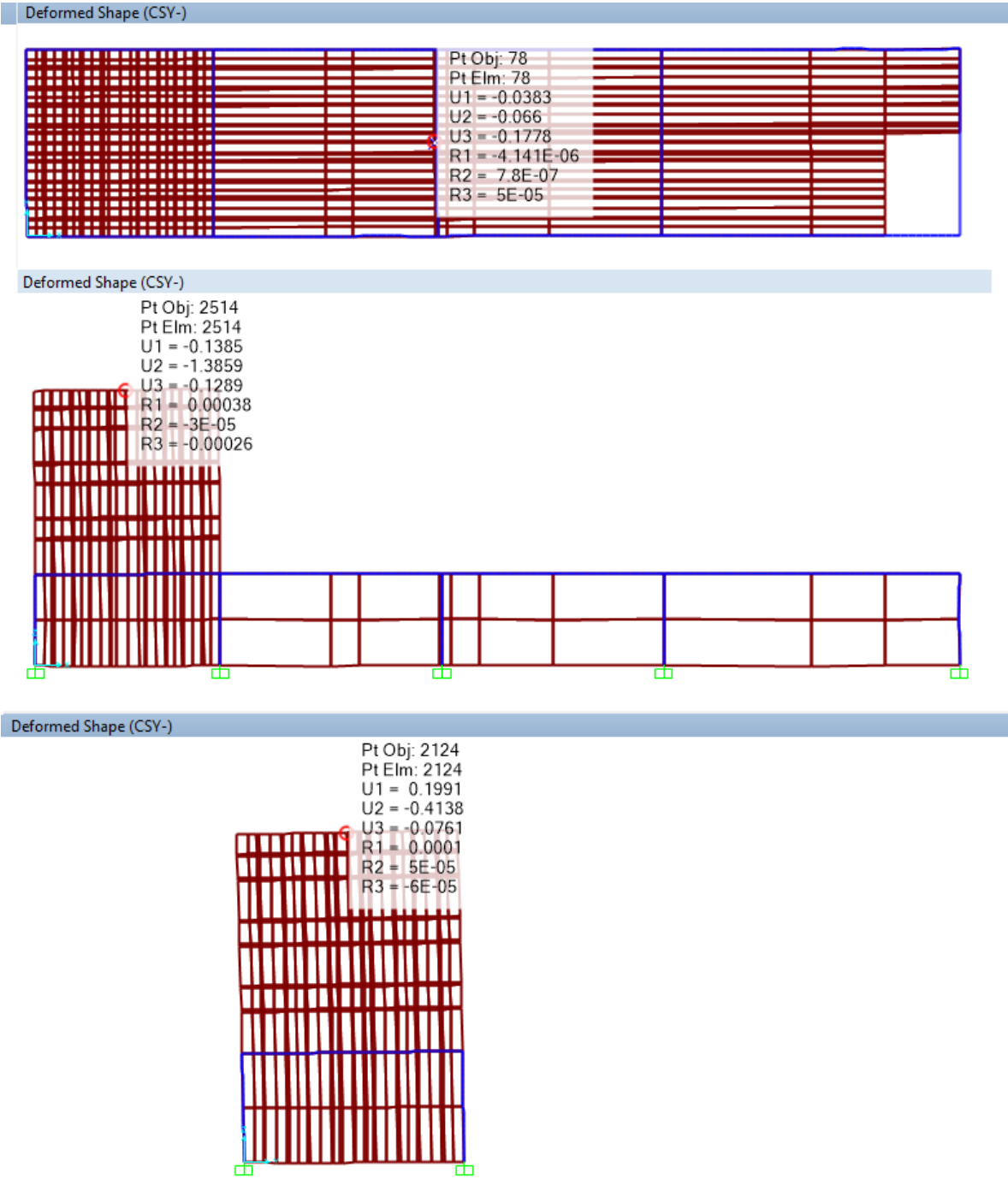





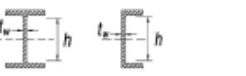


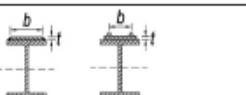




Figura 8.64: Desplazamientos sísmicos combinación CSY-

8.5 Anexo E – Razón Ancho Espesor

Tabla 8.67: Razones ancho espesor.

TABLA B4.1b Razones Ancho-Espesor: Elementos en Compresión de miembros en flexión					
Caso	Descripción del elemento	Razón Ancho-Espesor	Razones Ancho-Espesor Límite		Ejemplos
			λ_c (compacta-no compacta)	λ_p (esbelto-no esbelto)	
Elementos No-Alisados	10 Flexión en alas de perfiles laminados, canales y tes.	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	11 Alas de secciones I soldadas con doble y simple simetría.	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.95 \sqrt{\frac{k_c E}{F_c}}$ ^{[a] [b]}	
	12 Alas de ángulos simples	b/t	$0.54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	13 Alas de toda doble t y canal en torno a su eje más débil.	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	14 Almas de tes	d/t	$0.84 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.03 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Elementos Alisados	15 Almas de doble T simétricas y canales.	h/t _w	$3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	16 Almas de secciones doble T con un solo eje de simetría.	h _x /t _w	$\frac{h_x \sqrt{E}}{h_x \sqrt{F_y}} \leq \lambda_c$ ^[d] $\left(0.58 \frac{M_x}{M_y} - 0.04\right) \leq \lambda_c$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	17 Alas de secciones tubulares y secciones cajón de espesor uniforme.	b/t	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	18 Alas de sobre planchas y planchas diafragma entre líneas de conectores y soldadura.	b/t	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	19 Almas de tubos rectangulares y secciones cajón.	h/t	$2.42 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
20 Tubos redondos.	D/t	$0.07 \frac{E}{F_y}$	$0.31 \frac{E}{F_y}$		

Fuente: AISC – 2005

8.6 Anexo F – Diseño de costaneras

➤ Propiedades del Perfil

Tabla 8.68: Propiedades del perfil C - Costaneras.

Propiedades Acero A42-27ES		
E	2100000	kg/cm ²
Fy	2700	kg/cm ²
Perfil C150x50x5		
Peso Qpp	8,10	kg/m
h	15,00	cm
b	5,00	cm
t	0,50	cm
tw	0,50	cm
A	11,57	cm ²
Ixx	353,21	cm ⁴
Zx	57,56	cm ³
Sx	47,09	cm ³
ix	4,71	cm
Iyy	24,65	cm ⁴
Zy	11,80	cm ³
Sy	6,54	cm ³
iy	1,50	cm
J	0,96	cm ⁴
cw	944,33	cm ⁶

Momento último

➤ Compacto, No compacto o Esbelto

Ala

$$\lambda Ala = \frac{b}{t} = 10$$

$$\lambda p = 0,38\sqrt{E/F_y} = 10,6$$

$$\lambda Ala < \lambda p \rightarrow \text{Compacta}$$

Alma

$$\lambda Alma = \frac{h}{tw} = 30,0$$

$$\lambda p = 3,76\sqrt{E/F_y} = 104,9$$

$$\lambda Ala < \lambda p \rightarrow \text{Compacta}$$

➤ Longitudes-límites

$$L_b = \frac{L}{N + 1} = 166.7 \text{ cm}$$

Donde

N: Número de colgadores por costanera

Las longitudes límites L_p y L_r

$$L_p = 1,76 * r_y * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 73.6 \text{ cm}$$

$$L_r = 1,95 * r_{ts} * \frac{E}{0,7 * F_y} * \sqrt{\frac{J * c}{S_x * h_o} + \sqrt{\left(\frac{J * c}{S_x * h_o}\right)^2 + 6,76 * \left(\frac{0,7 * F_y}{E}\right)^2}} = 262.2 \text{ cm}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{\sqrt{I_y * C_w}}{S_x}} = 1.8 \text{ cm}$$

$$h_o = 14.5 \text{ cm}$$

$$c = \frac{h_o}{2} * \sqrt{\frac{I_y}{C_w}} = 1.2 \text{ cm}$$

Como $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 * F_y * S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$C_b = 1$$

$$M_p = F_y * Z_x = 155404 \text{ kg} * \text{cm}$$

$$M_{nx} = 122639,12 \text{ kg} * \text{cm}$$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 * F_y * S_y) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$C_b = 1$$

$$M_p = F_y * Z_y = 31855.2$$

$$M_{ny} = 22232.02 \text{ kg} * \text{cm}$$

8.6.1 Costaneras techo

Datos de diseño

L= 5 m (Largo de Costaneras)

S= 1,25 m (Separación entre costaneras)

Q_{Cubierta} = 4,6 kg/m²

Hc= 7,6 m (Altura Cumbreira)

Hh= 7 m (Altura Hombro)

F= 6% (Pendiente de Techo)

$$\alpha = 3.43^\circ$$

➤ Sobrecarga de techo

$$L_0 = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$A_t = L * S = 6,25 \text{ cm}^2 < 50 \text{ cm}^2 \quad \text{OK}$$

$$R_1 = 1 - 0,008 * A_t = 0.95$$

$$F < 30\%$$

$$R_2 = 0,3$$

$$Q_{sc} = 86.31 \text{ kg/m}^2$$

➤ Carga de viento

$$h = 7,6 \text{ m} \rightarrow q = 97,2 \text{ kg/m}^2$$

$$C = 1.2 * \sin \alpha - 0.4 \rightarrow \text{Barlovento}$$

$$C = -0.4 \rightarrow \text{Sotavento}$$

$$Q_v = q * C = -31.9 \text{ kg/m}^2 \rightarrow \text{Barlovento}$$

$$Q_v = q * C = -38.9 \text{ kg/m}^2 \rightarrow \text{Sotavento}$$

➤ Estado Peso propio

$$PP = (Q_{pp} + Q_{Cubierta} * S) = 13,85 \text{ kg/m}$$

➤ Sobre Carga

$$SC = (Q_{sc} * S) = 107.88 \text{ kg/m}$$

➤ Estado Viento

$$V = S * Q_v$$

$$V_{bar} = -39.875 \text{ kg/m}^2 \rightarrow \text{Barlovento}$$

$$V_{sot} = q * C = -48.625 \text{ kg/m} \rightarrow \text{Sotavento}$$

➤ Momento Último eje X

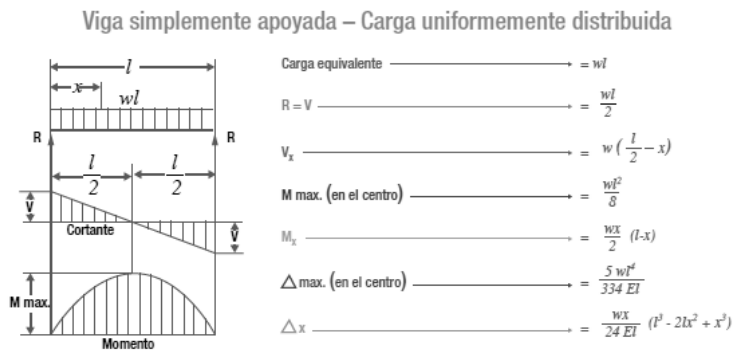


Figura 8.65: Diagrama de esfuerzos costaneras eje x.

$$C1 = PP + SC$$

$$Mu_x = \frac{(PP + SC) * L^2}{8} * \cos \alpha = 379,725 \text{ kg} * m$$

$$C2 = PP + V_{bar}$$

$$Mu_x = \frac{(PP * \cos \alpha + V_{bar}) * L^2}{8} = -108.749 \text{ kg} * m$$

$$C2 = PP + V_{sot}$$

$$Mu_x = \frac{(PP * \cos \alpha + V_{sot}) * L^2}{8} = -81.4057 \text{ kg} * m$$

➤ Momento Último eje Y

Viga con tres luces continuas – Carga uniformemente distribuida

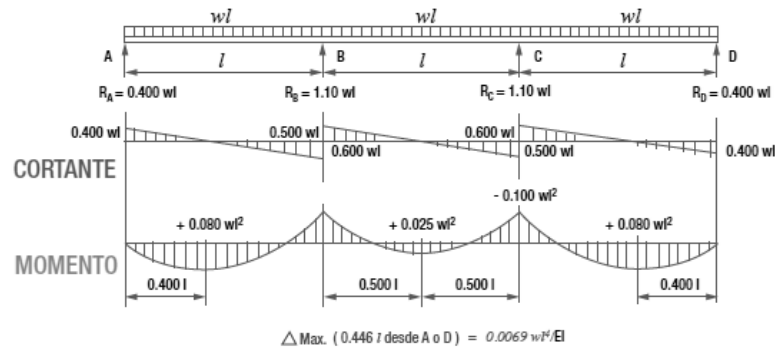


Figura 8.66: Diagrama de esfuerzos costaneros eje y.

$$C1=PP+SC$$

$$Mu_y = 0.1 * (PP + SC) \sin \alpha * \left(\frac{L}{3}\right)^2 = 2.02 \text{ kg} * \text{m}$$

$$\Omega=1.67$$

$$\frac{Mux * \Omega}{Mnx} + \frac{Muy * \Omega}{Mny} \leq 1$$

$$\frac{37972 \text{ kg} * \text{cm} * 1,67}{122639,12 \text{ kg} * \text{cm}} + \frac{202 * \text{kg} * \text{cm} * 1.67}{22232.02 \text{ kg} * \text{cm}} = 0,53 \leq 1 \quad \text{OK}$$

➤ Deformaciones

$$\Delta_{adm} = \frac{L}{200} = 2.5 \text{ cm}$$

$$\Delta_{max} = \frac{5 * Qx * L^4}{384 * E * Ix} = \frac{5 * (PP + SC) * 0.01 * \cos(3.34) * 500^4}{384 * 2.1 * 10^6 * 353} = 1.33 \text{ cm}$$

$$\Delta_{max} < \Delta_{adm} \quad \text{OK}$$

8.6.2 Costaneras laterales

Datos de diseño

$L = 5 \text{ m}$ (Largo de Costaneras)

$S = 1 \text{ m}$ (Separación entre costaneras)

$Q_{\text{Cubierta}} = 4,6 \text{ kg/m}^2$

$H_h = 7 \text{ m}$ (Altura Hombro)

➤ Carga de viento

$h = 7 \text{ m} \rightarrow q = 95 \text{ kg/m}^2$

$C = 0.8 \rightarrow \text{Barlovento}$

$C = -0.4 \rightarrow \text{Sotavento}$

$Q_v = q * C = 76 \text{ kg/m}^2 \rightarrow \text{Barlovento}$

$Q_v = q * C = -38 \text{ kg/m}^2 \rightarrow \text{Sotavento}$

➤ Estado Peso propio

$PP = (Q_{pp} + Q_{\text{Cubierta}} * S) = 12,7 \text{ kg/m}$

➤ Estado Viento

$V = S * Q_v$

$V_{\text{bar}} = q * C = 76 \text{ kg/m} \rightarrow \text{Barlovento}$

$V_{\text{sot}} = q * C = -38 \text{ kg/m} \rightarrow \text{Sotavento}$

➤ Momento Último eje X

$C1 = PP$

$$Mu_x = \frac{(PP) * L^2}{8} = 39,69 \text{ kg} * \text{m}$$

C2=PP+Vbar

$$Mu_x = \frac{(PP + Vbar) * L^2}{8} = 227,19 \text{ kg} * m$$

C2=PP+Vsot

$$Mu_x = \frac{(PP + Vsot) * L^2}{8} = -79,06 \text{ kg} * m$$

➤ Momento Último eje Y

C1=PP

$$Mu_y = 0.1 * PP * \left(\frac{L}{3}\right)^2 = 3,53 \text{ kg} * m$$

$\Omega=1.67$

$$\frac{Mux * \Omega}{Mnx} + \frac{Muy * \Omega}{Mny} \leq 1$$

$$\frac{22719 \text{ kg} * cm * 1,67}{122639,12 \text{ kg} * cm} + \frac{353 * \text{kg} * cm * 1,67}{22232,02 \text{ kg} * cm} = 0,34 \leq 1 \quad OK$$

➤ Deformaciones

$$\Delta_{adm} = \frac{L}{200} = 2.5 \text{ cm}$$

$$\Delta_{max} = \frac{5 * Qx * L^4}{384 * E * Ix} = \frac{5 * (PP) * 0.01 * 500^4}{384 * 2.1 * 10^6 * 353} = 0.14 \text{ cm}$$

$$\Delta_{max} < \Delta_{adm} \quad OK$$

8.7 Anexo G – Elemento máxima solicitación



Fecha Actual: 06-01-2017 2:45

Sistema de unidades: Métrico

Nombre del archivo: C:\Users\Karen Torres\Desktop\ram\modelo2.adv\

Diseño de Acero

Reporte: Resumen - Máximo por descripción

Estados de carga considerados :

C1=D
 C2=D+L
 C3=D+Lr
 C4=D+0.75L+0.75Lr
 C5a=D+W+0.75L
 C5bx=D+EX1
 C5bz=D+EY1
 C6a=D+0.75W+0.75L+0.75Lr
 C6bx=D+0.75L+0.75EX1
 C6bz=D+0.75L+0.75EY1
 C7=0.6D+W
 C8x=0.6D+EX1
 C8y=0.6D+EY1

Descripción	Sección	Miembro	Ec. ctrl	Ratio	Estatus	Referencia
<u>C Marco</u>	H 350X350X144	80	C3 en 100.00%	0.20	Bien	(H1-1b)
<u>C VIENTO</u>	H 350X200X106.4	192	C6a en 0.00%	0.24	Bien	(H1-1b)
<u>Diagonal Muro</u>	L 150X150X10	203	C5bz en 100.00%	0.62	Bien	(H2-1)
<u>Diagonal techo</u>		337	C5bz en 100.00%	0.47	Bien	(H2-1)
<u>Puntal techo</u>	H 350X200X106.4	249	C6a en 0.00%	0.11	Bien	(H1-1b)
<u>Viqa Piso</u>		107	C6bx en 100.00%	0.26	Bien	(Ec. 4.9) DG 9
<u>Viqa techo</u>	H 350*350*272.8	88	C3 en 0.00%	0.25	Bien	(H1-1b)

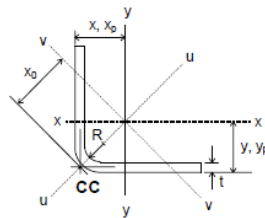
Figura 8.67: Elementos máxima solicitación.

8.8 Anexo H – Perfiles

8.8.1 Diagonal Lateral

Tabla 8.69: Verificación diagonal lateral.

Perfil	L 150 x 150 x 10		Resistencia a la Flexión		
Tipo	Diagonal lateral		Compacto- No Compacto- Esbelto.		
Miembro	203		Ala		
Combinación	C5bz		Longitudes Límites		
E	2100000	[kg/cm ²]	Lb	336,35	[cm]
Fy	2700	[kg/cm ²]	Fluencia		
G	772000	[kg/cm ²]	Mp	332100	[kg-cm]
Dimensiones Perfil			Pandeo Lateral-Torsional		
b	15	[cm]	B	0,84	
d	15	[cm]	Mn	424900,96	[kg-cm]
Peso	22,09	[kg/m]	Deformación Admisible		
t	1	[cm]	L	672,7	[cm]
Iy	622,2	[cm ⁶]	X	700	
Zy	123	[cm ³]	Dadm	1,0	[cm]
Sy	57,8	[cm ³]	Modelo		
ry	4,7	[cm]	Corte		
Zx	123	[cm ³]	Vux	22,4	[kg]
Sx	57,8	[cm ³]	Vuy	42,1	[kg]
J	9,381	[cm ⁴]	F.S.	1,5	
Cw	169,1	[cm ⁶]	Flexión		
Resistencia al Corte			Mux	7202,65	[kg-cm]
h/t	15,00		Muy	1248,40	[kg-cm]
Condición $h/t < 260$		Cumple	F.S.	1,67	
$2,45 \cdot \text{raíz}(E/Fy)$	68,33		Deformación Máxima		
Condición $h/t < 2,45 \cdot \text{raíz}(E/Fy)$		Cumple	D	0,1	[cm]
Vn	24300	[kg]	Verificación		
			Corte	0,004	Cumple
			Flexión	0,033	Cumple
			Deformación	0,096	Cumple



Impresión de diagramas de esfuerzos

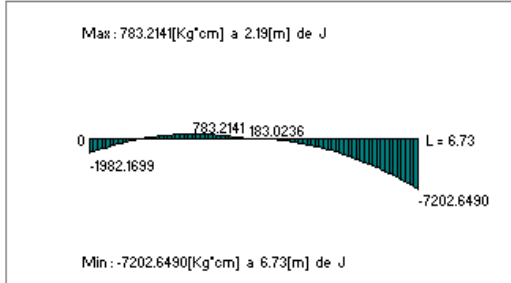
Estados considerados:
C5bz=D+EY1

MIEMBRO	: 203	Largo	: 6.727 [m]	Nudo J	: 72
Material	: A42-27ES	Sección	: L 150X150X10	Nudo K	: 85

Estado : C5bz=D+EY1

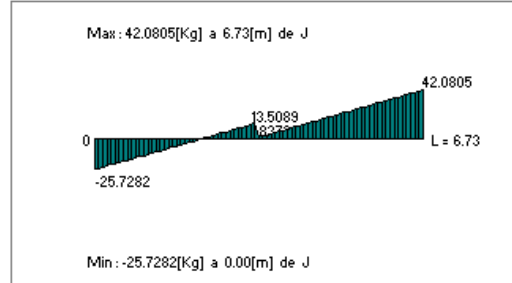
Momentos flectores M33

Momentos [Kg*cm], Long [m]



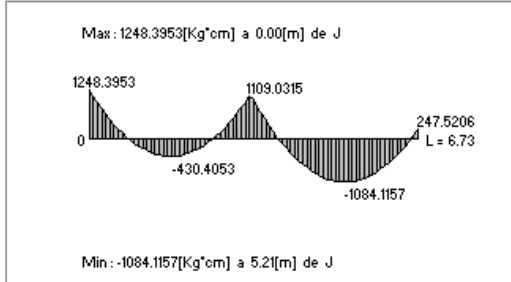
Esfuerzos cortantes V2

Fuerzas [Kg], Long [m]



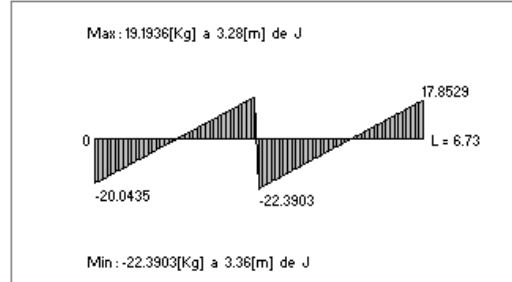
Momentos flectores M22

Momentos [Kg*cm], Long [m]



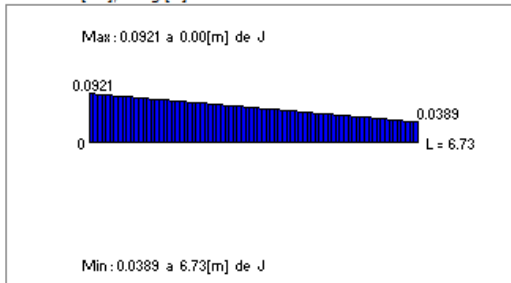
Esfuerzos cortantes V3

Fuerzas [Kg], Long [m]



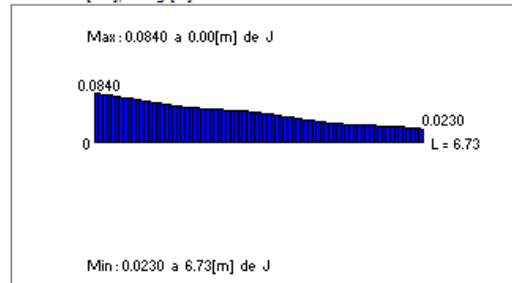
Traslación en 1

Deflexión [cm], Long [m]



Traslación en 2

Deflexión [cm], Long [m]



Traslación en 3

Deflexión [cm], Long [m]

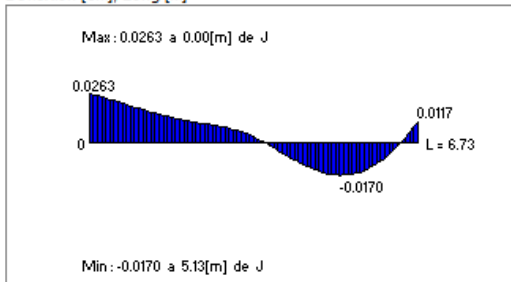
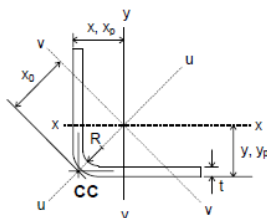


Figura 8.68: Diagramas de esfuerzos diagonal lateral.

8.8.2 Diagonal Techo

Tabla 8.70: Verificación diagonal techo.

Perfil	L 150 x 150 x 10		Resistencia a la Flexión		
Tipo	Diagonal Techo		Compacto- No Compacto- Esbelto.		
Miembro	337		Ala		
Combinación	C5bz		Longitudes Límites		
E	2100000	[kg/cm ²]	Lb	353,85	[cm]
Fy	2700	[kg/cm ²]	Fluencia		
G	772000	[kg/cm ²]	Mp	332100	[kg-cm]
Dimensiones Perfil			Pandeo Lateral-Torsional		
b	15	[cm]	B	0,79	
d	15	[cm]	Mn	417032,76	[kg-cm]
Peso	22,09	[kg/m]	Deformación Admisible		
t	1	[cm]	L	707,7	[cm]
Iy	622,2	[cm ⁶]	X	700	
Zy	123	[cm ³]	Dadm	1,0	[cm]
Sy	57,8	[cm ³]	Modelo		
ry	4,7	[cm]	Corte		
Zx	123	[cm ³]	Vux	41,05	[kg]
Sx	57,8	[cm ³]	Vuy	79,06	[kg]
J	9,381	[cm ⁴]	F.S.	1,5	
Cw	169,1	[cm ⁶]	Flexión		
Resistencia al Corte			Mux	13422,4	[kg-cm]
h/t	15,00		Muy	4558	[kg-cm]
Condición h/t < 260		Cumple	F.S.	1,67	
2,45*raíz(E/Fy)	68,33		Deformación Máxima		
Condición h/t < 2,45*raíz(E/Fy)		Cumple	D	0,5	[cm]
Vn	24300	[kg]	Verificación		
			Corte	0,007	Cumple
			Flexión	0,072	Cumple
			Deformación	0,495	Cumple



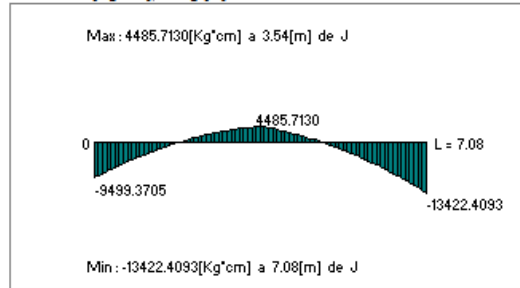
Impresión de diagramas de esfuerzos

Estados considerados:
C5bz=D+EY1

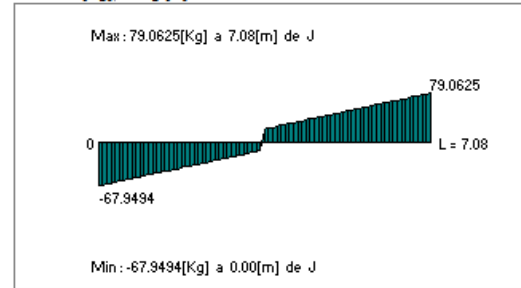
MIEMBRO	: 337	Largo	: 7.077 [m]	Nudo J	: 96
Material	: A42-27ES	Sección	: L 150X150X10	Nudo K	: 109

Estado : C5bz=D+EY1

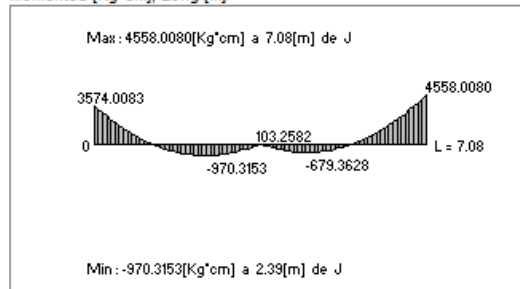
Momentos flectores M33
Momentos [Kg*cm], Long [m]



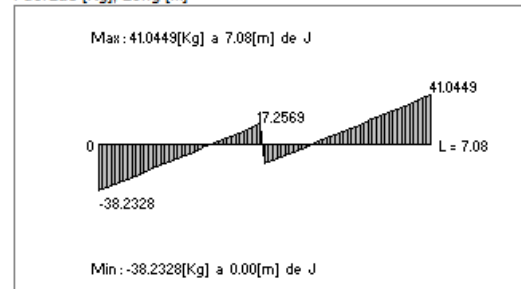
Esfuerzos cortantes V2
Fuerzas [Kg], Long [m]



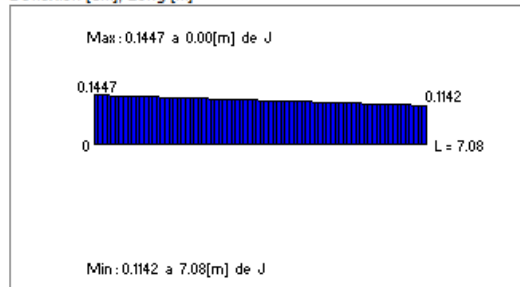
Momentos flectores M22
Momentos [Kg*cm], Long [m]



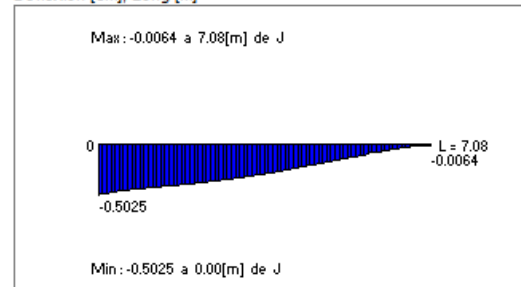
Esfuerzos cortantes V3
Fuerzas [Kg], Long [m]



Traslación en 1
Deflexión [cm], Long [m]



Traslación en 2
Deflexión [cm], Long [m]



Traslación en 3
Deflexión [cm], Long [m]

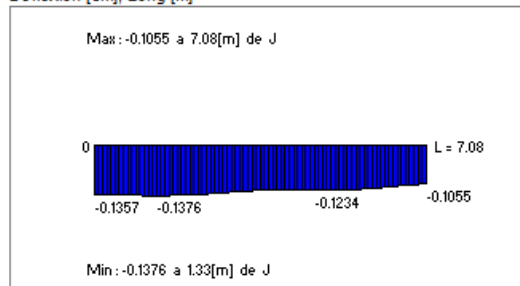
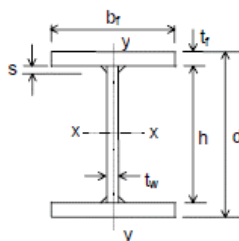


Figura 8.69: Diagramas de esfuerzos diagonal techo.

8.8.3 Viga Techo

Tabla 8.71: Verificación viga techo.

Perfil	H 350 x 350 x 272.8		Resistencia a la Flexión			Deformación Admisible		
Tipo	Marco Techo		Compacto- No Compacto- Esbelto.			L	500,9	[cm]
Miembro	88		Ala			X	350	
Combinación	c3		b	17,5	[cm]	Dadm	1,43	
E	2100000	[kg/cm ²]	λ_{Ala}	4,375		Modelo		
Fy	2700	[kg/cm ²]	λ_p	10,60		Corte		
Dimensiones Perfil			Condición $\lambda_{Ala} < \lambda_p$		Compacto	Vux	4,7569	[kg]
d	35	[cm]	Alma			Vuy	7865,03	[kg]
bf	35	[cm]	$\lambda_{b/t}$	10,8		F.S.	1,5	
h	27	[cm]	λ_p	104,86139		Flexión		
Peso	272,8	[kg/m]	$\lambda_{Alma} < \lambda_p$		Compacto	Mux	1980000	[kg-cm]
tf	4	[cm]	Longitudes Límites			Muy	1459,98	[kg-cm]
tw	2,5	[cm]	Lb	500,9	[cm]	F.S.	1,67	
Iy	28600	[cm ⁶]	Lp	445,19	[cm]	Deformación Máxima		
Zy	2492	[cm ³]	Lr	3649,7	[cm]	D	1,2	[cm]
ry	9,07	[cm]	rts	10,3966	[cm]	Verificación		
Sy	1635	[cm ³]	c	1,0	[cm]	Corte	0,11	Cumple
Zx	4796	[cm ³]	ho	31,0	[cm]	Flexión	0,24	Cumple
Sx	4100	[cm ³]	Fluencia			Deformación	0,84	Cumple
J	1655	[cm ⁴]	Mpx	12949200	[kg-cm]			
Cw	6867000	[cm ⁶]	Mpy	6728400	[kg-cm]			
Resistencia al Corte			Pandeo Lateral-Torsional					
h/t	10,80		Cb	1	-			
Condición $h/t < 260$		Cumple	Mnx	13671648,16	[kg-cm]			
$2,45 \cdot \text{raíz}(E/Fy)$		68,33	Mny	6665152,10	[kg-cm]			
Condición $h/t < 2,45 \cdot \text{raíz}(E/Fy)$		Cumple						
Vn	109350	[kg]						



Impresión de diagramas de esfuerzos

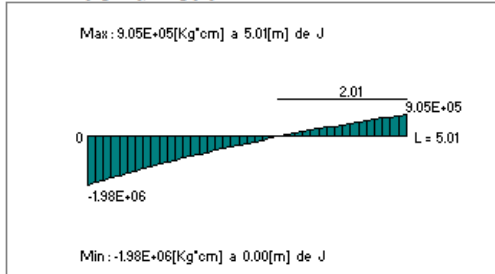
Estados considerados:
C3=D+Lr

MIEMBRO	: 88	Largo	: 5.009 [m]	Nudo J	: 67
Material	: A42-27ES	Sección	: H 350*350*272.8	Nudo K	: 68

Estado : C3=D+Lr

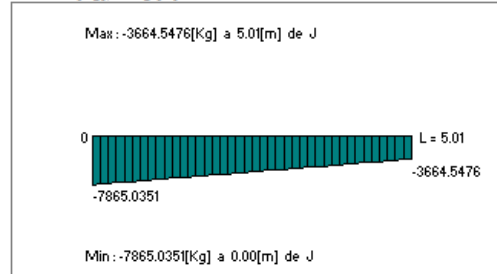
Momentos flectores M33

Momentos [Kg*cm], Long [m]



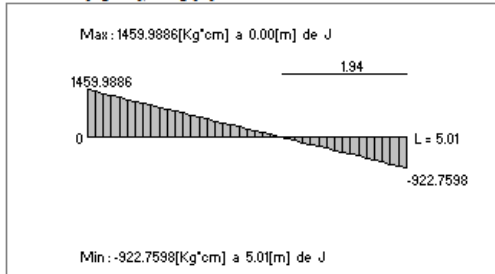
Esfuerzos cortantes V2

Fuerzas [Kg], Long [m]



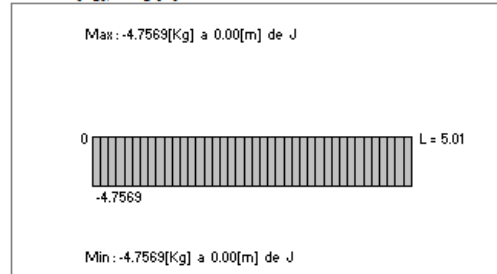
Momentos flectores M22

Momentos [Kg*cm], Long [m]



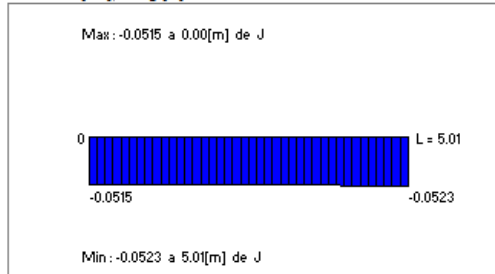
Esfuerzos cortantes V3

Fuerzas [Kg], Long [m]



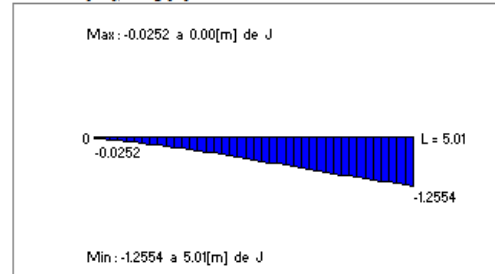
Traslación en 1

Deflexión [cm], Long [m]



Traslación en 2

Deflexión [cm], Long [m]



Traslación en 3

Deflexión [cm], Long [m]

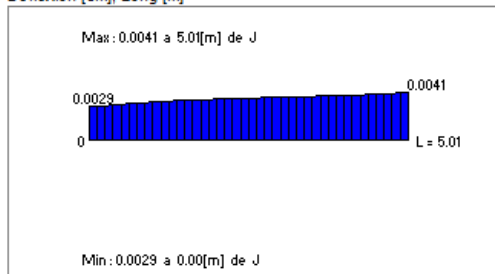
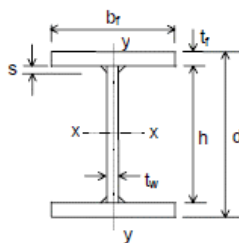


Figura 8.70: Diagramas de esfuerzos viga techo.

8.8.4 Columna de Viento

Tabla 8.72: Verificación Columna de viento.

Perfil	H 350 x 200 x 106.4		Resistencia a la Flexión			Deformación Admisible		
Tipo	Columna de viento		Compacto- No Compacto- Esbelto.			L	700	[cm]
Miembro	192		Ala			X	200	
Combinación	C6a		b	10	[cm]	Dadm	3,5	
E	2100000	[kg/cm ²]	λ_{Ala}	3,57		Modelo		
Fy	2700	[kg/cm ²]	λ_p	10,60		Corte		
Dimensiones Perfil			Condición $\lambda_{Ala} < \lambda_p$		Compacto	Vux	682	[kg]
d	35	[cm]	Alma			Vuy	326	[kg]
bf	20	[cm]	$\lambda_{b/t}$	41,25		F.S.	1,5	
h	33	[cm]	λ_p	104,86		Flexión		
Peso	106,4	[kg/m]	$\lambda_{Alma} < \lambda_p$		Compacto	Mux	1360000	[kg-cm]
tf	2,8	[cm]	Longitudes Límites			Muy	138000	[kg-cm]
tw	0,8	[cm]	Lb	700	[cm]	F.S.	1,67	
Iy	3730	[cm ⁶]	Lp	257,69	[cm]	Deformación Máxima		
Zy	565	[cm ³]	Lr	1266,3	[cm]	D	0,15	[cm]
ry	5,25	[cm]	r _{ts}	5,84	[cm]	Verificación		
Sy	373	[cm ³]	c	1,0	[cm]	Corte	0,04	Cumple
Zx	1976	[cm ³]	h _o	35,8	[cm]	Flexión	0,19	Cumple
Sx	1760	[cm ³]	Fluencia			Deformación	0,04	Cumple
J	298	[cm ⁴]	M _{px}	5335200	[kg-cm]			
Cw	967700	[cm ⁶]	M _{py}	1525500	[kg-cm]			
Resistencia al Corte			Pandeo Lateral-Torsional					
h/t	41,25		C _b	1	-			
Condición $h/t < 260$		Cumple	M _{nx}	5848433,53	[kg-cm]			
$2,45 \cdot \sqrt{E/F_y}$	68,33		M _{ny}	1165669,03	[kg-cm]			
Condición $h/t < 2,45 \cdot \sqrt{E/F_y}$		Cumple						
V _n	42768	[kg]						



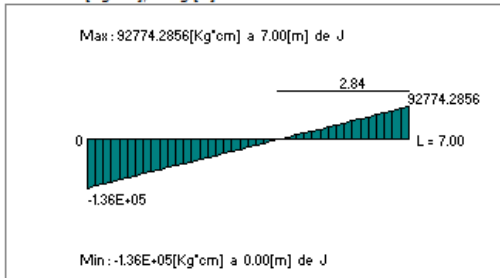
Impresión de diagramas de esfuerzos

Estados considerados:
C6a=D+0.75W+0.75L+0.75Lr

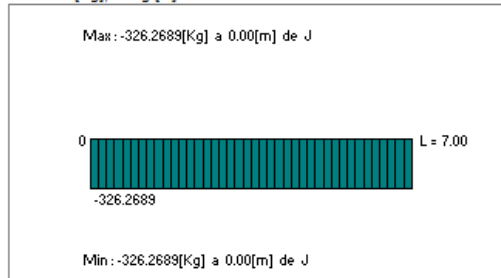
MIEMBRO	: 192	Largo	: 7.000 [m]	Nudo J	: 117
MATERIAL	: A42-27ES	Sección	: H 350X200X106.4	Nudo K	: 118

Estado : C6a=D+0.75W+0.75L+0.75Lr

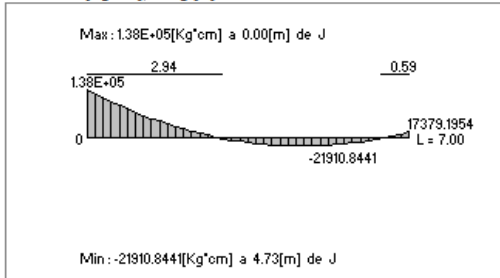
Momentos flectores M33
 Momentos [Kg*cm], Long [m]



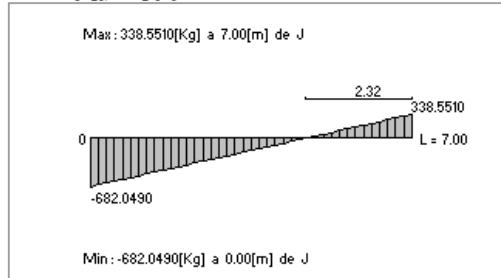
Esfuerzos cortantes V2
 Fuerzas [Kg], Long [m]



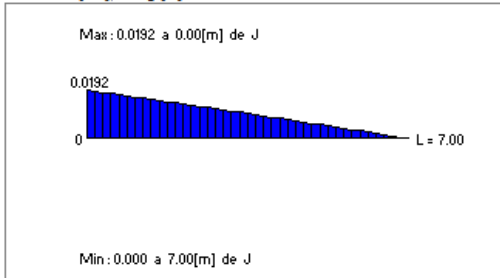
Momentos flectores M22
 Momentos [Kg*cm], Long [m]



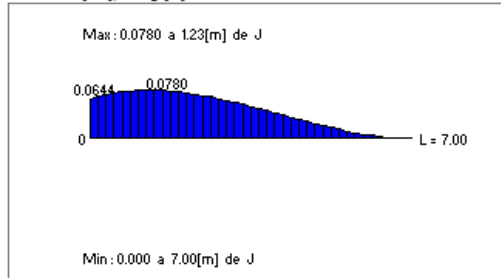
Esfuerzos cortantes V3
 Fuerzas [Kg], Long [m]



Traslación en 1
 Deflexión [cm], Long [m]



Traslación en 2
 Deflexión [cm], Long [m]



Traslación en 3
 Deflexión [cm], Long [m]

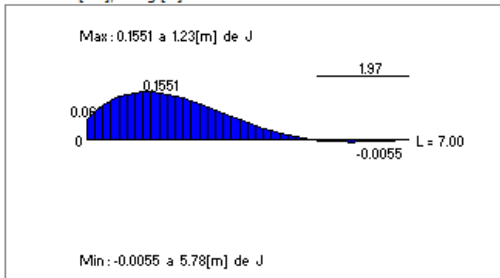
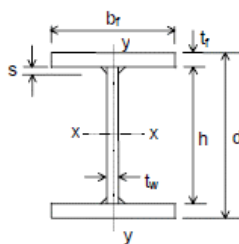


Figura 8.71: Diagramas de esfuerzos columna de viento.

8.8.5 Viga Piso

Tabla 8.73: Verificación viga piso.

Perfil	H 350 x 200 x 106.4		Resistencia a la Flexión			Deformación Admisible		
Tipo	Viga Piso		Compacto- No Compacto- Esbelto.			L	500	[cm]
Miembro	107		Ala			X	300	
Combinación	C6ax		b	10	[cm]	Dadm	1,7	[cm]
E	2100000	[kg/cm ²]	λ Ala	3,57		Modelo		
Fy	2700	[kg/cm ²]	λ p	10,60		Corte		
Dimensiones Perfil			Condición λ Ala < λ p		Compacto	Vux	1,66	[kg]
d	35	[cm]	Alma			Vuy	7298,26	[kg]
bf	20	[cm]	λ b/t	41,25		F.S.	1,5	
h	33	[cm]	λ p	104,86		Flexión		
Peso	106,4	[kg/m]	λ Alma < λ p		Compacto	Mux	746000	[kg-cm]
tf	2,8	[cm]	Longitudes Límites			Muy	415,21	[kg-cm]
tw	0,8	[cm]	Lb	500	[cm]	F.S.	1,67	
Iy	3730	[cm ⁶]	Lp	257,69	[cm]	Deformación Máxima		
Zy	565	[cm ³]	Lr	1266,3	[cm]	D	0,12	[cm]
ry	5,25	[cm]	rts	5,8426	[cm]	Verificación		
Sy	373	[cm ³]	c	1,0	[cm]	Corte	0,26	Cumple
Zx	1976	[cm ³]	ho	35,8	[cm]	Flexión	0,21	Cumple
Sx	1760	[cm ³]	Fluencia			Deformación	0,07	Cumple
J	298	[cm ⁴]	Mpx	5335200	[kg-cm]			
Cw	967700	[cm ⁶]	Mpy	1525500	[kg-cm]			
Resistencia al Corte			Pandeo Lateral-Torsional					
h/t	41,25		Cb	1	-			
Condición h/t < 260		Cumple	Mnx	5848433,53	[kg-cm]			
2,45*raíz(E/Fy)	68,33		Mny	1328374,83	[kg-cm]			
Condición h/t < 2,45*raíz(E/Fy)		Cumple						
Vn	42768	[kg]						



Impresión de diagramas de esfuerzos

Estados considerados:

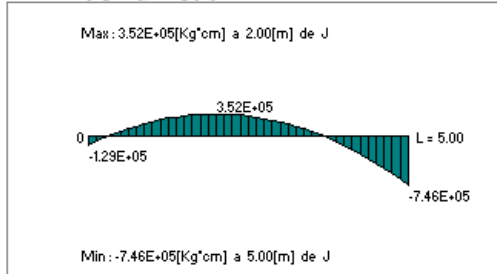
C6bx=D+0.75L+0.75EX1

MIEMBRO	: 107	Largo	: 5.000 [m]	Nudo J	: 85
Material	: A42-27ES	Sección	: H 350X200X106.4	Nudo K	: 87

Estado : C6bx=D+0.75L+0.75EX1

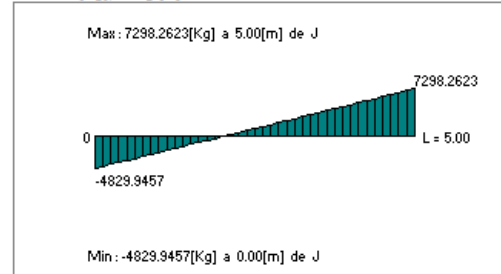
Momentos flectores M33

Momentos [Kg*cm], Long [m]



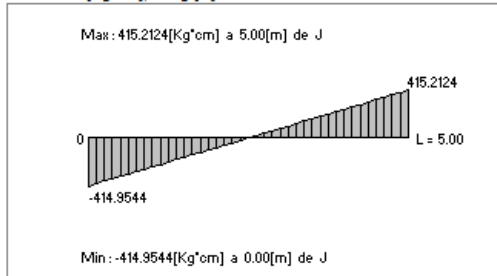
Esfuerzos cortantes V2

Fuerzas [Kg], Long [m]



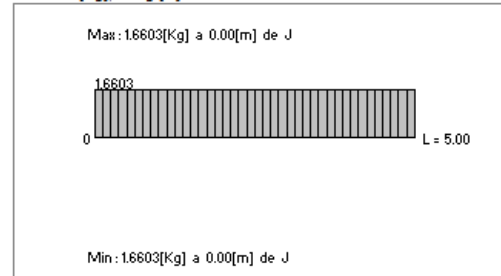
Momentos flectores M22

Momentos [Kg*cm], Long [m]



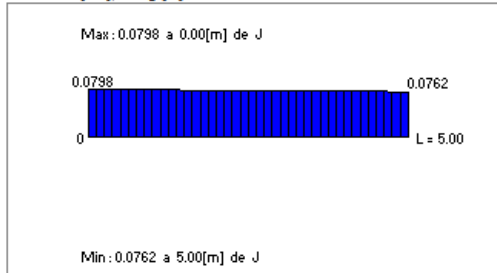
Esfuerzos cortantes V3

Fuerzas [Kg], Long [m]



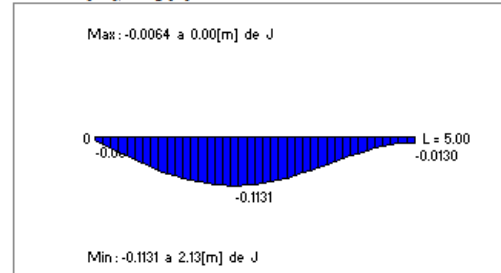
Traslación en 1

Deflexión [cm], Long [m]



Traslación en 2

Deflexión [cm], Long [m]



Traslación en 3

Deflexión [cm], Long [m]

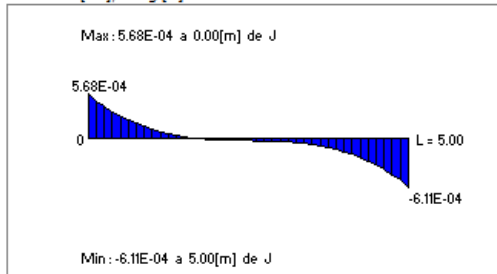
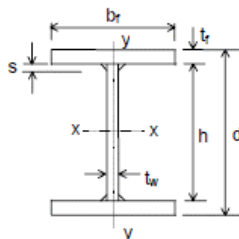


Figura 8.72: Diagramas de esfuerzos viga piso.

8.8.6 Puntal de Techo

Tabla 8.74: Verificación puntal techo.

Perfil	H 350 x 200 x 106.4		Resistencia a la Flexión			Deformación Admisible		
Tipo	Puntal techo		Compacto- No Compacto- Esbelto.			L	500	[cm]
Miembro	249		Ala			X	350	
Combinación	c6a		b	10	[cm]	Dadm	1,43	
E	2100000	[kg/cm ²]	λ_{Ala}	3,57		Modelo		
Fy	2700	[kg/cm ²]	λ_p	10,60		Corte		
Dimensiones Perfil			Condición $\lambda_{Ala} < \lambda_p$		Compacto	Vux	10,49	[kg]
d	35	[cm]	Alma			Vuy	866,2	[kg]
bf	20	[cm]	$\lambda_{b/t}$	41,25		F.S.	1,5	
h	33	[cm]	λ_p	104,86139		Flexión		
Peso	106,4	[kg/m]	$\lambda_{Alma} < \lambda_p$		Compacto	Mux	324000	[kg-cm]
tf	2,8	[cm]	Longitudes Límites			Muy	3700	[kg-cm]
tw	0,8	[cm]	Lb	500	[cm]	F.S.	1,67	
Iy	3730	[cm ⁶]	Lp	257,69	[cm]	Deformación Máxima		
Zy	565	[cm ³]	Lr	1266,3	[cm]	D	1,4	[cm]
ry	5,25	[cm]	rts	5,8426	[cm]	Verificación		
Sy	373	[cm ³]	c	1,0	[cm]	Corte	0,03	Cumple
Zx	1976	[cm ³]	ho	35,8	[cm]	Flexión	0,09	Cumple
Sx	1760	[cm ³]	Fluencia			Deformación	0,98	Cumple
J	298	[cm ⁴]	Mpx	5335200	[kg-cm]			
Cw	967700	[cm ⁶]	Mpy	1525500	[kg-cm]			
Resistencia al Corte			Pandeo Lateral-Torsional					
h/t	41,25		Cb	1	-			
Condición $h/t < 260$		Cumple	Mnx	5848433,53	[kg-cm]			
$2,45 \cdot \text{raíz}(E/Fy)$	68,33		Mny	1328374,83	[kg-cm]			
Condición $h/t < 2,45 \cdot \text{raíz}(E/Fy)$		Cumple						
Vn	42768	[kg]						



Impresión de diagramas de esfuerzos

Estados considerados:

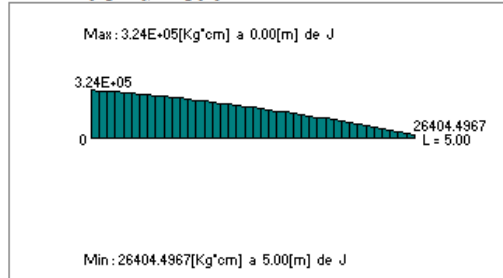
$C6a=D+0.75W+0.75L+0.75Lr$

MEMBRO : 249 Largo : 5.000 [m] Nudo J : 97
 Arterial : A42-27ES Sección : H 350X200X106.4 Nudo K : 83

Estado : $C6a=D+0.75W+0.75L+0.75Lr$

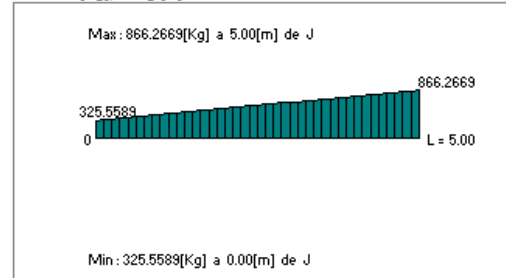
Momentos flectores M33

Momentos [Kg*cm], Long [m]



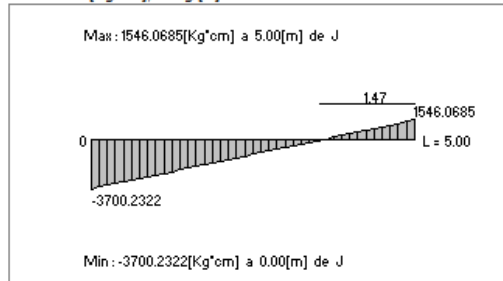
Esfuerzos cortantes V2

Fuerzas [Kg], Long [m]



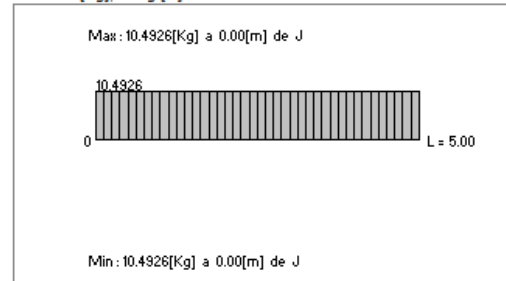
Momentos flectores M22

Momentos [Kg*cm], Long [m]



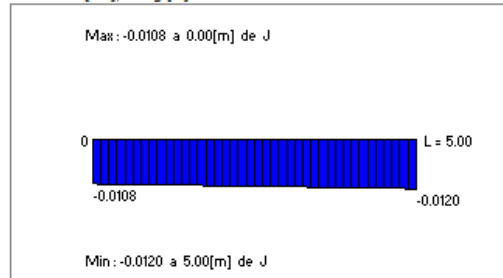
Esfuerzos cortantes V3

Fuerzas [Kg], Long [m]



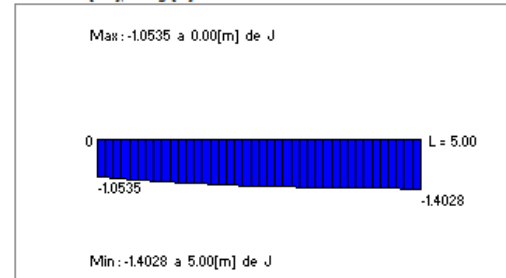
Traslación en 1

Deflexión [cm], Long [m]



Traslación en 2

Deflexión [cm], Long [m]



Traslación en 3

Deflexión [cm], Long [m]

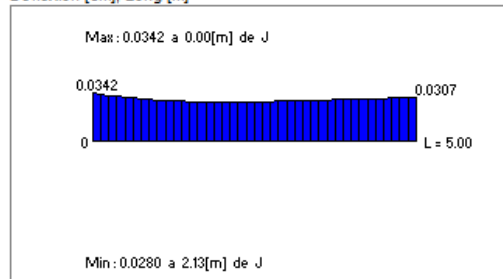
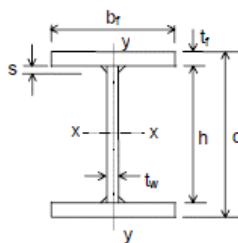


Figura 8.73: Diagramas de esfuerzos puntal de techo.

8.8.7 Columna Marco

Tabla 8.75: Verificación columna marco.

Perfil	H 350 x 350 x 144		Resistencia a la Flexión			Deformación Admisible		
Tipo	Columna marco		Compacto- No Compacto- Esbelto.			L	550	[cm]
Miembro	80		Ala			X	200	
Combinación	C3		b	17,5	[cm]	Dadm	2,75	
E	2100000	[kg/cm ²]	λ_{Ala}	8,75		Modelo		
Fy	2700	[kg/cm ²]	λ_p	10,60		Corte		
Dimensiones Perfil			Condición $\lambda_{Ala} < \lambda_p$		Compacto	Vux	0,11	[kg]
d	35	[cm]	Alma			Vuy	1592,53	[kg]
bf	35	[cm]	$\lambda_{b/t}$	22,14		F.S.	1,5	
h	31	[cm]	λ_p	104,86		Flexión		
Peso	144	[kg/m]	$\lambda_{Alma} < \lambda_p$		Compacto	Mux	876000	[kg-cm]
tf	2	[cm]	Longitudes Límites			Muy	61,422	[kg-cm]
tw	1,4	[cm]	Lb	550	[cm]	F.S.	1,67	
Iy	14300	[cm ⁶]	Lp	433,41	[cm]	Deformación Máxima		
Zy	1240	[cm ³]	Lr	1724,0	[cm]	D	0,4	[cm]
ry	8,83	[cm]	rts	9,9575	[cm]	Verificación		
Sy	817	[cm ³]	c	1,0	[cm]	Corte	0,034	Cumple
Zx	2646	[cm ³]	ho	33,0	[cm]	Flexión	0,182	Cumple
Sx	2379	[cm ³]	Fluencia			Deformación	0,145	Cumple
J	217	[cm ⁴]	Mpx	7144200	[kg-cm]			
Cw	3891000	[cm ⁶]	Mpy	3348000	[kg-cm]			
Resistencia al Corte			Pandeo Lateral-Torsional					
h/t	22,14		Cb	1	-			
Condición $h/t < 260$		Cumple	Mnx	8033402,47	[kg-cm]			
$2,45 \cdot \text{raíz}(E/Fy)$	68,33		Mny	3185048,67	[kg-cm]			
Condición $h/t < 2,45 \cdot \text{raíz}(E/Fy)$		Cumple						
Vn	70308	[kg]						



Impresión de diagramas de esfuerzos

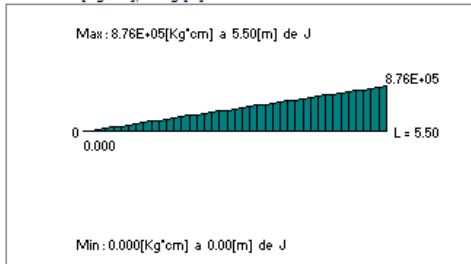
Estados considerados:
C3=D+Lr

MIEMBRO : 80 Largo : 5.500 [m] Nudo J : 60
Material : A42-27ES Sección : H 350X350X144 Nudo K : 61

Estado : C3=D+Lr

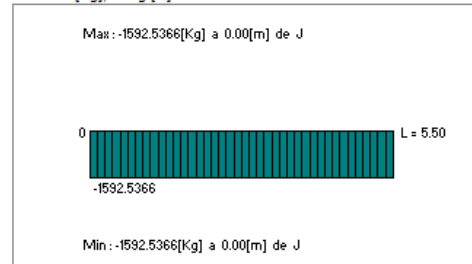
Momentos flectores M33

Momentos [Kg*cm], Long [m]



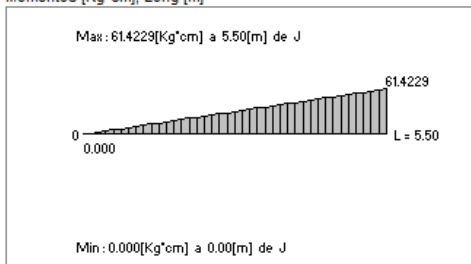
Esfuerzos cortantes V2

Fuerzas [Kg], Long [m]



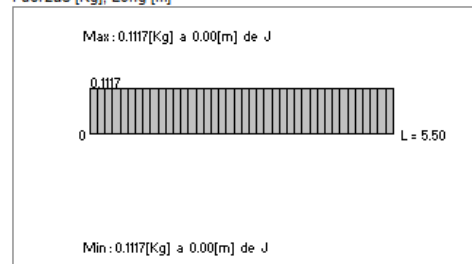
Momentos flectores M22

Momentos [Kg*cm], Long [m]



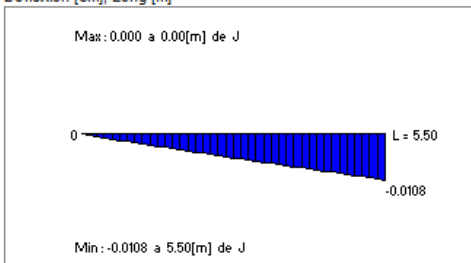
Esfuerzos cortantes V3

Fuerzas [Kg], Long [m]



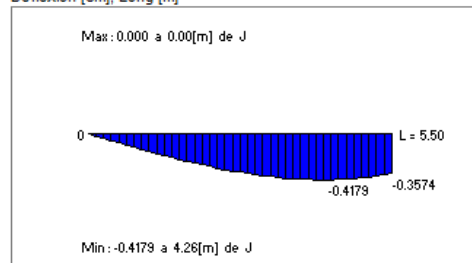
Traslación en 1

Deflexión [cm], Long [m]



Traslación en 2

Deflexión [cm], Long [m]



Traslación en 3

Deflexión [cm], Long [m]

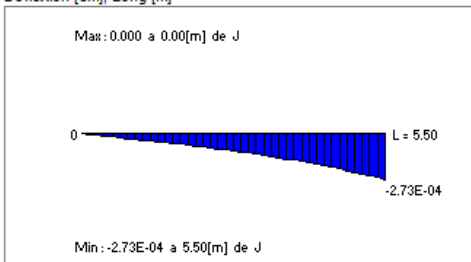


Figura 8.74: Diagramas de esfuerzos columna marco.

8.9 Anexo I – Desplazamientos sísmicos (Acero)

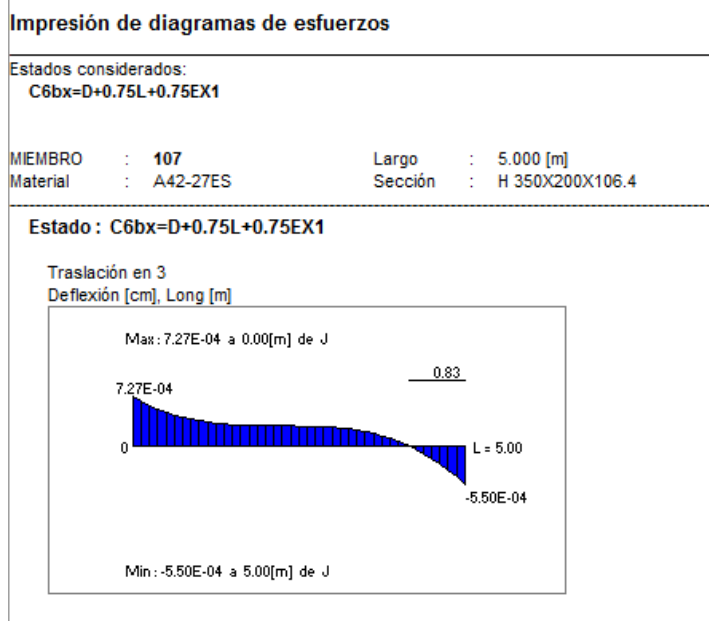
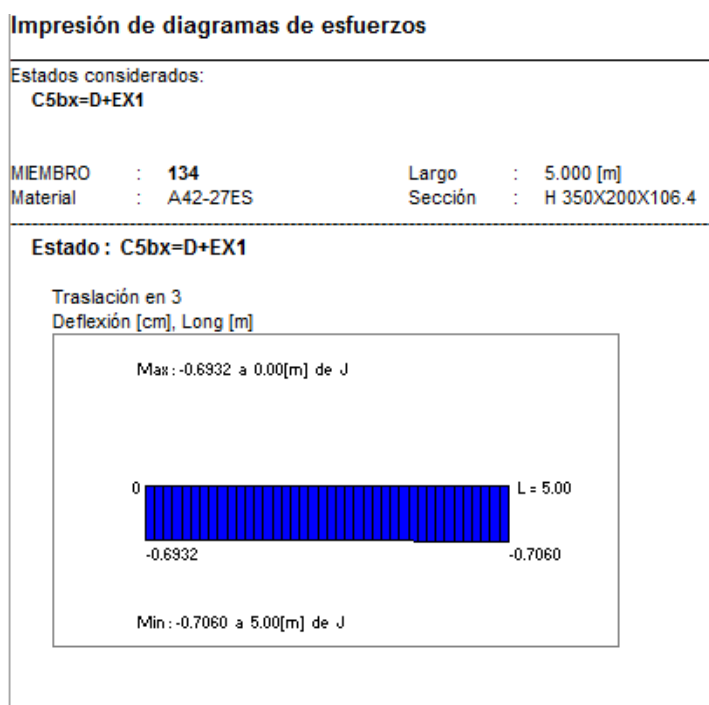


Figura 8.75: Diagramas desplazamientos sísmicos.

8.10 Anexo J – Análisis de precios unitarios

8.10.1 Moldaje

Tabla 8.76: Análisis de precio unitarios moldaje vigas.

Actividad	Moldaje Vigas			
Unidad	m ²			
	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Sub - Contrato				
Suministro, Fabricación y Colocación Moldaje	m ²	1	\$ 6.200	\$ 6.200
Mano de Obra				
Maestro Carpintero Descimbre	h	0,14	\$ 3.100	\$ 434
Jornal	h	0,14	\$ 1.950	\$ 273
Leyes Sociales (32%)				\$ 226
Pérdidas (3%)				
Precio Unitario				\$ 7.133

Tabla 8.77: Análisis de precio unitario moldaje losas.

Actividad	Moldaje Losas			
Unidad	m ²			
	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Sub - Contrato				
Suministro, Fabricación y Colocación Moldaje con alzaprimas	m ²	1	\$ 7.834	\$ 7.834
Mano de Obra				
Maestro Carpintero Descimbre	h	0,14	\$ 3.100	\$ 434
Jornal	h	0,14	\$ 1.950	\$ 273
Leyes Sociales (32%)				\$ 226
Pérdidas (3%)				
Precio Unitario				\$ 8.767

Tabla 8.78: Análisis de precio unitario moldaje pilares y muros.

Actividad	Moldaje Pilares y Muros			
Unidad	m ²			
	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Sub - Contrato				
Suministro, Fabricación y Colocación Moldaje	m ²	1	\$ 6.400	\$6.400
Mano de Obra				
Maestro Carpintero Descimbre	h	0,14	\$ 3.100	\$ 434
Jornal	h	0,14	\$ 1.950	\$ 273
Leyes Sociales (32%)				\$ 226
Pérdidas (3%)				
Precio Unitario				\$7.333

8.10.2 Enfierradura

Tabla 8.79: Análisis de precios unitarios enfierradura.

Actividad	Enfierradura			
Unidad	kg			
	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Materiales				
Acero Barras A63 - 42H	kg	1	\$ 560	\$ 560
Alambre Para Atar	kg	0,01	\$ 830	\$ 8
Mano de Obra				
Maestro Enfierrador	h	0,02	\$ 3.100	\$ 62
Ayudante Enfierrador	h	0,02	\$ 1.950	\$ 39
Leyes Sociales (32%)				\$ 32
Pérdidas (3%)				\$ 17
Precio Unitario				\$ 719

8.10.3 Hormigón

Tabla 8.80: Análisis de precio unitario hormigón H30 pilares y muros.

Actividad	Hormigón H30 Pilares y Muros			
Unidad	m ³			
	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Materiales				
Separadores	Ud.	12	\$ 40	\$ 480
Hormigón H30	m ³	1	\$ 75.840	\$75.840
Bencina Generador	l	0,675	\$ 663	\$ 448
Maquinaria				
Generador Portátil	día	0,05	\$ 13.336	\$ 667
Vibrador	día	0,05	\$ 7.000	\$ 350
Mano de Obra				
Maestro Concretero	h	0,45	\$ 3.100	\$ 1.395
Jornal	h	0,45	\$ 1.950	\$ 878
Leyes Sociales (32%)				\$ 727
Pérdidas (3%)				\$ 2.303
Precio Unitario				\$83.087

Tabla 8.81: Análisis de precio unitario hormigón H25 muros.

Actividad	Hormigón H25 Muro			
Unidad	m ³			
	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Materiales				
Separadores	Ud.	12	\$ 40	\$ 480
Hormigón H25	m ³	1	\$ 72.405	\$ 72.405
Bencina Generador	l	0,675	\$ 663	\$ 448
Maquinaria				
Generador Portátil	día	0,05	\$ 13.336	\$ 667
Vibrador	día	0,05	\$ 7.000	\$ 350
Mano de Obra				
Maestro Concretero	h	0,45	\$ 3.100	\$ 1.395
Jornal	h	0,45	\$ 1.950	\$ 878
Leyes Sociales (32%)				\$ 727
Pérdidas (3%)				\$ 2.200
Precio Unitario				\$ 79.549

Tabla 8.82: Análisis de precio unitario hormigón H30 vigas.

Actividad	Hormigón H30 Vigas			
Unidad	m ³			
	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Materiales				
Separadores	Ud.	4	\$ 40	\$ 160
Hormigón H30	m ³	1	\$ 75.840	\$75.840
Bencina Generador	l	0,675	\$ 663	\$ 448
Maquinaria				
Generador Portátil	día	0,05	\$ 13.336	\$ 667
Vibrador	día	0,05	\$ 7.000	\$ 350
Mano de Obra				
Maestro Concretero	h	0,45	\$ 3.100	\$ 1.395
Jornal	h	0,45	\$ 1.950	\$ 878
Leyes Sociales (32%)				\$ 727
Pérdidas (3%)				\$ 2.293
Precio Unitario				\$82.757

Tabla 8.83: Análisis de precio unitario hormigón H30 losas.

Actividad	Hormigón H30 Losas			
Unidad	m ³			
	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Materiales				
Separadores	Ud.	3	\$ 40	\$ 120
Hormigón H30	m ³	1	\$ 75.840	\$75.840
Bencina Generador	l	0,675	\$ 663	\$ 448
Maquinaria				
Generador Portátil	día	0,05	\$ 13.336	\$ 667
Vibrador	día	0,05	\$ 7.000	\$ 350
Mano de Obra				
Maestro Concretero	h	0,45	\$ 3.100	\$ 1.395
Jornal	h	0,45	\$ 1.950	\$ 878
Leyes Sociales (32%)				\$ 727
Pérdidas (3%)				\$ 2.292
Precio Unitario				\$82.716

Tabla 8.84: Análisis de precio unitario hormigón H25 losas.

Actividad	Hormigón H25 Losas			
Unidad	m ³			
	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Materiales				
Separadores	Ud.	3	\$ 40	\$ 120
Hormigón H25	m ³	1	\$ 72.405	\$ 72.405
Bencina Generador	l	0,675	\$ 663	\$ 448
Maquinaria				
Generador Portátil	día	0,05	\$ 13.336	\$ 667
Vibrador	día	0,05	\$ 7.000	\$ 350
Mano de Obra				
Maestro Concretero	h	0,45	\$ 3.100	\$ 1.395
Jornal	h	0,45	\$ 1.950	\$ 878
Leyes Sociales (32%)				\$ 727
Pérdidas (3%)				\$ 2.189
Precio Unitario				\$ 79.178

Tabla 8.85: Análisis de precio unitario hormigón H20 radier.

Actividad	Hormigón H20 Radier			
Unidad	m ³			
	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Materiales				
Hormigón H20	m ³	1	\$ 65.534	\$ 65.534
Mano de Obra				
Maestro Concretero	h	0,15	\$ 3.100	\$ 465
Jornal	h	0,15	\$ 1.950	\$ 293
Leyes Sociales (32%)				\$ 242
Pérdidas (3%)				\$ 1.966
Precio Unitario				\$ 68.500

8.10.4 Radier

Tabla 8.86: Análisis de precio unitario base radier.

Actividad	Base Radier			
Unidad	m ²			
	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Materiales				
Base Arena E=8CM	m ³	0,104	\$ 6.500	\$ 676
Base Chancado E=8CM	m ³	0,104	\$ 15.600	\$ 1.622
Aisl. Piso polietileno	m ²	1	\$ 350	\$ 350
Alambre para atar	kg	0,12	\$ 830	\$ 100
Malla Acma	m ²	1	\$ 1.050	\$ 1.050
Mano de Obra				
Maestro Enfierrador	h	0,2	\$ 3.100	\$ 620
Jornal	h	0,42	\$ 1.950	\$ 819
Jornal	h	0,42	\$ 1.950	\$ 819
Leyes Sociales (32%)				\$ 524
Pérdidas (3%)				\$ 79
Precio Unitario				\$ 6.660

8.10.5 Estructura Metálica

Tabla 8.87: Análisis de precio unitario estructura metálica

Actividad	Estructura Metálica			
Unidad	kg			
	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Materiales				
Perfiles AS 42-27 ES	kg	1	\$ 1.099	\$ 1.099
Sub - Contrato				
Montaje Estructura Metálica	kg	1	\$ 1.020	\$ 1.020
Leyes Sociales (32%)				
Pérdidas (3%)				\$ 33
Precio Unitario				\$ 2.152

Tabla 8.88: Análisis de precio unitario cubierta.

Actividad	Cubierta			
Unidad	m ²			
	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Materiales				
Plancha PV4	m ²	1	\$ 2.992	\$ 2.992
Tornillo Galv. C/Golilla	Ud.	5	\$ 290	\$ 1.450
Gancho Omega	Ud.	2,5	\$ 340	\$ 850
Sub - Contrato				
Instalación Cubierta	m ²	1	\$ 1.980	\$ 1.980
Leyes Sociales (32%)				
Pérdidas (3%)				\$ 159
Precio Unitario				\$ 7.431

8.10.6 Movimiento de tierra

Tabla 8.89: Análisis de precio unitario excavación.

Actividad	Excavación			
Unidad	m ³			
	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Maquinaria				
Retroexcavadora	h	0,05	\$ 20.000	\$ 1.000
Mano de Obra				
Jornal	h	0,05	\$ 1.950	\$ 98
Leyes Sociales (32%)				\$ 31
Pérdidas (3%)				
Precio Unitario				\$ 1.129

Tabla 8.90: Análisis de precio unitario relleno compactado.

Actividad	Relleno compactado			
Unidad	m ³			
	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Materiales				
Relleno Arena	m ³	1,3	\$ 6.500	\$ 8.450
Maquinaria				
Camión Algibe	h	0,018	\$ 18.800	\$ 338
Retroexcavadora	h	0,06	\$ 20.000	\$ 1.200
Rodillo 10 ton	h	0,03	\$ 22.800	\$ 684
Mano de Obra				
Jornal	h	0,06	\$ 1.950	\$ 117
Leyes Sociales (32%)				\$ 37
Pérdidas (3%)				\$ 254
Precio Unitario				\$ 11.080

8.10.7 Membrana asfáltica

Tabla 8.91: Análisis de precio unitario membrana asfáltica.

Actividad	Membrana Asfáltica			
Unidad	m ²			
	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Materiales				
Pintura Asfáltica Impermeable	l	0,2	\$ 3.100	\$ 620
Membrana Asfáltica	m ²	1	\$ 6.890	\$ 6.890
Bencina Generador	l	0,36	\$ 663	\$ 239
Maquinaria				
Pistola de calor	día	0,027	\$ 8.900	\$ 240
Generador Portátil	día	0,027	\$ 13.336	\$ 360
Mano de Obra				
Maestro Pintor	h	0,24	\$ 3.100	\$ 744
Jornal	h	0,24	\$ 1.950	\$ 468
Leyes Sociales (32%)				\$ 388
Pérdidas (3%)				\$ 232
Precio Unitario				\$ 10.181

8.10.8 Resumen obra gruesa

Tabla 8.92: Partidas y costos obra gruesa.

Ítem	Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Subterráneo				
1.1	Muros				
1.1.1	Moldaje	m ²	300	\$ 7.333	\$ 2.199.972
1.1.2	Membrana Asfáltica	m ²	150	\$ 10.181	\$ 1.527.203
1.1.3	Hormigón H30	m ³	52,5	\$ 83.087	\$ 4.362.070
1.1.4	Enfierradura	kg	6300	\$ 719	\$ 4.527.615
1.2	Pilares				
1.2.1	Moldaje	m ²	42,5	\$ 7.333	\$ 311.663
1.2.2	Membrana Asfáltica	m ²	21,25	\$ 10.181	\$ 216.354
1.2.3	Hormigón H30	m ³	9,3	\$ 83.087	\$ 772.710
1.2.4	Enfierradura	kg	2008,8	\$ 719	\$ 1.443.662
2	Losa de Reacción				
2.1	Losa				
2.1.1	Moldaje	m ²	119,54	\$ 8.767	\$ 1.048.036
2.1.2	Hormigón H30	m ³	42,635	\$ 82.716	\$ 3.526.607
2.1.3	Enfierradura	kg	6139,44	\$ 719	\$ 4.412.225
2.2	Vigas				
2.2.1	Moldaje	m ²	107,75	\$ 7.133	\$ 768.607
2.2.2	Hormigón H30	m ³	24,4	\$ 82.757	\$ 2.019.282
2.2.3	Enfierradura	kg	4099,2	\$ 719	\$ 2.945.968
3	Muros de Reacción				
3.1	Moldaje	m ²	57	\$ 7.333	\$ 417.995
3.2	Hormigón H30	m ³	35	\$ 82.716	\$ 2.895.069
3.3	Enfierradura	kg	4200	\$ 719	\$ 3.018.410
4	Estructura Metálica				
4.1	Estructura Metálica Perfiles A42 - 27 ES	kg	115043	\$ 2.152	\$247.569.085
4.2	Cubierta	m ²	1312	\$ 7.431	\$ 9.749.157

Tabla 8.93: Partidas y costos obra gruesa.

Ítem	Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
5	Otros				
5.1	Movimiento de Tierra				
5.1.1	Excavación	m ³	685	\$ 1.129	\$ 773.160
5.1.2	Relleno	m ³	382,5	\$ 11.080	\$ 4.238.230
5.2	Radier				
5.2.1	Base Radier	m ²	600	\$ 6.660	\$ 3.995.767
5.2.2	Hormigón H20	m ³	60	\$ 68.500	\$ 4.109.995
5.3	Muros Primer Nivel				
5.3.1	Moldaje	m ²	130	\$ 7.333	\$ 953.321
5.3.2	Hormigón H25	m ³	13	\$ 79.549	\$ 1.034.137
5.3.3	Enfierradura	kg	1560	\$ 719	\$ 1.121.124
5.4	Losa Segundo Nivel				
5.4.1	Moldaje	m ²	150	\$ 8.767	\$ 1.315.086
5.4.2	Hormigón H25	m ³	30	\$ 79.178	\$ 2.375.346
5.4.3	Enfierradura	kg	4320	\$ 719	\$ 3.104.650

