



Universidad
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Alternativas del diseño de cimentación para
un Sistema Estructural Aporticado y para un
Sistema Dual en un edificio de 4 pisos en el
distrito de Huancayo**

Frezya Carolina Fuentes Villafuerte

Huancayo, 2018

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Civil



Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

ASESORA DE TESIS

Mg. Ing. Natividad Sánchez Arévalo

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi asesora Mg. Ing. Natividad Sánchez, por su apoyo, guía y disposición para la elaboración de este proyecto.

A mi tío el Dr. Máximo Oseda por su aporte y ayuda en cada una de mis inquietudes. A mis amigos y amigas por su compañía en los momentos que necesite de ellos y por su colaboración y palabras de aliento para la culminación de esta tesis.

DEDICATORIA

A mi papi Félix Fuentes por todo el amor y los maravillosos años que disfrutamos juntos, aunque ahora tu ausencia es muy grande para mí, sé que desde el cielo eres mi angelito que cuida y guía mis pasos hasta el momento que nos volvamos a encontrar.

A mis abuelos Miguel, José y Elisa y a mi tío Manuel, por ser mis otros protectores.

A mi mamá Reymunda por su ejemplo de fortaleza. A mi mamá Nancy y a mi hermano José Miguel por todo su cariño, comprensión, cuidado y por velar siempre por mis necesidades. A mis tíos y primos por brindarme su apoyo y consejos. Gracias a ustedes por la familia unida que tenemos, por su compañía en todo momento y por confiar en mí.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
ASESORA DE TESIS	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT	xx
INTRODUCCIÓN.....	xxi
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.2 OBJETIVOS	5
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.3 JUSTIFICACIÓN	5
1.4 HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES	6
1.4.1 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	6
1.4.2 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES	7
1.5 DELIMITACIÓN	7
1.6 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	9

1.6.1.	POBLACIÓN.....	9
1.6.2.	MUESTRA.....	9
1.7.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	9
1.7.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	9
1.7.2.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	9
1.7.3.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	9
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....		10
2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
2.2.	BASES TEÓRICAS	13
2.2.1.	NORMAS DE DISEÑO	13
2.2.2.	CRITERIOS DE ESTRUCTURACIÓN Y DISEÑO	13
2.2.3.	SISTEMAS ESTRUCTURALES.....	14
2.2.4.	INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES DEL SUELO EN EL PELIGRO SÍSMICO	16
2.2.5.	CIMENTACIONES.....	18
CAPÍTULO III ARQUITECTURA Y ESTRUCTURACIÓN.....		26
3.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO	26
3.2.	PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	28
3.2.1.	PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSA.....	28
3.2.2.	PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGA.....	30
3.2.3.	PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNA	30
3.2.4.	PREDIMENSIONAMIENTO DE PLACAS	31
3.3.	CONFIGURACIONES ESTRUCTURALES PLANTEADAS	33
3.3.1.	SISTEMA APORTICADO	33
3.3.2.	SISTEMA DUAL TIPO I.....	34
3.3.3.	SISTEMA DUAL TIPO II	35
CAPÍTULO IV ANÁLISIS ESTRUCTURAL		36
4.1.	CARGAS DE DISEÑO	36
4.2.	METRADO DE CARGAS.....	37

4.2.1.	METRADO DE CARGAS EN LOSA MACIZA	37
4.2.2.	METRADO DE CARGAS EN LAS VIGAS	37
4.2.3.	METRADO DE CARGAS EN LAS COLUMNAS Y PLACAS	40
4.3.	ANÁLISIS SÍSMICO	44
4.3.1.	PELIGRO SÍSMICO.....	44
4.3.2.	CARACTERIZACIÓN DEL EDIFICIO	46
4.3.3.	ANÁLISIS ESTÁTICO.....	51
4.3.4.	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.....	61
4.4.	VERIFICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL	67
4.4.1.	MOMENTOS FLECTORES Y FUERZAS CORTANTES POR CARGA MUERTA	67
4.4.2.	CORTANTE SÍSMICA	69
CAPÍTULO V DISEÑO DE COLUMNAS Y PLACAS.....		72
5.1.	SISTEMA APORTICADO - DISEÑO DE COLUMNAS.....	73
5.1.1.	COLUMNA EN L “B3”	73
5.1.2.	COLUMNA RECTANGULAR “A’4”	78
5.2.	SISTEMA DUAL TIPO I - -DISEÑO DE COLUMNAS Y PLACAS	80
5.2.1.	COLUMNA EN L “B3”	81
5.2.2.	PLACA EN L “B4”	85
5.3.	SISTEMA DUAL TIPO II - DISEÑO DE COLUMNAS Y PLACAS	90
5.3.1.	COLUMNA EN L “B3”	91
5.3.2.	PLACA EN L “B4”	93
5.3.3.	PLACA RECTANGULAR “A’1”	97
CAPÍTULO VI CIMENTACIÓN.....		102
6.1.	ALTERNATIVAS DE CIMENTACIÓN	102
6.1.1.	SISTEMA APORTICADO	103
6.1.2.	SISTEMA DUAL TIPO I.....	128
6.1.3.	SISTEMA DUAL TIPO II	149
6.2.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS.....	170

6.2.1. ANÁLISIS DE LAS CIMENTACIONES	170
6.2.2. ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS DE SOPORTE	172
CONCLUSIONES	175
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	177
ANEXOS.....	179

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Edificación ubicada en Psje. Libertad.....	2
Figura 2: Edificación ubicada en Psje. García Cerrón.....	2
Figura 3: Edificaciones ubicadas en Prolog. Piura	3
Figura 4: Construcción ubicada en Urb. Alto La Merced	3
Figura 5: Ubicación de los 4 bloques de la construcción.....	7
Figura 6: Idealización de un sistema aporticado.	15
Figura 7: Idealización de sistema dual.	16
Figura 8: Amplificación sísmica en suelos blandos	17
Figura 9: Influencia de la topografía en el grado de severidad del sismo	17
Figura 10: Proceso de licuación.....	17
Figura 11: Deslizamiento de suelo.....	18
Figura 12: Asentamientos del terreno.	18
Figura 13: Cimentación en Construcción Típica.....	19
Figura 14: Tipos de Zapatas	20
Figura 15: Zapatas aisladas de peralte variable.....	21
Figura 16: Zapata Aislada.....	21
Figura 17: Zapata aislada y zapata combinada.....	22
Figura 18: Zapata traslapada.....	22
Figura 19: Planta e isométrico de la zapata combinada.....	22
Figura 20: Cimentación reticular.	23
Figura 21: Zapata conectada	23
Figura 22: Cimientos corridos.	24
Figura 23: Losas de cimentación	24
Figura 24: Plano de Arquitectura del bloque "A"	27
Figura 25: Ubicación del proyecto.....	28
Figura 26: Luz libre de losa.....	29
Figura 27: Área tributaria de la columna "2A"	31
Figura 28: Longitud de las placas	32
Figura 29: Plano estructural- Sistema aporticado.....	34
Figura 30: Plano estructural- Sistema dual tipo I.....	34
Figura 31: Plano estructural- Sistema dual tipo II.....	35
Figura 32: Vigas peraltadas - Piso típico.....	38
Figura 33: Área tributaria para el metrado de vigas - Método del Sobre	38
Figura 34: Relación entre las luces del paño de la losa	39
Figura 35: Porcentaje de área tributaria de cada viga.....	39
Figura 36: Área tributaria de la columna "A1" - Sistema aporticado	41
Figura 37: Área tributaria de la placa "A1" - Sistema dual tipo I	42
Figura 38: Área tributaria de la placa "A1" - Sistema dual tipo II	43
Figura 39: Zona sísmica en el Perú	44

Figura 40: Irregularidad de rigidez-Piso blando.....	46
Figura 41: Irregularidad de resistencia - Piso débil	47
Figura 42: Irregularidad de masa o peso.....	47
Figura 43: Irregularidad de geometría vertical.....	47
Figura 44: Discontinuidad en los sistemas resistentes.....	48
Figura 45: Irregularidad torsional	49
Figura 46: Esquinas entrantes	49
Figura 47: Discontinuidad del diafragma.....	49
Figura 48: Sistemas no paralelos.....	50
Figura 49: Distribución en altura del cortante en la base.....	52
Figura 50: Desplazamientos totales y relativos.	53
Figura 51: Modelamiento de la estructura en el programa SAP2000- Sistema aporticado	55
Figura 52: Modelamiento de la estructura en el programa SAP2000- Sistema dual tipo I	57
Figura 53: Modelamiento de la estructura en el programa SAP2000- Sistema dual tipo II	60
Figura 54: Derivas de entrepiso - Eje "x".....	62
Figura 55: Derivas de entrepiso - Eje "y".....	62
Figura 56: Distribución de fuerza cortante sísmica – Sistema Aporticado	65
Figura 57: Distribución de fuerza cortante sísmica – Sistema Dual tipo I	66
Figura 58: Distribución de fuerza cortante sísmica – Sistema Dual tipo II	66
Figura 59: DMF y DFC - Sistema aporticado	68
Figura 60: DMF y DFC - Sistema dual tipo I.....	68
Figura 61: DMF y DFC - Sistema dual tipo II.....	69
Figura 62: Ubicación de las columnas "B3" y "A'4"	73
Figura 63: Detallado de acero de la columna "B3" – Sistema aporticado	74
Figura 64: Diagrama de interacción en "X" - Columna B3 – Sistema aporticado	75
Figura 65: Diagrama de interacción en "Y" - Columna B3 – Sistema aporticado	76
Figura 66: Fuerza cortante de diseño en columnas – Sistema aporticado.	76
Figura 67: Detallado de acero de la columna "A'4"	78
Figura 68: Diagrama de interacción en "Y" - Columna A'4	79
Figura 69: Ubicación de la columna "B3" y la placa "B4".....	81
Figura 70: Detallado de acero de la columna "B3" - Sistema dual tipo I.....	81
Figura 71: Diagrama de interacción en "X" - Columna B3 - Sistema dual tipo I.....	82
Figura 72: Fuerza cortante de diseño en columnas - Sistema dual tipo I	83
Figura 73: Elementos confinados de borde en muros.	85
Figura 74: Diagrama de interacción en "Y" - Placa B4 - Sistema dual tipo I	87
Figura 75: Detallado de acero - Placa B4 - Sistema dual tipo I	89
Figura 76: Ubicación de la columna "B3" y las placas "B4" - "A'1"	90
Figura 77: Detallado de acero de la columna "B3" - Sistema dual tipo II	91
Figura 78: Diagrama de interacción en "X" - Columna B3 - Sistema dual tipo II.....	92
Figura 79: Diagrama de interacción en "X" - Placa B4 - Sistema dual tipo II	94
Figura 80: Detallado de acero - Placa B4 - Sistema dual tipo II	96
Figura 81: Diagrama de interacción - Placa A'1 - Sistema dual tipo II	99
Figura 82: Detallado de acero - Placa A'1 - Sistema dual tipo II.....	100
Figura 83: Cargas axiales y momentos flectores de cada soporte estructural - Sistema Aporticado	104

Figura 84: Distribución de presiones de contacto.....	105
Figura 85: Área de contacto zapata aislada - Sistema aporticado.....	106
Figura 86: Área de contacto zapata combinada - Sistema aporticado.....	107
Figura 87: Área de contacto losa de cimentación - Sistema aporticado	108
Figura 88: Área de contacto zapata continua reticular - Sistema aporticado	109
Figura 89: DFC de la losa - Zapata reticular sin viga de cimentación - Sistema aporticado	111
Figura 90: DMF de la losa - Zapata reticular sin viga de cimentación - Sistema aporticado	112
Figura 91: Vud losa – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema aporticado	114
Figura 92: Mu losa – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema aporticado	114
Figura 93: Ancho efectivo de la viga – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema aporticado.....	115
Figura 94: DMF de la viga - Zapata reticular con viga de cimentación - Sistema aporticado.....	115
Figura 95: DFC de la viga - Zapata reticular con viga de cimentación - Sistema aporticado	117
Figura 96: División de las filas de las columnas y/o placas en franjas.....	118
Figura 97: DFC de la losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema aporticado.....	118
Figura 98: DMF de la losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema aporticado	119
Figura 99: Vu de la losa (Método del sobre) - Losa de cimentación con viga - Sistema aporticado.....	121
Figura 100: Franjas medias y Franjas de columnas.....	122
Figura 101: Valor de “m” de la losa - Losa de cimentación con viga - Sistema aporticado	123
Figura 102: As de la losa - Losa de cimentación con viga - Sistema aporticado	123
Figura 103: Ancho efectivo de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema aporticado.....	124
Figura 104: DMF de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema aporticado ...	124
Figura 105: DFC de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema aporticado ...	125
Figura 106: Cargas axiales y momentos flectores de cada soporte estructural - Sistema Dual tipo I	129
Figura 107: Área de contacto zapata aislada - Sistema dual tipo I.....	130
Figura 108: Área de contacto zapata combinada - Sistema dual tipo I.....	131
Figura 109: Área de contacto losa de cimentación - Sistema dual tipo I	132
Figura 110: Área de contacto zapata continua reticular - Sistema dual tipo I	133
Figura 111: DFC de la losa - Zapata reticular sin viga de cimentación - Sistema dual tipo I.....	134
Figura 112: DMF de la losa - Zapata reticular sin viga de cimentación - Sistema dual tipo I.....	136
Figura 113: Vud losa – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo I	137
Figura 114: Mu losa – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo I.....	138
Figura 115: Ancho efectivo de la viga – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo I.....	138
Figura 116: DMF de la viga - Zapata reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo I.....	139
Figura 117: DFC de la viga - Zapata reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo I.....	140

Figura 118: DFC de la losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo I.....	141
Figura 119: DMF de la losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema aporticado	142
Figura 120: Vu de la losa (Método del sobre) - Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo I.....	143
Figura 121: Valor de “m” de la losa - Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo I	144
Figura 122: As de la losa - Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo I.....	145
Figura 123: Ancho efectivo de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo I	146
Figura 124: DMF de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo I	146
Figura 125: DFC de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo I.....	147
Figura 126: Cargas axiales y momentos flectores de cada soporte estructural - Sistema Dual tipo II	150
Figura 127: Área de contacto zapata aislada - Sistema dual tipo II.....	151
Figura 128: Área de contacto zapata combinada - Sistema dual tipo II.....	152
Figura 129: Área de contacto losa de cimentación - Sistema dual tipo II.....	153
Figura 130: Área de contacto zapata continua reticular - Sistema dual tipo II	154
Figura 131: DFC de la losa - Zapata reticular sin viga de cimentación - Sistema dual tipo II	155
Figura 132: DMF de la losa - Zapata reticular sin viga de cimentación - Sistema dual tipo II	157
Figura 133: Vud losa – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo II	158
Figura 134: Mu losa – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo II.....	159
Figura 135: Ancho efectivo de la viga – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo II.....	159
Figura 136: DMF de la viga - Zapata reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo II.....	160
Figura 137: DFC de la viga - Zapata reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo II.....	161
Figura 138: DFC de la losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo II.....	162
Figura 139: DMF de la losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo II	163
Figura 140: Vu de la losa (Método del sobre) - Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo II.....	164
Figura 141: Valor de “m” de la losa - Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo II	165
Figura 142: As de la losa - Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo II.....	166
Figura 143: Ancho efectivo de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo II	167
Figura 144: DMF de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo II ...	167
Figura 145: DFC de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo II....	168
Figura 146: Análisis de las cimentaciones reticulares con viga de cimentación en los tres sistemas estructurales	171
Figura 147: Desplazamientos laterales de las 3 configuraciones estructurales	172
Figura 148: Metrado y costo de la partida de concreto.....	173
Figura 149: Metrado y costo de la partida de acero	174
Figura 150: Metrado y costo de la partida de encofrado	174

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Metrado de losa maciza - Piso típico.....	37
Tabla 2: Metrado de losa maciza - Techo	37
Tabla 3: Metrado de Viga - Eje "y"	40
Tabla 4: Metrado de Viga - Eje "x" - Tramo 1-2 y 3-4.....	40
Tabla 5; Metrado de Viga - Eje "x" - Tramo 2-3.....	40
Tabla 6: Metrado de la columna "A1" - Sistema aporticado.....	41
Tabla 7: Resumen de metrado de cargas de columnas - Sistema aporticado.....	42
Tabla 8: Metrado de la placa "A1" - Sistema dual tipo I.....	42
Tabla 9: Resumen de metrado de cargas de columnas y placas - Sistema dual tipo I	43
Tabla 10: Metrado de la placa "A1" - Sistema dual tipo II.....	43
Tabla 11: Resumen de metrado de cargas de columnas y placas - Sistema dual tipo II	44
Tabla 12: Factor de suelo "S"	45
Tabla 13: Periodos TP y TL	45
Tabla 14: Irregularidades de la edificación en altura	48
Tabla 15: Irregularidades de la edificación en planta	50
Tabla 16: Límites para la distorsión del entrepiso	53
Tabla 17: Peso de la estructura- Sistema aporticado.....	54
Tabla 18: Distribución de la fuerza sísmica por niveles- Sistema aporticado	54
Tabla 19: Desplazamientos laterales de entrepiso- Sistema aporticado	55
Tabla 20: Peso de la estructura- Sistema dual tipo I	56
Tabla 21: Distribución de la fuerza sísmica por niveles- Sistema dual tipo I.....	56
Tabla 22: Desplazamientos laterales de entrepiso- Sistema dual tipo I.....	57
Tabla 23: Porcentaje de Fuerza Cortante- Sistema dual tipo I	58
Tabla 24: Peso de la estructura- Sistema dual tipo II	59
Tabla 25: Distribución de la fuerza sísmica por niveles- Sistema dual tipo II.....	59
Tabla 26: Desplazamientos laterales de entrepiso- Sistema dual tipo II.....	60
Tabla 27: Porcentaje de Fuerza Cortante- Sistema dual tipo II	61
Tabla 28: Derivas de entrepiso - Eje "x".....	62
Tabla 29: Derivas de entrepiso - Eje "y".....	62
Tabla 30: Irregularidad de rigidez – Desplazamientos laterales en "x"	63
Tabla 31: Irregularidad de rigidez – Desplazamientos laterales en "y"	63
Tabla 32: Irregularidad de rigidez en el eje "x"	64
Tabla 33: Irregularidad de rigidez en el eje "y"	64
Tabla 34: Irregularidad torsional en el eje "x"	64
Tabla 35: Irregularidad torsional en el eje "y"	64
Tabla 36: Comparación método Cross vs. SAP 2000 - Sistema aporticado.....	68
Tabla 37: Comparación método Cross vs. SAP 2000 - Sistema dual tipo I	69
Tabla 38: Comparación método Cross vs. SAP 2000 - Sistema dual tipo II	69

Tabla 39: Fuerzas Cortantes Basales - Sistema Aporticado	70
Tabla 40: Fuerzas Cortantes Basales - Sistema dual tipo I.....	70
Tabla 41: Fuerzas Cortantes Basales - Sistema dual tipo II.....	71
Tabla 42: Estados de carga en "X" - Columna B3 – Sistema aporticado.....	74
Tabla 43: Combinaciones de carga en "X" - Columna B3 - Sistema aporticado.....	74
Tabla 44: Estados de carga en "Y" - Columna B3 – Sistema aporticado.....	75
Tabla 45: Combinaciones de carga en "Y" - Columna B3 – Sistema aporticado.....	75
Tabla 46: Requerimientos de estribos en columna – Sistema aporticado y dual tipo II	77
Tabla 47: Diseño por cortante - Columna "B3" – Sistema aporticado.....	77
Tabla 48: Estribos mínimos - Columna "B3" – Sistema aporticado.....	78
Tabla 49: Estados de carga en "Y" - Columna A'4.....	79
Tabla 50: Combinaciones de carga en "Y" - Columna A'4.....	79
Tabla 51: Diseño por cortante - Columna "A'4".....	80
Tabla 52: Estribos mínimos - Columna "A'4".....	80
Tabla 53: Estados de carga en "X" - Columna B3 - Sistema dual tipo I.....	82
Tabla 54: Combinaciones de carga en "X" - Columna B3 - Sistema dual tipo I.....	82
Tabla 55: Requerimientos de estribos en columna – Sistema muros estructurales y dual tipo I.....	84
Tabla 56: Diseño por cortante - Columna "B3" – Sistema dual tipo I.....	84
Tabla 57: Estribos mínimos - Columna "B3" – Sistema dual tipo I.....	84
Tabla 58: Estados de carga - Placa B4 - Sistema dual tipo I.....	85
Tabla 59: Dimensionamiento de elementos de borde - Placa B4 - Sistema dual tipo I	86
Tabla 60: Cuantías mínimas.....	86
Tabla 61: Acero en el alma - Placa B4 - Sistema dual tipo I.....	87
Tabla 62: Combinaciones de carga en "Y" - Placa B4 - Sistema dual tipo I.....	87
Tabla 63: Aporte del concreto - Placa B4 - Sistema dual tipo I.....	88
Tabla 64: Cortante última - Placa B4 - Sistema dual tipo I.....	88
Tabla 65: Espaciamiento estribos - Placa B4 - Sistema dual tipo I.....	90
Tabla 66: Estribos zona no confinada - Placa B4 - Sistema dual tipo I.....	90
Tabla 67: Estados de carga en "X" - Columna B3 - Sistema dual tipo II.....	91
Tabla 68: Combinaciones de carga en "X" - Columna B3 - Sistema dual tipo II.....	91
Tabla 69: Diseño por cortante - Columna "B3" – Sistema dual tipo II.....	92
Tabla 70: Estribos mínimos - Columna "B3" – Sistema dual tipo II.....	92
Tabla 71: Estados de carga - Placa B4 - Sistema dual tipo II.....	93
Tabla 72: Dimensionamiento de elementos de borde - Placa B4 - Sistema dual tipo II	93
Tabla 73: Acero en el alma - Placa B4 - Sistema dual tipo II.....	94
Tabla 74: Combinaciones de carga en "X" - Placa B4 - Sistema dual tipo II.....	94
Tabla 75: Aporte del concreto - Placa B4 - Sistema dual tipo II.....	95
Tabla 76: Cortante última - Placa B4 - Sistema dual tipo II.....	95
Tabla 77: Espaciamiento estribos - Placa B4 - Sistema dual tipo II.....	96
Tabla 78: Estribos zona no confinada - Placa B4 - Sistema dual tipo II.....	97
Tabla 79: Estados de carga - Placa A'1 - Sistema dual tipo II.....	97
Tabla 80: Dimensionamiento de elementos de borde - Placa A'1 - Sistema dual tipo II.....	98
Tabla 81: Acero en el alma - Placa A'1 - Sistema dual tipo II.....	98
Tabla 82: Combinaciones de carga - Placa A'1 - Sistema dual tipo II.....	98
Tabla 83: Aporte del concreto - Placa A'1 - Sistema dual tipo II.....	99
Tabla 84: Cortante última - Placa A'1 - Sistema dual tipo II.....	100

Tabla 85: Espaciamiento estribos - Placa A'1 - Sistema dual tipo II	101
Tabla 86: Estribos zona no confinada - Placa A'1 - Sistema dual tipo II	101
Tabla 87: Cargas axiales y momentos flectores - Eje "X-X" - Sistema Aporticado	103
Tabla 88: Cargas axiales y momentos flectores - Eje "Y-Y" - Sistema Aporticado	104
Tabla 89: Dimensionamiento y esfuerzo producidos en la zapata aislada - Sistema aporticado.....	106
Tabla 90: Dimensionamiento y esfuerzo producidos en la zapata combinada - Sistema aporticado.....	106
Tabla 91: Área y esfuerzo producidos en la losa de cimentación - Sistema aporticado	107
Tabla 92: Esfuerzo producidos en la zapata reticular - Sistema aporticado	109
Tabla 93: Carga de diseño - Zapata continua reticular - Sistema aporticado	110
Tabla 94: Verificación por cortante - Zapata reticular sin viga de cimentación - Sistema aporticado.....	111
Tabla 95: Verificación por punzonamiento - Zapata reticular sin viga de cimentación - Sistema aporticado	112
Tabla 96: As. Long. Superior de losa – Z. reticular sin viga de cimentación - Sistema aporticado.....	112
Tabla 97: As. Long. Inferior de losa – Z. reticular sin viga de cimentación - Sistema aporticado.....	112
Tabla 98: As. Trans. Superior de losa – Z. reticular sin viga de cimentación - Sistema aporticado.....	113
Tabla 99: As. Trans. Superior de losa – Z. reticular sin viga de cimentación - Sistema aporticado.....	113
Tabla 100: As. Trans. de losa – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema aporticado	114
Tabla 101: As. Long. de losa – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema aporticado	114
Tabla 102: As. En los apoyos de la viga – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema aporticado.....	116
Tabla 103: As. Tramo central de la viga – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema aporticado.....	116
Tabla 104: Calculo espaciamento de estribos en la viga - Zapata reticular con viga de cimentación - Sistema aporticado	117
Tabla 105: Carga de diseño - Losa de cimentación- Sistema aporticado	117
Tabla 106: Verificación por cortante – Losa de cimentación sin viga - Sistema aporticado	118
Tabla 107: Verificación por punzonamiento – Losa de cimentación sin viga - Sistema aporticado.....	119
Tabla 108: As. Long. Superior de losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema aporticado.....	119
Tabla 109: As. Long. Inferior de losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema aporticado	120
Tabla 110: As. Trans. Superior de losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema aporticado.....	120
Tabla 111: As. Trans. Superior de losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema aporticado.....	120
Tabla 112: Coeficientes para el cálculo del momento en losas apoyadas en vigas...	122

Tabla 113: As. En los apoyos de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema aporticado.....	125
Tabla 114: As. Tramo central de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema aporticado.....	125
Tabla 115: Cálculo espaciamiento de estribos en la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema aporticado.....	125
Tabla 116: Análisis de costos de cimentación - Sistema aporticado	126
Tabla 117: Valores del módulo de reacción k_s1	127
Tabla 118: Momento Inercia de la cimentación - Sistema aporticado.....	128
Tabla 119: Cargas axiales y momentos flectores - Eje "X-X" - Sistema Dual tipo I ...	128
Tabla 120: Cargas axiales y momentos flectores - Eje "Y-Y" - Sistema Dual tipo I ...	129
Tabla 121: Dimensionamiento y esfuerzo producidos en la zapata aislada - Sistema dual tipo I.....	130
Tabla 122: Dimensionamiento y esfuerzo producidos en la zapata combinada - Sistema dual tipo I.....	130
Tabla 123: Área y esfuerzo producidos en la losa de cimentación - Sistema dual tipo I	131
Tabla 124: Esfuerzo producidos en la zapata reticular – Sistema dual tipo I.....	133
Tabla 125: Carga de diseño - Zapata continua reticular - Sistema dual tipo I.....	134
Tabla 126: Verificación por cortante - Zapata reticular sin viga de cimentación – Sistema dual tipo I.....	135
Tabla 127: Verificación por punzonamiento - Zapata reticular sin viga de cimentación - Sistema dual tipo I	135
Tabla 128: As. Long. Superior de losa – Z. reticular sin viga de cimentación - Sistema dual tipo I.....	136
Tabla 129: As. Long. Inferior de losa – Z. reticular sin viga de cimentación - Sistema dual tipo I.....	136
Tabla 130: As. Trans. Superior de losa – Z. reticular sin viga de cimentación – Sistema dual tipo I.....	136
Tabla 131: As. Trans. Superior de losa – Z. reticular sin viga de cimentación - Sistema dual tipo I.....	137
Tabla 132: As. Trans. de losa – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo I.....	138
Tabla 133: As. Long. de losa – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo I	138
Tabla 134: As. En los apoyos de la viga – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo I.....	139
Tabla 135: As. Tramo central de la viga – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo I.....	139
Tabla 136: Calculo espaciamiento de estribos en la viga - Zapata reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo I	140
Tabla 137: Carga de diseño - Losa de cimentación- Sistema dual tipo I	140
Tabla 138: Verificación por cortante – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo I	141
Tabla 139: Verificación por punzonamiento – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo I.....	142
Tabla 140: As. Long. Superior de losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo I.....	142

Tabla 141: As. Long. Inferior de losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo I.....	142
Tabla 142: As. Trans. Superior de losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo I.....	143
Tabla 143: As. Trans. Superior de losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo I.....	143
Tabla 144: As. En los apoyos de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo I.....	146
Tabla 145: As. Tramo central de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo I.....	147
Tabla 146: Cálculo espaciamiento de estribos en la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo I.....	147
Tabla 147: Análisis de costos de cimentación - Sistema dual tipo I.....	148
Tabla 148: Momento Inercia de la cimentación - Sistema dual tipo I.....	149
Tabla 149: Cargas axiales y momentos flectores - Eje "X-X" - Sistema Dual tipo II ..	149
Tabla 150: Cargas axiales y momentos flectores - Eje "Y-Y" - Sistema Dual tipo II ..	150
Tabla 151: Dimensionamiento y esfuerzo producidos en la zapata aislada - Sistema dual tipo II.....	151
Tabla 152: Dimensionamiento y esfuerzo producidos en la zapata combinada - Sistema dual tipo II.....	152
Tabla 153: Área y esfuerzo producidos en la losa de cimentación - Sistema dual tipo II	152
Tabla 154: Esfuerzo producidos en la zapata reticular - Sistema dual tipo II.....	154
Tabla 155: Carga de diseño - Zapata continua reticular - Sistema dual tipo II.....	155
Tabla 156: Verificación por cortante - Zapata reticular sin viga de cimentación – Sistema dual tipo II.....	156
Tabla 157: Verificación por punzonamiento - Zapata reticular sin viga de cimentación - Sistema dual tipo II	156
Tabla 158: As. Long. Superior de losa – Z. reticular sin viga de cimentación - Sistema dual tipo II.....	157
Tabla 159: As. Long. Inferior de losa – Z. reticular sin viga de cimentación - Sistema dual tipo II.....	157
Tabla 160: As. Trans. Superior de losa – Z. reticular sin viga de cimentación – Sistema dual tipo II.....	157
Tabla 161: As. Trans. Superior de losa – Z. reticular sin viga de cimentación - Sistema dual tipo II.....	158
Tabla 162: As. Trans. de losa – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo II	159
Tabla 163: As. Long. de losa – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo II	159
Tabla 164: As. En los apoyos de la viga – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo II.....	160
Tabla 165: As. Tramo central de la viga – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo II.....	160
Tabla 166: Calculo espaciamiento de estribos en la viga - Zapata reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo II	161
Tabla 167: Carga de diseño - Losa de cimentación- Sistema dual tipo II	161

Tabla 168: Verificación por cortante – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo II	162
Tabla 169: Verificación por punzonamiento – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo II	163
Tabla 170: As. Long. Superior de losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo II	163
Tabla 171: As. Long. Inferior de losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo II	163
Tabla 172: As. Trans. Superior de losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo I.....	164
Tabla 173: As. Trans. Superior de losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo I.....	164
Tabla 174: En los apoyos de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo II	167
Tabla 175: As. Tramo central de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo II.....	168
Tabla 176: Cálculo espaciamiento de estribos en la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo II	168
Tabla 177: Análisis de costos de cimentación - Sistema dual tipo II.....	169
Tabla 178: Momento Inercia de la cimentación - Sistema dual tipo II.....	170
Tabla 179: Análisis de las cimentaciones reticulares en los tres sistemas estructurales	171
Tabla 180: Desplazamientos laterales de las 3 configuraciones estructurales	172
Tabla 181: Metrado y costo de las partidas de concreto, acero y encofrado	173

RESUMEN

El trabajo de investigación tiene como objetivo principal: determinar la influencia de la configuración estructural de los elementos de soporte (columnas y placas) del sistema aporticado y del sistema dual en el diseño de la cimentación de un edificio de 4 pisos de uso comercio, ubicado en el distrito de Huancayo, sobre un suelo arcilloso con capacidad portante de 1.27 kg/cm^2 .

A partir del plano de arquitectura se plantearon tres configuraciones estructurales para los soportes: una para el sistema aporticado, una para el sistema dual tipo I y una para el sistema dual tipo II. Se continuó con el análisis estructural para cargas de gravedad y sismo, utilizando el programa SAP2000 V19, para así obtener las fuerzas y momentos de diseño de cada elemento de soporte. Tomando en cuenta la norma E.060 capítulo 21, se diseñaron las columnas y placas.

Luego se plantearon las alternativas de cimentación para cada configuración que satisfaga adecuadamente la transmisión de cargas axiales y momentos flectores de las columnas y placas al suelo, eligiendo las más óptimas para realizar su diseño y un comparativo en cuanto a costos de cimentación tomando en cuenta las partidas más representativas de: concreto, acero y encofrado, seleccionando así el tipo de cimentación más económica para cada configuración estructural.

Finalmente se realizó un comparativo entre las tres configuraciones estructurales evaluando los criterios de desplazamientos, cimentación y metrados, para así obtener que estructura cumple mejor con los requisitos de seguridad, economía y durabilidad.

ABSTRACT

This research work has as main objective, determine the influence of the structural configuration of the support elements (columns and structural wall) of the frame system and dual system in the design of the foundation four-story building of use commerce, located in the district of Huancayo, on a clayey soil with 1.27 kg/cm^2 of carrying capacity.

From the architecture plan, three structural configurations for the supports were proposed: one for the frame system, one for the dual type I system and one for the dual type II system. The structural analysis was continued for gravity and earthquake loads, using the SAP2000 V19 program, in order to obtain the design strengths and moments of each support element. Taking into account the standard E.060 chapter 21, the columns and the structural wall were designed.

Then were proposed the foundation alternatives for each configuration that adequately satisfies the transmission of axial loads and bending moments of the columns and structural wall to the soil were proposed, choosing the most optimal ones to carry out their design and a comparison in terms of foundation costs taking into account the most representative items of: concrete, steel and formwork, thus selecting the most economic foundation type for each structural configuration.

Finally, a comparison was made between the three structural configurations, evaluating the displacement, foundation and metering criteria, in order to obtain which structure best meets the requirements of safety, economy and durability.

INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Huancayo se observa un incremento de las construcciones, siendo gran parte de estas informales; estos edificios por lo general no tienen una adecuada distribución de los elementos de soporte, debido a la mala configuración estructural, sumado a todo esto se evidencia la falta de una adecuada inspección de las entidades responsables, convirtiendo así, que las construcciones en Huancayo crezcan de forma desordenada y altamente vulnerables ante un sismo.

La presente tesis se da con el fin de dar a conocer los criterios de una adecuada configuración de los elementos de soporte de un edificio de 4 pisos de uso comercio, tomando en cuenta para esto dos tipos de sistemas estructurales: sistema aporticado y sistema dual; también se desarrolló el diseño en concreto armado de los elementos de soporte (columnas y placas) y de la mejor alternativa de cimentación para cada configuración estructural.

Para cumplir con los objetivos planteados, la tesis se ha dividido en 6 capítulos:

El capítulo I consta del planteamiento y formulación del problema, los objetivos, la justificación, hipótesis, delimitación, la población y la metodología de la investigación.

En el capítulo II se describen los antecedentes y las bases teóricas de la investigación.

En el capítulo III se realiza la descripción del proyecto, además del predimensionamiento de los elementos estructurales y se plantea las configuraciones estructurales una para el sistema aporticado, una para el sistema dual tipo I y una para el sistema dual tipo II.

En el capítulo IV se presenta los metrados de cargas de los principales elementos de la estructura, también se realiza el análisis sísmico estático ya que es una estructura regular y la verificación de los resultados obtenidos.

En el capítulo V se realiza el diseño por flexión y cortante de las columnas y placas de cada configuración estructural.

En el capítulo VI para cada configuración estructural se presenta las alternativas de cimentación eligiendo las más óptimas para la realización de su diseño y comparación en cuanto a costos, así mismo en este capítulo se realiza una comparación entre las

tres configuraciones para elegir la estructura que mejor cumpla con los requisitos de seguridad y economía.

Finalmente se presentan las conclusiones, bibliografía y anexos correspondientes.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dada la condición del Perú que es uno de los países con mayor actividad sísmica, no es factible realizar algún diseño sin tener en cuenta las fuerzas de sismo. Por ello la norma E.030-Diseño Sismorresistente señala que el diseño este orientado a evitar el colapso frágil de la estructura, aun para el caso de un sismo más severo, pero aceptando la posibilidad de cierto grado de daños estructurales (Blanco, 1991).

En la actualidad en la ciudad de Huancayo se observa un incremento de las construcciones de edificios, siendo gran parte construcciones informales, convirtiendo de esta forma a las edificaciones vulnerables al sismo.

Estos edificios por lo general no tienen una adecuada distribución de los elementos de soporte que rigidizan la estructura, esto debido a la mala configuración estructural, lo que origina la presencia de fallas. Tal como se muestra en la figura 1, es una construcción de albañilería confinada, donde el ladrillo utilizado no es el adecuado para ese sistema propuesto, además se evidencia la falta de columnas de confinamiento en los muros para una dirección y la presencia de ventanas sin vigas dintel, todo esto ocasionará daños en la edificación ante un sismo.



Figura 1: Edificación ubicada en Psje. Libertad
Fuente: Propia

En la figura 2 se observa que las viguetas de la losa del segundo nivel están apoyadas directamente sobre la tabiquería, mostrando una clara falta de existencia de vigas en la edificación, del mismo modo en dicha dirección se evidencia la ausencia de columnas de confinamiento, además se observa la utilización de dos tipos de ladrillo en un mismo muro.

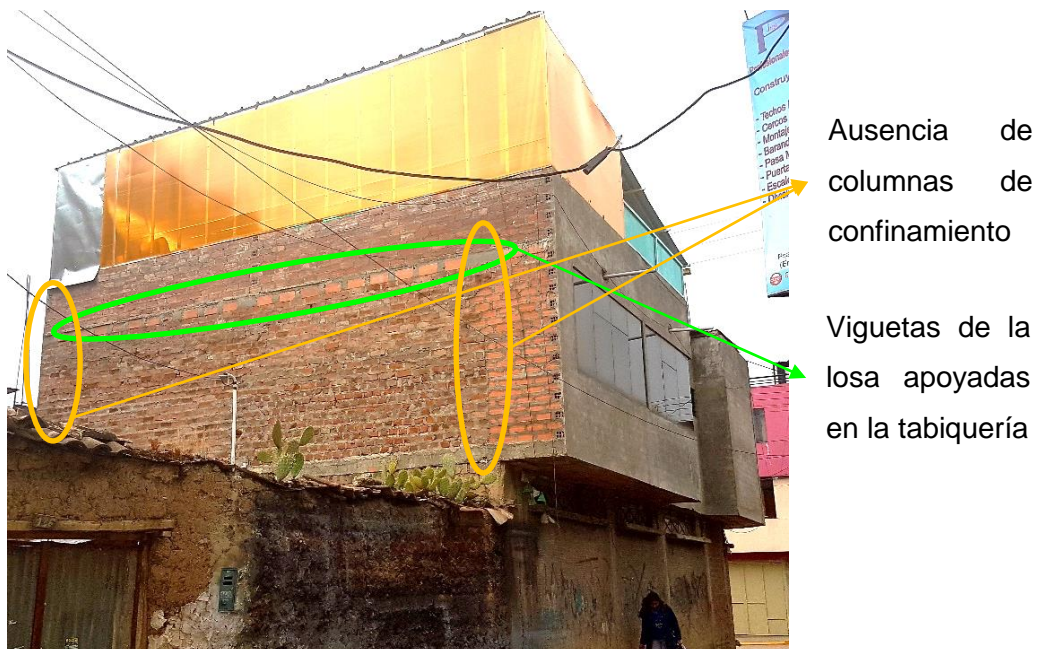
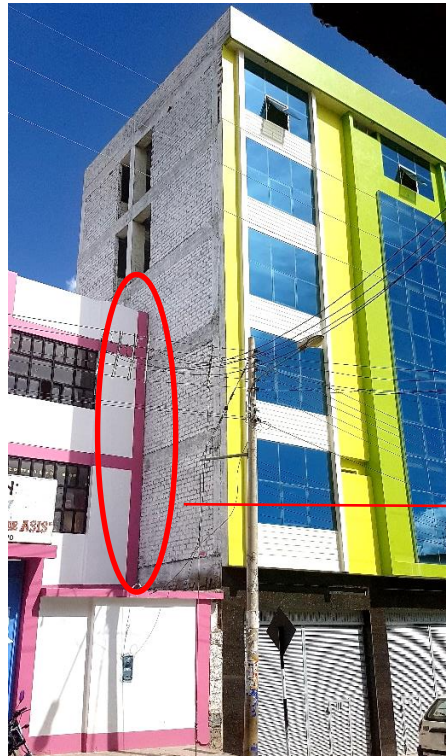


Figura 2: Edificación ubicada en Psje. García Cerrón
Fuente: Propia

En la figura 3 también se observa la ausencia de juntas que separan a las edificaciones vecinas, lo cual ante un movimiento sísmico no se podría evitar el contacto entre ellas.



Ausencia de juntas de separación entre los edificios.

Figura 3: Edificaciones ubicadas en Prolg. Piura
Fuente: Propia

En lo que respecta a la cimentación en la figura 4 se observa zapatas aisladas externas sin vigas de conexión a las zapatas interiores, siendo estas necesarias debido al suelo arcilloso, lo que ocasionará que el momento generado por la excentricidad de la zapata exterior no se transmita a la zapata interior y la presión de contacto de la zapata sea mayor a la presión admisible del terreno.



Uso de piedras de gran tamaño en las zapatas, evidencian la mala práctica constructiva.

Ausencia de viga de conexión entre zapatas externas e internas.

Figura 4: Construcción ubicada en Urb. Alto La Merced
Fuente: Propia

En estos ejemplos se observa: 1) la mala configuración estructural en muchos casos prescindiendo de elementos estructurales (columnas y/o vigas) que son importantes para la edificación, 2) los materiales de construcción usados no son los adecuados, 3) la ausencia de juntas de separación entre edificaciones contiguas y 4) en la cimentación para un suelo blando se tiene la ausencia de vigas de conexión entre una zapata externa con una zapata interna; evidenciando de esta manera la mala práctica constructiva que se tiene, debido a la falta de una adecuada inspección de las entidades responsables de la ciudad, lo cual ocasiona que las construcciones en Huancayo crezcan de manera desordenada y altamente vulnerables ante un sismo.

Las columnas y muros son elementos estructurales muy importantes, ya que transmiten las cargas de las losas y las vigas hacia la cimentación, además que junto con las vigas constituyen el esqueleto sismo-resistente de la estructura. Respecto a la elección del tipo de cimentación de acuerdo a la configuración de la superestructura, se siguen los mismos lineamientos, tales como simetría, regularidad, distribución uniforme de las cargas verticales y que los momentos de volteo no sean excesivos por lo que se recomienda unir las zapatas entre sí mediante vigas; teniendo en cuenta para todo esto el tipo de suelo sobre el que se ubica la edificación, para evitar desplazamientos diferenciales.

Todo esto conlleva que ante un evento sísmico la estructura tenga un buen comportamiento, por lo que es importante una adecuada distribución y dimensión de sus elementos de soporte en cada configuración estructural y la elección del tipo cimentación de acuerdo a esta, que proporcione al edificio una base rígida capaz de transmitir adecuadamente las acciones que se producen de la interacción entre el movimiento del suelo y el de la estructura, sin que se generen fallas o deformaciones excesivas. Por lo cual toda edificación debe cumplir con los requisitos de seguridad, economía y durabilidad.

1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A. Problema general

¿En qué medida influye la configuración estructural del sistema aporticado y del sistema dual en el diseño de la cimentación de un edificio de 4 pisos en el distrito de Huancayo?

B. Problemas específicos

- ¿En qué medida influye la distribución, dimensión y diseño de las columnas de la configuración estructural del sistema aporricado en el diseño de la cimentación de un edificio de 4 pisos en el distrito de Huancayo?
- ¿En qué medida influye la distribución, dimensión y diseño de las placas y columnas de la configuración estructural del sistema dual en el diseño de la cimentación de un edificio de 4 pisos en el distrito de Huancayo?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar en qué medida influye la configuración estructural de los elementos de soporte del sistema aporricado y del sistema dual en el diseño de la cimentación de un edificio de 4 pisos en el distrito de Huancayo.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar en qué medida influye la distribución, dimensión y diseño de las columnas de la configuración estructural del sistema aporricado en el diseño de la cimentación de un edificio de 4 pisos en el distrito de Huancayo.
- Determinar en qué medida influye la distribución, dimensión y diseño de las columnas y placas de la configuración estructural del sistema dual en el diseño de la cimentación de un edificio de 4 pisos en el distrito de Huancayo.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad se observan construcciones vulnerables en Huancayo, las cuales no presentan una adecuada configuración estructural sismo resistente. Con esta tesis la autora busca afianzar los conocimientos aprendidos en los cursos de pregrado, ampliando los conceptos en cuanto a un correcto diseño de estructuras, para así obtener un mejor desenvolvimiento en su vida profesional y poder contribuir con la sociedad.

Esta tesis se desarrollará con el fin de dar a conocer los criterios en cuanto a la configuración estructural de los elementos de soporte de un edificio de 4 pisos,

tomando en cuenta para esto dos tipos de sistemas estructurales (sistema aporticado y sistema dual) y como esta influye al momento de escoger el tipo, la dimensión y diseño de la mejor alternativa de cimentación para cada configuración estructural.

Esta investigación permitirá inculcar los criterios para una correcta estructuración y así encontrar configuraciones estructurales que no alteren la arquitectura y garanticen una rigidez adecuada. En cuanto a la cimentación, se consideran las características del suelo sobre el que se construirá la edificación y la distribución y dimensión de los elementos de soporte de la superestructura para determinar así el tipo y tamaño de cimentación a usar, de manera que el suelo resista favorablemente los esfuerzos actuantes de las cargas; por lo que se proponen y dimensionan zapatas aisladas, combinadas, losa de cimentación y zapata continua reticular; siendo verificadas tanto por cargas de gravedad como por fuerzas sísmicas, estableciendo comparaciones entre ellas en cuanto al área de cimentación y a los esfuerzos generados, para poder encontrar así una cimentación económica.

1.4 HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

1.4.1 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

A. Hipótesis general

La configuración estructural del sistema aporticado y del sistema dual influirán significativamente en el diseño de la cimentación de un edificio de 4 pisos en el distrito de Huancayo.

B. Hipótesis específicas

- La distribución, dimensión y diseño de las columnas de la configuración estructural del sistema aporticado influirá significativamente en el diseño de la cimentación de un edificio de 4 pisos en el distrito de Huancayo.
- La distribución, dimensión y diseño de las placas y columnas de la configuración estructural del sistema dual influirá significativamente en el diseño de la cimentación de un edificio de 4 pisos en el distrito de Huancayo.

1.4.2 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

- **Variable independiente:**

Sistema estructural aporticado y sistema dual.

- **Variable dependiente:**

Diseño de cimentación.

1.5 DELIMITACIÓN

La tesis parte de los planos de arquitectura de un edificio destinado a un uso de comercio en sus cuatro niveles, además de estacionamientos en la parte de atrás; ubicado en el distrito de Huancayo. La construcción tiene en un área de 400.38 m², la que está dividida en 4 bloques (figura 5): los bloques “A” y “C” destinados a comercio con un área total de 186.69 m², el bloque “B” a escaleras y áreas verdes con un área de 88.2 m² y el bloque “D” a estacionamientos y áreas verdes con un área de 125.49 m², separados estructuralmente por juntas de dilatación.

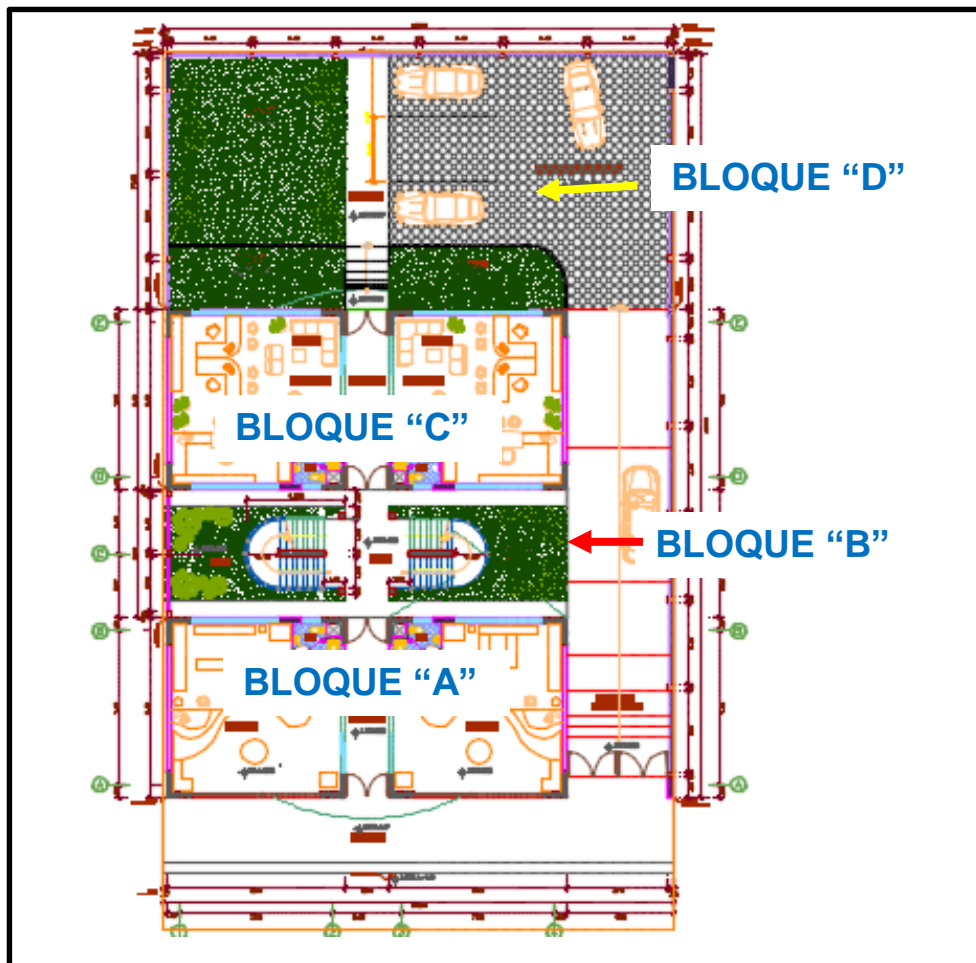
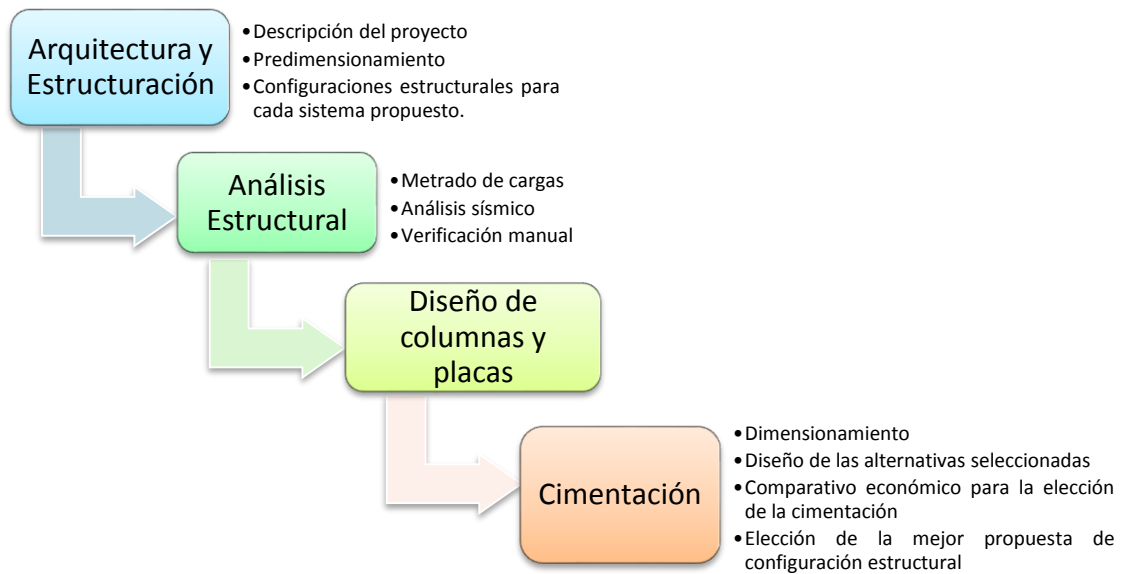


Figura 5: Ubicación de los 4 bloques de la construcción.

Debido a la simetría de los bloques “A” y “C”, esta tesis se limita al desarrollo del análisis estructural, diseño de los elementos de soporte y diseño de la cimentación de bloque “A” que tiene un área de 93.35 m², sobre un suelo arcilloso con capacidad portante de 1.27 kg/cm². Por lo expuesto, esta tesis comprende lo siguiente:

- A partir de los planos de arquitectura, se plantearán tres configuraciones para los soportes estructurales, los cuales se dividirá de la siguiente manera: una configuración para el sistema aporticado, y para el sistema dual se propone una configuración para cada tipo (I y II).
- Luego se analizará cada configuración estructural, verificando que se cumpla con el control de desplazamientos y los requisitos respecto a los aspectos de regularidad estructural establecidos en la norma E.030 para estructuras de concreto armado, determinando así que las dimensiones de los elementos estructurales sean las adecuadas.
- Se realizará el diseño de los elementos de soporte en cada configuración estructural de acuerdo con los requisitos de la norma E.060, considerando el sistema estructural en el que se encuentra cada elemento.
- Se plantearán las propuestas de cimentación más óptimas para cada configuración estructural, realizando el diseño de estas, luego se hará un comparativo entre las alternativas seleccionadas teniendo en cuenta la optimización de recursos (metrados de las partidas de concreto, acero y encofrado), seleccionando de esta manera a la alternativa de cimentación más económica.
- Finalmente se realizará un comparativo entre las tres configuraciones estructurales propuestas, a fin de escoger la alternativa que brinde la mejor propuesta tanto económica como segura ante un evento sísmico.

A continuación se presenta un esquema del proceso utilizado en esta tesis:



1.6. POBLACIÓN Y MUESTRA

1.6.1. POBLACIÓN

Esta tesis se realizará a un edificio de 4 pisos ubicado en el distrito de Huancayo.

1.6.2. MUESTRA

El edificio tendrá un uso de comercio en los 4 niveles.

1.7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es Aplicada, porque se aplican los conocimientos a la solución de un problema práctico inmediato.

1.7.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel es explicativo, porque está dirigido a responder y explicar las causas que provoca el sistema estructural aporticado y el sistema estructural dual al momento de escoger el tipo de cimentación adecuado.

1.7.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es descriptivo - comparativo ya que consiste en observar, describir, cuantificar y analizar los dos tipos de sistemas estructurales planteados e interpretar los resultados obtenidos para determinar el tipo de cimentación más óptima. Esta investigación trabaja cumpliendo lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

A. (Espinoza y Pérez, 2015) En su tesis: “Análisis comparativo técnico-económico para 2 tipos de cimentaciones de una edificación de concreto armado de 6 pisos en las ciudades de Trujillo, Chiclayo y Lima”, realizado en la Universidad Privada Antenor Orrego, obtiene las siguientes conclusiones:

- En la ciudad de Trujillo se plantearon dos alternativas de cimentación: zapatas combinadas y losa de cimentación, se observa que debido al suelo que tiene una capacidad portante de 1.16 kg/cm^2 , el peralte de algunas zapatas combinadas llegan a medir hasta 0.95 m., por lo que se concluye que para esta edificación lo más recomendable es utilizar una losa de cimentación, la cual resulta más económica.
- En la ciudad de Chiclayo sólo es posible el uso de una losa de cimentación debido a las características del terreno, que tiene una capacidad portante de 0.67 kg/cm^2 , siendo esta muy baja y limita a utilizar sólo la segunda alternativa.
- Para la ciudad de Lima, al igual que Trujillo, se plantearon dos alternativas de cimentación. En éste caso las zapatas combinadas resulta la alternativa más económica, ya que presentan menor dimensión

en comparación con las diseñadas en la ciudad de Trujillo, debido a las características de terreno que presenta una capacidad portante de 5 kg/cm^2 , lo cual influye considerablemente en el costo de la cimentación.

B. (Chang, 2015) En su tesis: “Diseño estructural de un edificio de aulas de concreto armado de cuatro pisos en el distrito de San Miguel”, realizado en la Pontificia Universidad Católica del Perú, obtiene las siguientes conclusiones:

- Los momentos sísmicos de gran magnitud generados en las placas causan excentricidades significativas en sus cimentaciones. Para garantizar un comportamiento adecuado y factores de seguridad razonables, es posible disminuir dichas excentricidades incrementando las áreas de zapatas y sus pesos propios.
- Para lograr un comportamiento integral de las cimentaciones de las placas, es necesario el uso de vigas de cimentación. Dichas vigas cuentan con una gran cantidad de refuerzo ya que reciben las solicitaciones que le transmiten placas con una responsabilidad sismo-resistente importante.

C. (Roncal, 2017) En su tesis: “Diseño estructural de un edificio multifamiliar de concreto armado de siete pisos en el distrito de San Isidro”, realizado en la Pontificia Universidad Católica del Perú, obtiene las siguientes conclusiones:

- Para la cimentación se realizó el análisis con el programa SAFE, cuyos cálculos fueron validados para las zapatas aisladas. Las dimensiones de las zapatas son conservadoras, simplificando su diseño y brindando un margen de seguridad aceptable. Por otro lado los cimientos corridos trabajan en conjunto con la viga de cimentación, para así obtener esfuerzos aceptables y controlar los asentamientos de las zapatas.
- Las vigas de cimentación se colocó con el fin de controlar momentos por excentricidad provenientes de las placas ubicadas en los límites perimetrales. Así mismo, se considera que todas las uniones entre viga de cimentación y placa son simplemente apoyadas.

D. (Delgado, 2014) En su tesis: “Diseño estructural de una galería comercial de concreto armado de cuatro pisos”, realizado en la Pontificia Universidad Católica del Perú, obtiene las siguientes conclusiones:

- Las placas de concreto armado presentan en sus núcleos grandes concentraciones de acero debido a los grandes momentos flectores que toman las placas por sismo en sus respectivas direcciones.
- Debido a la excentricidad de las placas y columnas en todo el perímetro se tuvo que conectar las zapatas exteriores con las interiores mediante vigas de cimentación. Estas vigas de cimentación son de peralte iguales o mayores a 90 cm.

E. (Tan, 2012) En su tesis: “Diseño de un edificio de concreto armado de cinco niveles”, realizado en la Pontificia Universidad Católica del Perú, obtiene las siguientes conclusiones:

- Los resultados del análisis modal, mostraron que el edificio tiene un periodo de 0.25 en la dirección X (dirección rígida con mayor presencia de placas) y un periodo de 0.66 en la dirección de pórticos, en donde los momentos de sismo han sido absorbidos principalmente por las placas de la estructura, los cuales han tomado valores entre 100 y 200 ton-m, a diferencia de las columnas que han tomado valores de 1 ton-m.
- En la cimentación, la existencia de muros perimetrales y la línea del límite de propiedad genero cimentaciones excéntricas, estos a su vez generaron la presencia de vigas de cimentación que absorban los momentos originados por las cargas excéntricas.

F. (Chávez y Loayza, 2015) En su tesis: “Diseño de un edificio de concreto armado de 5 niveles”, realizado en la Pontificia Universidad Católica del Perú, obtiene las siguientes conclusiones:

- Al partir de una arquitectura cerrada, se tuvo que ceñir a lo ya planteado; por ello, al existir una gran densidad de placas para tomar las fuerzas sísmicas, las columnas se diseñaron por carga axial empleando cuantía mínima. Para el diseño de las placas, la cortante se escaló por el cociente M_n/μ y el valor escalado fue cubierto con las cuantías mínimas.

- Debido a la falta de simetría en la distribución de placas, el centro de rigidez y el centro de gravedad se encuentran distanciados generándose así un brazo de palanca que genera un momento torsor importante en planta.
- En las zapatas perimétricas se utilizó vigas de cimentación para controlar los momentos generados debido a la excentricidad.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. NORMAS DE DISEÑO

Para el análisis y diseño de los diferentes elementos estructurales que conforman el edificio del presente proyecto de investigación, se emplearan las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), las cuales son:

- Norma E.020 Cargas
- Norma E.030 Diseño Sismo resistente
- Norma E.050 Suelos y Cimentaciones
- Norma E.060 Concreto Armado

2.2.2. CRITERIOS DE ESTRUCTURACIÓN Y DISEÑO

El Perú se encuentra localizado en el “Circulo de fuego del Pacifico” además a esto se tiene la presencia de dos placas tectónicas (Nazca y Continental) que afectan la costa del país, convirtiéndolo así en una zona con alto potencial sísmico, por lo que es de gran importancia que la forma estructural de sus construcciones esté orientada hacia un buen comportamiento ante eventos sísmicos. Siendo aconsejable que la estructuración sea lo más simple y limpia posible, de manera que su idealización para el análisis sísmico se asemeje lo más posible a la estructura real.

De acuerdo a Blanco (1991), los principales criterios de que se debe tomar en cuenta para lograr una estructura sismo resistente son:

A. Simplicidad y simetría

Las estructuras simples tienen un mejor comportamiento durante los sismos en comparación con estructuras complejas, ya que facilitan su idealización para realizar los análisis de los elementos estructurales. También es deseable que en ambas direcciones de la estructura exista simetría para evitar torsión.

B. Resistencia y Ductilidad

Las estructuras deben tener tanto la resistencia como la ductilidad adecuada en todas las direcciones, garantizando la estabilidad en cada uno de sus elementos estructurales, de manera que su resistencia proporcionada por corte sea mayor a la resistencia por flexión.

C. Hiperestaticidad y monolitismo

Una estructura hiperestática al permitir que por producción de las rotulas plásticas la energía sísmica se disipe mejor, logra tener una mayor capacidad resistente, otorgándole a la estructura un más alto grado de seguridad.

D. Uniformidad y continuidad de la estructura

Se busca que la estructura tanto en planta como en elevación debe ser continua, con elementos que no cambien bruscamente de rigidez, para así evitar concentraciones de esfuerzos.

E. Rigidez lateral

Una estructura necesita elementos estructurales que aporten rigidez lateral para que puedan resistir fuerzas horizontales sin presentar deformaciones importantes.

F. Diafragma rígido

En una estructura se debe considerar la presencia de una losa rígida en su plano, de manera que las fuerzas horizontales aplicadas se puedan distribuir en las columnas y muros (placas) de acuerdo a su rigidez lateral. Teniendo cuidado de no tener losas con grandes aberturas que debiliten la rigidez de estas.

2.2.3. SISTEMAS ESTRUCTURALES

Un sistema estructural es el conjunto de elementos que cumple con la función de soportar cargas y transmitir estas fuerzas a la cimentación y estas a su vez transmitir las al suelo.

Las características más importantes de un sistema estructural son resistencia, rigidez y ductilidad. El sistema debe resistir de manera eficiente las diversas condiciones de carga a las que pueda estar sometida la estructura, al mismo tiempo poseer rigidez para controlar adecuadamente los desplazamientos laterales generados por los eventos sísmicos y una ductilidad que garantice a los

elementos estructurales la capacidad de soportar las deformaciones sin sufrir daños.

De acuerdo a la norma E.030 – Diseño Sismorresistente, se reconocen los siguientes sistemas estructurales en edificaciones de concreto armado: pórticos, dual, muros estructurales y muros de ductilidad limitada. Para fines de esta tesis los sistemas estructurales que se tratarán serán: sistema de pórticos y el sistema dual.

2.2.3.1. SISTEMA DE PÓRTICOS

Están conformados por vigas y columnas (figura 6). Son flexibles ante la acción de las fuerzas de inercia horizontales generadas por los movimientos sísmicos. Si son bien diseñados y bien construidos pueden alcanzar gran ductilidad (Sánchez, 2006).

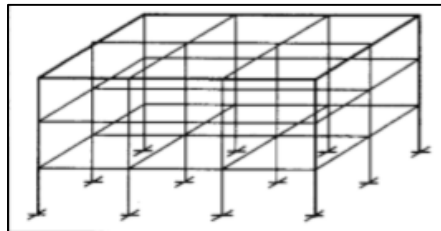


Figura 6: Idealización de un sistema aporricado.

Fuente: Diseño sísmico de edificios (Bazán, y otros, 1985)

En el capítulo 21 de la norma E.060, se señala que para ser considerado un sistema aporricado, las columnas deben soportar por lo menos el 80% del cortante que actúa en la base, en caso se tengan muros estructurales, estos deberán diseñarse para resistir la fracción de la acción sísmica total que les corresponda de acuerdo con su rigidez.

2.2.3.2. SISTEMA DUAL

Es un sistema conformado por pórticos y muros estructurales de concreto armado, generando una estructura con una resistencia y rigidez lateral mayor al sistema de pórticos, lo cual lo hace muy eficiente para resistir fuerzas sísmicas, también se obtienen ventajas en cuanto a su ductilidad (figura 7).

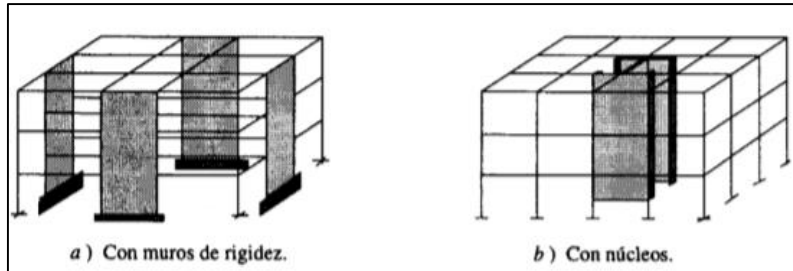


Figura 7: Idealización de sistema dual.

Fuente: Diseño sísmico de edificios (Bazán, y otros, 1985)

De acuerdo al capítulo 21 de la norma E.060, los sistemas duales se subdividen en:

- A. DUAL TIPO I:** Cuando en la base de la estructura, la fuerza cortante inducida por el sismo en los muros sea mayor o igual al 60% del cortante total y menor o igual al 80%.
- B. DUAL TIPO II:** Cuando en la base de la estructura, la fuerza cortante inducida por el sismo en los muros sea menor de 60% del cortante total.

2.2.4. INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES DEL SUELO EN EL PELIGRO SÍSMICO

El suelo es el medio a través del cual se propagan las ondas sísmicas. En este proceso de propagación se producen cambios en las características del movimiento sísmico y en la estructura del suelo mismo (Sánchez, 2006).

En zonas de suelos inestables, la vibración sísmica puede provocar fallas de suelo, deslizamiento, licuefacción y asentamientos; los cuales influyen en el grado de severidad de los daños ocasionados a la estructura.

2.2.4.1. AMPLIFICACIÓN DE LAS ONDAS SÍSMICAS

El suelo en donde se ubica la edificación tiene un periodo de vibración que coincide con el de las ondas sísmicas emitidas desde el foco, magnificando de esta manera el movimiento sísmico (figura 8). En general la intensidad sísmica aumenta en los sitio de terreno blando, provocando daños más graves que en sitios de terreno firme.

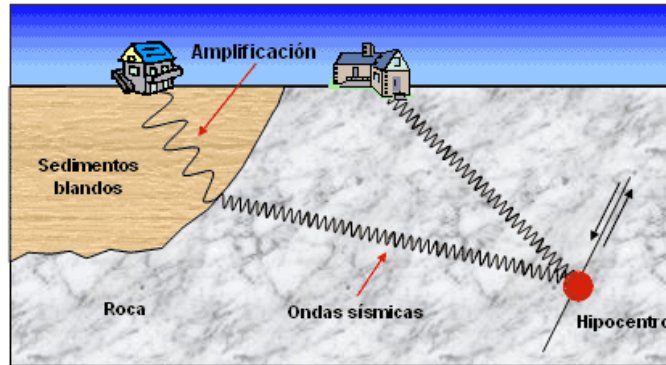


Figura 8: Amplificación sísmica en suelos blandos
Fuente: Red sísmica (Red sísmica de Puerto Rico, 2015)

La topografía del terreno también influye en la amplificación de las ondas sísmicas, cuando se trata de ubicaciones desfavorables, tales como los bordes de mesetas, cimas y laderas de los cerros (figura 9).

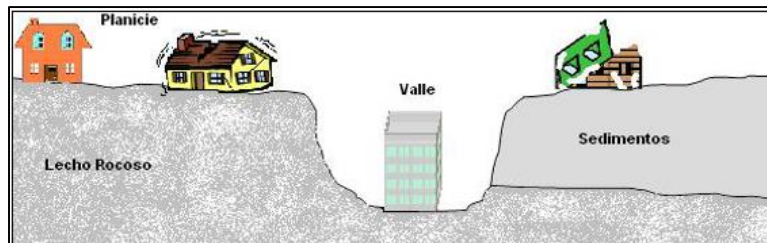


Figura 9: Influencia de la topografía en el grado de severidad del sismo
Fuente: Criterios estructurales para la enseñanza a los alumnos de arquitectura (Sánchez, 2006)

2.2.4.2. LICUACIÓN O LICUEFACCIÓN DE SUELOS

Este efecto es notable en un suelo arenoso, limoso o en un suelo de relleno. Se produce cuando en un sismo el nivel freático del suelo sube, provocando que los edificios y/o estructuras colapsen hacia uno de los lados debido a que la superficie se torna blanda (figura 10).

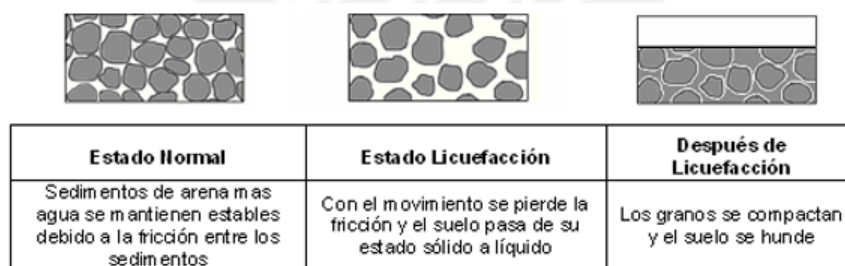


Figura 10: Proceso de licuación

Fuente: Criterios estructurales para la enseñanza a los alumnos de arquitectura (Sánchez, 2006)

2.2.4.3. DESLIZAMIENTO DE SUELOS

Surgen por causa de los terremotos debido a la inestabilidad que provocan en el suelo (figura 11). Los lugares más susceptibles a deslizamientos son áreas inmediatamente debajo de pendientes empinadas o sobre ellas, áreas donde los suelos superficiales están compuestos de materiales sueltos y alteraciones humanas que pueden contribuir a las amenazas de los deslizamientos (Red sísmica de Puerto Rico, 2015).

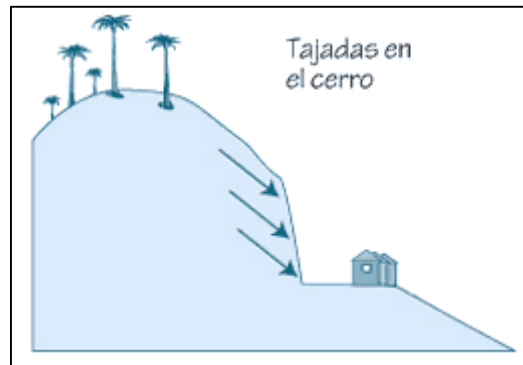


Figura 11: Deslizamiento de suelo.

Fuente: Red sísmica (Red sísmica de Puerto Rico, 2015)

2.2.4.4. ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES

Son producidas por la compactación del movimiento sísmico en suelos granulares sin cohesión. Otros efectos pueden ser la producción de fracturas en el terreno y el colapso de rellenos de tierra saturados y mal compactados (figura 12).

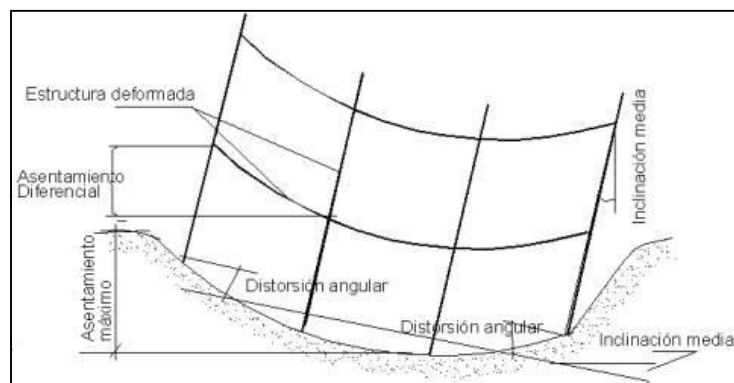


Figura 12: Asentamientos del terreno.

Fuente: Diseño Estructural (Meli, 1985)

2.2.5. CIMENTACIONES

La cimentación es la parte de la estructura que se encarga de transmitir las cargas al suelo, posee un área superior a la suma de las áreas de todos los

elementos de soporte debido a que la resistencia del suelo es inferior a la de la estructura.

Entre sus funciones están: distribuir adecuadamente las cargas considerando un factor de seguridad óptimo entre la estructura de cimentación y el suelo, limitar los asentamientos totales y diferenciales con la finalidad de controlar los daños en la estructura así como en las construcciones adjuntas y mantener la posición vertical de la estructura ante los diferentes tipos de acciones (Magdaleno, 2000).

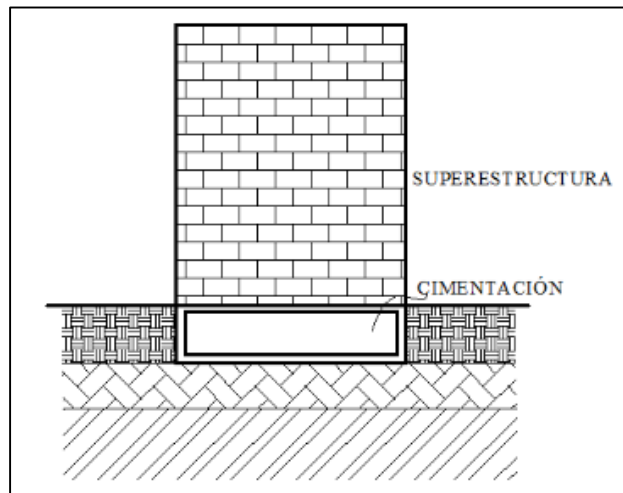


Figura 13: Cimentación en Construcción Típica
Fuente: Cimentaciones superficiales (Magdaleno, 2000)

Se define a la superestructura como la parte de la construcción que se realiza con el objeto de que sea utilizada por el hombre, el cual se encuentra apoyada sobre la cimentación, así como se observa en la figura 13.

2.2.5.1. CLASIFICACIÓN DE LAS CIMENTACIONES

Para escoger el tipo de cimentación depende de factores como: la ubicación de la estructura, la configuración estructural, el espacio entre los elementos de soporte y su ubicación respecto a los linderos, la naturaleza del substrato, los asentamientos mínimos permisibles, entre otros.

A los diversos tipos de cimentaciones se puede clasificar en dos grandes grupos:

- Cimentaciones superficiales.
- Cimentaciones profundas.

En el presente trabajo de investigación se plantearán alternativas de diseño de cimentaciones superficiales, tanto para el sistema aporticado como para el

sistema dual, ya que son comúnmente usadas en la mayoría de las edificaciones. Motivo por el cual se profundizará más sobre los tipos de cimentaciones superficiales.

2.2.5.2. CIMENTACIONES SUPERFICIALES

La cimentación superficial tiene como función transmitir las cargas de la edificación a profundidades relativamente cortas respecto al nivel de terreno natural o de un sótano, tiene una sección transversal de dimensiones grandes con respecto a la altura.

En la figura 14 se observa los distintos tipos de cimentaciones superficiales, las cuales las más comunes son:

- Zapatas aisladas.
- Zapatas combinadas.
- Zapatas conectadas.
- Cimientos corridos.
- Losas reticulares o plateas de cimentación.

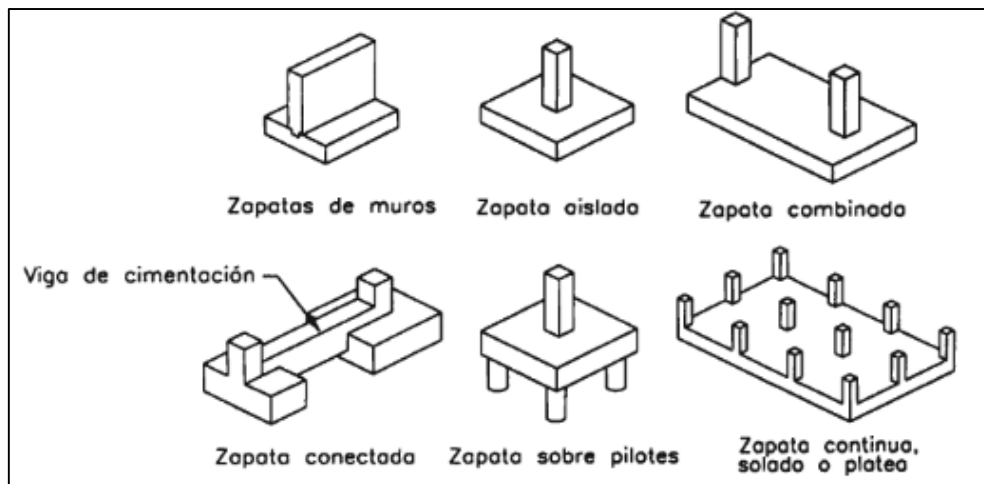


Figura 14: Tipos de Zapatas

Fuente: Diseño de Estructuras de Concreto Armado (Harmsen, 2002)

A. Zapatas Aisladas

Son zapatas que soportan una sola columna, de acuerdo a sus necesidades pueden ser zapatas con pedestal o con pendientes, tal como se observa en las figuras 15 y 16.

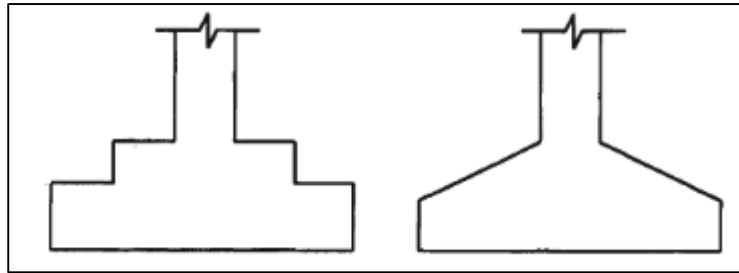


Figura 15: Zapatas aisladas de peralte variable

Fuente: Diseño de Estructuras de Concreto Armado (Harmsen, 2002).

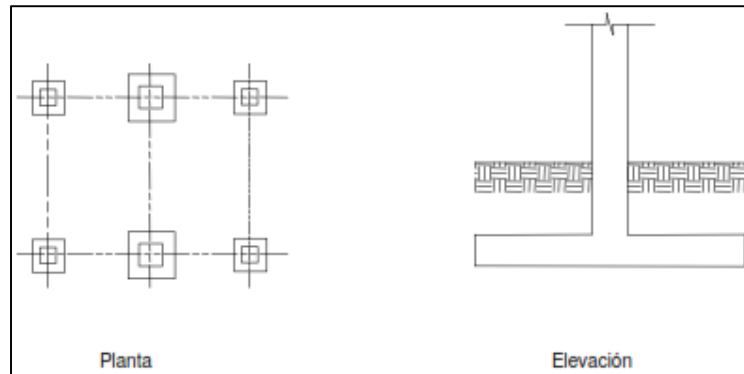


Figura 16: Zapata Aislada

Fuente: Cimentaciones Superficiales (Magdaleno, 2000)

Las zapatas aisladas son el tipo más usual de cimentación debido a que son las más económicas.

B. Zapatas Combinadas

Son zapatas que sostienen más de una columna o muro. Se pueden dividir en dos categorías: las que soportan dos columnas y las que sostienen más de dos columnas.

Para el primer tipo, es decir zapatas combinadas para dos columnas, de acuerdo con Magdaleno (2000) se presentan en cualquiera de los siguientes casos:

- Cuando se tienen restricciones de lindero, si se utilizan zapatas aisladas, estas estarían cargadas excéntricamente y el problema que puede surgir es que la presión de contacto sea mayor que la presión admisible del terreno, por lo que se recomienda una zapata combinada (figura 17).

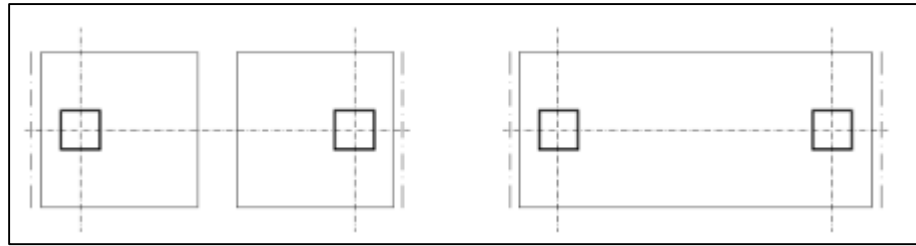


Figura 17: Zapata aislada y zapata combinada
 Fuente: Cimentaciones Superficiales (Magdaleno, 2000).

- Cuando las columnas están muy próximas una de otras o sea que las zapatas aisladas queden muy juntas, o pueden traslaparse (figura18).

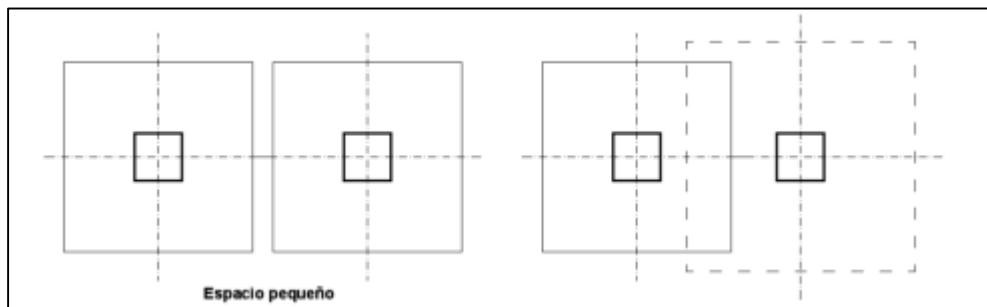


Figura 18: Zapata traslapada
 Fuente: Cimentaciones Superficiales (Magdaleno, 2000).

- Cuando no se cumple con el control de asentamientos permisibles, estos pueden ser reducidos por la rigidez que proporcionan las vigas de la cimentación (figura 19).

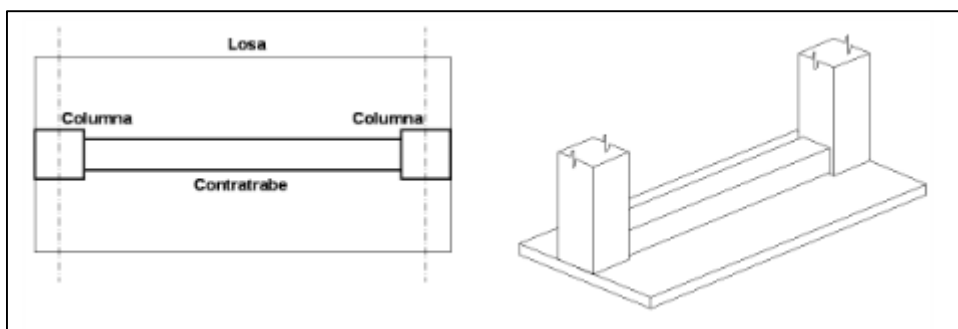


Figura 19: Planta e isométrico de la zapata combinada
 Fuente: Cimentaciones Superficiales (Magdaleno, 2000)

Cuando la capacidad de carga del subsuelo es baja se hacen necesarias grandes áreas de contacto, las zapatas individuales se remplazan por zapatas en franjas continuas que sostienen más de dos columnas y por lo general todas las columnas en una fila. Algunas veces estas franjas se disponen en las dos direcciones, en cuyo caso se obtiene una cimentación reticular (Nilson, 1999), tal como se muestra en la figura 20.

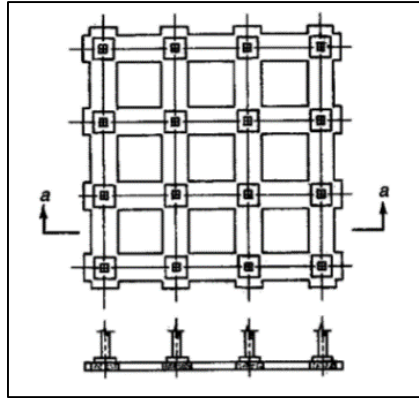


Figura 20: Cimentación reticular.

Fuente: Diseño de estructuras de concreto (Nilson, 1999)

Las franjas individuales representan vigas continuas cuyos momentos son mucho menores que los momentos en los voladizos de las grandes zapatas individuales que se extienden distancias considerables desde la columna en las cuatro direcciones, por lo que resulta más económico que proyectar zapatas individuales.

Otra ventaja consiste en que su continuidad y rigidez ayudan a reducir los asentamientos diferenciales de las columnas individuales con respecto a las adyacentes.

C. Zapatas Conectadas

Las zapatas conectadas consisten en dos zapatas independientes unidas por una viga de cimentación (figura 21). Este elemento transmite el momento generado por la excentricidad que se presenta en la zapata exterior, a la zapata interior por lo que la zapata exterior se dimensiona alargada para que tenga la menor excentricidad. La viga debe ser lo suficientemente rígida como para garantizar esta transferencia y debe ser capaz de resistir las cargas transmitidas (Harmsen, 2002).

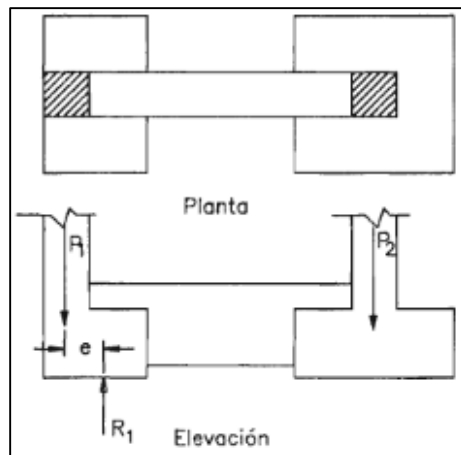


Figura 21: Zapata conectada

Fuente: Diseño de Estructuras de Concreto Armado (Harmsen, 2002)

Para tener un equilibrio es importante que la columna interior tenga una carga mayor a la que la viga produce en sentido contrario al tomar el momento de la zapata exterior.

D. Cimientos Corridos

Se denomina cimiento corrido a la cimentación superficial vaciada en forma continua para sostener un muro (figura 22). Se usan en edificaciones de albañilería (viviendas o edificios multifamiliares de muros portantes) para servir como cimentación a los muros y también en edificaciones de concreto armado para recibir a tabiques de albañilería y/o muros de concreto (Blanco, 1998).

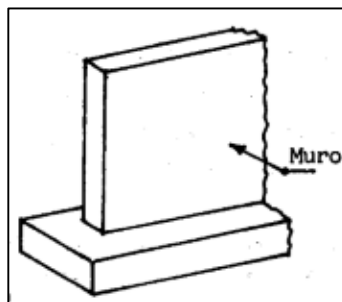


Figura 22: Cimientos corridos.

Fuente: Suelos, fundaciones y muros (Fratelli, 1993)

Los muros no portante tienen una cimentación de concreto simple mientras que los muros portantes ya sean de concreto o albañilería tienen una cimentación de concreto armado, sobre todo los ubicados en terrenos de mala calidad.

E. Losas de Cimentación

Se recomienda su uso cuando la superficie de la cimentación supera el 50% de la base de la subestructura, como si fuera una losa de piso (figura 23).

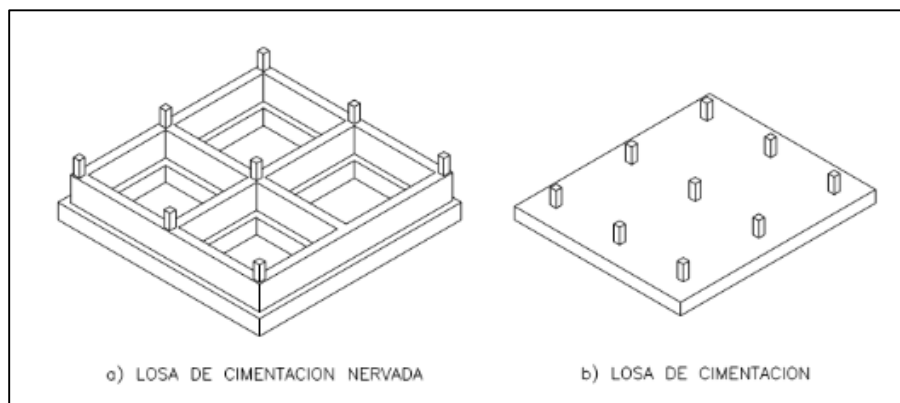


Figura 23: Losas de cimentación

Fuente: Cálculo de Estructuras de Cimentación (Calavera, 2000).

Transmiten las cargas de las columnas y/o de los muros al suelo, en caso no se tenga una distribución uniforme de dichas cargas o el suelo tiene una baja resistencia pueden producirse asentamientos diferenciales, siendo necesario reforzar la losa para evitar deformaciones. El refuerzo es utilizando muros divisorios como nervaduras de vigas T conectadas a la cimentación, o haciendo celdas con trabes y contra trabes, formándose así los llamados cajones de cimentación.

CAPÍTULO III ARQUITECTURA Y ESTRUCTURACIÓN

En este capítulo se describirá el proyecto a partir de los planos de arquitectura; el predimensionamiento de los elementos estructurales y el planteamiento de las configuraciones estructurales, las que están relacionadas a la distribución y dimensión de los elementos que componen la estructura (columnas, placas, losas, vigas, muros, etc.), los cuales brindan una rigidez adecuada; evitando alterar la arquitectura del edificio en cuanto a la forma y distribución.

3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO

El edificio está destinado para uso de comercio en sus 4 pisos. Se encuentra ubicado en el distrito de Huancayo, sobre un terreno arcilloso, con capacidad portante de 1.27 kg/cm² y una profundidad mínima de cimentación de 1.50 m. Así como se ha descrito en el capítulo I, el desarrollo de esta tesis será para el bloque “A”, que tiene un área de 93.35 m².

Del primer al cuarto nivel se encuentran tiendas comerciales, los que se consideran cuatro por piso y un pasillo por cada nivel. La circulación vertical consta de dos escaleras para los cuatro niveles y se encuentran en el bloque “B” (este bloque no se trata en esta tesis). El lindero correspondiente al eje “A” limita con la vía pública, mientras que el lindero correspondiente al eje “1” es de otro propietario, los otros dos linderos se encuentran hacia áreas libres utilizadas como jardines o estacionamiento que pertenecen a la propiedad (figura 24).

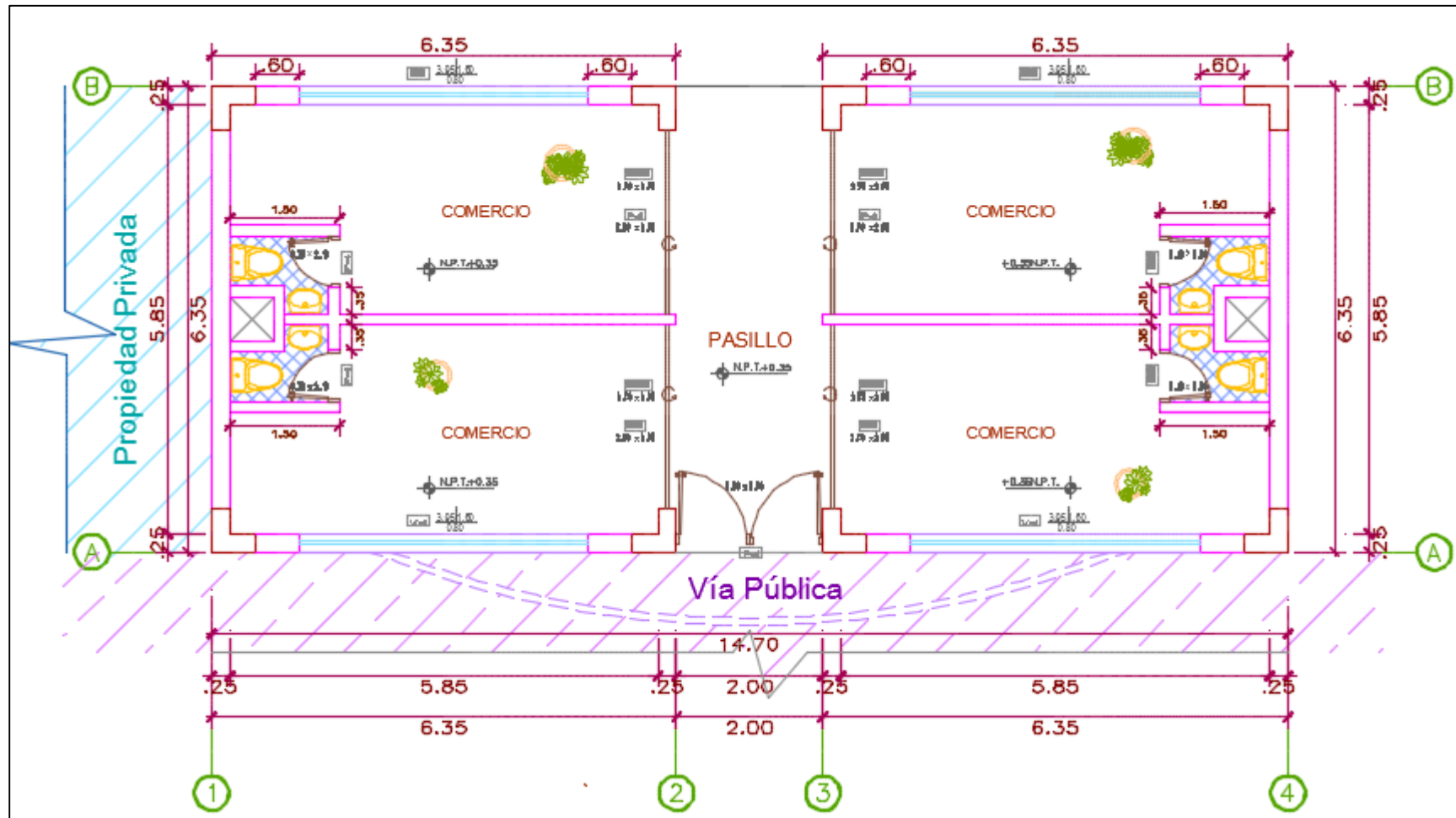


Figura 24: Plano de Arquitectura del bloque "A"

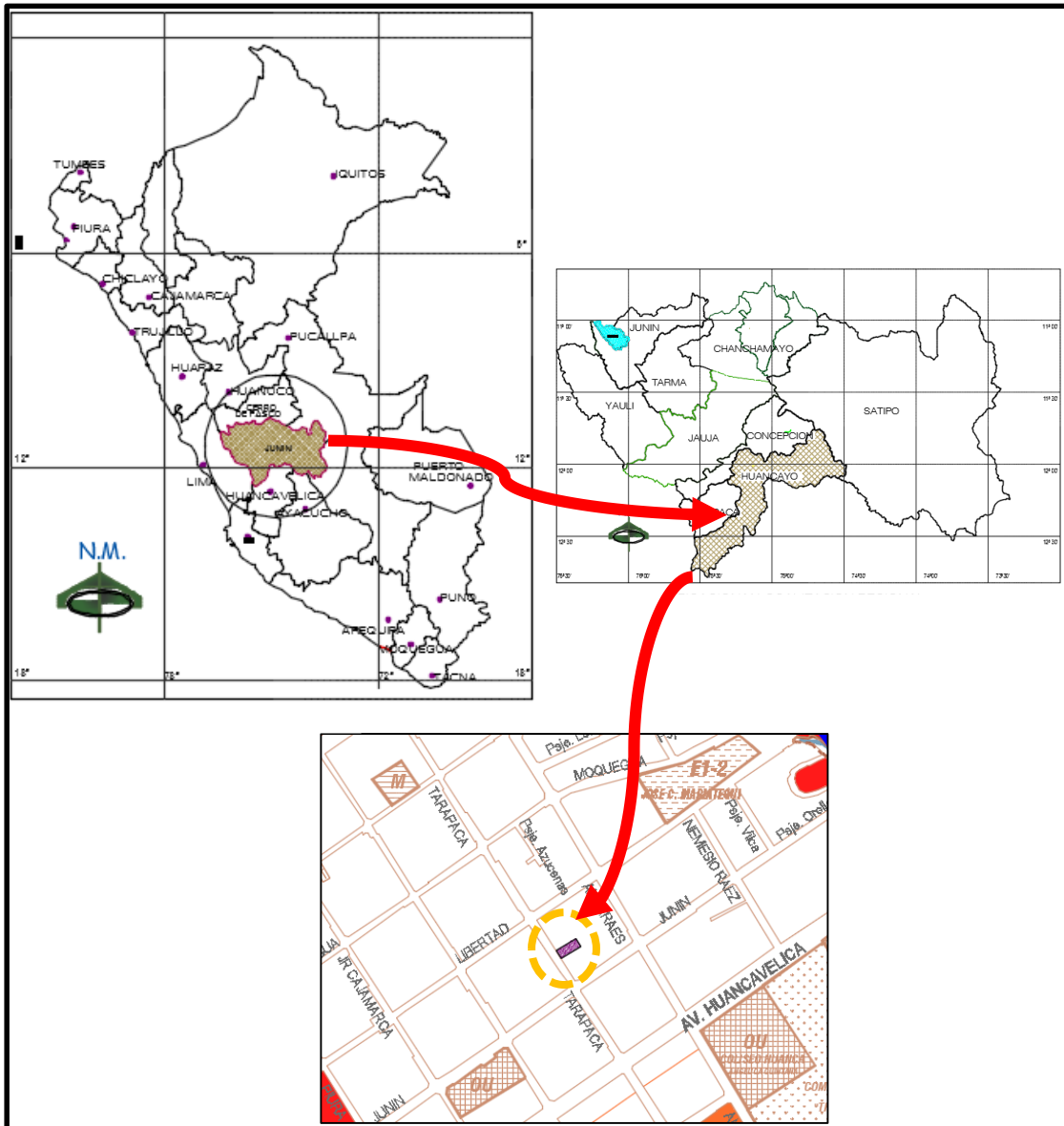


Figura 25: Ubicación del proyecto

3.2. PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Para el predimensionamiento de cada uno de los elementos estructurales se seguirá con las recomendaciones del Ing. Antonio Blanco Blasco (1991).

3.2.1. PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSA

Para escoger el tipo de losa a utilizar, se toma como primera opción una losa aligerada, que según la norma E.060 artículo 9.6.2.1, el peralte de las losas aligeradas en una dirección se predimensiona con la siguiente expresión para no verificar deflexiones:

$$e_{losa} = \frac{ln}{21}$$

Al tener luces iguales tanto en el eje “x” como en el eje “y” en dos paños de la estructura (figura 26), se elige que la dirección de la losa aligerada será en el eje “x”; por lo tanto para calcular el peralte de la losa se tiene una luz libre de 5.85 m.

$$e_{losa} = \frac{5.85}{21} = 0.28 \text{ m.}$$

El espesor calculado se redondea a un espesor de uso más comercial, que en este caso sería de 30 cm. de espesor de losa aligerada, el cual tiene un peso de 420 kg/m². Dada la configuración geométrica de la estructura y la dirección escogida de la losa aligerada, se estaría sobrecargando a las vigas de una sola dirección (vigas del eje “y”). Por lo que se procede a proponer una losa maciza para que la distribución de cargas de la losa sea más uniforme en todas las vigas.

Al tener paños cuadrados en los tramos 1-2 y 3-4, la relación largo/ancho es igual a 1 (5.85/5.85=1), por lo tanto la losa maciza tendrá un comportamiento bidireccional.

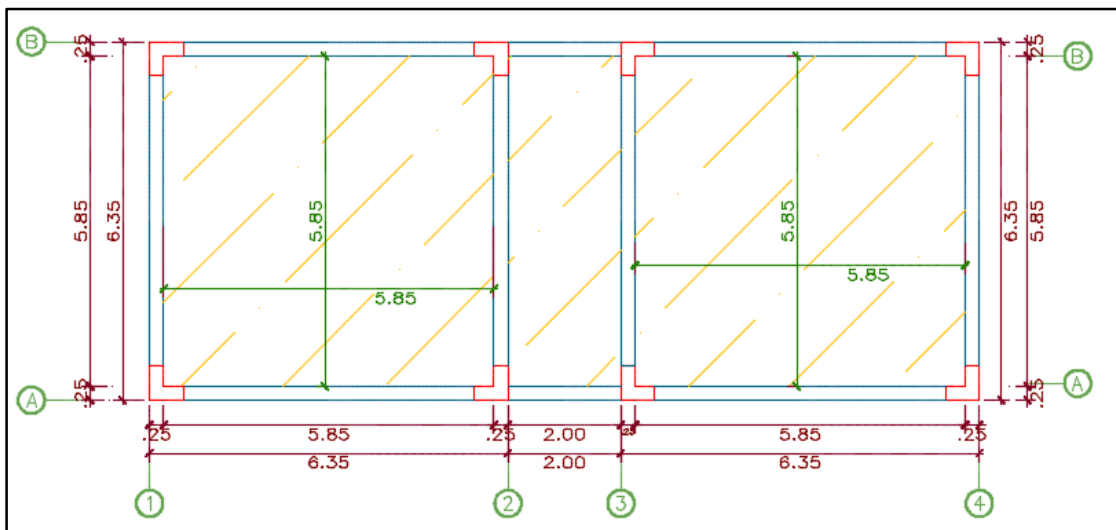


Figura 26: Luz libre de losa

Para el predimensionamiento del espesor de la losa maciza se aplica las siguientes fórmulas para evitarse verificar deflexiones:

- $e = \frac{\text{Luz corta}}{40}$
- $e = \frac{\text{Perímetro del paño}}{180}$

Para este caso se tomará el paño del tramo 1-2, como se muestra en la figura 26, el cual tiene una luz libre de 5.85 m. y un perímetro de 23.4 m.

- $e = \frac{\text{Luz corta}}{40} = \frac{5.85}{40} = 0.146 \text{ m.}$

- $e = \frac{\text{Perímetro del paño}}{180} = \frac{23.4}{180} = 0.13 \text{ m.}$

Por lo tanto se utilizará un espesor de 15 cm., que tiene un peso de 360 kg/m². Para el tramo 2-3 se utilizará losa maciza en una dirección (dirección más corta), de espesor 15 cm.

En conclusión se utilizará una losa maciza en los cuatro niveles, ya que brinda una mejor distribución de las cargas presentes en la estructura.

3.2.2. PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGA

Las vigas se dimensionan considerando un peralte de 1/10 a 1/12 de la luz libre, según la norma E.060 indica que las vigas deben tener un ancho mínimo de 25 cm. para el caso que estas formen parte de pórticos o elementos sísmoresistentes.

Para la edificación se está considerando vigas peraltadas tanto en el eje “x” como en el eje “y”. Para el cálculo se está considerando la viga de mayor luz libre, que tiene un valor de 4.95 m.

- $h = \frac{ln}{10} \text{ a } \frac{ln}{12}$
 $h = \frac{4.95}{10} = 0.495 \text{ a } \frac{4.95}{12} = 0.413$
 $h = 0.50 \text{ m.}$

Se uniformizará todas las vigas en ambos ejes, las cuales tendrán una sección de (0.25x0.50).

3.2.3. PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNA

Para el dimensionamiento de las columnas se siguen los criterios:

a. Columnas excéntricas o exteriores:

$$\text{Área de columna} = \frac{P(\text{servicio})}{0.35 * f^c}$$

b. Columnas centradas:

$$\text{Área de columna} = \frac{P(\text{servicio})}{0.45 * f^c}$$

Dónde:

$$P (\text{servicio}) = \text{Área tributaria} \times \# \text{ Pisos} \times \text{Carga unitaria asumida}$$

De acuerdo a la norma E.020 – Cargas, para el predimensionamiento se considera el 100% de las cargas de gravedad (carga muerta y carga viva), por lo que la carga asumida será 1 ton/m². Se está considerando el área tributaria para la columna excéntrica, tal como se muestra en la figura 27.

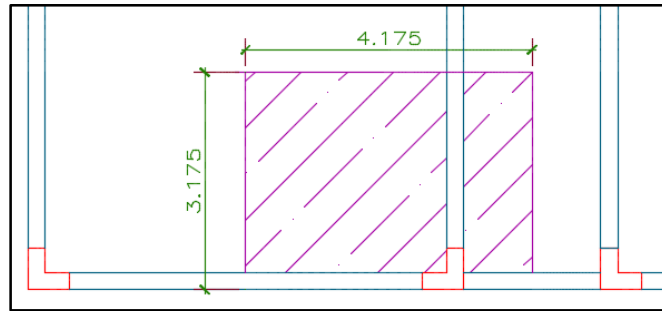


Figura 27: Área tributaria de la columna "2A"

- $P (\text{servicio}) = 4.175 \times 3.175 \times 4 \times 1$

$$P (\text{servicio}) = 53.02 \text{ ton}$$

- $\text{Área de columna} = \frac{53.02}{0.35 \times 210} = 721.39 \text{ cm}^2$

El área mínima para una columna es de 1000 cm² en una estructura sísmica. Por lo tanto las dimensiones de las columnas se darán de acuerdo a las configuraciones estructurales planteadas en el ítem 3.3.

3.2.4. PREDIMENSIONAMIENTO DE PLACAS

En el caso de edificios de pocos pisos se considera 15 cm. de espesor de placas y de 20, 25 o 30 cm. conforme aumente el número de pisos o se disminuya la densidad de los muros.

Para el cálculo de la longitud de la placa (figura 28), se deduce de la siguiente expresión de la cortante resistente en la base de la estructura:

$$\phi V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * \Sigma(b * d)$$

Donde:

$$\phi V_c \geq V_{BASAL} \quad \text{Y} \quad d = 0.8 * L$$

Reemplazando:

$$V_{BASAL} = \phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * \Sigma b * 0.8 * \Sigma L$$

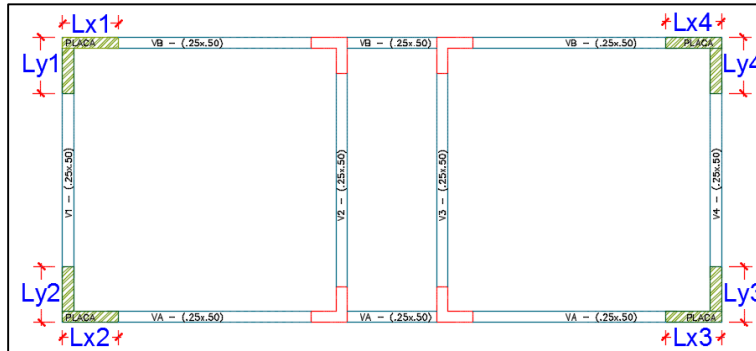


Figura 28: Longitud de las placas

Se obtiene:

$$\Sigma L_{X,Y} = \frac{V_{BASAL}}{\phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * 0.8}$$

En donde ϕ tiene un valor de 0.85, “b” es el espesor de la placa, y V_{BASAL} es la fuerza cortante sísmica en la base de la estructura, el cual se calcula con la siguiente fórmula (de acuerdo al RNE E.030):

$$V = \frac{Z * U * S * C}{R} * P$$

Donde:

- Z: Factor de zona, la estructura está ubicada en la zona 3, con un factor de 0.35
- U: Factor uso, para una edificación de uso comercio, tiene un factor de 1.3
- C: Factor de amplificación sísmica de 2.5
- S: Factor de suelo, para un suelo blando el factor es de 1.20
- R: Coeficiente de reducción, para una estructura dual el factor es de 7
- P: Peso de la edificación.

Al ser una edificación para uso comercio, se encuentra en la categoría B (edificaciones importantes), la carga asumida será de 1.25 ton/m² (Villareal, 2013), que es aproximadamente el total de la carga muerta más el 50% de la carga viva.

$$P = 6.35 * 14.70 * 1.25 * 4 = 466.73 \text{ ton}$$

Obteniendo la fuerza cortante sísmica:

$$V = \frac{0.35 * 1.3 * 2.5 * 1.2}{7} * 466.73 = 91.01 \text{ ton}$$

Se asume un espesor “b” igual a 0.25 m.

$$\Sigma L_{X,Y} = \frac{91.01 * 1000}{0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 25 * 0.8}$$

$$\Sigma L_{X,Y} = 697.04 \text{ cm}$$

Por lo tanto las dimensiones de las placas se darán de acuerdo a las configuraciones estructurales planteadas, en el ítem 3.3.

3.3. CONFIGURACIONES ESTRUCTURALES PLANTEADAS

A continuación se presentan las estructuras planteadas, una para el sistema aporticado, una para el sistema dual tipo I y una para el sistema dual tipo II.

El análisis de los soportes de estas configuraciones se realizará mediante el diseño sísmico estático por ser estructuras regulares menores a 30 m., que se desarrollará en el ítem 4.3.

3.3.1. SISTEMA APORTICADO

Según el predimensionamiento se plantea vigas tanto en el eje “X” y el eje “Y” de 0.25x0.50 m. (ítem 3.2.2). Para las columnas tal como se menciona en el ítem 3.2.3, el área mínima es de 1000 cm², y debido a que la rigidez de la columna debe ser mayor al de la viga, se colocará tanto en cada extremo como en la parte interior columnas en forma de “L” de 0.25x0.80 m., evitando así alterar la arquitectura del proyecto (figura 29).

Además en los ejes A’1 y A’4 se adicionará una columna de 0.25x0.50 m., esto debido a que de acuerdo a la arquitectura propuesta; en los ejes “A” y “B” se colocarán ventanas de piso a techo, en los ejes “2” y “3” se colocarán puertas que dan al pasillo, imposibilitando así adicionar columnas en esos ejes para no alterar con la arquitectura, por lo que los únicos ejes disponibles para colocar una columna de refuerzo son los ejes “1” y “4”.

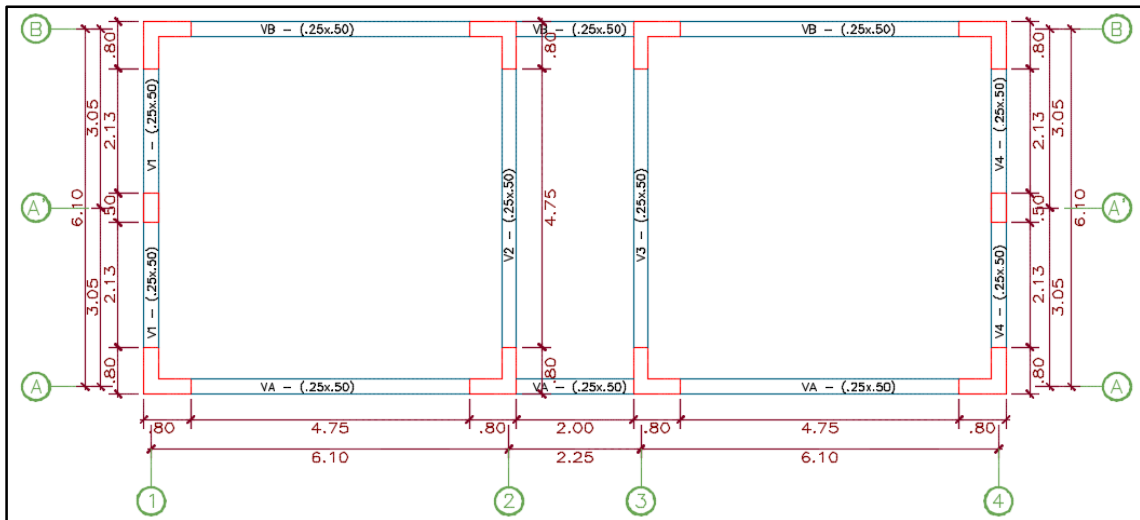


Figura 29: Plano estructural- Sistema aporticado
Fuente: Elaboración Propia.

3.3.2. SISTEMA DUAL TIPO I

Según la norma E.060 capítulo 21, para ser considerado sistema dual tipo I; en la base de la estructura, la fuerza cortante inducida por el sismo en los muros estructurales es mayor o igual al 60% de la cortante total y menor igual al 80%.

Por lo cual se está planteando en ambas direcciones, placas y columnas. Para la fuerza cortante sísmica de 91.01 ton., se colocará placas en "L" para cada extremo de 0.25x1.25 m., y columnas también en forma de "L" para la parte interior de 0.25x0.80 m., buscando así que las placas se lleven la mayor fuerza sísmica en comparación de las columnas (figura 30).

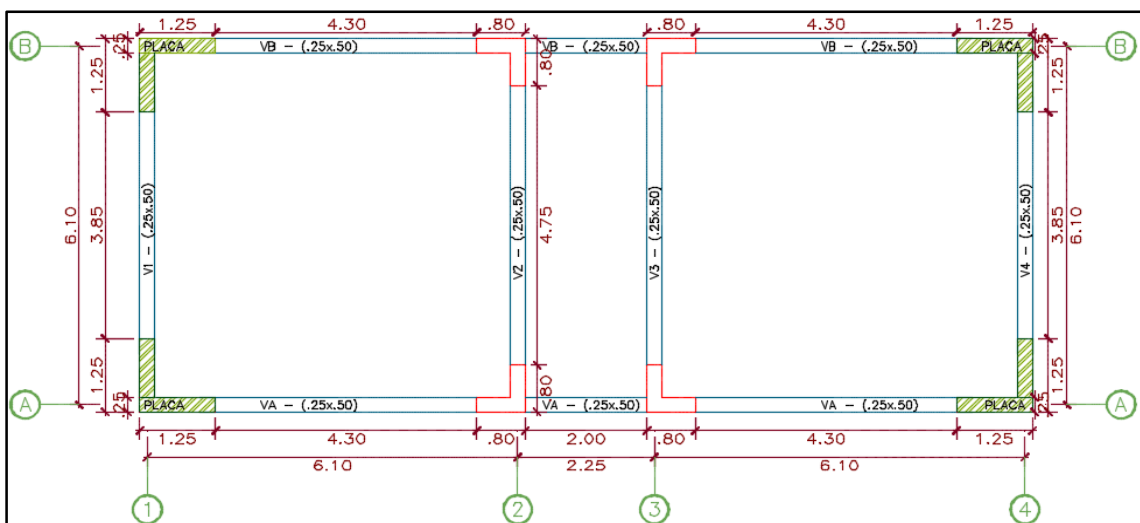


Figura 30: Plano estructural- Sistema dual tipo I
Fuente: Elaboración Propia.

3.3.3. SISTEMA DUAL TIPO II

Al igual que para el sistema dual tipo I, la norma E.060 capítulo 21, menciona que para ser considerado sistema dual tipo II; en la base de la estructura, la fuerza cortante inducida por el sismo en los muros estructurales sea menor al 60% de la cortante total.

Se está planteando en las dos direcciones columnas y placas, para la fuerza cortante sísmica de 91.01 ton., por lo que se colocará placas en "L" para cada extremo de 0.25x1.00 m. en el eje "X", 0.25x0.60 m. en el eje "Y"; columnas en forma de "L" para la parte interior de 0.25x0.80 m (figura 31).

Y tanto para el eje A'1 Y A'4 se adicionara una placa de 0.25 x1.00 m, para no alterar la arquitectura como ya se describió en el ítem 3.3.1.

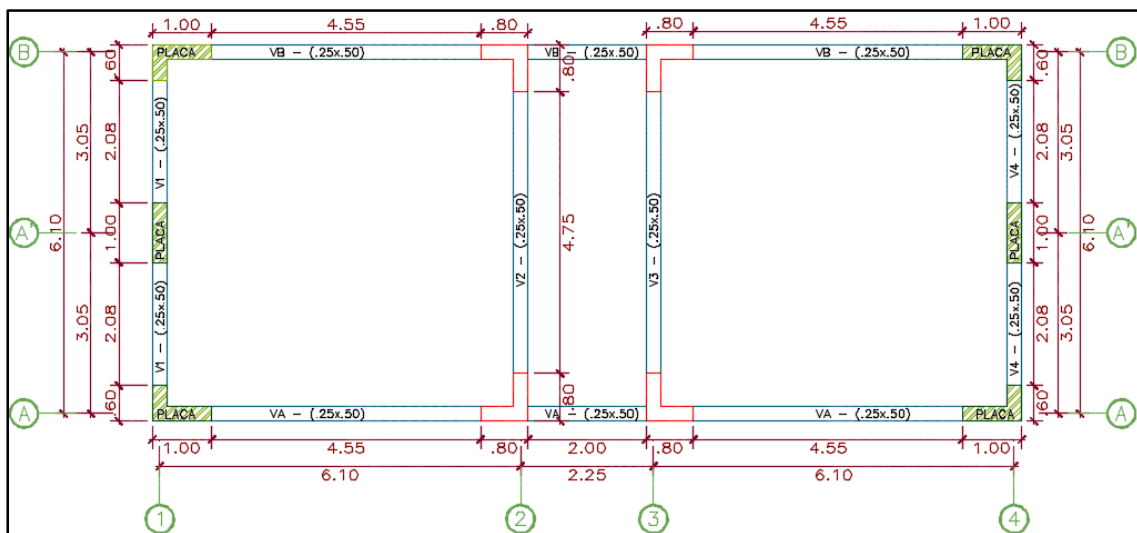


Figura 31: Plano estructural- Sistema dual tipo II
Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO IV ANÁLISIS ESTRUCTURAL

En este capítulo se presentará las cargas de diseño a utilizar, luego se realizará el metrado de cargas (carga viva y carga muerta) en las losas, vigas, columnas y placas; finalizando con el análisis estructural.

4.1. CARGAS DE DISEÑO

Todos los elementos estructurales de una edificación, deben resistir las cargas que se apliquen según su función. Se toma de referencia la norma E.020 - Cargas, para establecer los valores mínimos.

Para este proyecto se utilizará los siguientes valores de cargas:

- **Carga muerta:**

Concreto armado: 2400 kg/m³

Albañilería hueca: 1350 kg/m³

Piso terminado: 100 kg/m²

Tabiquería móvil: 100 kg/m²

- **Carga viva:**

Corredores: 500 kg/m²

Comercio: 500 kg/m²

Azotea: 100 kg/m²

- *Granizo:* La carga del granizo se determina con la siguiente fórmula:

$$C. \text{Granizo} = \rho_g * H_g$$

Donde:

ρ_g : peso específico del granizo = 920 kg/m³ (Norma E.020)

H_g : altura de acumulación (m.). Se tomará una altura de 10 cm.

$$C. \text{Granizo} = 920 * 0.1 = \mathbf{92 \text{ kg/m}^2}$$

4.2. METRADO DE CARGAS

Para el metrado de cargas se estima las cargas actuantes sobre todos los elementos estructurales del edificio.

4.2.1. METRADO DE CARGAS EN LOSA MACIZA

En las tres configuraciones estructurales se están colocando losas macizas, por lo que el metrado de cargas se realizará con un ancho de losa de 1 m.

Para el piso típico (tabla 1), se obtiene:

Tabla 1: Metrado de losa maciza - Piso típico

	PU	ESPEJOR (m)	ANCHO (m)	TOTAL (Kg/m)
Peso propio	2400 Kg/m ³	0.15	1	360
Piso terminado	100 Kg/m ²		1	100
Tab. Móvil	100 Kg/m ²		1	100
			CM=	560
S/C	500 Kg/m ²		1	500
			CV=	500

Para el techo (tabla 2), se obtiene:

Tabla 2: Metrado de losa maciza - Techo

	PU	ESPEJOR (m)	ANCHO (m)	TOTAL (Kg/m)
Peso propio	2400 Kg/m ³	0.15	1	360
Piso terminado	100 Kg/m ²		1	100
			CM=	460
S/C Azotea	100 Kg/m ²		1	100
			CV=	100

4.2.2. METRADO DE CARGAS EN LAS VIGAS

Para el metrado de las vigas por cargas de gravedad se consideró el peso propio, peso de la losa maciza, cargas de piso terminado, tabiquería móvil y la sobrecarga. En la figura 32 se observa la distribución de las vigas:

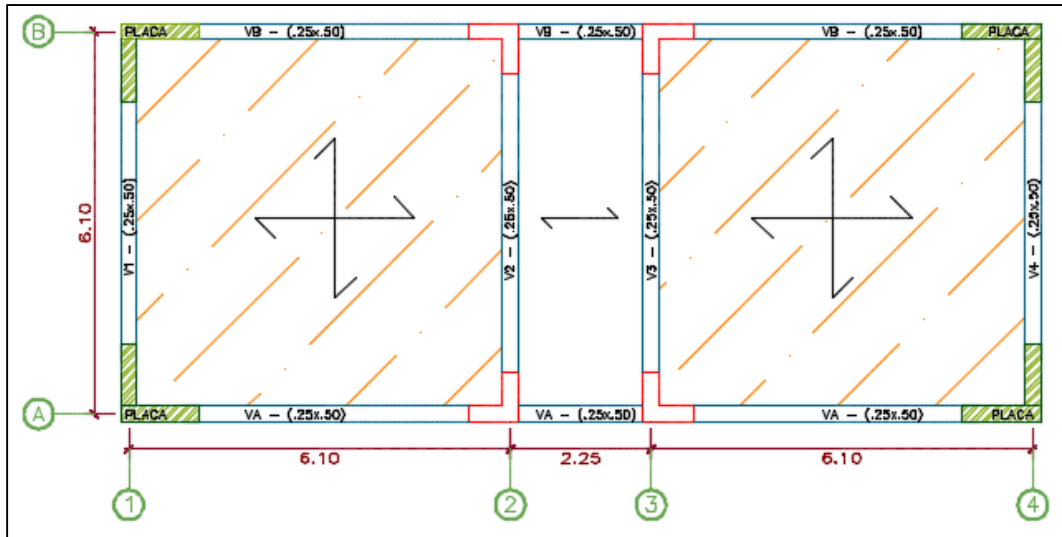


Figura 32: Vigas peraltadas - Piso típico

La losa maciza al tener un comportamiento bidireccional, se calculará el porcentaje de carga que se lleva cada apoyo utilizando los coeficientes de (Nilson, 1999), que se muestra en la anexo "A". A estos coeficientes se le multiplica por la luz libre del paño y se divide entre dos, obteniendo como resultado el ancho tributario que transmite la carga de losa a la viga.

Otra alternativa es el "Método del Sobre", el que se utilizará para comprobar el método de coeficientes. Este método consiste en trazar líneas diagonales a 45° hacia el centro del paño, obteniendo las áreas tributarias para los cuatro lados.

Tanto en el tramo 1-2 y 3-4, se tiene paños cuadrados por lo tanto al trazar las líneas diagonales a 45° , las vigas de alrededor reciben el 25% de la carga. El área total de la losa es de 34.22 m^2 , repartiéndose a cada viga un área tributaria de 8.56 m^2 (figura 33).

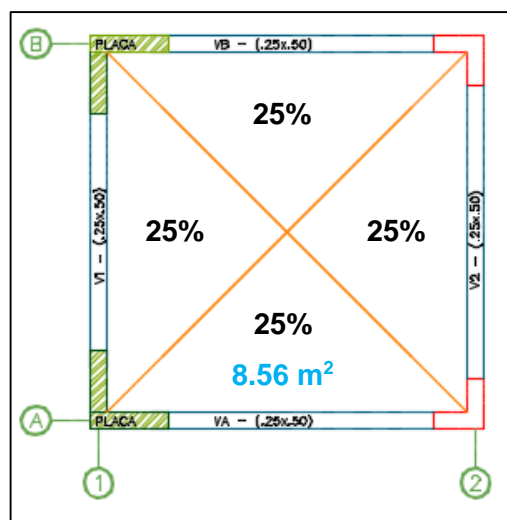
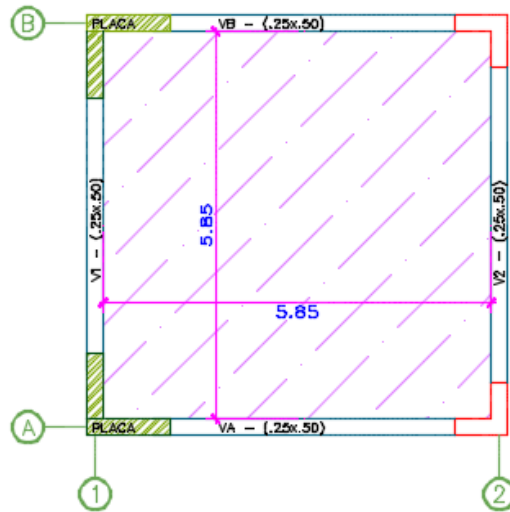


Figura 33: Área tributaria para el metrado de vigas - Método del Sobre

Para el cálculo del porcentaje de carga con el método de los coeficientes, primero se calculará la relación entre las luces del paño de la losa (figura 34):



- $l_a = 5.85 \text{ m.}$
- $l_b = 5.85 \text{ m.}$

$$\frac{l_a}{l_b} = \frac{5.85}{5.85} = 1$$

Figura 34: Relación entre las luces del paño de la losa

Luego de obtener la relación, se busca los coeficientes del anexo "A", y se divide entre dos para así tener el porcentaje de área tributaria de cada viga (figura 35).

Relación	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
$m = \frac{l_a}{l_b}$	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1.00 W_a	0.50	0.50	0.17	0.50	0.83	0.71	0.29	0.33	0.67
W_b	0.50	0.50	0.83	0.50	0.17	0.29	0.71	0.67	0.33

$$W_a = \frac{0.50}{2} = 0.25$$

$$W_b = \frac{0.50}{2} = 0.25$$

❖ Área de paño: 34.22 m^2

$$25\% * 34.22 = 8.56 \text{ m}^2$$

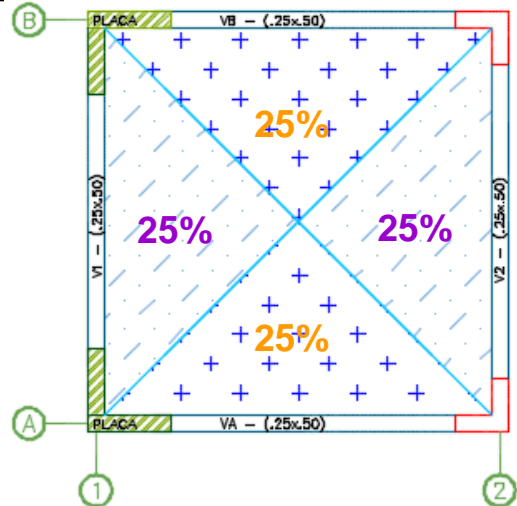


Figura 35: Porcentaje de área tributaria de cada viga

Tanto por el "Método del sobre" como el "Método de coeficientes", se nota que los porcentajes obtenidos son los mismos, por lo que se procede con el cálculo del ancho tributario para las vigas.

$$\text{Ancho tributario} = \frac{8.56}{5.85} = 1.46 \text{ m.}$$

A continuación se muestran los metrados:

Para la viga 1 – Eje “y” (tabla 3):

Tabla 3: Metrado de Viga - Eje "y"

	PU	BASE (m)	PERALTE (m)	A. TRIBUT. (m)	TOTAL (Kg/m)
Peso propio	2400 Kg/m3	0.25	0.5		300
Peso Losa Maciza	2400 Kg/m3		0.15	1.46	525.6
Piso terminado	100 Kg/m2			1.71	171
Tab. Móvil	100 Kg/m2			1.71	171
				CM=	1167.6
S/C	500 Kg/m2			1.71	855
				CV=	855

Para la viga A – Eje “x”:

- Tramo 1-2 y 3-4 (tabla 4):

Tabla 4: Metrado de Viga - Eje "x" - Tramo 1-2 y 3-4

	PU	BASE (m)	PERALTE (m)	A. TRIBUT. (m)	TOTAL (Kg/m)
Peso propio	2400 Kg/m3	0.25	0.5		300
Peso Losa Maciza	2400 Kg/m3		0.15	1.46	525.6
Piso terminado	100 Kg/m2			1.71	171
Tab. Móvil	100 Kg/m2			1.71	171
				CM=	1167.6
S/C	500 Kg/m2			1.71	855
				CV=	855

- Tramo 2-3 (tabla 5):

Tabla 5; Metrado de Viga - Eje "x" - Tramo 2-3

	PU	BASE (m)	PERALTE (m)	A. TRIBUT. (m)	TOTAL (Kg/m)
Peso propio	2400 Kg/m3	0.25	0.5		300
Peso Losa Maciza	2400 Kg/m3		0.15	0.6	216
Piso terminado	100 Kg/m2			0.85	85
Tab. Móvil	100 Kg/m2			0.85	85
				CM=	686
S/C	500 Kg/m2			0.85	425
				CV=	425

4.2.3. METRADO DE CARGAS EN LAS COLUMNAS Y PLACAS

A continuación se realizará el metrado para la columna o placa que se encuentre en el eje “A1”, luego se presentarán los resultados para todas las columnas y/o placas de cada configuración estructural.

Para el metrado de cargas se consideró el peso propio, el peso de la viga, de la losa, piso terminado, tabiquería móvil, parapeto y la sobrecarga, de acuerdo al área tributaria de la columna o placa.

- **METRADO DE COLUMNAS – SISTEMA APORTICADO**

Se muestra el proceso del metrado de cargas utilizado para los soportes verticales a través de la columna “A1”, la cual tiene una sección de 0.80*0.80 m., en la figura 36 se muestra el área tributaria de la columna y en la tabla 6 el metrado de cargas:

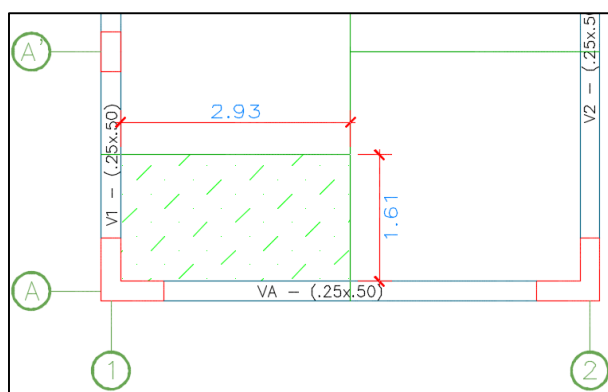


Figura 36: Área tributaria de la columna “A1” - Sistema aporticado

Tabla 6: Metrado de la columna “A1” - Sistema aporticado

ELEMENTO	PU	CANTIDAD	AREA (m2)	LONGITUD (m)	ALTO (m)	TOTAL (Kg)
CM						
COLUMNA 1ª	2400 Kg/m3	1	0.3375		4.6	3726
COLUMNA 2ª	2400 Kg/m3	1	0.3375		3.05	2470.5
COLUMNA 3ª-4ª	2400 Kg/m3	2	0.3375		2.85	4617
VIGA A	2400 Kg/m3	4	0.125	2.375		2850
VIGA 1	2400 Kg/m3	4	0.125	1.0625		1275
LOSA MACIZA	2400 Kg/m3	4	4.717		0.15	6792.48
TABIQUERIA	1350 Kg/m3	1	0.2656		7.25	2599.80
PISO TERMINADO	100 Kg/m2	4	5.576			2230.4
TABIQUERIA MOVIL	100 Kg/m2	3	5.576			1672.8
PARAPETO	1350 Kg/m3	1	0.1594		1	215.16
CM TOTAL						28449.1409 Kg
CV						
S/C	500 Kg/m2	3	5.576			8364
S/C AZOTEA	100 Kg/m2	1	5.576			557.6
CV TOTAL						8921.6 Kg

En base al procedimiento que antecede se muestra a continuación el cuadro de resumen del metrado cargas de las columnas de la configuración estructural del sistema aporticado (tabla 7):

Tabla 7: Resumen de metrado de cargas de columnas - Sistema aporricado

	Columnas	CM (kg)	CV (kg)
Externas	A1-B1-A4-B4	28449.14	8921.60
Internas	A2-B2-A3-B3	43972.18	20668.80
	A'1-A'4	28987.54	13134.40

• METRADO DE PLACAS Y COLUMNAS – SISTEMA DUAL TIPO I

Se muestra el proceso del metrado de cargas utilizado para los soportes verticales a través de la placa “A1”, la cual tiene una sección de 1.25*1.25 m., en forma “L”, en la figura 37 se muestra el área tributaria de la placa y en la tabla 8 el metrado de cargas:

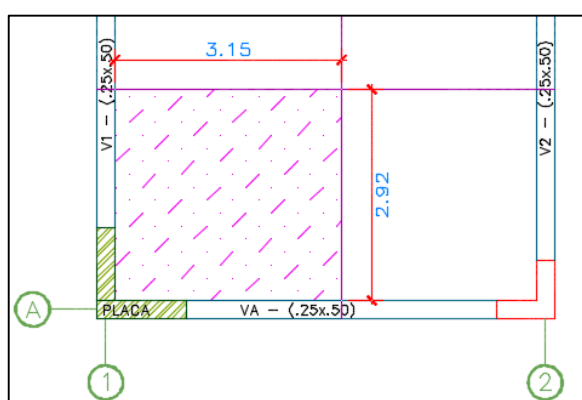


Figura 37: Área tributaria de la placa “A1” - Sistema dual tipo I

Tabla 8: Metrado de la placa “A1” - Sistema dual tipo I

ELEMENTO	PU	CANTIDAD	AREA (m2)	LONGITUD (m)	ALTO (m)	TOTAL (Kg)
CM						
PLACA 1º	2400 Kg/m3	1	0.5625		4.6	6210
PLACA 2º	2400 Kg/m3	1	0.5625		3.05	4117.5
PLACA 3º-4º	2400 Kg/m3	2	0.5625		2.85	7695
VIGA A	2400 Kg/m3	4	0.125	2.15		2580
VIGA 1	2400 Kg/m3	4	0.125	1.925		2310
LOSA MACIZA	2400 Kg/m3	4	9.214		0.15	13268.16
TABIQUERIA	1350 Kg/m3	1	0.48125		7.25	4710.23
PISO TERMINADO	100 Kg/m2	4	10.232			4092.8
TABIQUERIA MOVIL	100 Kg/m2	3	10.232			3069.6
PARAPETO	1350 Kg/m3	1	0.28875		1	389.8125
CM TOTAL						48443.1069 Kg
CV						
S/C	500 Kg/m2	3	10.232			15348
S/C AZOTEA	100 Kg/m2	1	10.232			1023.2
CV TOTAL						16371.2 Kg

En base al procedimiento que antecede se muestra a continuación el cuadro de resumen del metrado de cargas de las columnas y placas de la configuración estructural del sistema dual tipo I (tabla 9):

Tabla 9: Resumen de metrado de cargas de columnas y placas - Sistema dual tipo I

	Placas/Col.	CM (kg)	CV (kg)
Externas	A1-B1-A4-B4	48443.11	16371.20
Internas	A2-B2-A3-B3	42209.30	19526.40

• METRADO DE PLACAS Y COLUMNAS – SISTEMA DUAL TIPO II

Se muestra el proceso del metrado de cargas utilizado para los soportes verticales a través de la placa “A1”, la cual tiene una sección en forma “L” de 1.00*0.60 m., con un ancho de alma de 0.25 m, en la figura 38 se muestra el área tributaria de la placa y en la tabla 10 el metrado de cargas:

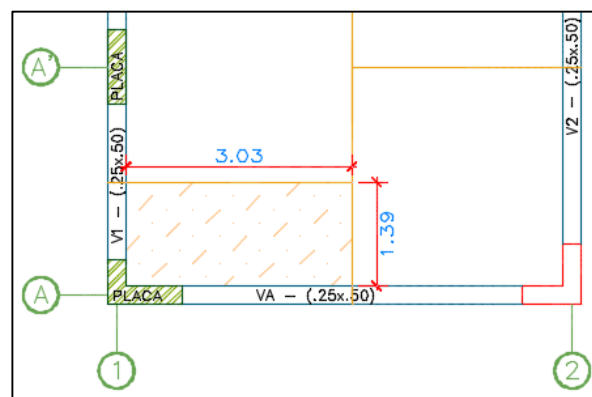


Figura 38: Área tributaria de la placa “A1” - Sistema dual tipo II

Tabla 10: Metrado de la placa “A1” - Sistema dual tipo II

ELEMENTO	PU	CANTIDAD	AREA (m2)	LONGITUD (m)	ALTO (m)	TOTAL (Kg)
CM						
PLACA 1º	2400 Kg/m3	1	0.3375		4.6	3726
PLACA 2º	2400 Kg/m3	1	0.3375		3.05	2470.5
PLACA 3º-4º	2400 Kg/m3	2	0.3375		2.85	4617
VIGA A	2400 Kg/m3	4	0.125	2.275		2730
VIGA 1	2400 Kg/m3	4	0.125	1.0375		1245
LOSA MACIZA	2400 Kg/m3	4	4.197		0.15	6043.68
TABIQUERIA	1350 Kg/m3	1	0.259375		7.25	2538.63
PISO TERMINADO	100 Kg/m2	4	5.025			2010
TABIQUERIA MOVIL	100 Kg/m2	3	5.025			1507.5
PARAPETO	1350 Kg/m3	1	0.155625		1	210.09375
CM TOTAL						27098.4066 Kg
CV						
S/C	500 Kg/m2	3	5.025			7537.5
S/C AZOTEA	100 Kg/m2	1	5.025			502.5
CV TOTAL						8040 Kg

En base al procedimiento que antecede se muestra a continuación cuadro de resumen del metrado de cargas de las columnas y placas de la configuración estructural del sistema dual tipo II (tabla 11):

Tabla 11: Resumen de metrado de cargas de columnas y placas - Sistema dual tipo II

	Placas/Col.	CM (kg)	CV (kg)
Externas	A1-B1-A4-B4	27098.41	8040.00
Internas	A2-B2-A3-B3	43188.11	20161.60
	A'1-A'4	36267.03	15713.60

4.3. ANÁLISIS SÍSMICO

Con las tres configuraciones planteadas en el ítem 3.3. se procederá a realizar el análisis de cada una de ellas mediante el sísmico estático, al ser estructuras clasificadas como regulares (según el ítem 4.3.2.2. - Regularidad estructural) menores a 30 m., este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación (Norma E.030- Diseño sismo resistente). Permitiendo obtener fuerzas axiales, cortantes y momentos de cada elemento que conforma la estructura, además que permite comprobar los desplazamientos laterales.

4.3.1. PELIGRO SÍSMICO

4.3.1.1. ZONIFICACIÓN

El territorio nacional se divide en cuatro zonas, como se observa en la figura 39. El edificio el cual se plantea esta tesis se encuentra en la ciudad de Huancayo, a la que le corresponde la zona 3 con un factor "Z" de 0.35.

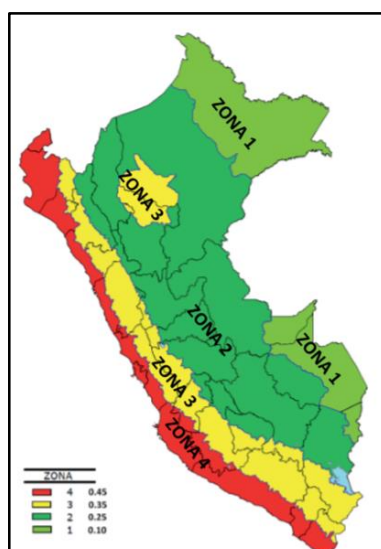


Figura 39: Zona sísmica en el Perú
Fuente: Norma E.030-Diseño sismo resistente.

4.3.1.2. CONDICIONES GEOTÉCNICAS

La edificación de acuerdo al tipo de suelo donde se encuentra es de un perfil de tipo S₃ que es un suelo blando. El cual tiene un factor de suelo "S" de 1.20 de acuerdo a la tabla 12; y unos periodos T_P de 1 s. y T_L de 1.6 s., de acuerdo a la tabla 13.

Tabla 12: Factor de suelo "S"

FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: Norma E.030-Diseño sismo resistente.

Tabla 13: Periodos TP y TL

PERIODOS "T _P " Y "T _L "				
	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _P (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Norma E.030-Diseño sismo resistente.

4.3.1.3. FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA

De acuerdo a las características de sitio, se define por las siguientes expresiones:

- T < T_P, entonces C=2.5
- T_P < T < T_L, entonces C=2.5*(T_P/T)

"T" es el periodo fundamental de la estructura, la cual se estima con la expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Donde:

h_n: altura del edificio = 13.35 m.

C_T: para el sistema aporricado =35, para el sistema dual =60.

$$T \text{ s. pórt.} = \frac{13.35}{35} = 0.38 \text{ s.}$$

$$T \text{ s. dual} = \frac{13.35}{60} = 0.22 \text{ s.}$$

Como “T” en ambos casos es menor que “T_P” (1 s.), por lo tanto “C” es igual a 2.5.

4.3.2. CARACTERIZACIÓN DEL EDIFICIO

4.3.2.1. CATEGORÍA DE LA EDIFICACIÓN

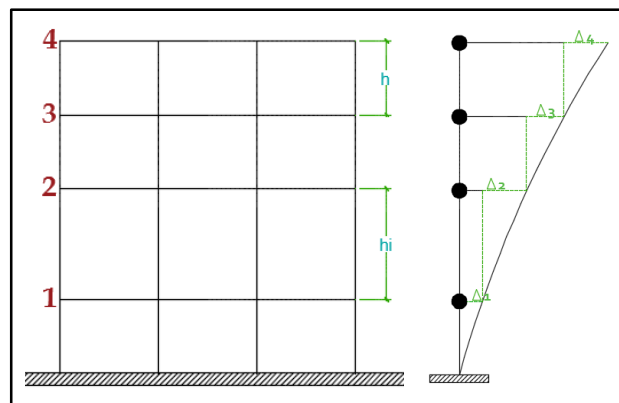
El factor de uso “U” para un edificación de tipo comercio, que se considera una edificación importante es de 1.3.

4.3.2.2. REGULARIDAD ESTRUCTURAL

Las estructuras deben ser clasificadas como regulares o irregulares para los fines siguientes: establecer los procedimientos de análisis, determinar el coeficiente R de reducción de fuerzas sísmicas. De acuerdo a la norma E.030 de Diseño Sismo resistente las irregularidades se determinan mediante las siguientes características:

A. IRREGULARIDAD EN ALTURA

- **Irregularidad de rigidez- Piso blando:** Existe cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1.4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1.25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes (figura 40).

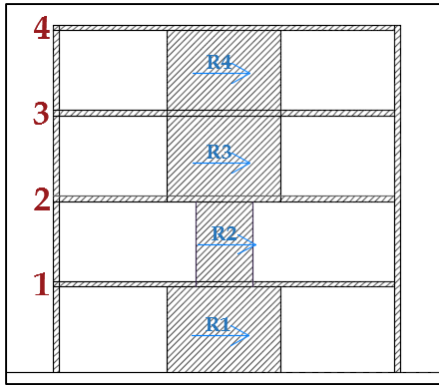


Si:

$$\Delta_n > 1.4 * \Delta_{n+1}$$

Figura 40: Irregularidad de rigidez-Piso blando

- **Irregularidad de resistencia- Piso débil:** Existe cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior (figura 41).



Si:

$$R_n < 0.8 * R_{n+1}$$

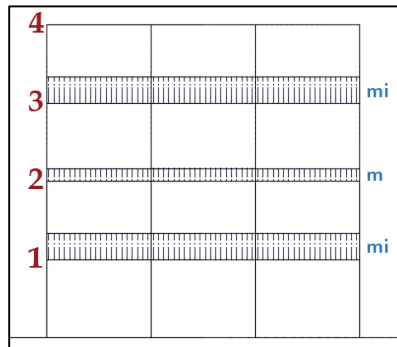
Donde:

$$R_n = \frac{\phi V_{c(n)}}{h_n}$$

$$\phi V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'_c} * \left(1 + \frac{Pu}{140 * Ag}\right) * bw * d$$

Figura 41: Irregularidad de resistencia - Piso débil

- **Irregularidad de masa o peso:** Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso es mayor que 1.5 veces el peso de un piso adyacente. No se aplica en azoteas ni en sótanos (figura 42).

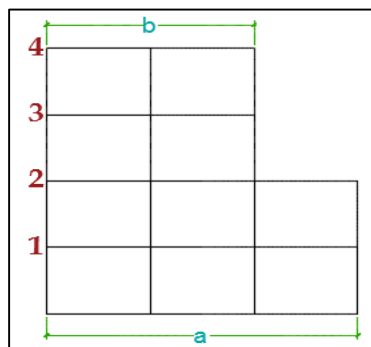


Si:

$$m_n > 1.5 * m_{n+1}$$

Figura 42: Irregularidad de masa o peso

- **Irregularidad de geometría vertical:** existe cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1.3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. 'Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos (figura 43).



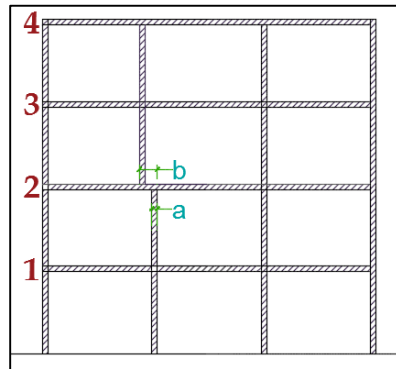
Si:

$$a > 1.3 * b$$

Figura 43: Irregularidad de geometría vertical

- **Discontinuidad en los sistemas resistentes:** existe cuando en cualquier elemento que resista más de 10 % de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación,

como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento (figura 44).



Si:

$$b - a > 0.25 * a$$

Figura 44: Discontinuidad en los sistemas resistentes

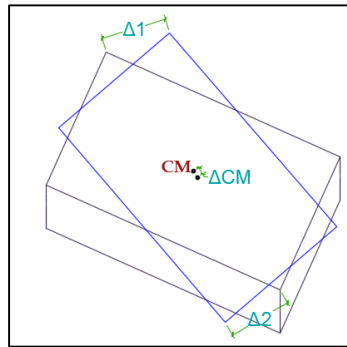
A continuación se presenta el análisis de las irregularidades en altura, para la edificación planteada en esta tesis (tabla 14).

Tabla 14: Irregularidades de la edificación en altura

IRREGULARIDADES EN ALTURA																					
Irregularidad de rigidez- Piso blando	Al tener una configuración constante, se asume que no se presenta esta irregularidad. Esta hipótesis será verificada en el ítem 4.3.4.1, luego de realizar el análisis sísmico.																				
Irregularidad de resistencia- Piso débil	Se muestra la fuerza cortante de cada entrepiso, en el cual la relación de fuerza cortante del entrepiso entre el entrepiso inmediato superior es mayor que el 80%. Por lo tanto no existe esta irregularidad. <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>R = $\phi V_c/h$</th> <th>Resistencia -Piso superior (tn)</th> <th>Relación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PISO 4</td> <td>8.13</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PISO 3</td> <td>15.79</td> <td>8.13</td> <td>194%</td> </tr> <tr> <td>PISO 2</td> <td>19.69</td> <td>15.79</td> <td>125%</td> </tr> <tr> <td>PISO 1</td> <td>16.21</td> <td>19.69</td> <td>82%</td> </tr> </tbody> </table>		R = $\phi V_c/h$	Resistencia -Piso superior (tn)	Relación	PISO 4	8.13			PISO 3	15.79	8.13	194%	PISO 2	19.69	15.79	125%	PISO 1	16.21	19.69	82%
	R = $\phi V_c/h$	Resistencia -Piso superior (tn)	Relación																		
PISO 4	8.13																				
PISO 3	15.79	8.13	194%																		
PISO 2	19.69	15.79	125%																		
PISO 1	16.21	19.69	82%																		
Irregularidad de masa o peso	Debido a que se tiene configuraciones constantes para cada sistema estructural, estos tendrán pesos similares en todos los niveles, por lo que no se presenta esta irregularidad. A manera de ejemplo se está tomando los pesos del sistema aporcado, los cuales al realizar la relación entre los pisos adyacentes se obtiene un valor menor a 1.5, comprobándose que no existe esta irregularidad. <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Peso (tn)</th> <th>Peso -Piso superior (tn)</th> <th>Relación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PISO 4</td> <td>86.87</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PISO 3</td> <td>96.10</td> <td>86.87</td> <td>1.11</td> </tr> <tr> <td>PISO 2</td> <td>97.10</td> <td>96.10</td> <td>1.01</td> </tr> <tr> <td>PISO 1</td> <td>104.09</td> <td>97.10</td> <td>1.07</td> </tr> </tbody> </table>		Peso (tn)	Peso -Piso superior (tn)	Relación	PISO 4	86.87			PISO 3	96.10	86.87	1.11	PISO 2	97.10	96.10	1.01	PISO 1	104.09	97.10	1.07
	Peso (tn)	Peso -Piso superior (tn)	Relación																		
PISO 4	86.87																				
PISO 3	96.10	86.87	1.11																		
PISO 2	97.10	96.10	1.01																		
PISO 1	104.09	97.10	1.07																		
Irregularidad de geometría vertical	En la edificación las dimensiones de la estructura en planta son constantes en cada entrepiso. Por lo que no se presenta esta irregularidad.																				
Discontinuidad en los sistemas resistentes	En las configuraciones planteadas en esta tesis, los elementos resistentes son continuos y están alineados, por lo que no existe esta irregularidad.																				

B. IRREGULARIDAD EN PLANTA

- **Irregularidad torsional:** Existe cuando el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio incluyendo excentricidad accidental es mayor que 1.2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso (figura 45).

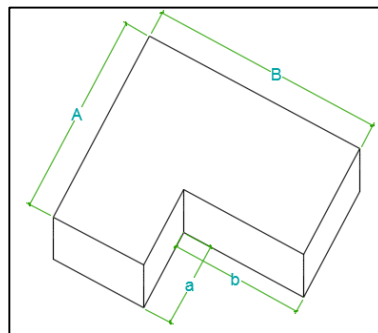


Si:

$$\Delta_2 > 1.2 * \Delta_{CM}$$

Figura 45: Irregularidad torsional

- **Esquinas entrantes:** Se da cuando la estructura tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta (figura 46).



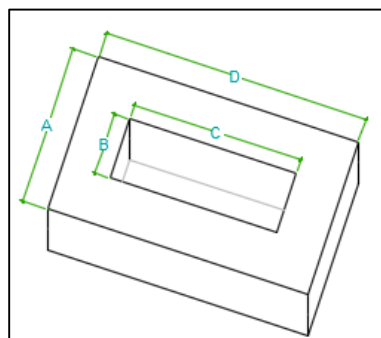
Si:

$$a > 0.2 * A$$

$$b > 0.2 * B$$

Figura 46: Esquinas entrantes

- **Discontinuidad del diafragma:** La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma (figura 47).



Si:

$$B * C > 0.5 * A * D$$

Figura 47: Discontinuidad del diafragma

- **Sistemas no paralelos:** Existe cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos (figura 48).

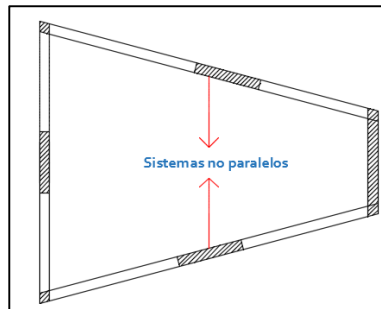
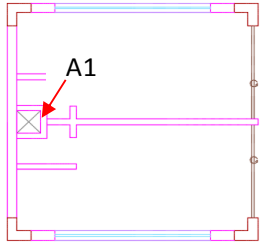


Figura 48: Sistemas no paralelos

A continuación se presenta el análisis de las irregularidades en planta, para la edificación planteada en esta tesis (tabla 15).

Tabla 15: Irregularidades de la edificación en planta

IRREGULARIDADES EN PLANTA	
Irregularidad torsional	En las tres configuraciones estructurales, se plantea de manera simétrica los elementos de soporte, por lo que se considera que no tiene esta irregularidad. Esto será verificado en el ítem 4.3.4.1., después de realizar el análisis sísmico.
Esquinas entrantes	Debido a la uniformidad en planta de la estructura, no se presenta esquinas entrantes.
Discontinuidad del diafragma	<p>Se tiene dos aberturas en el diafragma, las cuales tienen las mismas dimensiones, por ser áreas pequeñas, se demuestra que no existe esta irregularidad.</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>A1=A2= 0.36 m² Atotal del diafragma = 93.35 m²</p> $\frac{0.36 * 2}{93.345} = 0.01$ </div> </div>
Sistemas no paralelos	Los elementos resistentes en las tres configuraciones son paralelos, por lo tanto no existe esta irregularidad.

Al no tener ninguna de las irregularidades indicadas, se concluye que la estructura es regular tanto en altura como en planta.

4.3.2.3. COEFICIENTE DE REDUCCIÓN DE LAS FUERZAS SÍSMICAS

Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sísmo resistente en cada dirección de análisis.

Para esta tesis se usará en el sistema aporricado un coeficiente de reducción “R” igual a 8, y para el sistema dual un coeficiente “R” igual a 7.

4.3.3. ANÁLISIS ESTÁTICO

Según la norma E.030 - Diseño sismo resistente, para estructuras regulares, tal como es el caso de la estructura en la presente tesis, el análisis podrá hacerse considerando que el total de la fuerza sísmica actúa independientemente en dos direcciones ortogonales predominantes (eje “X” y eje “Y”).

La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determinara con la siguiente expresión:

$$V = \frac{Z * U * S * C}{R} * P$$

4.3.3.1. MODELO ESTRUCTURAL

Se realizará utilizando el programa SAP2000, para obtener los valores de: desplazamientos laterales, momento flector y fuerza cortante de cada elemento de soporte para las tres configuraciones estructurales planteadas, teniendo en cuenta los siguientes pasos:

1º: Se definieron las propiedades del material de concreto armado que se utilizará:

- Concreto $f'c$: 210 kg/cm²
- Módulo de elasticidad E_c : $15000 * \sqrt{f'c} = 217370$ kg/cm²
- Módulo de Poisson: 0.15 (Para esfuerzos menores a aproximadamente $0.7f'c$, la relación de Poisson para el concreto está entre 0.15 y 0.20. En la práctica se suele adoptar $\mu=0.15$)

2º: Se asignaron las secciones de los elementos estructurales (vigas, columnas, placas y losa maciza).

3º: La cimentación se modelo como empotrada.

4º: En cada nivel se ubicó el centro de gravedad y se definieron los diafragmas rígidos, luego se asignaron los brazos rígidos a los elementos estructurales.

5º: Se asignaron los valores de cargas de gravedad.

6º: Se asignaron las cargas sísmicas, al ser un análisis sísmico estático, las fuerzas horizontales calculadas se aplicaron en el centro de gravedad de cada piso en ambas direcciones. A continuación se describe el procedimiento seguido para el cálculo de la fuerza sísmica:

- **DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA SÍSMICA EN ALTURA**

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i , se calcularán mediante:

$$F_i = \alpha_i * V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i * (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_i * (h_i)^k}$$

Donde:

F_i : fuerza sísmica en altura (figura 49)

n : es el número de pisos del edificio

P : peso de nivel

h : altura de nivel

k : es un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada. Para T menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1$ (para las configuraciones estructurales planteadas, el valor de T es menor que 0.5 s.).

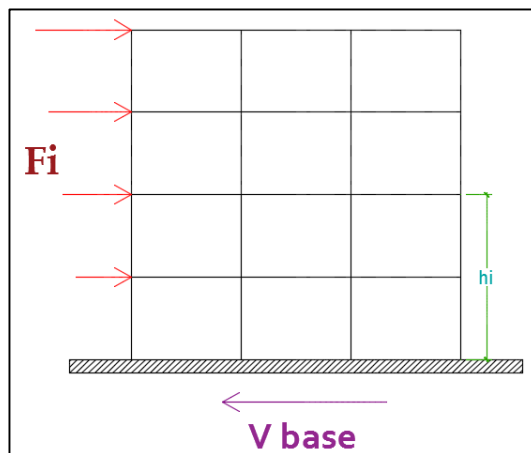


Figura 49: Distribución en altura del cortante en la base
Fuente: Apuntes de clase de Concreto Armado (Sánchez, 2015)

Este procedimiento también se realizará para cada configuración estructural.

- **PESO DE LA EDIFICACIÓN**

De acuerdo a la norma E.030, se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga. Al ser una edificación de uso comercio, se encuentra en la categoría B, por lo tanto, se tomará el 50 % de la carga viva.

Por tener tres configuraciones estructurales, el cálculo del peso se realizará para cada una, en los ítems siguientes (4.3.3.1., 4.3.3.2. y 4.3.3.3.). Se toma de referencia las cargas de diseño del ítem 4.1.

- **DESPLAZAMIENTOS LATERALES**

Según la norma E.030, para estructuras regulares, los desplazamientos laterales relativos se calcularán multiplicando por $0.75 \cdot R$ los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas (figura 50).

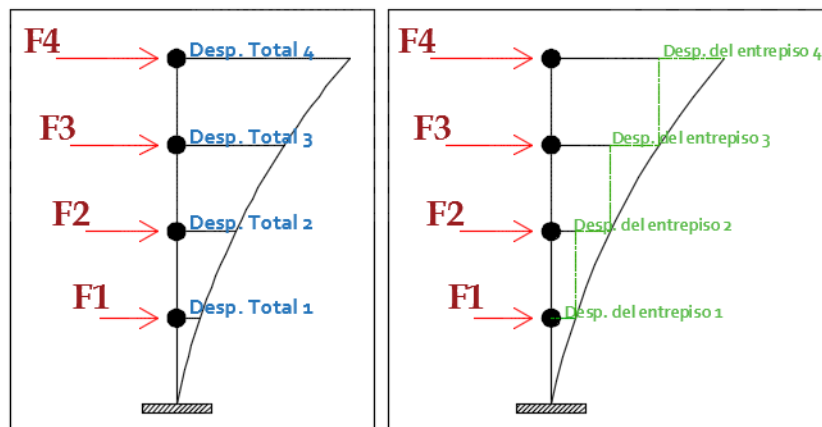


Figura 50: Desplazamientos totales y relativos.

Fuente: Apuntes de clase de Concreto Armado (Sánchez, 2015)

El desplazamiento lateral relativo de entrepiso, calculado no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la Tabla 16

Tabla 16: Límites para la distorsión del entrepiso

LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ_r / h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Fuente: Norma E.030-Diseño sismo resistente.

Para las configuraciones estructurales planteadas, por ser estructuras de concreto armado la máxima deriva es 0.007.

4.3.3.2. SISTEMA APORTICADO

El peso de la edificación para la configuración estructural de tipo aporticado es de 417.96 ton., en la tabla 17 se observa según el metrado realizado los valores de los pesos por cada nivel.

Tabla 17: Peso de la estructura- Sistema aporticado

ELEMENTO	PESOS (Kg)				PESO TOTAL (Kg)	PESO TOTAL (Kg)	
	1º PISO	2º PISO	3º PISO	4º PISO			
CM	COLUMNA L	24786	19116	18468	15714	78084	350357.85
	COLUMNA RECTAN.	2295	1770	1710	1455	7230	
	VIGA x	6900	6900	6900	6900	27600	
	VIGA y	5406	5406	5406	5406	21624	
	LOSA MACIZA	28852.2	28852.2	28852.2	28852.2	115408.8	
	TABIQUERIA	7835.7375	7044.975	6757.425	3378.7125	25016.85	
	PISO TERMINADO	8727	8727	8727	8527.2	34708.2	
	TABIQUERIA MOVIL	8727	8727	8727	8527.2	34708.2	
	PARAPETO				5977.8	5977.8	
CV	S/C CORREDOR	5630	5630	5630		16890	135209.7
	S/C COMERCIO	36597.5	36597.5	36597.5		109792.5	
	S/C AZOTEA				8527.2	8527.2	
CM+0.50CV	PESO TOTAL (Kg)	104085.81	97100.05	96104.50	86869.91	417962.70	417962.70
	PESO TOTAL (Ton)	104.09	97.10	96.10	86.87	417.96	417.96

Se procedió con el cálculo de la cortante basal, por ser un sistema aporticado el coeficiente de reducción "R" es 8.

$$V = \frac{0.35 * 1.3 * 1.2 * 2.5}{8} * 417.96 = 71.31 \text{ ton.}$$

Luego se realizó la distribución de las fuerzas sísmicas por nivel, como se observa en la tabla 18:

Tabla 18: Distribución de la fuerza sísmica por niveles- Sistema aporticado

NIVEL	h(m)	W (ton)	W*h	%Fi	Fi	Vi
4	13.35	89.00	1188.17	0.32	23.16	23.16
3	10.5	106.66	1119.94	0.31	21.83	44.99
2	7.65	107.66	823.58	0.23	16.05	61.04
1	4.6	114.64	527.36	0.14	10.28	71.31
			3659.05			

Se continuó con el modelo de la estructura en 3D en el programa SAP2000, en la figura 51 se identifica a las columnas de color celeste.

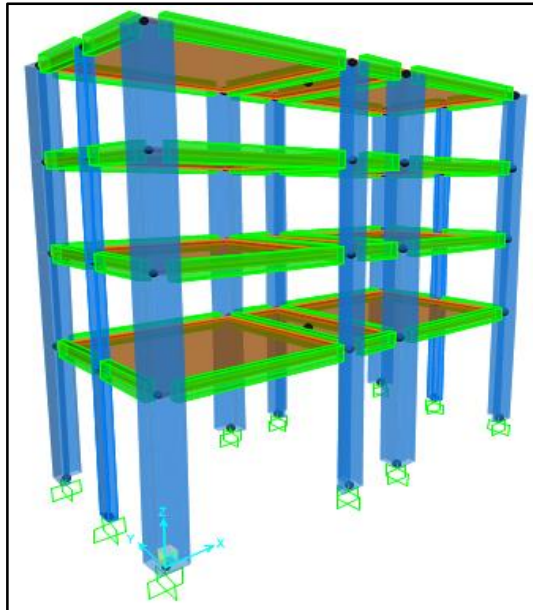


Figura 51: Modelamiento de la estructura en el programa SAP2000- Sistema aporticado

En tabla 19 se presenta los desplazamientos laterales relativos de cada entrepiso, los cuales no deben exceder a 0.007 por ser estructura de concreto armado (norma E.030).

Tabla 19: Desplazamientos laterales de entrepiso- Sistema aporticado

	h entrepiso		Des. Abs. Elástico (m.)	Des. Relativo Elástico		Des. Rel. Inelástico (cm.)	Des. Rel. Ine./h	NORMA	
	(m.)	(cm.)		(m.)	(cm.)				
DIRECCION EN X									
PISO 1	4.60	460	0.004192	0.004192	0.4192	2.5152	0.0055	0.007	OK
PISO 2	3.05	305	0.007317	0.003125	0.3125	1.875	0.0061	0.007	OK
PISO 3	2.85	285	0.009644	0.002327	0.2327	1.3962	0.0049	0.007	OK
PISO 4	2.85	285	0.011348	0.001704	0.1704	1.0224	0.0036	0.007	OK
DIRECCION EN Y									
PISO 1	4.60	460	0.004488	0.004488	0.4488	2.6928	0.0059	0.007	OK
PISO 2	3.05	305	0.007967	0.003479	0.3479	2.0874	0.0068	0.007	OK
PISO 3	2.85	285	0.010484	0.002517	0.2517	1.5102	0.0053	0.007	OK
PISO 4	2.85	285	0.012255	0.001771	0.1771	1.0626	0.0037	0.007	OK

Como se observa en la tabla anterior, los desplazamientos relativos no exceden el límite indicado por la norma, por lo tanto se concluye que la rigidez lateral de la estructura para esta configuración de sistema aporticado, es el adecuado.

4.3.3.3. SISTEMA DUAL TIPO I

Del mismo modo que en el ítem 4.3.3.1., se realizó los cálculos para la configuración estructural de dual tipo I. El peso de la edificación es de 430.01 ton., en la tabla 20 se observa los valores obtenidos según el metrado realizado por cada nivel.

Tabla 20: Peso de la estructura- Sistema dual tipo I

ELEMENTO	PESOS (Kg)				PESO TOTAL (Kg)	PESO TOTAL (Kg)	
	1º PISO	2º PISO	3º PISO	4º PISO			
CM	PLACA	20655	15930	15390	13095	65070	362751.18
	COLUMNA L	12393	9558	9234	7857	39042	
	VIGA x	6360	6360	6360	6360	25440	
	VIGA y	5160	5160	5160	5160	20640	
	LOSA MACIZA	28852.2	28852.2	28852.2	28852.2	115408.8	
	TABIQUERIA	7081.5938	6366.9375	6107.0625	3053.53125	22609.125	
	PISO TERMINADO	8682	8682	8682	8501	34547	
	TABIQUERIA MOVIL	8682	8682	8682	8501	34547	
	PARAPETO				5447.25	5447.25	
S/C CORREDOR	5630	5630	5630		16890	134508.5	
	S/C COMERCIO	36372.5	36372.5	36372.5	109117.5		
	S/C AZOTEA				8501		8501
CM+0.50CV	PESO TOTAL (Kg)	118867.04	110592.39	109468.51	91077.48	430005.43	430005.43
	PESO TOTAL (Ton)	118.87	110.59	109.47	91.08	430.01	430.01

Para el cálculo de la cortante basal, por ser un sistema dual el coeficiente de reducción “R” es 7.

$$V = \frac{0.35 * 1.3 * 1.2 * 2.5}{7} * 430.01 = 83.85 \text{ ton.}$$

Luego se realizó la distribución de las fuerzas sísmicas por nivel, como se observa en la tabla 21:

Tabla 21: Distribución de la fuerza sísmica por niveles- Sistema dual tipo I

NIVEL	h(m)	W (ton)	W*h	%Fi	Fi	Vi
4	13.35	91.08	1215.88	0.32	27.13	27.13
3	10.5	109.47	1149.42	0.31	25.65	52.77
2	7.65	110.59	846.03	0.23	18.88	71.65
1	4.6	118.87	546.79	0.15	12.20	83.85
			3758.12			

Se continuó con el modelo de la estructura en 3D en el programa SAP2000, en la figura 52 se identifica a las columnas de color celeste y a las placas de color rojo.

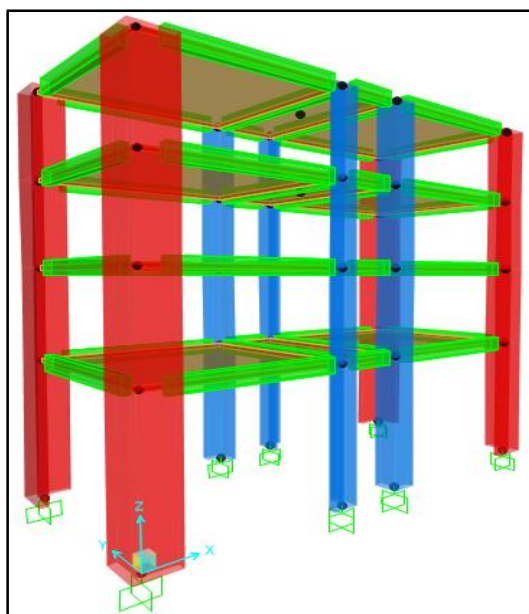


Figura 52: Modelamiento de la estructura en el programa SAP2000- Sistema dual tipo I

En la tabla 22 se presenta los desplazamientos laterales relativos de cada entrepiso los cuales deben ser menores o iguales a 0.007 (norma E.030).

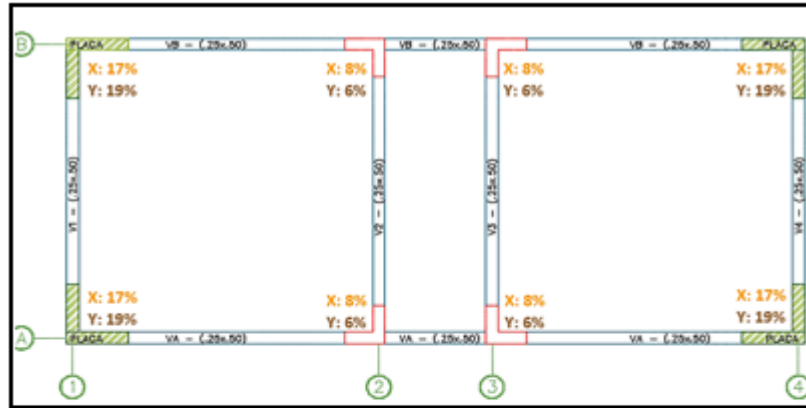
Tabla 22: Desplazamientos laterales de entrepiso- Sistema dual tipo I

	h entrepiso		Des. Abs. Elástico (m.)	Des. Relativo Elástico		Des. Rel. Inelástico (cm.)	Des. Rel. Ine./h	NORMA	
	(m.)	(cm.)		(m.)	(cm.)				
DIRECCION EN X									
PISO 1	4.60	460	0.003014	0.003014	0.3014	1.58235	0.0034	0.007	OK
PISO 2	3.05	305	0.005764	0.00275	0.275	1.44375	0.0047	0.007	OK
PISO 3	2.85	285	0.008076	0.002312	0.2312	1.2138	0.0043	0.007	OK
PISO 4	2.85	285	0.009988	0.001912	0.1912	1.0038	0.0035	0.007	OK
DIRECCION EN Y									
PISO 1	4.60	460	0.003940	0.003940	0.394	2.068500	0.0045	0.007	OK
PISO 2	3.05	305	0.008013	0.004073	0.4073	2.138325	0.0070	0.007	OK
PISO 3	2.85	285	0.011690	0.003677	0.3677	1.930425	0.0068	0.007	OK
PISO 4	2.85	285	0.014901	0.003211	0.3211	1.685775	0.0059	0.007	OK

Como se observa en la tabla anterior, los desplazamientos relativos no exceden el límite indicado, por lo tanto se concluye que la rigidez lateral de los elementos de soporte planteados son las adecuadas para esta configuración de sistema dual tipo I.

Tal como se describe en el ítem 3.3.2, para ser considerado sistema dual tipo I, la fuerza cortante inducida por el sismo en los muros estructurales es mayor o igual al 60% de la cortante total y menor igual al 80%. Por ello, luego de realizar el análisis sísmico y obtener así los valores de las fuerzas cortantes de los elementos de soporte, se procedió a evaluar el porcentaje de la fuerza total que están llevándose las placas y las columnas (tabla 23).

Tabla 23: Porcentaje de Fuerza Cortante- Sistema dual tipo I



EJE	DIRECCION EN X		DIRECCION EN Y	
	F. Cortante	Porcentaje	F. Cortante	Porcentaje
PLACA-A1	14.4972	17%	15.9266	19%
PLACA-B1	14.51	17%	15.9147	19%
COL.-A2	6.4618	8%	5.0438	6%
COL.-B2	6.461	8%	5.0449	6%
COL.-A3	6.461	8%	5.0449	6%
COL.-B3	6.4618	8%	5.0438	6%
PLACA-A4	14.51	17%	15.9147	19%
PLACA-B4	14.4972	17%	15.9266	19%
	83.86	ton	83.86	ton

% F. Cortan.	Placas	69%	Placas	76%
	Columnas	31%	Columnas	24%

Tanto en la dirección “X” como en la dirección “Y”, el porcentaje que absorben las placas de la fuerza cortante total, está entre los rangos de 60 a 80%, concluyendo que esta configuración estructural es un sistema dual tipo I.

4.3.3.4. SISTEMA DUAL TIPO II

Al igual que en los dos ítems anteriores, se realiza los cálculos para la configuración estructural de dual tipo II. Resultando el peso de la edificación 422.79 ton., en la tabla 24 se observa los valores obtenidos según el metrado por cada nivel.

Tabla 24: Peso de la estructura- Sistema dual tipo II

	ELEMENTO	PESOS (Kg)				PESO TOTAL (Kg)	PESO TOTAL (Kg)
		1º PISO	2º PISO	3º PISO	4º PISO		
CM	COLUMNAL	12393	9558	9234	7857	39042	355181.85
	PLACA L	11934	9204	8892	7566	37596	
	PLACA RECTAN.	4590	3540	3420	2910	14460	
	VIGA x	6660	6660	6660	6660	26640	
	VIGA y	5406	5406	5406	5406	21624	
	LOSA MACIZA	28852.2	28852.2	28852.2	28852.2	115408.8	
	TABIQUERIA	7835.7375	7044.975	6757.425	3378.7125	25016.85	
	PISO TERMINADO	8727	8727	8727	8527.2	34708.2	
	TABIQUERIA MOVIL	8727	8727	8727	8527.2	34708.2	
	PARAPETO				5977.8	5977.8	
CV	S/C COMERCIO	36597.5	36597.5	36597.5		109792.5	135209.7
	S/C CORREDOR	5630	5630	5630		16890	
	S/C AZOTEA				8527.2	8527.2	
CM+0.50CV	PESO TOTAL (Kg)	116238.69	108832.93	107789.38	89925.71	422786.70	422786.70
	PESO TOTAL (Ton)	116.24	108.83	107.79	89.93	422.79	422.79

Para el cálculo de la cortante basal, por ser un sistema dual el coeficiente de reducción "R" es 7.

$$V = \frac{0.35 * 1.3 * 1.2 * 2.5}{7} * 422.79 = 82.44 \text{ ton.}$$

Luego se realizó la distribución de las fuerzas sísmicas por nivel, como se observa en la tabla 25:

Tabla 25: Distribución de la fuerza sísmica por niveles- Sistema dual tipo II

NIVEL	h(m)	W (ton)	W*h	%Fi	Fi	Vi
4	13.35	89.93	1200.51	0.32	26.75	26.75
3	10.5	107.79	1131.79	0.31	25.22	51.97
2	7.65	108.83	832.57	0.23	18.55	70.53
1	4.6	116.24	534.70	0.14	11.92	82.44
			3699.57			

Se continuó con el modelo de la estructura en 3D en el programa SAP2000, en la figura 53 se identifica a las columnas de color celeste y a las placas de color rojo.

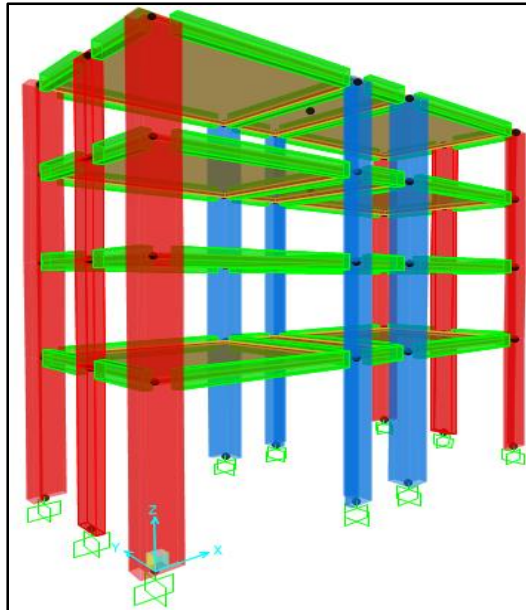


Figura 53: Modelamiento de la estructura en el programa SAP2000- Sistema dual tipo II

En la tabla 26 se presenta los desplazamientos laterales relativos de cada entrepiso cuales deben ser menores o iguales a 0.007 (norma E.030).

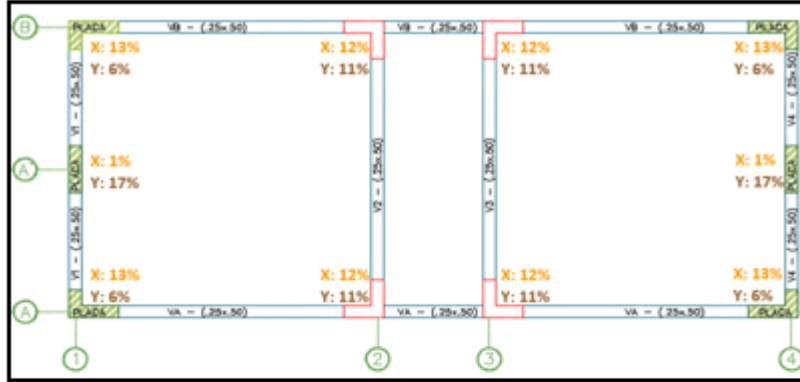
Tabla 26: Desplazamientos laterales de entrepiso- Sistema dual tipo II

	h entrepiso		Des. Abs. Elástico (m.)	Des. Relativo Elástico		Des. Rel. Inelástico (cm.)	Des. Rel. Ine./h	NORMA	
	(m.)	(cm.)		(m.)	(cm.)				
DIRECCION EN X									
PISO 1	4.60	460	0.004141	0.004141	0.4141	2.174025	0.0047	0.007	OK
PISO 2	3.05	305	0.007470	0.003329	0.3329	1.747725	0.0057	0.007	OK
PISO 3	2.85	285	0.010030	0.00256	0.256	1.344	0.0047	0.007	OK
PISO 4	2.85	285	0.011969	0.001939	0.1939	1.017975	0.0036	0.007	OK
DIRECCION EN Y									
PISO 1	4.60	460	0.004761	0.004761	0.4761	2.499525	0.0054	0.007	OK
PISO 2	3.05	305	0.008164	0.003403	0.3403	1.786575	0.0059	0.007	OK
PISO 3	2.85	285	0.010565	0.002401	0.2401	1.260525	0.0044	0.007	OK
PISO 4	2.85	285	0.012191	0.001626	0.1626	0.85365	0.0030	0.007	OK

En la tabla anterior se observa que los desplazamientos relativos de cada nivel no exceden el límite indicado en la norma, por lo tanto se concluye que la rigidez lateral de los elementos de soporte planteados son las adecuadas para esta configuración de sistema dual tipo II.

Así como se describe en el ítem 3.3.3., para ser considerado sistema dual tipo II, la fuerza cortante inducida por el sismo en los muros estructurales es menor al 60% de la cortante total. Por tanto, luego de realizar el análisis sísmico y obtener los valores de las fuerzas cortantes de los elementos de soporte, se procedió, de igual manera que en el ítem 4.3.3.2., a evaluar el porcentaje de la fuerza total que están llevándose las placas y las columnas (tabla 27).

Tabla 27: Porcentaje de Fuerza Cortante- Sistema dual tipo II



EJE	DIRECCION EN X		DIRECCION EN Y	
	F. Cortante	Porcentaje	F. Cortante	Porcentaje
PLACA-A1	10.7667	13%	4.7951	6%
PLACA-B1	10.772	13%	4.7947	6%
COL.-A2	9.628	12%	8.9413	11%
COL.-B2	9.6262	12%	8.9447	11%
COL.-A3	9.6262	12%	8.9447	11%
COL.-B3	9.628	12%	8.9413	11%
PLACA-A4	10.772	13%	4.7947	6%
PLACA-B4	10.7667	13%	4.7951	6%
PLACA-A'1	0.4271	1%	13.7443	17%
PLACA-A'4	0.4271	1%	13.7443	17%
	82.44	ton	82.44	ton
% F. Cortan.	Placas	53%	Placas	57%
	Columnas	47%	Columnas	43%

En ambas direcciones el porcentaje que absorben las placas de la fuerza cortante total, son menores al 60%, concluyendo que esta configuración estructural es un sistema dual tipo II.

4.3.4. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

En este ítem se realizará la comparación de las derivas de entrepiso obtenidos del análisis sísmico; además se presentará el porcentaje de fuerza cortante sísmica que se está distribuyendo a cada elemento de soporte en las tres configuraciones estructurales planteadas en el ítem 3.3.

4.3.4.1. DERIVAS DE ENTREPISO

Los resultados de las máximas derivas de entrepiso son:

- En el eje "x" (tabla 28 – figura 54):

Tabla 28: Derivas de entrepiso - Eje "x"

		S. Dual		
		S. Aporticado	Tipo I	Tipo II
Δ_{xx}	PISO 1	0.0055	0.0034	0.0047
	PISO 2	0.0061	0.0047	0.0057
	PISO 3	0.0049	0.0043	0.0047
	PISO 4	0.0036	0.0035	0.0036

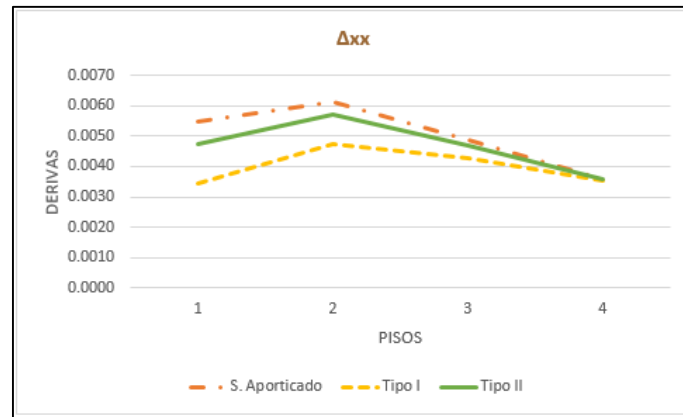


Figura 54: Derivas de entrepiso - Eje "x"

- En el eje "y" (tabla 29 – figura 55):

Tabla 29: Derivas de entrepiso - Eje "y"

		S. Dual		
		S. Aporticado	Tipo I	Tipo II
Δ_{yy}	PISO 1	0.0059	0.0045	0.0054
	PISO 2	0.0068	0.0070	0.0059
	PISO 3	0.0053	0.0068	0.0044
	PISO 4	0.0037	0.0059	0.0030

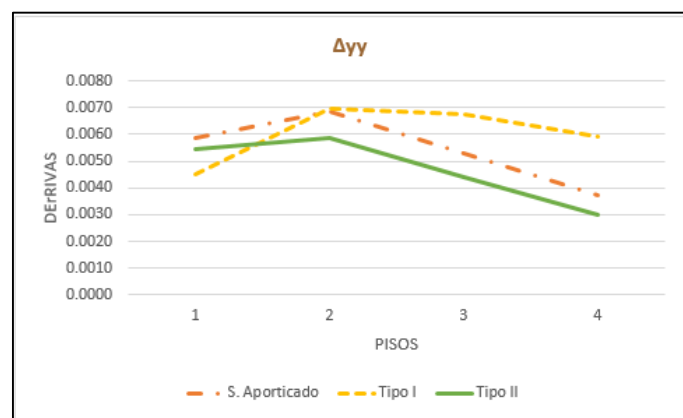


Figura 55: Derivas de entrepiso - Eje "y"

Las derivas de entrepiso en ambos ejes de las tres configuraciones estructurales están dentro del límite permitido de 0.007 (Norma E.030), por lo tanto se concluye que hay una adecuada rigidez. Sin embargo es necesario

verificar la irregularidad por rigidez y la irregularidad torsional, para determinar si la estructura es regular tal como se asumió en el ítem 4.3.2.2.

A. Irregularidad de rigidez – Piso Blando

Para cada eje se tomará el sistema estructural que presente los desplazamientos más críticos.

Primero se realizará la verificación de acuerdo a la Norma E.030, donde menciona que existe irregularidad de rigidez si:

$$\Delta_n > 1.4 * \Delta_{n+1}$$

- En “X” (tabla 30):

Tabla 30: Irregularidad de rigidez – Desplazamientos laterales en “x”

	Desplaz. (cm)	Desplaz. Piso superior (cm)	Relación
PISO 4	1.022		
PISO 3	1.396	1.022	1.37
PISO 2	1.875	1.396	1.34
PISO 1	2.515	1.875	1.34

- En “Y” (tabla 31):

Tabla 31: Irregularidad de rigidez – Desplazamientos laterales en “y”

	Desplaz. (cm)	Desplaz. Piso superior (cm)	Relación
PISO 4	1.686		
PISO 3	1.930	1.686	1.15
PISO 2	2.138	1.930	1.11
PISO 1	2.069	2.138	0.97

Se muestra que la relación del desplazamiento del entrepiso entre el valor del entrepiso inmediato superior es menor a 1.4 (Norma E.030). Por lo tanto se comprueba que no existe esta irregularidad.

Luego se realizará la verificación de acuerdo a la propuesta de la Norma E.030 del año 2017 donde menciona que existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes.

Si:

$$Rigidez_n < 0.70 * Rigidez_{n+1}$$

$$Rigidez_n = \frac{V_n}{\Delta_n}$$

- En "X" (tabla 32):

Tabla 32: Irregularidad de rigidez en el eje "x"

	Rig. = V_n/Δ_n	Rigidez. Piso superior	Relación
PISO 4	22.65		
PISO 3	32.22	22.65	1.42
PISO 2	32.55	32.22	1.01
PISO 1	28.35	32.55	0.87

- En "Y" (tabla 33):

Tabla 33: Irregularidad de rigidez en el eje "y"

	Rig. = V_n/Δ_n	Rigidez. Piso superior	Relación
PISO 4	16.09		
PISO 3	27.34	16.09	1.70
PISO 2	33.51	27.34	1.23
PISO 1	40.54	33.51	1.21

Se observa que la relación de la rigidez del entrepiso entre el valor del entrepiso inmediato superior es mayor a 0.70 (Propuesta de Norma E.030-2017). Por lo tanto también se comprueba que no existe esta irregularidad.

Concluyendo finalmente que no existe irregularidad en altura tal como se asumió en el ítem 4.3.2.2.

B. Irregularidad torsional

Se toma como eje extremo del edificio el eje "4"

- En "X" (tabla 34):

Tabla 34: Irregularidad torsional en el eje "x"

	Desplaz. Eje 4 (cm)	Desplaz. C.M. (cm)	Relación
PISO 4	1.163	1.022	1.14
PISO 3	1.536	1.396	1.10
PISO 2	1.997	1.875	1.07
PISO 1	2.485	2.515	0.99

- En "Y" (tabla 35):

Tabla 35: Irregularidad torsional en el eje "y"

	Desplaz. Eje 4 (m)	Desplaz. C.M. (m)	Relación
PISO 4	0.9756	1.063	0.92
PISO 3	1.4406	1.510	0.95
PISO 2	2.0418	2.087	0.98
PISO 1	2.8566	2.693	1.06

En todos los niveles la relación del desplazamiento del eje extremo entre el valor del centro de masas es menor a 1.2. Por lo tanto se comprueba que no existe esta irregularidad, tal como se asumió en el ítem 4.3.2.2.

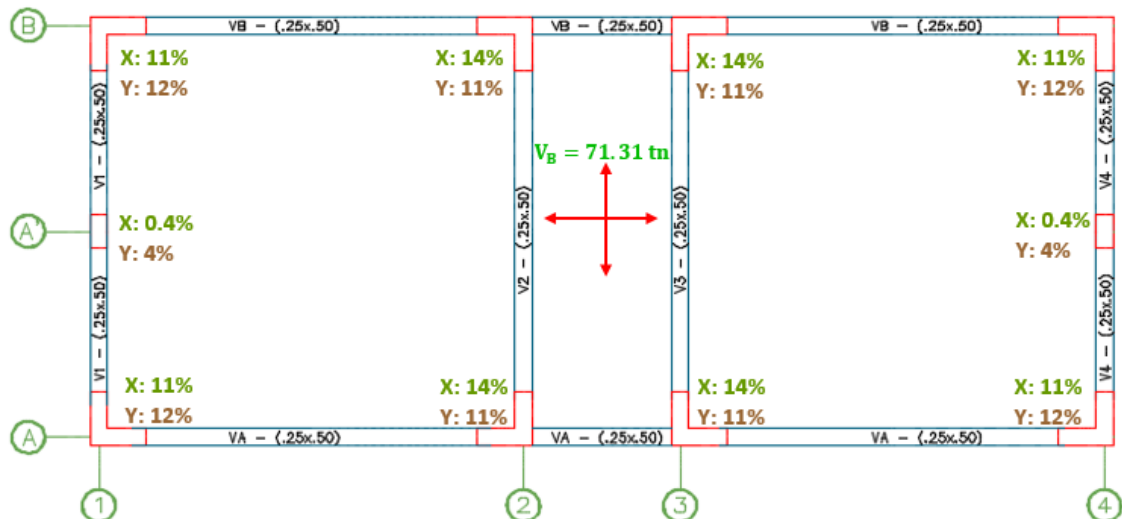
Al verificar las irregularidades tanto en altura como en planta de acuerdo a la norma E.030 de Diseño Sismorresistente, se concluye que las estructuras tienen una configuración regular.

4.3.4.2. PORCENTAJE DE FUERZA CORTANTE SÍSMICA

De igual manera que en el ítem anterior, de los resultados obtenidos del análisis sísmico, se calculó el porcentaje de la fuerza sísmica que se lleva cada elemento de soporte de acuerdo a su configuración estructural tanto en la dirección “x” como en la dirección “y”, y son los siguientes:

- **Sistema aporticado**

Tiene una cortante sísmica en la base de 71.31 Ton., en la figura 56 se muestra el porcentaje de fuerza sísmica de cada elemento de soporte.

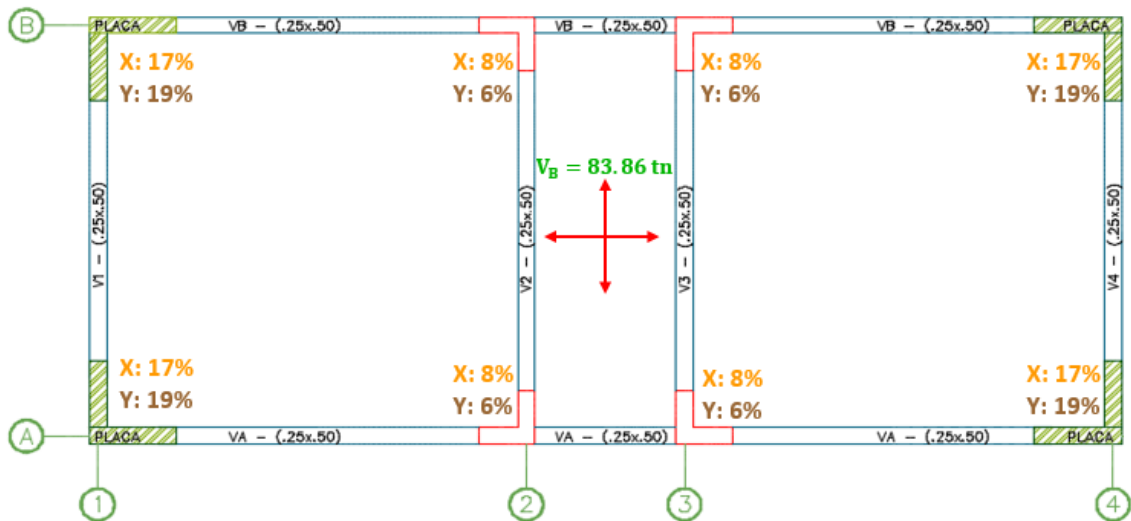


SISTEMA APORTICADO	% F. Cortan.	DIRECCION EN X		DIRECCION EN Y	
		Placas	No Presenta	Placas	No Presenta
SISTEMA DUAL TIPO I	% F. Cortan.	Placas	69%	Placas	76%
		Columnas	31%	Columnas	24%
SISTEMA DUAL TIPO II	% F. Cortan.	Placas	53%	Placas	57%
		Columnas	47%	Columnas	43%

Figura 56: Distribución de fuerza cortante sísmica – Sistema Aporticado

- **Sistema dual tipo I**

Tiene una cortante sísmica en la base de 83.86 Ton, en la figura 57 se muestra el porcentaje de fuerza sísmica de cada elemento de soporte.

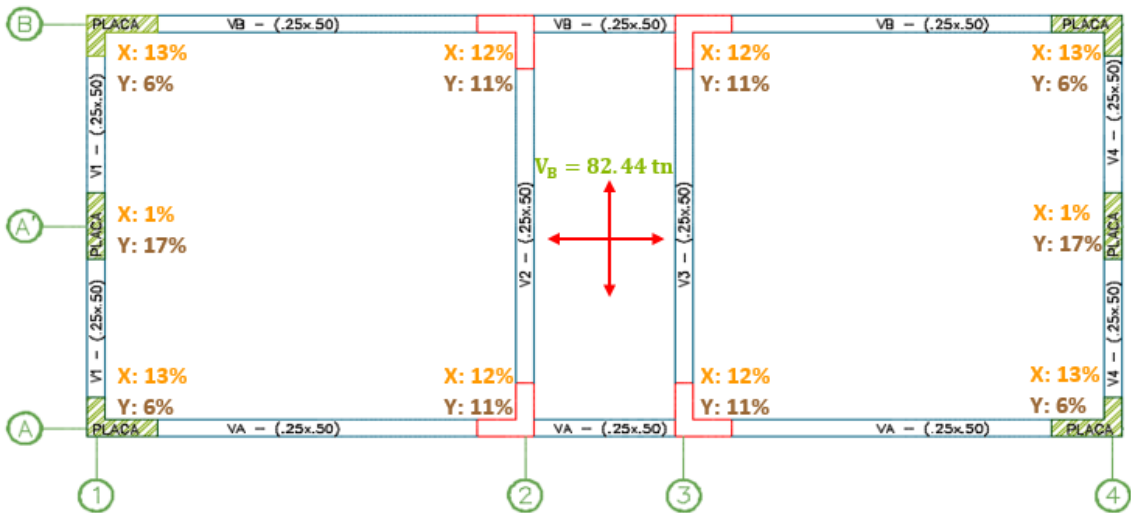


SISTEMA APORTICADO	% F. Cortan.	DIRECCION EN X		DIRECCION EN Y	
		Placas	No Presenta	Placas	No Presenta
SISTEMA DUAL TIPO I	% F. Cortan.	Placas	69%	Placas	76%
		Columnas	31%	Columnas	24%
SISTEMA DUAL TIPO II	% F. Cortan.	Placas	53%	Placas	57%
		Columnas	47%	Columnas	43%

Figura 57: Distribución de fuerza cortante sísmica – Sistema Dual tipo I

- **Sistema dual tipo II**

Tiene una cortante sísmica en la base de 82.44 Ton., en la figura 58 se muestra el porcentaje de fuerza sísmica de cada elemento de soporte.



SISTEMA APORTICADO	% F. Cortan.	DIRECCION EN X		DIRECCION EN Y	
		Placas	No Presenta	Placas	No Presenta
SISTEMA DUAL TIPO I	% F. Cortan.	Placas	69%	Placas	76%
		Columnas	31%	Columnas	24%
SISTEMA DUAL TIPO II	% F. Cortan.	Placas	53%	Placas	57%
		Columnas	47%	Columnas	43%

Figura 58: Distribución de fuerza cortante sísmica – Sistema Dual tipo II

4.4. VERIFICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL

En este ítem se realizará la comparación del análisis estructural de algunos resultados obtenidos entre el programa SAP2000 y métodos clásicos manuales, para corroborar que el programa SAP2000 fue utilizado correctamente.

Esta comparación se realizará *en* las tres configuraciones estructurales planteadas.

4.4.1. MOMENTOS FLECTORES Y FUERZAS CORTANTES POR CARGA MUERTA

Una de las diferencias más importantes entre el análisis por cargas de gravedad utilizando un programa y un análisis convencional (Cross), es el hecho de considerar el desplazamiento lateral y las deformaciones axiales de las columnas, lo que produce momentos en vigas y columnas, los cuales generalmente no se calculan en los análisis convencionales (Blanco, 1991).

Sin embargo un análisis de este tipo, tampoco es muy confiable por el hecho que el programa aplica las deformaciones instantáneamente y con el pórtico completo. En la realidad no es así por cuanto el proceso constructivo es lento y los momentos se van generando paulatinamente, distribuyéndose en distintas etapas.

Para estas comparaciones, los resultados corresponden a un análisis manual por el método de Cross, donde primero se procederá con simplificar el primer entrepiso correspondiente al eje "1", obteniendo los valores de momento flector y fuerza cortante producidos por la carga muerta, finalmente se tomará los resultados en la base de las columnas o placas del eje "A1" obtenidas por el programa SAP2000.

Por ser una estructura monolítica, se permite la simplificación, el cual consiste en separar un entrepiso y empotrar los extremos lejanos de las columnas y placas. Para que se cumpla esta simplificación es necesario que exista simetría, y que las o placas y/o columnas controlen los desplazamientos producidos por las cargas verticales.

- **SISTEMA APORTICADO**

La figura 59 muestra los resultados obtenidos por el método de Cross.

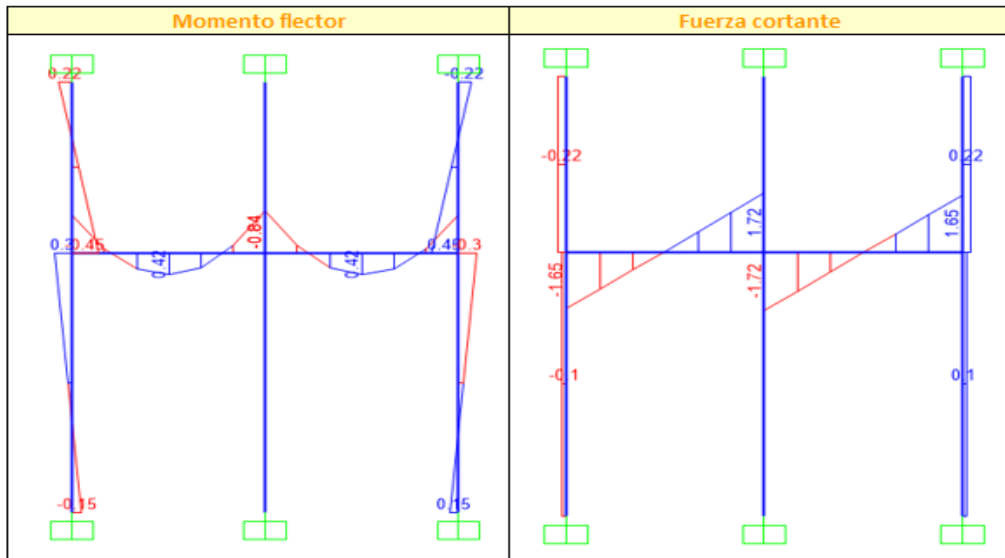


Figura 59: DMF y DFC - Sistema aporticado

La comparación se realizará en la base de la columna del eje “A1” (tabla 36).

Tabla 36: Comparación método Cross vs. SAP 2000 - Sistema aporticado

	Momento flector	Fuerza Cortante
Método de Cross	-0.15 ton-m	-0.10 ton
Programa SAP2000	-0.15 ton-m	-0.10 ton

Se observa que los valores obtenidos tanto en el momento flector como en la fuerza cortante por ambos métodos, son similares, con ellos se concluye que los valores dados por el programa SAP2000 son correctos.

- **SISTEMA DUAL TIPO I**

La figura 60 muestra los resultados obtenidos por el método de Cross.

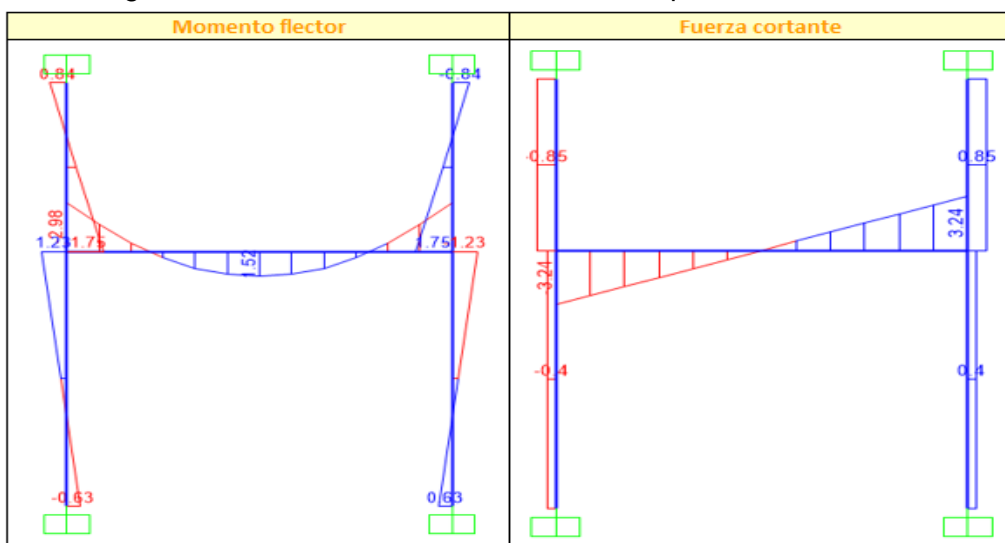


Figura 60: DMF y DFC - Sistema dual tipo I

La comparación se realizará en la base de la placa del eje “A1” (tabla 37).

Tabla 37: Comparación método Cross vs. SAP 2000 - Sistema dual tipo I

	Momento flector	Fuerza Cortante
Método de Cross	-0.62 ton-m	-0.40 ton
Programa SAP2000	-0.60 ton-m	-0.45 ton

Se observa que los valores obtenidos tanto en el momento flector como en la fuerza cortante por ambos métodos, no son distantes, concluyendo que los valores dados por el programa SAP2000 son correctos.

- **SISTEMA DUAL TIPO II**

La figura 61 muestra los resultados obtenidos por el método de Cross.

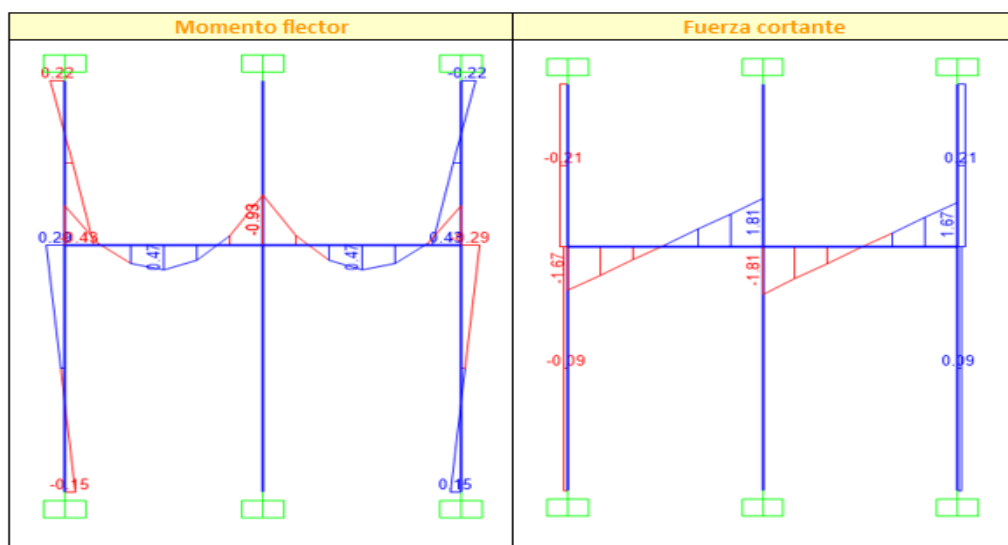


Figura 61: DMF y DFC - Sistema dual tipo II

La comparación se realizará en la base de la placa del eje “A1” (tabla 38).

Tabla 38: Comparación método Cross vs. SAP 2000 - Sistema dual tipo II

	Momento flector	Fuerza Cortante
Método de Cross	-0.15 ton-m	-0.09 ton
Programa SAP2000	-0.16 ton-m	-0.11 ton

Al igual que en los otros casos, se observa que los valores obtenidos tanto en el momento flector como en la fuerza cortante por ambos métodos, no son distantes, concluyendo de la misma manera que los valores dados por el programa SAP2000 son correctos.

4.4.2. CORTANTE SÍSMICA

A continuación se realizará la comparación entre el programa SAP2000 y el análisis manual de la fuerza cortante sísmica de cada elemento en el primer nivel para el eje “Y-Y”.

Para el método manual se empleará la proporcionalidad de rigidez.

- **SISTEMA APORTICADO**

Esta configuración estructural presenta columnas en forma L de 0.80*0.80 m. en todos los ejes, adicionando dos columnas rectangulares de 0.25*0.50 m. en los ejes "A'1-A'4".

Tabla 39: Fuerzas Cortantes Basales - Sistema Aporticado

		Método manual - Proporcionalidad de Rigidez					SAP2000	
EJE	ELEMENTO	INERCIA (m4)	ALTURA (m)	K	%K	V. sísmica (ton)	V.elemento (ton)	V.elemento (ton)
Y-Y	A1	0.0175463	4.6	0.0038144	12%	71.31	8.59	8.42
	B1	0.0175463	4.6	0.0038144	12%		8.59	8.42
	A2	0.0175463	4.6	0.0038144	12%		8.59	7.88
	B2	0.0175463	4.6	0.0038144	12%		8.59	7.88
	A3	0.0175463	4.6	0.0038144	12%		8.59	7.88
	B3	0.0175463	4.6	0.0038144	12%		8.59	7.88
	A4	0.0175463	4.6	0.0038144	12%		8.59	8.42
	B4	0.0175463	4.6	0.0038144	12%		8.59	8.42
	A'1	0.0026042	4.6	0.0005661	2%		1.28	3.06
	A'4	0.0026042	4.6	0.0005661	2%		1.28	3.06
ΣK				0.0316475				

Se observa en la tabla 39 que los valores obtenidos entre el método manual y el programa SAP, tienen en su mayoría una diferencia de 1.09%, lo cual es mínima para realizar los cálculos de diseño.

- **SISTEMA DUAL TIPO I**

En esta configuración, presenta placas en forma L de 1.25*1.25 m. en los extremos, y columnas en forma L de 0.80*0.80 m. en la parte interior.

Tabla 40: Fuerzas Cortantes Basales - Sistema dual tipo I

		Método manual - Proporcionalidad de Rigidez					SAP	
EJE	ELEMENTO	INERCIA (m4)	ALTURA (m)	K	%K	V. sísmica (ton)	V.elemento (ton)	V.elemento (ton)
Y-Y	PLACA-A1	0.0767188	4.6	0.016678	20%	83.85	17.06	15.93
	PLACA-B1	0.0767188	4.6	0.016678	20%		17.06	15.91
	COL.-A2	0.0175463	4.6	0.0038144	5%		3.90	5.04
	COL.-B2	0.0175463	4.6	0.0038144	5%		3.90	5.04
	COL.-A3	0.0175463	4.6	0.0038144	5%		3.90	5.04
	COL.-B3	0.0175463	4.6	0.0038144	5%		3.90	5.04
	PLACA-A4	0.0767188	4.6	0.016678	20%		17.06	15.91
	PLACA-B4	0.0767188	4.6	0.016678	20%		17.06	15.93
ΣK				0.0819696				

De la misma forma que en el sistema aporticado, se observa en la tabla 40 que los valores obtenidos entre el método manual y el programa SAP, tienen en su mayoría una diferencia de 1.07%, lo cual es mínima para realizar los cálculos de diseño.

- **SISTEMA DUAL TIPO II**

En esta configuración estructural, presenta placas en forma L de 0.60*1.00 m. en los extremos, columnas en forma L de 0.80*0.80 m. en la parte interior y adicionalmente dos placas rectangulares de 0.25*1.00 m. en los ejes "A'1-A'4".

Tabla 41: Fuerzas Cortantes Basales - Sistema dual tipo II

EJE	ELEMENTO	Método manual - Proporcionalidad de Rigidez					SAP	
		INERCIA (m4)	ALTURA (m)	K	%K	V. sismica (ton)	V.elemento (ton)	V.elemento (ton)
Y-Y	PLACA-A1	0.0080313	4.6	0.0017459	6%	82.44	4.60	4.80
	PLACA-B1	0.0080313	4.6	0.0017459	6%		4.60	4.79
	COL.-A2	0.0175463	4.6	0.0038144	12%		10.05	8.94
	COL.-B2	0.0175463	4.6	0.0038144	12%		10.05	8.94
	COL.-A3	0.0175463	4.6	0.0038144	12%		10.05	8.94
	COL.-B3	0.0175463	4.6	0.0038144	12%		10.05	8.94
	PLACA-A4	0.0080313	4.6	0.0017459	6%		4.60	4.79
	PLACA-B4	0.0080313	4.6	0.0017459	6%		4.60	4.80
	PLACA-A'1	0.0208333	4.6	0.004529	14%		11.93	13.74
	PLACA-A'4	0.0208333	4.6	0.004529	14%		11.93	13.74
	ΣK			0.0312993				

De igual manera que en las otras dos configuraciones anteriores, en la tabla 41 se observa que los valores obtenidos entre el método manual y el programa SAP, tienen en su mayoría una diferencia de 1.12%, lo cual es mínima para realizar los cálculos de diseño.

CAPÍTULO V

DISEÑO DE COLUMNAS Y PLACAS

Este capítulo va a tratar del diseño de las columnas y placas de cada configuración estructural planteada en el ítem 3.3., tomando en cuenta la norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones para los criterios del diseño.

A. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE COLUMNAS

Las columnas son elementos que transmiten cargas verticalmente a la cimentación. El diseño de las columnas se realiza en la etapa última o de rotura, y se verifican solicitaciones de flexo compresión y cortante.

- La cuantía de refuerzo longitudinal no será menor que 1% ni mayor que 6%. La cuantía mínima es con el fin de controlar el fenómeno de flujo plástico y la cuantía máxima es para evitar el congestionamiento del refuerzo.
- Si se tienen limitaciones con respecto al tamaño de las secciones transversales, es conveniente usar concretos de mayores resistencias en los primeros niveles de edificios altos, luego se puede cambiar a concretos de menor resistencia en los niveles superiores.
- En los nudos, las columnas deben tener mayor resistencia que las vigas. Así se garantiza que ante solicitaciones límite, las rótulas plásticas se formen en los extremos de los elementos horizontales y se evita el colapso de la estructura.

B. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE PLACAS

Las placas o muros de corte son elementos que poseen gran rigidez en una dirección. Esto les permite controlar los desplazamientos laterales de una edificación durante sismos, y causa que tomen gran parte de la fuerza cortante basal.

- El acero vertical se debe armar de tal manera que se tengan núcleos reforzados y confinados en los extremos y una cantidad mínima en el interior.
- Trabajan a flexo compresión, cuando la placa en diseño se trate de un elemento esbelto. Se clasifican como esbelta a las placas cuya relación entre altura y longitud es mayor a la unidad.

Se procederá a realizar el diseño de las columnas y placas separándolos de acuerdo al sistema estructural planteado.

5.1. SISTEMA APORTICADO - DISEÑO DE COLUMNAS

Se presenta el diseño de la columna en L "B3" y la columna rectangular "A'4" (figura 62).

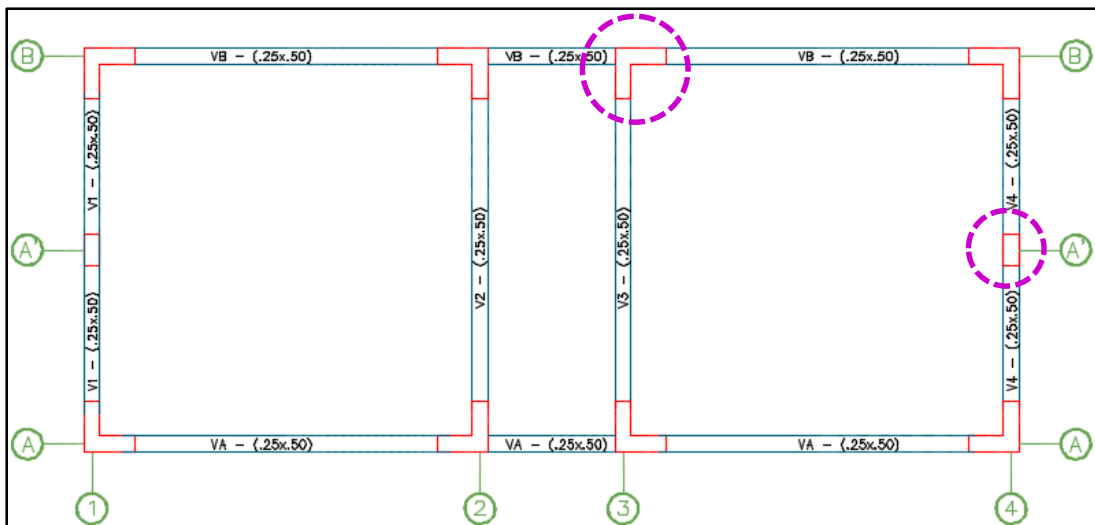


Figura 62: Ubicación de las columnas "B3" y "A'4"
Fuente: Elaboración Propia.

5.1.1. COLUMNA EN L "B3"

Tiene una sección en L de 0.80x0.80 m. Para el refuerzo se considera la cuantía mínima de 1%.

$$A_{s\text{requerido}} = 1\% * A_g$$

Donde:

$$A_g: \text{área de la sección} = 3375 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto:

$$A_{s_{requerido}} = 1\% * 3375 = 33.72 \text{ cm}^2$$

Se colocará:

$$A_{s_{colocado}} = 12 \text{ } \varnothing 3/4'' = 34.08 \text{ cm}^2 \quad (\text{Figura 63})$$

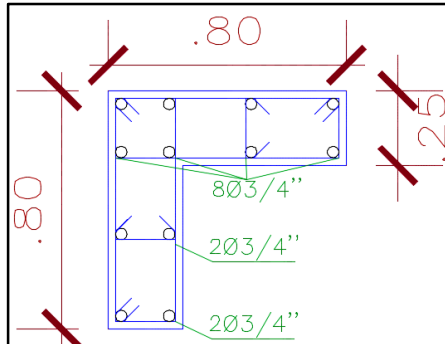


Figura 63: Detallado de acero de la columna "B3" – Sistema aporticado

A. DISEÑO POR FLEXOCOMPRESION

Se elabora el diagrama de interacción tanto para la excentricidad en "x" y excentricidad en "y", donde se ubican los pares obtenidos de las combinaciones de cargas (momentos y cargas axiales).

- **EXCENTRICIDAD EN "x"**

Se tienen los siguientes estados de carga (tabla 42):

Tabla 42: Estados de carga en "X" - Columna B3 – Sistema aporticado

	CM	CV	CS
P	47.2284	19.2347	43.3483
M	0.09516	-0.00645	-29.65736
V	0.0631	-0.0045	-10.1598

De los cuales se realizan las combinaciones de carga, obteniéndose los momentos y cargas axiales últimas (tabla 43).

Tabla 43: Combinaciones de carga en "X" - Columna B3 - Sistema aporticado

COMBINACION	PU	MU
1.4Cm+1.7Cv	98.82	0.14
1.25(Cm+Cv)+Cs	126.43	29.77
1.25(Cm+Cv)-Cs	39.73	-29.55
0.9Cm+Cs	85.85	29.74
0.9Cm-Cs	-0.84	-29.57

Se obtiene el diagrama de interacción (figura 64), donde se observa que las fuerzas combinadas últimas se encuentran dentro de la curva de Mu-Pu, comprobándose que el acero colocado es el adecuado.

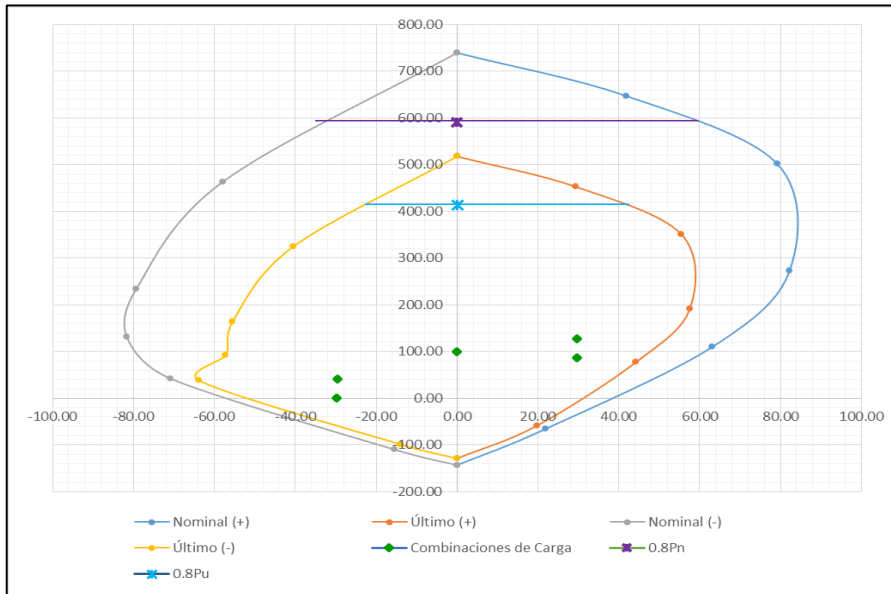


Figura 64: Diagrama de interacción en "X" - Columna B3 – Sistema aporticado

- **EXCENRICIDAD EN "y"**

Del mismo modo se realiza para la excentricidad en "y". Se tienen los siguientes estados de carga (tabla 44):

Tabla 44: Estados de carga en "Y" - Columna B3 – Sistema aporticado

	CM	CV	CS
P	47.2284	19.2347	11.5905
M	-0.14347	-0.00009942	-27.43973
V	-0.0977	-0.0002021	-7.8805

De los cuales se realizan las combinaciones de carga (tabla 45):

Tabla 45: Combinaciones de carga en "Y" - Columna B3 – Sistema aporticado

COMBINACION	PU	MU
1.4Cm+1.7Cv	98.82	0.20
1.25(Cm+Cv)+Cs	94.67	27.62
1.25(Cm+Cv)-Cs	71.49	-27.26
0.9Cm+Cs	54.10	27.57
0.9Cm-Cs	30.92	-27.31

Luego se obtiene el diagrama de interacción (figura 65), donde se observa que las fuerzas combinadas últimas se encuentran dentro de la curva de Mu-Pu, comprobándose de igual manera que el acero colocado es el adecuado.

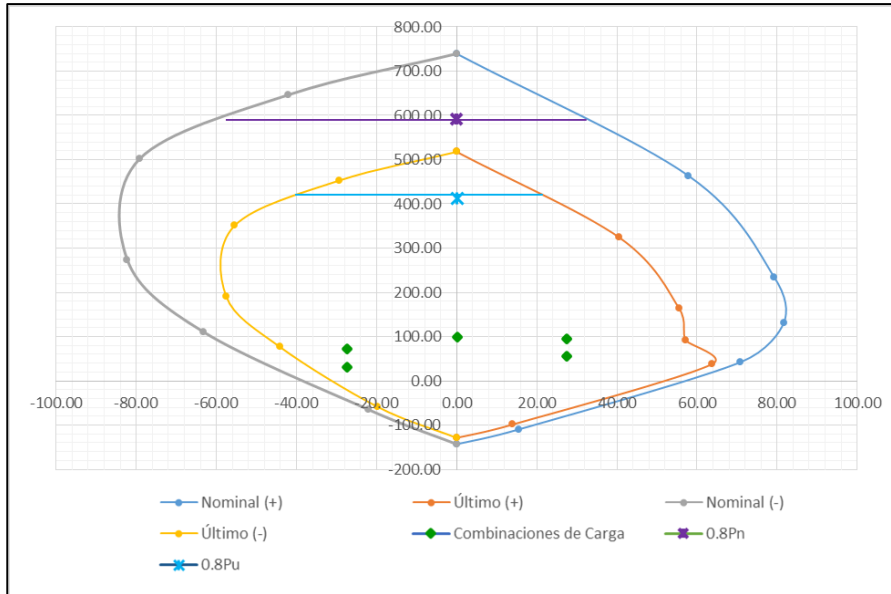


Figura 65: Diagrama de interacción en "Y" - Columna B3 – Sistema aperticado

B. DISEÑO POR CORTANTE

De acuerdo a la Norma E.060 capítulo 21, para las columnas de edificios con sistema resistente a fuerzas laterales de pórticos y duales tipo II; la fuerza de cortante de diseño V_u , se debe determinar considerando las máximas fuerzas que se puedan generar en las caras de los nudos en cada extremo del elemento, (obtenido con el **Método de Capacidad**). Estas fuerzas se deben determinar usando las resistencias máximas probables en flexión ($M_{pr} = 1.25 \cdot M_n$) en cada extremo del elemento, correspondientes al rango de cargas axiales amplificadas P_u que actúan en él. En ningún caso V_u debe ser menor que el cortante amplificado determinado a partir del análisis de la estructura (figura 66).

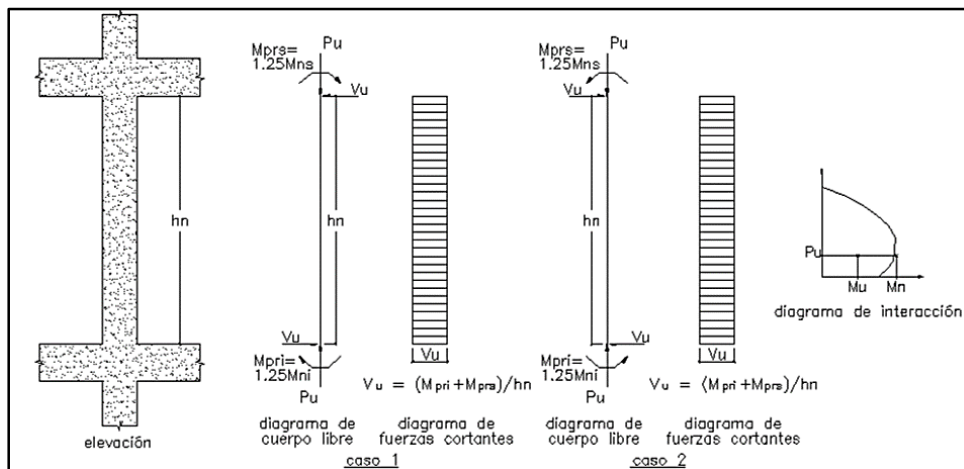


Figura 66: Fuerza cortante de diseño en columnas – Sistema aperticado.
Fuente: Norma E.060-Concreto Armado.

Se calcula la fuerza cortante del concreto (V_c) con la siguiente expresión:

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'c} * \left(1 + \frac{Pu}{140 * Ag}\right) * bw * d$$

El aporte del acero V_s se calcula mediante la expresión:

$$V_s = \frac{Vu}{\phi} - V_c \quad \phi = 0.85$$

Teniendo un límite de:

$$V_s < 2.1 * \sqrt{f'c} * bw * d$$

Por lo tanto el valor del espaciamiento se calcula con la expresión:

$$s = \frac{Av * fy * d}{V_s}$$

Además según la norma E.060, para el espaciamiento de estribos se debe tomar en cuenta, que para un sistema aperticado y un sistema dual tipo II, se colocará según los criterios que se muestra en la tabla 46:

Tabla 46: Requerimientos de estribos en columna – Sistema aperticado y dual tipo II

<p>Diagrama de una columna con zonas de confinamiento y espaciamiento de refuerzo transversal. Se muestran las zonas de confinamiento (Lo) y la zona central. Se indican los espaciamientos de refuerzo transversal (So) en las zonas de confinamiento y el espaciamiento de refuerzo (s) en la zona central.</p>	ZONA DE CONFINAMIENTO (L_o)	El mayor valor de : Ln/6 Mayor dimensión de la sección 500 mm
	ESPACIAMIENTO DEL REFUERZO (S_o)	El menor valor de : 6db menor dimensión/3 100 mm
	ZONA CENTRAL (Espaciamiento de refuerzo)	El menor valor de : 10db 25mm

Para la columna "B3", con las formulas mostradas, se calcula los valores del espaciamiento máximo que se muestra a continuación (tabla 47):

- El diámetro de la barra longitudinal de 3/4" es 1.91 cm.
- Se colocará estribos de diámetro 3/8" (0.95 cm.).
- V_s máx.= 58.96 Ton.

Tabla 47: Diseño por cortante - Columna "B3" – Sistema aperticado

PU	Mn	Mpr	Vpr	Vc	Vs	S
126.43	66.00	82.50	45.21	18.86	34.32	13.47

- Estribos mínimos (tabla 48):

Tabla 48: Estribos mínimos - Columna "B3" – Sistema aporcado

ZONA DE CONFINAMIENTO (Lo)	El mayor valor de :		
	Ln/6	61	cm
	Bmáx	80	cm
	50 cm	50	cm
	Lo	80	80 cm
ESPACIAMIENTO DEL REFUERZO (So)	El menor valor de :		
	Bmín/3	8.33	cm
	6db	11.46	cm
	10 cm	10.00	cm
	So	8.33	7.50 cm
ZONA CENTRAL (Espaciamento de refuerzo)	El menor valor de :		
	10db	19.10	cm
	25 cm	25.00	cm
	So	19.10	17.50 cm

- El primer estribo se coloca a 5 cm.
- En conclusión la distribución de estribos es:
 $\varnothing 3/8'' \rightarrow 1@5\text{ cm}, 10@7.5\text{ cm}, \text{resto}@17.5\text{ cm}$
- En los nudos se colocó, estribos de 3/8" cada 15 cm.

5.1.2. COLUMNA RECTANGULAR "A'4"

Tiene una sección rectangular de 0.25x0.50 m. Para el refuerzo se considera la cuantía mínima de 1%.

Ag: área de la sección= 1250 cm²

Por lo tanto:

$$A_{s\text{requerido}} = 1\% * 1250 = 12.50\text{ cm}^2$$

Se colocará:

$$A_{s\text{colocado}} = 4 \varnothing 3/4'' + 2 \varnothing 5/8'' = 15.36\text{ cm}^2 \quad (\text{Figura 67})$$

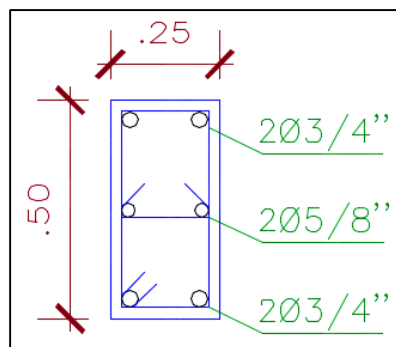


Figura 67: Detallado de acero de la columna "A'4"

A. DISEÑO POR FLEXOCOMPRESION

Se sigue el mismo procedimiento que en el diseño por flexocompresión de la columna "B3", elaborando el diagrama de interacción tanto para la excentricidad en "x" y excentricidad en "y", donde se ubican los pares obtenidos de las combinaciones de cargas (momentos y cargas axiales). A continuación se presentará el diagrama de interacción con excentricidad en "y", por ser el más crítico.

Se tienen los siguientes estados de carga (tabla 49):

Tabla 49: Estados de carga en "Y" - Columna A'4

	CM	CV	CS
P	15.6759	2.1711	-0.0021
M	7.37E-07	0.000000393	-6.9975
V	-1.19E-06	0.000000577	-3.0594

Los cuales se realizan las combinaciones de carga, obteniéndose los momentos y cargas axiales últimas (tabla 50).

Tabla 50: Combinaciones de carga en "Y" - Columna A'4

COMBINACION	PU	MU
1.4Cm+1.7Cv	25.64	0.00
1.25(Cm+Cv)+Cs	22.31	7.00
1.25(Cm+Cv)-Cs	22.31	-7.00
0.9Cm+Cs	14.11	7.00
0.9Cm-Cs	14.11	-7.00

Luego se obtiene el diagrama de interacción (figura 68), donde se observa que las fuerzas combinadas últimas se encuentran dentro de la curva de Mu-Pu, comprobándose que el acero colocado es el adecuado.

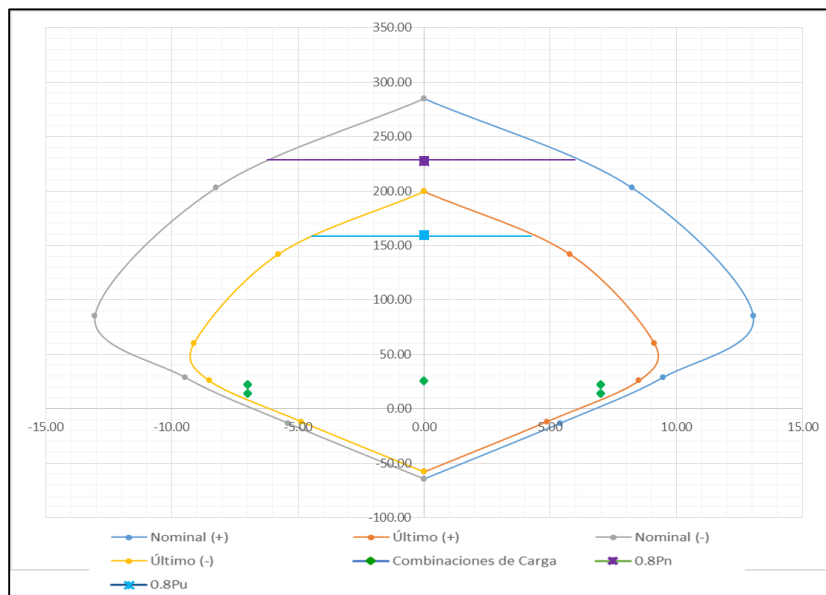


Figura 68: Diagrama de interacción en "Y" - Columna A'4

B. DISEÑO POR CORTANTE

Para la columna "A'4", se realiza de igual forma con las fórmulas mostradas en el diseño por cortante de la columna "B3", el cálculo de los valores del espaciamiento máximo se muestra a continuación (tabla 51):

- El diámetro de la menor barra longitudinal de 5/8" es 1.59 cm.
- Se colocará estribos de diámetro 3/8" (0.95 cm.).
- $V_s \text{ máx.} = 38.04 \text{ Ton.}$

Tabla 51: Diseño por cortante - Columna "A'4"

PU	Mn	Mpr	Vpr	Vc	Vs	S
25.64	9.20	11.50	6.30	10.46	-3.04	-93.09

- Estribos mínimos (tabla 52):

Tabla 52: Estribos mínimos - Columna "A'4"

ZONA DE CONFINAMIENTO (Lo)	El mayor valor de :		
	Ln/6	61	cm
	Bmáx	50	cm
	50 cm	50	cm
		Lo	61 65 cm
ESPACIAMIENTO DEL REFUERZO (So)	El menor valor de :		
	Bmin/3	8.33	cm
	6db	9.53	cm
	10 cm	10.00	cm
		So	8.33 7.50 cm
ZONA CENTRAL (Espaciamiento de refuerzo)	El menor valor de :		
	10db	15.88	cm
	25 cm	25.00	cm
			So

- El primer estribo se coloca a 5 cm.
- En conclusión la distribución de estribos es:
 $\emptyset 3/8'' \rightarrow 1@5 \text{ cm}, 8@7.5 \text{ cm}, \text{resto}@15 \text{ cm}$
- En los nudos se colocó, estribos de 3/8" cada 15 cm.

5.2. SISTEMA DUAL TIPO I - -DISEÑO DE COLUMNAS Y PLACAS

Se presenta el diseño de la columna en L "B3" y la placa en L "B4" (figura 69).

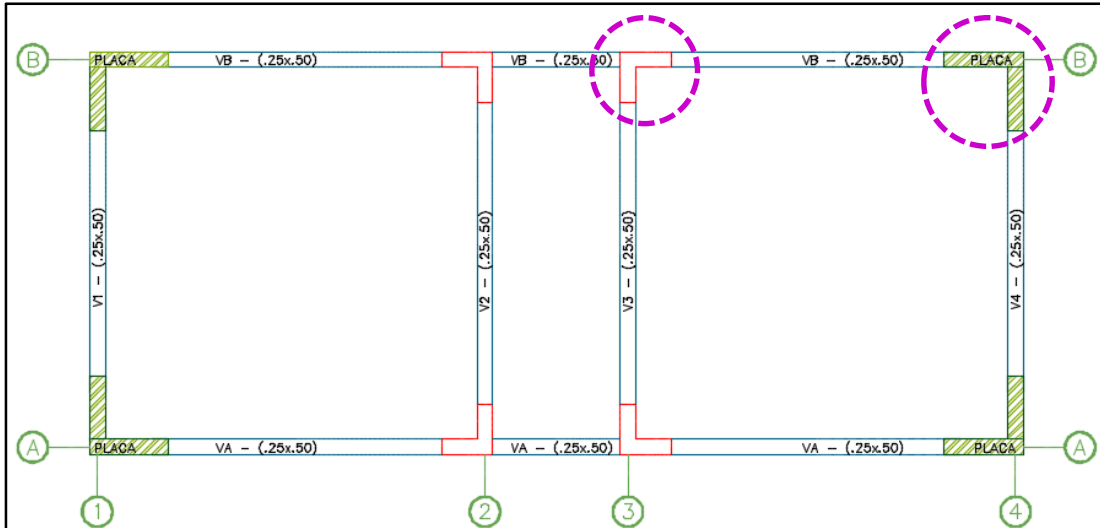


Figura 69: Ubicación de la columna "B3" y la placa "B4"
 Fuente: Elaboración Propia.

5.2.1. COLUMNA EN L "B3"

Tiene una sección en L de 0.80x0.80 m. Para el refuerzo se considera la cuantía mínima de 1%.

A_g : área de la sección= 3375 cm²

Por lo tanto:

$$A_{s\text{requerido}} = 1\% * 3375 = 33.72 \text{ cm}^2$$

Se colocará:

$$A_{s\text{colocado}} = 12 \text{ } \varnothing 3/4'' = 34.08 \text{ cm}^2 \quad (\text{Figura 70})$$

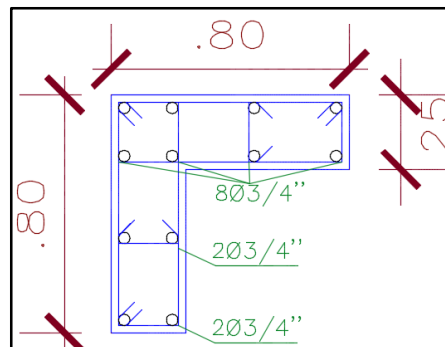


Figura 70: Detallado de acero de la columna "B3" - Sistema dual tipo I

A. DISEÑO POR FLEXOCOMPRESION

Al igual que el ítem 5.1.1., se procede a elaborar el diagrama de interacción tanto para la excentricidad en "x" y excentricidad en "y", donde se ubican los pares obtenidos de las combinaciones de cargas (momentos y cargas axiales). A

continuación se muestra el diagrama de interacción con excentricidad en "x", por ser el más crítico.

Se tienen los siguientes estados de carga (tabla 53):

Tabla 53: Estados de carga en "X" - Columna B3 - Sistema dual tipo I

	CM	CV	CS
P	46.8392	19.1329	39.1997
M	0.07417	-0.01233	-20.12763
V	0.0485	-0.0086	-6.4618

De los cuales se realizan las combinaciones de carga, obteniéndose los momentos y cargas axiales últimas (tabla 54).

Tabla 54: Combinaciones de carga en "X" - Columna B3 - Sistema dual tipo I

COMBINACION	PU	MU
1.4Cm+1.7Cv	98.10	0.12
1.25(Cm+Cv)+Cs	121.66	20.20
1.25(Cm+Cv)-Cs	43.27	-20.05
0.9Cm+Cs	81.35	20.19
0.9Cm-Cs	2.96	-20.06

Se obtiene el diagrama de interacción (figura 71), donde se observa que las fuerzas combinadas últimas se encuentran dentro de la curva de Mu-Pu, comprobándose que el acero colocado es el adecuado.

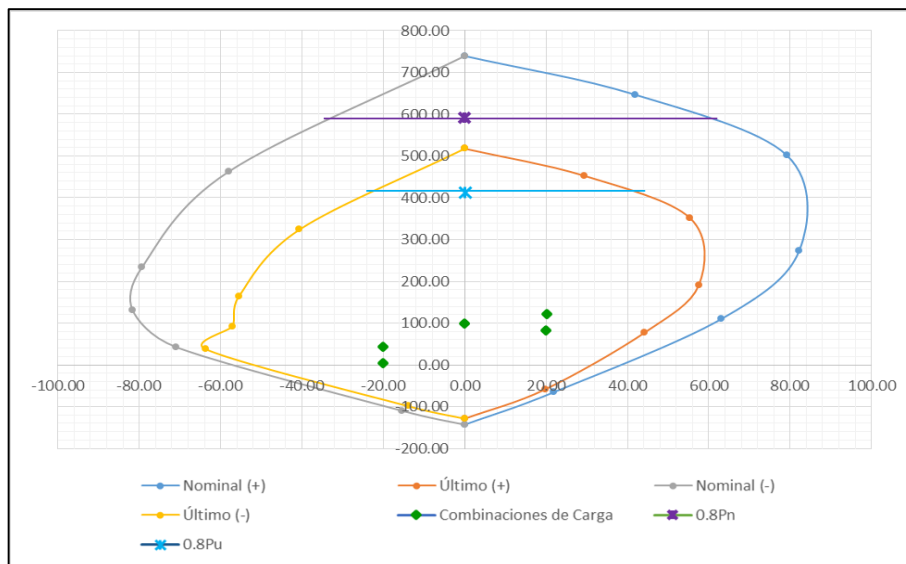


Figura 71: Diagrama de interacción en "X" - Columna B3 - Sistema dual tipo I

B. DISEÑO POR CORTANTE

De acuerdo a la Norma E.060 capítulo 21, para las columnas de edificios con sistema resistente a fuerzas laterales de muros estructurales o dual tipo I; la fuerza de cortante de diseño V_u , de las columnas que resistan efectos sísmicos, se obtiene de los momentos nominales en los extremos de la luz libre del

elemento, que están asociados a la fuerza axial **Pu** que dé como resultado el mayor momento nominal posible - **Método de la capacidad** - (figura 72).

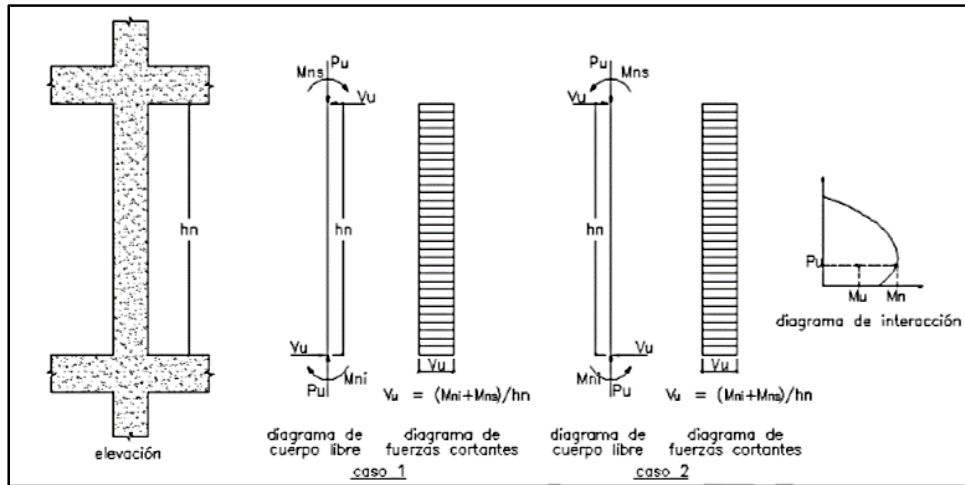


Figura 72: Fuerza cortante de diseño en columnas - Sistema dual tipo I
Fuente: Norma E.060-Concreto Armado.

La fuerza cortante V_u , en función al momento nominal y a la altura es:

$$V_u = 2 * M_n / h$$

Se calcula la fuerza cortante del concreto (V_c) con la siguiente expresión:

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'_c} * \left(1 + \frac{P_u}{140 * A_g} \right) * b_w * d$$

El aporte del acero V_s se calcula mediante la expresión:

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad \phi = 0.85$$

Teniendo un límite de:

$$V_s < 2.1 * \sqrt{f'_c} * b_w * d$$

Por lo tanto el valor del espaciamiento se calcula con la expresión:

$$s = \frac{A_v * f_y * d}{V_s}$$

Además según la norma E.060, para el espaciamiento de estribos se debe tomar en cuenta, que para un sistema muros estructurales o dual tipo I, se colocará según los criterios que se muestra en la tabla 55:

Tabla 55: Requerimientos de estribos en columna – Sistema muros estructurales y dual tipo I

<p>Diagrama de una columna con zonas de confinamiento y espaciamiento de refuerzo. Se muestran las zonas de confinamiento (Lo) en los extremos y la zona central (Espaciamiento de refuerzo) en el centro. Se indican los espaciamientos de refuerzo transversal (So) y longitudinal (Ln/6).</p>	<p>ZONA DE CONFINAMIENTO (Lo)</p>	<p>El mayor valor de :</p> <p>$L_n/6$ Mayor dimensión de la sección 500 mm</p>
	<p>ESPACIAMIENTO DEL REFUERZO (So)</p>	<p>El menor valor de :</p> <p>8db menor dimensión/2 100 mm</p>
	<p>ZONA CENTRAL (Espaciamiento de refuerzo)</p>	<p>El menor valor de :</p> <p>16db 48de menor dimensión</p>

Para la columna “B3”, con las formulas mostradas, se calcula los valores del espaciamiento máximo que se muestra a continuación (tabla 56):

- El diámetro de la barra longitudinal de 3/4” es 1.91 cm.
- Se colocará estribos de diámetro 3/8” (0.95 cm.).
- V_s máx.= 58.96 Ton.

Tabla 56: Diseño por cortante - Columna "B3" – Sistema dual tipo I

PU	Mn	Vu	Vc	Vs	S
121.66	65.00	35.62	18.71	23.19	19.93

- Estribos mínimos (tabla 57):

Tabla 57: Estribos mínimos - Columna "B3" – Sistema dual tipo I

<p>ZONA DE CONFINAMIENTO (Lo)</p>	<p>El mayor valor de :</p> <table border="1"> <tr> <td>$L_n/6$</td> <td>61</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>$B_{máx}$</td> <td>80</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>50 cm</td> <td>50</td> <td>cm</td> </tr> </table> <p>Lo 80 80 cm</p>	$L_n/6$	61	cm	$B_{máx}$	80	cm	50 cm	50	cm
	$L_n/6$	61	cm							
$B_{máx}$	80	cm								
50 cm	50	cm								
<p>El menor valor de :</p> <table border="1"> <tr> <td>$B_{mín}/2$</td> <td>12.50</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>8db</td> <td>15.28</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>10 cm</td> <td>10.00</td> <td>cm</td> </tr> </table> <p>So 10.00 10.00 cm</p>	$B_{mín}/2$	12.50	cm	8db	15.28	cm	10 cm	10.00	cm	
$B_{mín}/2$	12.50	cm								
8db	15.28	cm								
10 cm	10.00	cm								
<p>ZONA CENTRAL (Espaciamiento de refuerzo)</p>	<p>El menor valor de :</p> <table border="1"> <tr> <td>Lado menor</td> <td>25.00</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>16db</td> <td>30.56</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>48de</td> <td>45.60</td> <td>cm</td> </tr> </table> <p>So 25.00 25.00 cm</p>	Lado menor	25.00	cm	16db	30.56	cm	48de	45.60	cm
	Lado menor	25.00	cm							
16db	30.56	cm								
48de	45.60	cm								
<p>El menor valor de :</p> <table border="1"> <tr> <td>$B_{mín}/2$</td> <td>12.50</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>8db</td> <td>15.28</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>10 cm</td> <td>10.00</td> <td>cm</td> </tr> </table> <p>So 10.00 10.00 cm</p>	$B_{mín}/2$	12.50	cm	8db	15.28	cm	10 cm	10.00	cm	
$B_{mín}/2$	12.50	cm								
8db	15.28	cm								
10 cm	10.00	cm								

- El primer estribo se coloca a 5 cm. En conclusión la distribución de estribos es:

$$\varnothing 3/8'' \rightarrow 1@5 \text{ cm}, 8@10 \text{ cm}, \text{resto}@25 \text{ cm}$$

- En los nudos se colocó, estribos de 3/8” cada 15 cm.

5.2.2. PLACA EN L “B4”

Tiene una sección en L de 1.25x1.25 m. con espesor de 0.25 m.

A. DISEÑO POR FLEXOCOMPRESION

Por ser un elemento esbelto ($13.35/1.25 = 10.68 > 1$), se procederá con el diseño por flexocompresión y se calculará el refuerzo vertical a lo largo del muro, concentrándose los mayores esfuerzos en los extremos. Luego se elaborara el diagrama de interacción, donde se ubican los pares obtenidos de las combinaciones de cargas (momentos y cargas axiales). A continuación se muestra el cálculo para la dirección en “y” (tabla 58), por ser el más crítico.

Tabla 58: Estados de carga - Placa B4 - Sistema dual tipo I

	CM	CV	CS
P	54.4164	15.0957	19.2276
M	0.59785	0.00054	81.418
V	0.4574	-0.0008935	15.9266

• DISEÑO DE ELEMENTOS DE BORDE

Se realiza el predimensionamiento con los criterios mencionados en el capítulo 21.9 de la norma E.060, además el elemento de borde se debe extender horizontalmente desde la fibra extrema en compresión hasta una distancia no menor que el mayor valor entre $(c - 0,1l_m)$ y $c/2$. En las secciones con alas, los elementos de borde deben incluir el ancho efectivo del ala en compresión y se deben extender por lo menos 300 mm dentro del alma (figura 73).

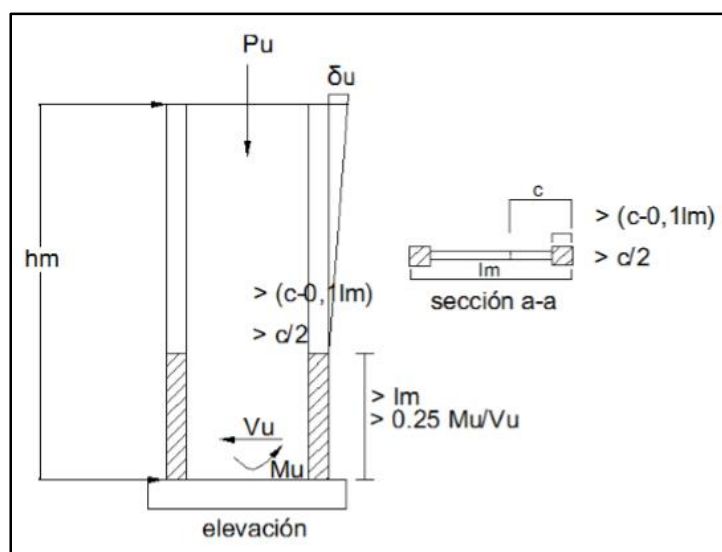


Figura 73: Elementos confinados de borde en muros.
Fuente: Norma E.060-Concreto Armado.

Entonces:

$$c \geq \frac{lm}{600 * \left(\frac{\delta u}{hm}\right)}$$

Donde :

C = profundidad del eje neutro (tabla 59)

Lm = longitud horizontal del muro

δu = desplazamiento lateral inelástico $\rightarrow \delta u/hm$ no debe ser menor que 0.005.

Tabla 59: Dimensionamiento de elementos de borde - Placa B4 - Sistema dual tipo I

	lm	1.25 m
	hm	13.35 m
	δu	0.004523 m
	$\delta u/hm$	0.0003388 \rightarrow 0.005
Profundidad de eje neutro	C	0.45 m
Ancho de borde	c-0.1lm	0.33 m
	c/2	0.23 m
		0.35 m

Para el cálculo de acero se tiene la siguiente expresión:

$$A_s = \frac{Mu}{\phi * f_y * 0.8 * L}$$

$$A_s = \frac{82.17}{0.9 * 4200 * 0.8 * 1.25} = 21.74 \text{ cm}^2$$

Se colocará en los elementos de borde $12\phi 5/8''$ y en la intersección $12\phi 5/8''$.

• ACERO EN EL ALMA

Para la cuantía mínima tanto horizontal y vertical, depende de la cortante última V_u , como se muestra en la tabla 60:

Tabla 60: Cuantías mínimas

	$V_u < 50\% V_c$	$V_u > 50\% V_c$
p mín. horizontal	0.002	0.0025
p mín. Vertical	0.0015	0.0025

Donde:

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'c} * t * d$$

Tabla 61: Acero en el alma - Placa B4 - Sistema dual tipo I

Vu	15.93	tn
Vc	19.20	tn
	Vu>50%Vc	
As mín. horizontal	0.0025*b*h	6.25
As mín. Vertical	0.0025*b*h	6.25

Se colocará varillas de 3/8" cada 20 cm., en ambas caras.

• DIAGRAMA DE INTERACCIÓN

Se tiene las siguientes combinaciones de carga (tabla 62):

Tabla 62: Combinaciones de carga en "Y" - Placa B4 - Sistema dual tipo I

COMBINACION	PU	MU
1.4Cm+1.7Cv	101.85	0.84
1.25(Cm+Cv)+Cs	106.12	82.17
1.25(Cm+Cv)-Cs	67.66	-80.67
0.9Cm+Cs	68.20	81.96
0.9Cm-Cs	29.75	-80.88

Y se elabora el diagrama de interacción (figura 74) con excentricidad en "y".

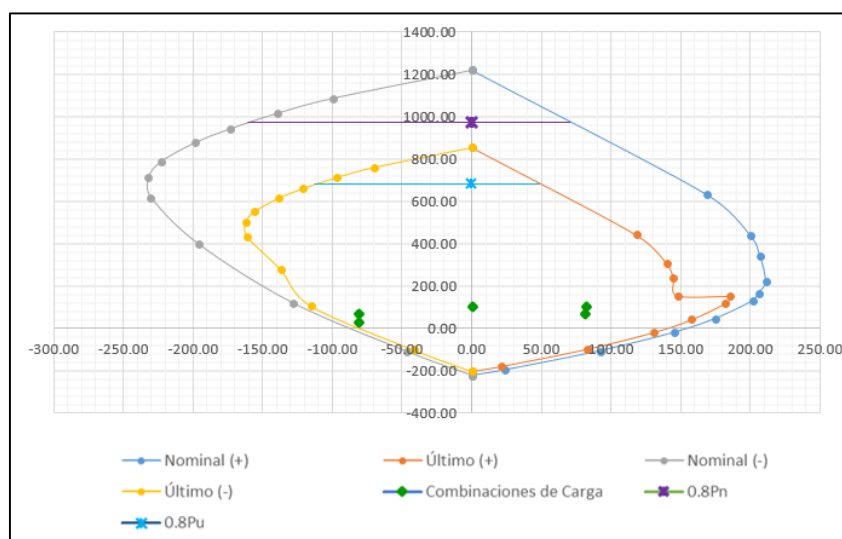


Figura 74: Diagrama de interacción en "Y" - Placa B4 - Sistema dual tipo I

B. DISEÑO POR CORTANTE

• EN EL ALMA

De acuerdo a la Norma E.060 capítulo 11, el diseño de cortante en muros debe cumplir:

$$Vu \leq \phi * Vn$$

$$Vn = Vc + Vs$$

Donde:

V_s = aporte de acero transversal

V_c = aporte del concreto → si: $N_u / A_g < 0.1 \cdot f_c$, entonces $V_c = 0$ (tabla 63)

Tabla 63: Aporte del concreto - Placa B4 - Sistema dual tipo I

$N_u = P_u$	106.12	Ton
A_g	5625	cm ²
f_c	210	kg/cm ²
N_u / A_g		$0.1 \cdot f_c$
18.87	<	21.00
V_c	0	

De acuerdo al capítulo 21.9.5.3 de la norma E.060, señala que la fuerza cortante última debe ajustarse a la capacidad en flexión instalada en el muro:

$$V_u \geq V_{ua} * \left(\frac{M_n}{M_{ua}} \right); \quad \frac{M_n}{M_{ua}} \leq R$$

Donde:

M_{ua} = momento amplificado proveniente del análisis sísmico.

V_{ua} = cortante amplificado proveniente del análisis sísmico.

M_n = momento nominal resistente del muro

Se obtiene la siguiente cortante última (tabla 64):

Tabla 64: Cortante última - Placa B4 - Sistema dual tipo I

V_{ua}	16.50	Ton
M_n	201	Ton.m
M_{ua}	82.17	Ton.m
V_u	40.36	Ton

El aporte del refuerzo será:

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} \quad \phi = 0.85$$

$$V_s = \frac{40.36}{0.85} = 47.48 \text{ tn}$$

Por lo tanto el valor del espaciamiento se calcula con la expresión:

$$s = \frac{A_v * f_y * 0.8 * L}{V_s}$$

$$s = \frac{2 * 1.27 * 4200 * 0.8 * 1.25}{47.48} = 22.47 \text{ cm}$$

Por lo tanto en el alma se colocará acero horizontal de 1/2" espaciados cada 20 cm. Esta disposición se limita a una altura del muro medida desde la base equivalente a l_m , $Mu/4Vu$ o la altura de los dos primeros pisos, la que sea mayor. Finalmente este espaciamiento se colocará a una distancia de 6.60 m. (dos primeros pisos) y para la altura restante el espaciamiento mínimo de 3/8" cada 20 cm

En la figura 75 se muestra la distribución de aceros calculados para la placa B4:

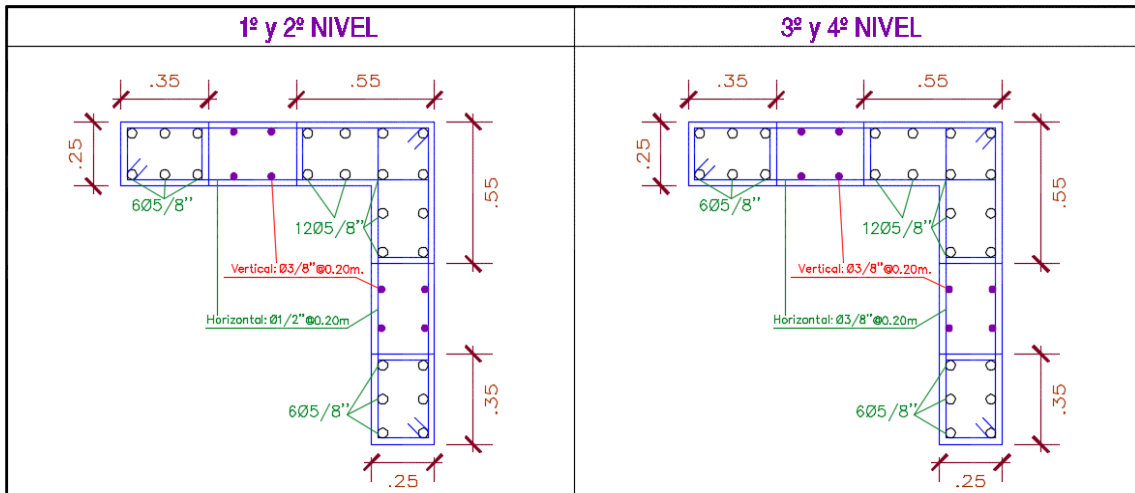


Figura 75: Detallado de acero - Placa B4 - Sistema dual tipo I

• EN EL ELEMENTO DE BORDE

Según la norma E.060 artículo 21.9.7.4(b), donde se requieran elementos confinados de borde, el refuerzo del mismo debe extenderse verticalmente desde la sección crítica a una distancia no menor que el mayor valor entre:

- ✓ $l_m = 1.25 \text{ m.}$
- ✓ $\frac{Mu}{4Vu} = 1.28 \text{ m.}$

Por lo tanto se colocará estribos a una distancia de 1.30 m. (zona de confinamiento), el espaciamiento no debe exceder al menor entre los siguientes valores:

- Diez veces el diámetro de la barra longitudinal confinada de menor diámetro.
- La menor dimensión de la sección transversal del elemento de borde.
- 250 mm.

Para la placa B4, el diámetro de la menor barra longitudinal es 1.59 cm. (5/8"), por lo que se colocará estribos de diámetro de 8 mm (tabla 65).

Tabla 65: Espaciamiento estribos - Placa B4 - Sistema dual tipo I

Bmín	25.00	cm
10db	15.90	cm
25 cm	25.00	cm
So	15.90	15.00 cm

Para la zona no confinada, según el art. 21.9.7.7 de la norma E.060, el espaciamiento máximo de estribos en los elementos de borde, es el menor de los siguientes valores:

- 16 veces el diámetro de la menor barra longitudinal.
- 48 veces el diámetro del estribo
- La menor dimensión de la sección transversal del elemento sometido a compresión.

En la zona no confinada el espaciamiento para estribos de 8 mm. (Tabla 66) es:

Tabla 66: Estribos zona no confinada - Placa B4 - Sistema dual tipo I

Lado menor	25.00	cm
16db	25.44	cm
48de	38.40	cm
So	25.00	25.00 cm

En conclusión se colocará estribos de 8mm en la zona confinada, 1@ 7.5 cm, resto @ 15 cm.; en la zona no confinada @ 25 cm. y en los nudos se colocará @ 15 cm.

5.3. SISTEMA DUAL TIPO II - DISEÑO DE COLUMNAS Y PLACAS

Se presenta el diseño de la columna en L "B3", la placa en L "B4" y la placa rectangular "A'1" (figura 76).

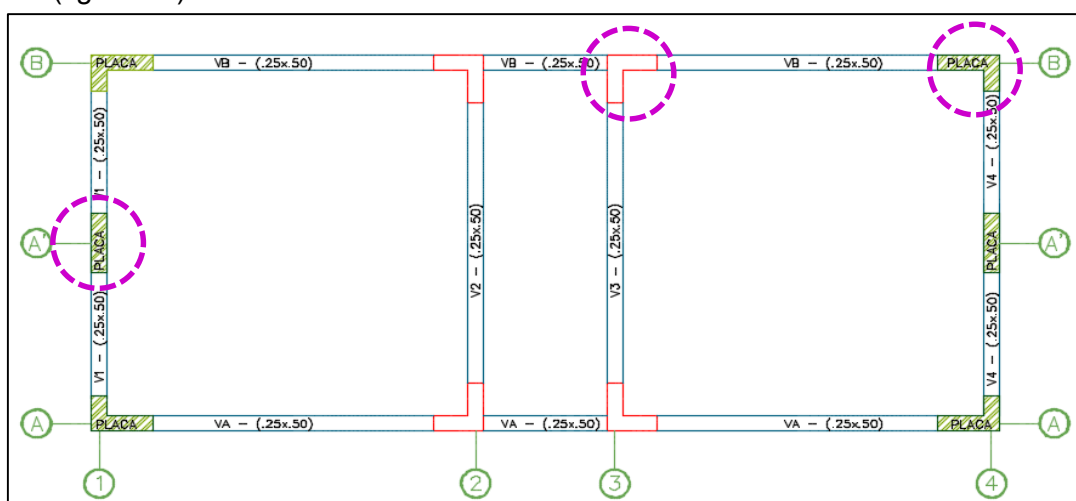


Figura 76: Ubicación de la columna "B3" y las placas "B4" - "A'1"
Fuente: Elaboración Propia.

5.3.1. COLUMNA EN L "B3"

Tiene una sección en L de 0.80x0.80 m. Para el refuerzo se considera la cuantía mínima de 1%.

Ag: área de la sección= 3375 cm²

Por lo tanto:

$$A_{s\text{requerido}} = 1\% * 3375 = 33.72 \text{ cm}^2$$

Se colocará:

$$A_{s\text{colocado}} = 12 \text{ } \varnothing 3/4'' = 34.08 \text{ cm}^2 \quad (\text{Figura 77})$$

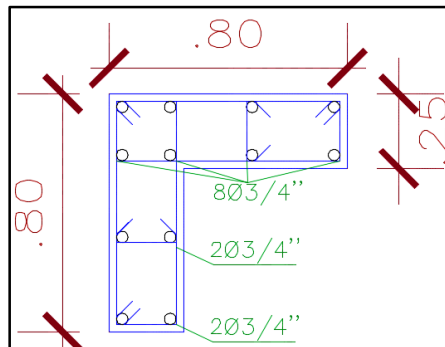


Figura 77: Detallado de acero de la columna "B3" - Sistema dual tipo II

A. DISEÑO POR FLEXOCOMPRESION

Al igual que el ítem 5.1.1., se procede a elaborar el diagrama de interacción, donde se ubican los pares obtenidos de las combinaciones de cargas (momentos y cargas axiales). A continuación se muestra el diagrama de interacción con excentricidad en "x", por ser el más crítico.

Se tienen los siguientes estados de carga (tabla 67):

Tabla 67: Estados de carga en "X" - Columna B3 - Sistema dual tipo II

	CM	CV	CS
P	47.0939	19.2272	46.0999
M	0.08709	-0.00665	-28.7148
V	0.0575	0.0046	-9.628

De los cuales se realizan las combinaciones de carga, obteniéndose los momentos y cargas axiales últimas (tabla 68).

Tabla 68: Combinaciones de carga en "X" - Columna B3 - Sistema dual tipo II

COMBINACION	PU	MU
1.4Cm+1.7Cv	98.62	0.13
1.25(Cm+Cv)+Cs	129.00	28.82
1.25(Cm+Cv)-Cs	36.80	-28.61
0.9Cm+Cs	88.48	28.79
0.9Cm-Cs	-3.72	-28.64

Se obtiene el diagrama de interacción (figura 78), donde se observa que las fuerzas combinadas últimas se encuentran dentro de la curva de Mu-Pu, comprobándose que el acero colocado es el adecuado.

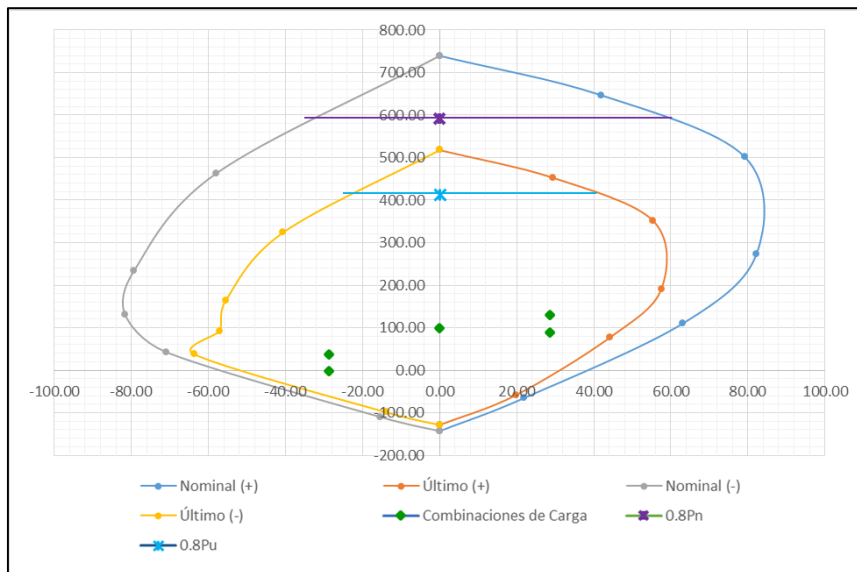


Figura 78: Diagrama de interacción en "X" - Columna B3 - Sistema dual tipo II

B. DISEÑO POR CORTANTE

Para la columna "B3", se realiza de igual forma con las fórmulas mostradas en el ítem 5.1.1. - Diseño por cortante, el cálculo de los valores del espaciamiento máximo se muestra a continuación (tabla 69):

- El diámetro de la barra longitudinal de 3/4" es 1.91 cm.
- Se colocará estribos de diámetro 3/8" (0.95 cm.).
- Vs máx.= 58.96 Ton.

Tabla 69: Diseño por cortante - Columna "B3" – Sistema dual tipo II

PU	Mn	Mpr	Vpr	Vc	Vs	S
129.00	65.00	81.25	44.52	18.94	33.43	13.82

- Estribos mínimos (tabla 70):

Tabla 70: Estribos mínimos - Columna "B3" – Sistema dual tipo II

ZONA DE CONFINAMIENTO (Lo)	El mayor valor de :		
	Ln/6	61	cm
	Bmáx	80	cm
	50 cm	50	cm
	Lo	80	80 cm
ESPACIAMIENTO DEL REFUERZO (So)	El menor valor de :		
	Bmín/3	8.33	cm
	6db	11.46	cm
	10 cm	10.00	cm
	So	8.33	7.50 cm
ZONA CENTRAL (Espaciamiento de refuerzo)	El menor valor de :		
	10db	19.10	cm
	25 cm	25.00	cm
		So	19.10

- El primer estribo se coloca a 5 cm. En conclusión la distribución de estribos es:

$$\varnothing 3/8'' \rightarrow 1@5 \text{ cm}, 10@7.5 \text{ cm}, \text{resto}@17.5 \text{ cm}$$

- En los nudos se colocará, estribos de 3/8" cada 15 cm.

5.3.2. PLACA EN L "B4"

Tiene una sección en L de 0.25x1.00 m. en el eje X, 0.25x0.60 m. en el eje Y.

A. DISEÑO POR FLEXOCOMPRESION

Es un elemento esbelto ($13.35/1.00 = 13.35 > 1$), por lo que se procede con el diseño por flexocompresión al igual que en el ítem 6.2.2., se calculará el refuerzo vertical a lo largo del muro, para luego elaborar el diagrama de interacción. A continuación se muestra el cálculo para la dirección en "x" (tabla 71), por ser el más crítico.

Tabla 71: Estados de carga - Placa B4 - Sistema dual tipo II

	CM	CV	CS
P	38.52	13.5113	9.8554
M	-0.16355	-0.009	-40.02734
V	-0.1162	-0.007	-10.7667

• DISEÑO DE ELEMENTOS DE BORDE

Se realiza el predimensionamiento con los criterios ya mencionados en el ítem 6.2.2 (tabla 72).

Entonces:

$$c \geq \frac{lm}{600 * \left(\frac{\delta u}{hm}\right)}$$

Tabla 72: Dimensionamiento de elementos de borde - Placa B4 - Sistema dual tipo II

	lm	1	m
	hm	13.35	m
	δu	0.00745	m
	$\delta u/hm$	0.00055805	→ 0.005
Profundidad de eje neutro	C	0.35	m
Ancho de borde	c-0.1lm	0.25	m
	c/2	0.18	m
		0.25	m

El cálculo de acero se tiene la siguiente expresión:

$$A_s = \frac{Mu}{\phi * f_y * 0.8 * L} = \frac{40.24}{0.9 * 4200 * 0.8 * 1} = 13.31 \text{ cm}^2$$

Se colocará en los elementos de borde $8\phi 3/4$ " y en la dirección "y" en total $8\phi 3/4$ ".

• ACERO EN EL ALMA

Se utilizará la cuantía mínima tanto horizontal y vertical (tabla 73):

Tabla 73: Acero en el alma - Placa B4 - Sistema dual tipo II

Vu	10.77	tn	
Vc	15.36	tn	
	Vu > 50%Vc		
As mín. horizontal	0.0025*b*h	6.25	cm ²
As mín. Vertical	0.0025*b*h	6.25	cm ²

Se colocará varillas de 3/8" cada 20 cm., en ambas caras.

• DIAGRAMA DE INTERACCIÓN

Se tiene las siguientes combinaciones de carga (tabla 74):

Tabla 74: Combinaciones de carga en "X" - Placa B4 - Sistema dual tipo II

COMBINACION	PU	MU
1.4Cm+1.7Cv	76.90	0.24
1.25(Cm+Cv)+Cs	74.89	40.24
1.25(Cm+Cv)-Cs	55.18	-39.81
0.9Cm+Cs	44.52	40.17
0.9Cm-Cs	24.81	-39.88

Y se elabora el diagrama de interacción con excentricidad en "x" (figura 79).

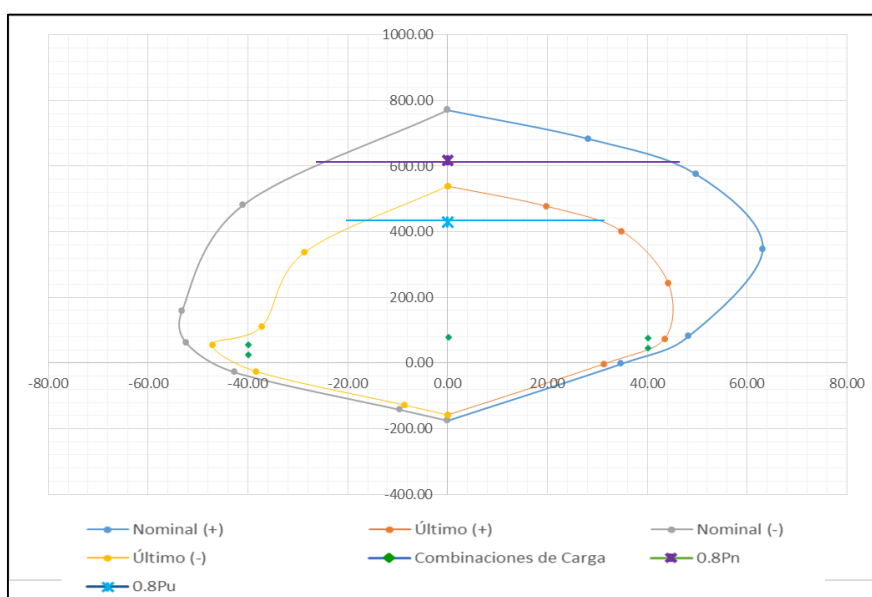


Figura 79: Diagrama de interacción en "X" - Placa B4 - Sistema dual tipo II

B. DISEÑO POR CORTANTE

• EN EL ALMA

El diseño de cortante en muros debe cumplir:

$$V_u \leq \phi * V_n$$

$$V_n = V_c + V_s$$

Donde:

V_s = aporte de acero transversal

V_c = aporte del concreto → si: $N_u / A_g < 0.1 * f_c$, entonces $V_c = 0$ (tabla 75)

Tabla 75: Aporte del concreto - Placa B4 - Sistema dual tipo II

Nu=Pu	76.90	Ton
Ag	3375	cm ²
f _c	210	kg/cm ²
Nu/Ag		0.1*f _c
20.78	<	21.00
V _c	0	

La fuerza cortante última debe ajustarse a la capacidad en flexión instalada en el muro:

$$V_u \geq V_{ua} * \left(\frac{M_n}{M_{ua}} \right)$$

Donde:

M_{ua} = momento amplificado proveniente del análisis sísmico.

V_{ua} =cortante amplificado proveniente del análisis sísmico.

M_n = momento nominal resistente del muro

Se obtiene la siguiente cortante última (tabla 76):

Tabla 76: Cortante última - Placa B4 - Sistema dual tipo II

V _{ua}	10.92	Ton
M _n	48	Ton.m
M _{ua}	40.24	Ton.m
V _u	13.03	Ton

El aporte del refuerzo será:

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} \quad \phi = 0.85$$

$$V_s = \frac{13.03}{0.85} = 15.32 \text{ tn}$$

Por lo tanto el valor del espaciamiento se calcula con la expresión:

$$s = \frac{A_v * f_y * 0.8 * L}{V_s}$$

$$s = \frac{2 * 0.71 * 4200 * 0.8 * 1}{15.32} = 31.13 \text{ cm}$$

Como excede al máximo espaciamiento, se colocará en el alma acero horizontal de 3/8" espaciados cada 20 cm., tal como había salido en el cálculo con la cuantía mínima.

En la figura 80 se muestra la distribución de aceros calculados para la placa B4:

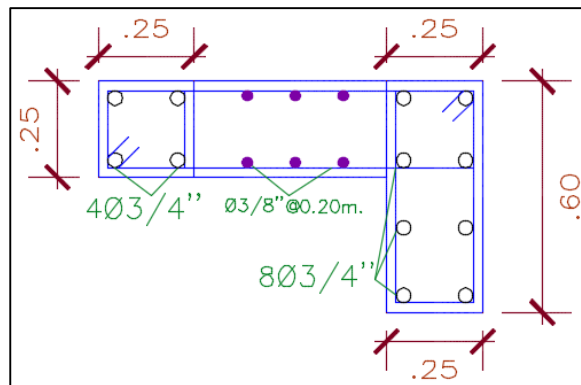


Figura 80: Detallado de acero - Placa B4 - Sistema dual tipo II

• EN EL ELEMENTO DE BORDE

Donde se requieran elementos confinados de borde, el refuerzo del mismo debe extenderse verticalmente desde la sección crítica a una distancia no menor que el mayor valor entre:

- ✓ $l_m = 1.00 \text{ m.}$
- ✓ $\frac{M_u}{4V_u} = 0.92 \text{ m.}$

Se colocará estribos a una distancia de 1.00 m. (zona de confinamiento); para la placa B4, el diámetro de la menor barra longitudinal es 1.91 cm. (3/4"), por lo que se colocará estribos de diámetro de 3/8" (tabla 77).

Tabla 77: Espaciamiento estribos - Placa B4 - Sistema dual tipo II

Bmín	25.00	cm
10db	19.10	cm
25 cm	25.00	cm
So	19.10	17.50 cm

Para la zona no confinada, se tomó el criterio del refuerzo vertical de columnas para un sistema dual tipo II, el espaciamiento máximo de estribos en los elementos de borde, es el menor de los siguientes valores:

- 10 veces el diámetro de la menor barra longitudinal.
- 25 cm.

En la zona no confinada el diámetro del estribo es 0.95 cm (3/8"). (Tabla 78)

Tabla 78: Estribos zona no confinada - Placa B4 - Sistema dual tipo II

10db	19.10	cm
25 cm	25.00	cm
So	19.10	17.50 cm

En conclusión se colocará estribos de 3/8" en la zona confinada, 1@ 7.5 cm, resto @ 17.5 cm.; en la zona no confinada @ 17.5 cm. y en los nudos se colocará @ 15 cm.

5.3.3. PLACA RECTANGULAR "A'1"

Se seguirá el mismo procedimiento que en el ítem 5.3.2., tanto para el diseño a flexo compresión como el de corte. La placa "A'1" Tiene una sección rectangular de 0.25x1.00 m.

A. DISEÑO POR FLEXOCOMPRESION

Es un elemento esbelto (13.35/1.00= 13.35 > 1), por lo que se procede con el diseño por flexo compresión. A continuación se muestra el cálculo para la dirección en "y" (tabla 79), por ser el más crítico.

Tabla 79: Estados de carga - Placa A'1 - Sistema dual tipo II

	CM	CV	CS
P	24.0566	2.9802	0.0021
M	0.000008713	0.00000127	-40.05148
V	0.0000121	-0.00000248	-13.7443

• DISEÑO DE ELEMENTOS DE BORDE

Se realiza el predimensionamiento con los criterios ya mencionados anteriormente.

Entonces:

$$c \geq \frac{lm}{600 * \left(\frac{\delta u}{hm}\right)} \quad (\text{tabla 80})$$

Tabla 80: Dimensionamiento de elementos de borde - Placa A'1 - Sistema dual tipo II

	lm	1	m
	hm	13.35	m
	δu	0.0104528	m
	$\delta u/hm$	0.000783	→ 0.005
Profundidad de eje neutro	c	0.35	m
Ancho de borde	c-0.1lm	0.25	m
	c/2	0.18	m
		0.25	m

El cálculo de acero se tiene la siguiente expresión:

$$A_s = \frac{Mu}{\phi * f_y * 0.8 * L}$$

$$A_s = \frac{40.05}{0.9 * 4200 * 0.8 * 1} = 13.24 \text{ cm}^2$$

Se colocará en los elementos de borde 8 ϕ 5/8”.

- ACERO EN EL ALMA**

Se utilizará la cuantía mínima tanto horizontal y vertical (tabla 81):

Tabla 81: Acero en el alma - Placa A'1 - Sistema dual tipo II

	Vu	13.74	tn
	Vc	15.36	tn
		Vu>50%Vc	
As mín. horizontal	0.0025*b*h	6.25	cm ²
As mín. Vertical	0.0025*b*h	6.25	cm ²

Se colocará varillas de 3/8” cada 20 cm., en ambas caras.

- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN**

Se tiene las siguientes combinaciones de carga (tabla 82):

Tabla 82: Combinaciones de carga - Placa A'1 - Sistema dual tipo II

COMBINACION	PU	MU
1.4Cm+1.7Cv	38.75	0.00
1.25(Cm+Cv)+Cs	33.80	40.05
1.25(Cm+Cv)-Cs	33.79	-40.05
0.9Cm+Cs	21.65	40.05
0.9Cm-Cs	21.65	-40.05

Y se elabora el diagrama de interacción (figura 81).

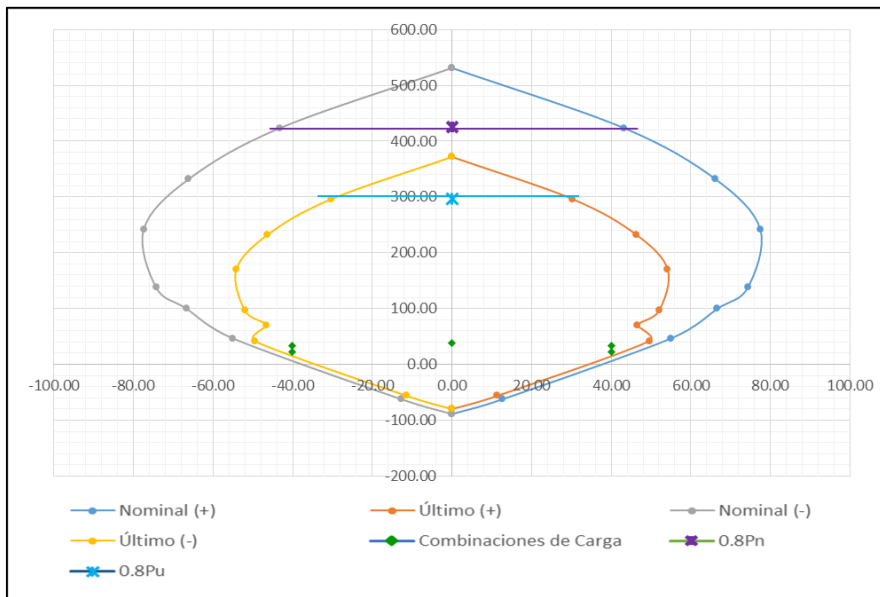


Figura 81: Diagrama de interacción - Placa A'1 - Sistema dual tipo II

B. DISEÑO POR CORTANTE

• EN EL ALMA

El diseño de cortante en muros debe cumplir:

$$V_u \leq \phi * V_n$$

$$V_n = V_c + V_s$$

Donde:

V_s = aporte de acero transversal

V_c = aporte del concreto \rightarrow si: $N_u / A_g < 0.1 * f'_c$, entonces $V_c = 0$

Tabla 83: Aporte del concreto - Placa A'1 - Sistema dual tipo II

$N_u = P_u$	38.75	Ton
A_g	2500	cm ²
f'_c	210	kg/cm ²
N_u / A_g		$0.1 * f'_c$
	15.50	< 21.00
V_c	0	

La fuerza cortante última debe ajustarse a la capacidad en flexión instalada en el muro:

$$V_u \geq V_{ua} * \left(\frac{M_n}{M_{ua}} \right)$$

Donde:

Mua= momento amplificado proveniente del análisis sísmico.

Vua=cortante amplificado proveniente del análisis sísmico.

Mn= momento nominal resistente del muro

Se obtiene la siguiente cortante última (tabla 84):

Tabla 84: Cortante última - Placa A'1 - Sistema dual tipo II

Vua	13.74	Ton
Mn	52	Ton.m
Mua	40.05	Ton.m
Vu	17.84	Ton

El aporte del refuerzo será:

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} \quad \phi = 0.85$$

$$V_s = \frac{17.84}{0.85} = 20.99 \text{ tn}$$

Por lo tanto el valor del espaciamiento se calcula con la expresión:

$$s = \frac{A_v * f_y * 0.8 * L}{V_s} = \frac{2 * 0.71 * 4200 * 0.8 * 1}{20.99} = 22.73 \text{ cm}$$

Se colocará en el alma acero horizontal de 3/8" espaciados cada 20 cm., tal como había salido en el cálculo con la cuantía mínima.

En la figura 82 se muestra la distribución de aceros calculados para la placa A'1:

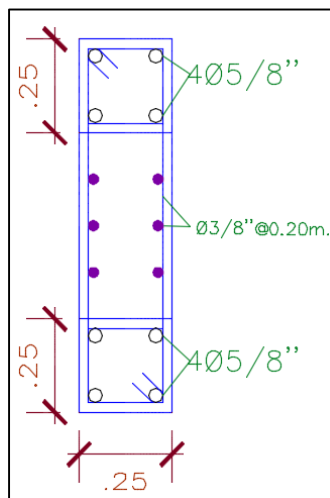


Figura 82: Detallado de acero - Placa A'1 - Sistema dual tipo II

- **EN EL ELEMENTO DE BORDE**

En elementos confinados de borde, el refuerzo del mismo debe extenderse verticalmente desde la sección crítica a una distancia no menor que el mayor valor entre:

- ✓ $l_m = 1.00 \text{ m.}$
- ✓ $\frac{M_u}{4V_u} = 0.73 \text{ m.}$

Se colocará estribos a una distancia de 1.00 m. (zona de confinamiento); para la placa A'1 el diámetro de la menor barra longitudinal es 1.59 cm. (5/8"), por lo que se colocará estribos de diámetro de 3/8", por ser un sistema dual tipo II, el espaciamiento no debe exceder al menor entre los siguientes valores (tabla 85):

Tabla 85: Espaciamiento estribos - Placa A'1 - Sistema dual tipo II

B _{mín}	25.00	cm
10db	15.90	cm
25 cm	25.00	cm
So	15.90	15.00 cm

Para la zona no confinada, se tomó el criterio del refuerzo vertical de columnas para un sistema dual tipo II, al igual que en el ítem 6.3.2., el espaciamiento máximo de estribos en los elementos de borde, es el menor de los siguientes valores:

- 10 veces el diámetro de la menor barra longitudinal.
- 25 cm.

En la zona no confinada el diámetro del estribo es 0.95 cm (3/8"). (Tabla 86)

Tabla 86: Estribos zona no confinada - Placa A'1 - Sistema dual tipo II

10db	15.90	cm
25 cm	25.00	cm
So	15.90	15.00 cm

En conclusión se colocará estribos de 3/8" en la zona confinada, 1 @ 7.5 cm, resto @ 15 cm.; en la zona no confinada @ 15 cm. y en los nudos se colocará @ 15 cm.

CAPÍTULO VI CIMENTACIÓN

La cimentación transmite las cargas de la estructura al suelo; debido a que la resistencia del suelo es menor a la del concreto, la cimentación tiene mayor área que su respectiva columna o muro, permitiéndole así reducir los esfuerzos que se transmiten.

En este capítulo se tratará del análisis de las alternativas de cimentación en cada configuración estructural planteada, eligiendo las más óptimas para su diseño y comparación de costos; y por último se realizará la comparación de los resultados entre las tres configuraciones estructurales.

6.1. ALTERNATIVAS DE CIMENTACIÓN

Se buscará el tipo de cimentación que satisfaga adecuadamente la transmisión de cargas axiales y momentos flectores de las columnas y placas al suelo, de acuerdo a su configuración estructural.

El dimensionamiento de la cimentación está en función de la capacidad portante del suelo, la profundidad de cimentación y los resultados obtenidos del análisis estructural en "*Estado de Servicio*", teniendo como fin que el área de contacto sea capaz de transmitir esfuerzos de aplastamiento y estos sean menores a la capacidad admisible del suelo.

Para el diseño de la cimentación se utilizará las “Cargas últimas”, en el cual se busca que la cimentación sea capaz de resistir esfuerzos de corte, punzonamiento y flexión según sea el caso.

Según Peck (2004) el tipo de cimentación más adecuado depende de varios factores:

- Su función.
- Las cargas que debe soportar.
- Las condiciones del suelo.
- Costo de la cimentación.

En este caso la edificación se encuentra ubicado en el distrito de Huancayo, sobre un terreno arcilloso, de capacidad portante de 1.27 kg/cm². Además se indica que los linderos de la estructura que corresponden al eje “A” limita con la vía pública y por el eje “1” es de otro propietario.

A continuación se presenta las opciones de cimentación para cada configuración estructural:

6.1.1. SISTEMA APORTICADO

Se comenzará planteando las dimensiones de la cimentación, las que se irán descartando hasta conseguir las más adecuadas, luego se realizará el diseño y un comparativo en cuanto a costos de cimentación de las alternativas seleccionadas, para finalmente definir el tipo de cimentación más óptima y económica de esta configuración estructural.

Del análisis estructural se obtiene los resultados de cargas axiales y momentos flectores que se muestran en las siguientes tablas y en la figura 83:

- Para el eje “X-X” (tabla 87):

Tabla 87: Cargas axiales y momentos flectores - Eje "X-X" - Sistema Aporticado

EJE		CARGAS DE GRAVEDAD				CARGAS DE SISMO "X"	
		Pm	Pv	Mm	Mv	Ps	Ms
1	A	40.98	13.91	0.15	0.01	-8.91	-25.87
	A'	15.68	2.17	0.00	0.00	-2.21	-0.99
	B	40.98	13.91	0.15	0.01	-8.90	-25.88
2	A	47.23	19.23	-0.10	0.01	-43.35	-29.66
	B	47.23	19.23	-0.10	0.01	-43.35	-29.65
3	A	47.23	19.23	0.10	-0.01	43.35	-29.65
	B	47.23	19.23	0.10	-0.01	43.35	-29.66
4	A	40.98	13.91	-0.15	-0.01	8.90	-25.88
	A'	15.68	2.17	0.00	0.00	2.21	-0.99
	B	40.98	13.91	-0.15	-0.01	8.91	-25.87

- Para el eje "Y-Y" (tabla 88):

Tabla 88: Cargas axiales y momentos flectores - Eje "Y-Y" - Sistema Aporticado

EJE		CARGAS DE GRAVEDAD				CARGAS DE SISMO "Y"	
		Pm	Pv	Mm	Mv	Ps	Ms
A	1	40.98	13.91	-0.15	0.04	-27.09	28.22
	2	47.23	19.23	-0.14	0.00	-11.59	27.44
	3	47.23	19.23	-0.14	0.00	-11.59	27.45
	4	40.98	13.91	-0.15	0.04	-27.08	28.21
B	1	40.98	13.91	0.15	-0.04	27.08	28.21
	2	47.23	19.23	0.14	0.00	11.59	27.45
	3	47.23	19.23	0.14	0.00	11.59	27.44
	4	40.98	13.91	0.15	-0.04	27.09	28.22
A'	1	15.68	2.17	0.00	0.00	0.002	7.00
	4	15.68	2.17	0.00	0.00	-0.002	7.00

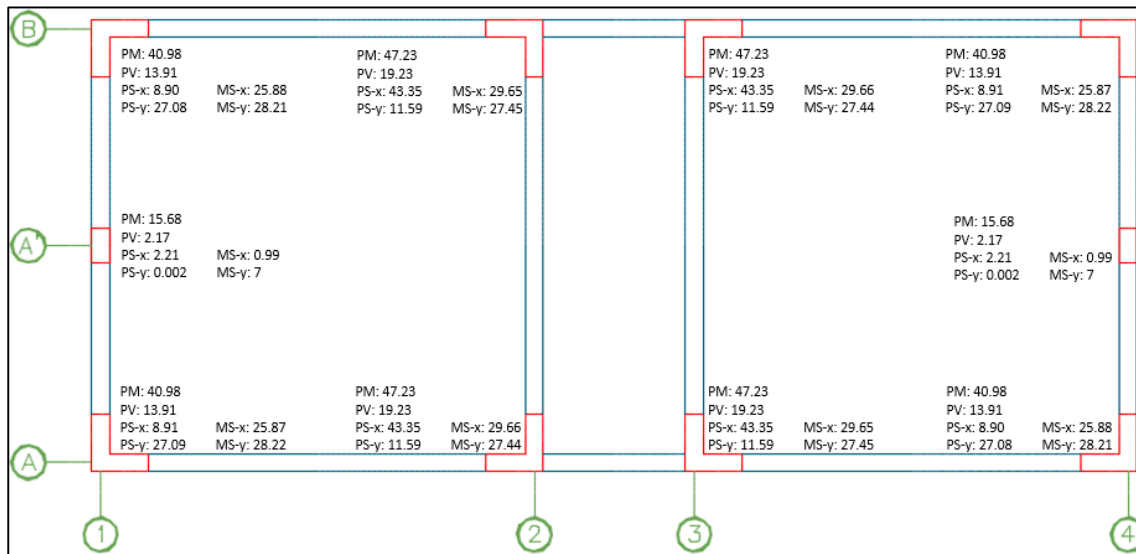


Figura 83: Cargas axiales y momentos flectores de cada soporte estructural - Sistema Aporticado

6.1.1.1. DIMENSIONAMIENTO

A. ZAPATA AISLADA

Primero se halla un área tentativa, usando la siguiente fórmula:

$$A = \frac{(Pm + Pv) + P. \text{ propio zapata}}{q'}$$

Para el peso propio de la zapata, debido a que todavía no se tiene las dimensiones de esta y la estructura se encuentra sobre un suelo blando, se asume un valor de 10% del peso de servicio (Pm+Pv), por lo tanto la fórmula para el cálculo del área tentativa de la zapata quedará de la siguiente manera:

$$A = \frac{(Pm + Pv) * fs}{q'}$$

Donde:

P_m: carga axial de la carga muerta.

P_v: carga axial de la carga viva.

F_s: factor de estimación para suelo blando = 1.1 (incremento del 10% del peso de servicio)

q': capacidad admisible disminuida en 3 ton/m², previniendo la presencia de momentos en la base, q'=9.7 ton/m².

Luego las áreas tentativas son verificadas para su distribución de presiones (figura 84) con las siguientes expresiones:

$$\sigma_1 = \frac{\Sigma P * F_s}{B * L} + \frac{6 * M}{B * L^2} \qquad \sigma_2 = \frac{\Sigma P * F_s}{B * L} - \frac{6 * M}{B * L^2}$$

Donde:

P: carga axial en estado de servicio.

F_s: factor de estimación para suelo blando = 1.1

B: ancho de la zapata.

L: longitud de la zapata.

M: momento flector en estado de servicio.

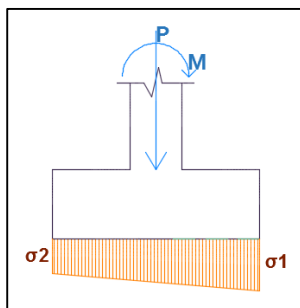


Figura 84: Distribución de presiones de contacto

La norma E.060 permite considerar un incremento del 30% en el valor de la capacidad admisible del suelo para estados de carga en los que intervienen cargas temporales, tales como sismo o viento. Considerando esto:

$$Q_{adm. Incrementado} = 1.3 * (12.7) = 16.51 \text{ ton/m}^2$$

En la tabla 89 se muestra las dimensiones y los esfuerzos producidos en el suelo de las columnas B1, B2, B3 y A'1; por ser una estructura simétrica los resultados serán similares para las columnas A1, A2, A3, A4, B4 y A'4.

Tabla 89: Dimensionamiento y esfuerzo producidos en la zapata aislada - Sistema aporticado

	COL. B1	COL. B2	COL. B3	COL. A'1
P (ton.)	54.89	66.46	66.46	17.85
Área (m ²)	6.22	7.54	7.54	2.02
L (m.)	2.85	3.10	3.10	1.75
B (m.)	2.85	3.10	3.10	1.50
σ_1 (ton/m ²)	16.22	16.35	16.36	14.79
σ_2 (ton/m ²)	4.52	6.80	6.80	0.17

Con las dimensiones encontradas, se dibuja las áreas tentativas de cimentación de cada soporte estructural (figura 85).

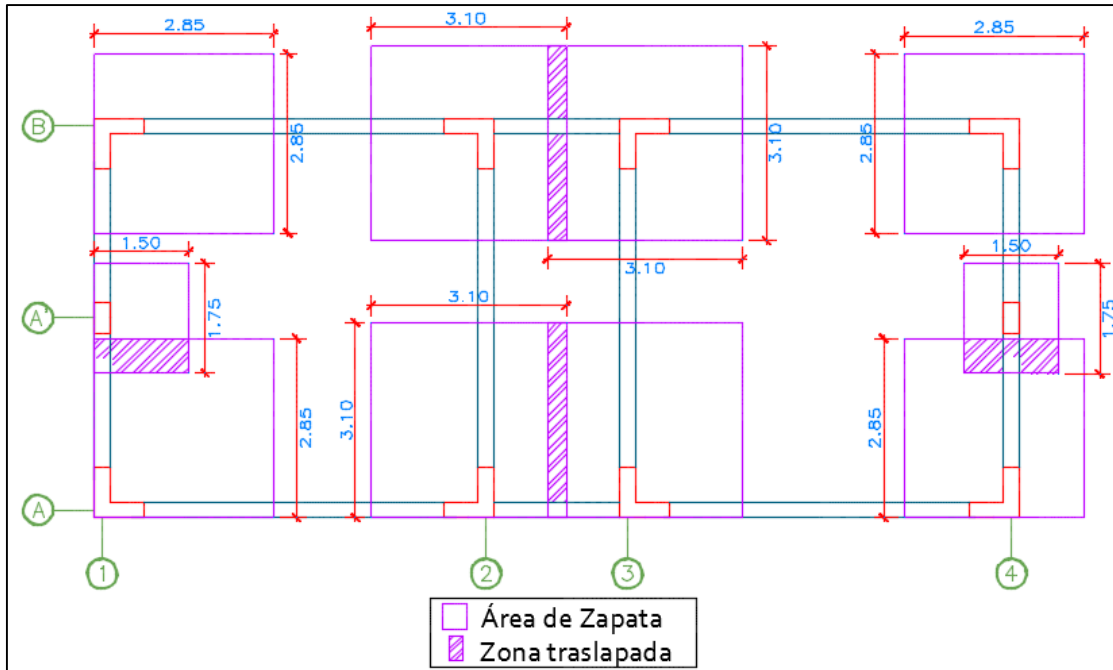


Figura 85: Área de contacto zapata aislada - Sistema aporticado

Se observa que las zapatas se traslapan, por lo tanto esta alternativa se descarta y se procede a plantear zapatas combinadas.

B. ZAPATA COMBINADA

Al superponerse las zapatas aisladas, se combinó las zapatas de las columnas B2-B3 y las columnas A1-A'1-B1; de igual manera por ser simétrico los resultados serán los mismos para las zapatas combinadas de las columnas A2-A3 y A4-A'4-B4. El cálculo de las dimensiones es similar al de una zapata aislada; por lo tanto se obtiene (tabla 90):

Tabla 90: Dimensionamiento y esfuerzo producidos en la zapata combinada - Sistema aporticado

	Área (m ²)	L (m.)	B (m.)	σ_1 (ton/m ²)	σ_2 (ton/m ²)
ZAPATA COMBINADA B2-B3	16.44	5.60	3.20	16.38	10.71
ZAPATA COMBINADA A1-A'1-B1	15.79	6.35	2.45	16.27	10.11

Para las zapatas combinadas A1-A'1-B1 y A4-A'4-B4, se busca que el centro de cargas de las columnas coincida con el centro de gravedad de la zapata para evitar excentricidad en la dirección "y", motivo por el cual estas zapatas no presentan volados en dicha dirección.

Con las dimensiones encontradas, en la figura 86 se muestra las áreas tentativas de cimentación de los soportes estructurales:

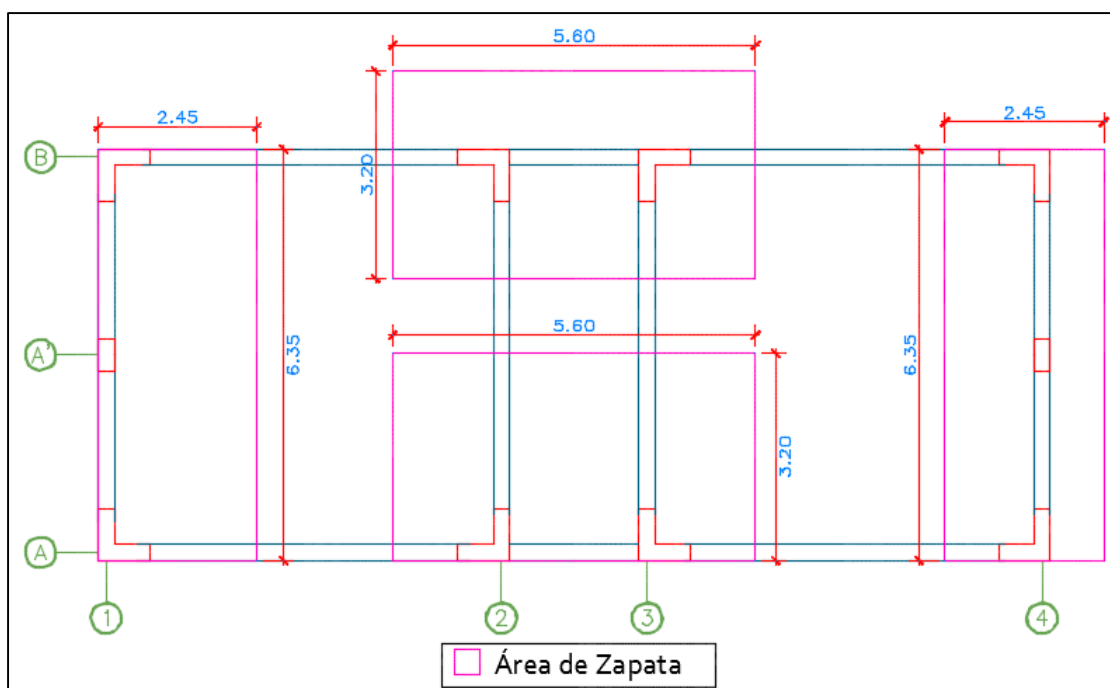


Figura 86: Área de contacto zapata combinada - Sistema aporticado

La suma de las áreas de contacto de las zapatas equivale el 72% del área del terreno, lo cual supera ampliamente el 50% de la superficie cubierta por la estructura, que según Terzaghi (1973) al suceder este caso se dispone a plantear una losa de cimentación.

C. LOSA DE CIMENTACIÓN

Una losa de cimentación es una zapata combinada que cubre toda el área que queda debajo de la estructura.

Al tener una superficie rectangular, para la verificación de las presiones de contacto de la losa de cimentación (tabla 91), se realizará con las mismas expresiones indicadas para la zapata aislada.

Tabla 91: Área y esfuerzo producidos en la losa de cimentación - Sistema aporticado

	Área (m ²)	L (m.)	B (m.)	σ_1 (ton/m ²)	σ_2 (ton/m ²)
LOSA DE CIMENTACIÓN	93.35	14.70	6.35	9.68	8.11

Para no presentar excentricidades, el centro de cargas de las columnas coincide con el centro de gravedad de la losa de cimentación, motivo por el cual no se tiene volados en ninguna de las direcciones (figura 87).

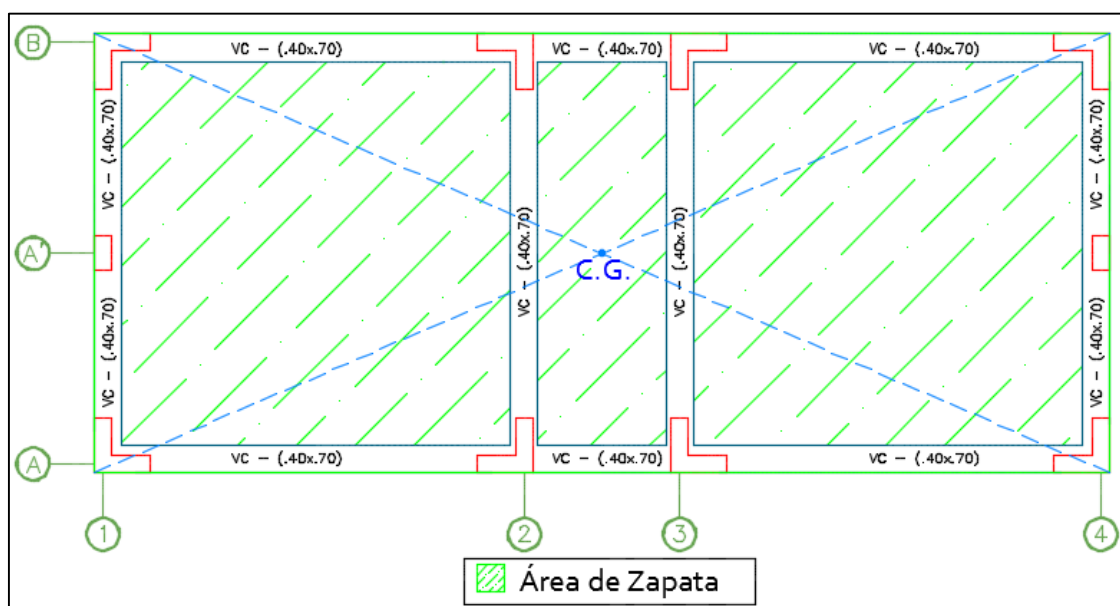


Figura 87: Área de contacto losa de cimentación - Sistema aporticado

Este tipo de cimentación si es óptima para la estructura, sin embargo para realizar una comparación económica respecto a la cimentación, se planteará una cimentación continua reticular.

D. ZAPATA CONTINUA RETICULAR

La zapata reticular es la unión de zapatas continuas que soportan las columnas las cuales se intersectan formando ángulos rectos (Nilson, 1999).

Para este tipo de zapata se procedió con calcular las áreas de las zapatas continuas en cada eje y unir las para obtener la zapata reticular, la cual para su verificación de esfuerzos en el suelo se emplea las siguientes expresiones:

$$\sigma_1 = \frac{\Sigma P * F_s}{A} + \frac{M * c}{I} \quad \sigma_2 = \frac{\Sigma P * F_s}{A} - \frac{M * c}{I}$$

Donde:

ΣP : sumatoria de cargas axiales (en estado de servicio).

F_s : factor de estimación para suelo blando = 1.2 (debido a que todavía no se tiene el peso propio de la zapata, para un suelo blando se asume un valor del 20% del peso de servicio).

A : área total de la cimentación.

- c: profundidad del eje neutro desde la fibra más comprimida.
- M: momentos flectores.
- I: inercia de la cimentación.

Al igual que en la losa de cimentación, se busca que el centro de cargas de las columnas coincida con el centro de gravedad de la zapata (figura 88), para así evitar excentricidades, motivo por el cual la zapata no presenta volados hacia ninguno de las direcciones.

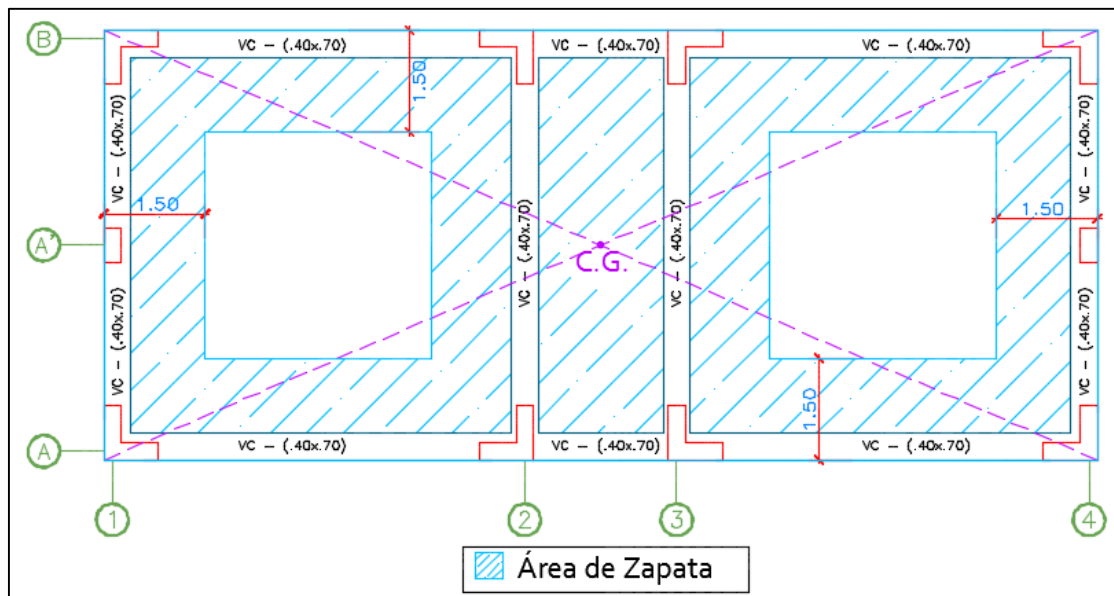


Figura 88: Área de contacto zapata continua reticular - Sistema aporticado

En la tabla 92 se muestra los esfuerzos producidos por la cimentación reticular:

Tabla 92: Esfuerzo producidos en la zapata reticular - Sistema aporticado

		EN X		EN Y	
Área (m ²)		I _{xx} (m ⁴)		I _{yy} (m ⁴)	
ZAPATA RETICULAR	70.90	292.67		1268.69	
		σ ₁ (ton/m ²)	σ ₂ (ton/m ²)	σ ₁ (ton/m ²)	σ ₂ (ton/m ²)
		12.75	10.67	12.97	8.86

Se observa que los esfuerzos producidos en el suelo son menores al esfuerzo admisible de 16.51 ton/m². Por lo tanto este tipo de cimentación también es óptima para la estructura.

6.1.1.2. DISEÑO

Se realizará el diseño de los dos tipos de cimentación planteados en el ítem anterior que satisfacen adecuadamente la transmisión de cargas y momentos al suelo, que son la zapata continua reticular y la losa de cimentación.

El diseño será para la zapata continua reticular con viga y sin viga de cimentación, y para la losa de cimentación con viga y sin viga de cimentación.

6.1.1.2.1. ZAPATA CONTINUA RETICULAR

Para el diseño se utilizan las cargas últimas, el cual el factor de amplificación se calcula de acuerdo a las combinaciones de carga según la norma E.060 son:

$$1.4CM + 1.7CV$$

$$1.25(CM + CV) \pm CS$$

$$0.9CM \pm CS$$

De estas cinco combinaciones se obtiene el factor de amplificación para la zapata reticular:

$$f_{x-x} = 1.19$$

$$f_{y-y} = 1.22$$

Por lo tanto la carga de diseño será (tabla 93):

$$Q \text{ diseño} = \sigma_{mayor} * f$$

Tabla 93: Carga de diseño - Zapata continua reticular - Sistema aporticado

Q diseño	EN X	15.17	ton/m
	EN Y	15.77	ton/m

Se utilizará la carga de diseño más desfavorable, en este caso es 15.77 ton/m.

A. Sin viga de cimentación:

Para definir el peralte de la losa, se verifica la fuerza cortante actuando como viga y actuando como losa (punzonamiento).

Se asume un peralte de losa de 65 cm.

- **Verificación por cortante**

Se calcula la cortante resistente del concreto con la siguiente expresión:

$$\phi Vc = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

Donde:

f'c: resistencia a la compresión del concreto = 210 kg/cm²

b: base de la zapata, se considerará una base de 100 cm.

d: peralte efectivo de la zapata, $h-10= 55$ cm.

$$\phi V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 100 * 55 = \mathbf{35.91 \text{ ton}}$$

En la figura 89 se muestra el diagrama de fuerzas cortantes, luego se calcula la cortante crítica “Vud” (tabla 94) a una distancia “d” de la cara de los apoyos, los cuales tiene que ser menor al ϕV_c .

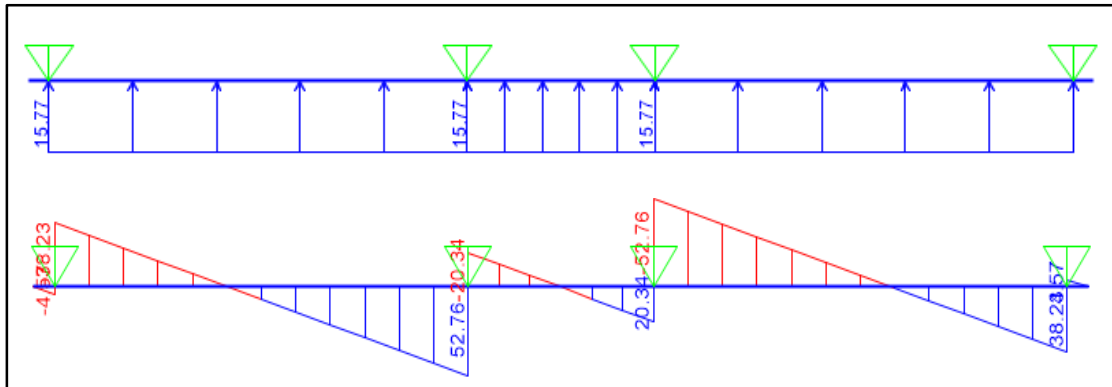


Figura 89: DFC de la losa - Zapata reticular sin viga de cimentación - Sistema aporticado

Tabla 94: Verificación por cortante - Zapata reticular sin viga de cimentación - Sistema aporticado

	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE 4
V_u	30.19	43.72	15.77	15.77
V_{ud}	21.51	35.24	9.05	9.05
ϕV_c	35.91			
	cumple	cumple	cumple	cumple

Para el espesor de la zapata de 65 cm., cumple con la verificación por cortante.

• Verificación por punzonamiento

Para esta verificación la sección crítica se encuentra a “d/2” de la cara.

Debiéndose cumplir igualmente que:

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$\text{Siendo: } V_c = \left(0.53 + \frac{1.1}{\beta_o}\right) * \sqrt{f'_c} * b_o * d \leq 1.1 * \sqrt{f'_c} * b_o * d$$

Donde:

β_o : relación del largo entre el ancho de la columna =3.2

b_o : es el perímetro de la sección crítica medida a “d/2” de la cara del apoyo.

Para la cortante de diseño por punzonamiento (tabla 95) se calcula con la expresión:

$$V_u = P_u - \sigma_u * A_o$$

Tabla 95: Verificación por punzonamiento - Zapata reticular sin viga de cimentación - Sistema aporticado

	COLUMNA B1		COLUMNA B2		COLUMNA B3		COLUMNA B4	
	x	y	x	y	x	y	x	y
	1.075	1.075	1.35	1.075	1.35	1.075	1.075	1.075
bo	4.3		4.85		4.85		4.3	
Ao	1.16		1.45		1.45		1.16	
Vc	299.45		337.75		337.75		299.45	
Vc límite	376.99		425.21		425.21		376.99	
φVc	320.444		361.431		361.431		320.444	
Vu	62.79		75.93		75.93		62.79	
	cumple		cumple		cumple		cumple	

El espesor de la zapata de 65 cm., cumple con la verificación por punzonamiento, por lo que se continúa con el diseño por flexión.

- **Diseño por flexión de la losa**

Para el diseño por flexión se considera un ancho de 1 m., con un peralte de 65 cm., en la figura 90 se muestra el diagrama de momento flector:

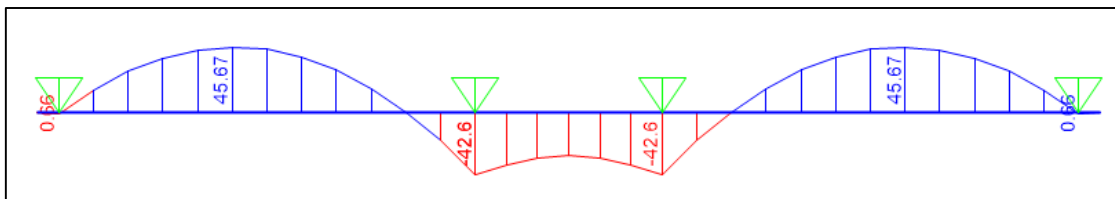


Figura 90: DMF de la losa - Zapata reticular sin viga de cimentación - Sistema aporticado

❖ **Acero longitudinal:**

Superior - tramo central (tabla96):

Tabla 96: As. Long. Superior de losa – Z. reticular sin viga de cimentación - Sistema aporticado

Mu	45.67
ku	15.10
ρ	4.204E-03
As. Req.	23.12
As. Col.	φ3/4"@10 cm

Inferior – apoyos (tabla 97):

Tabla 97: As. Long. Inferior de losa – Z. reticular sin viga de cimentación - Sistema aporticado

Mu	37.68
ku	12.46
ρ	3.436E-03
As. Req.	18.90
As. Col.	φ3/4"@15 cm

❖ **Acero transversal:**

Superior: se empleará una cuantía mínima de 0.0012 (tabla 98).

Tabla 98: As. Trans. Superior de losa – Z. reticular sin viga de cimentación - Sistema aporticado

p mín.	0.0012
As. Req.	6.60
As. Col.	ϕ1/2"@17.5 cm

Inferior: para el cálculo del momento (tabla 99) se utiliza la siguiente expresión:

$$Mu = \frac{qu * c^2}{2}$$

Donde:

c: longitud de vuelo = 0.70 m.

qu: carga de diseño = 15.77 ton/m

$$Mu = \frac{15.77 * 0.70^2}{2} = 3.86 \text{ ton} - \text{m.}$$

Tabla 99: As. Trans. Superior de losa – Z. reticular sin viga de cimentación - Sistema aporticado

Mu	3.86		
ku	1.28		
p	3.409E-04	p mín.	0.0012
As. Req.	6.60		
As. Col.	ϕ1/2"@17.5 cm		

B. Con viga de cimentación:

El diseño se realizará para el cálculo de acero de la losa y de la viga.

Se asume un peralte de losa de 40 cm.

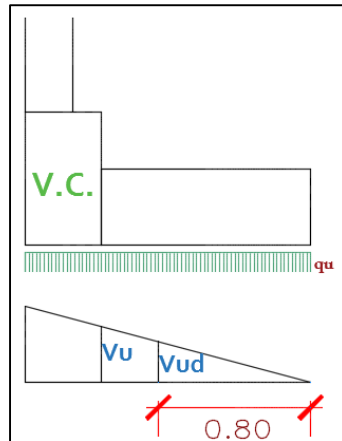
- **Verificación por cortante de la losa**

El peralte efectivo de la zapata es 30 cm., tiene un vuelo c= 1.10 m. y se considerará una base de 100 cm.; se procede con calcular la cortante resistente del concreto:

$$\phi Vc = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 100 * 30 = \mathbf{19.59 \text{ ton}}$$

Luego se calcula la cortante crítica "Vud" (figura 91):

$$Vud = qu * (c - d)$$



$$Vud = 15.77 * (1.10 - 0.30) = \mathbf{12.62 \text{ ton}}$$

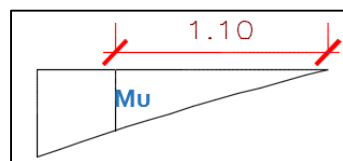
Figura 91: Vud losa – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema aporticado

Se comprueba que la cortante última es menor que la cortante resistente.

- **Diseño por flexión de la losa**

- ❖ **Acero transversal:**

El momento crítico se encuentra en la cara de la viga (figura 92) y en la tabla 100 se muestra el acero requerido:



$$Mu = 15.77 * \left(\frac{1.10^2}{2} \right) = \mathbf{9.54 \text{ ton} - m}$$

Figura 92: Mu losa – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema aporticado

Tabla 100: As. Trans. de losa – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema aporticado

Mu	9.54
ku	10.60
ρ	2.906E-03
As. Req.	8.72
As. Col.	$\phi 5/8'' @ 22.5 \text{ cm}$

- ❖ **Acero longitudinal:**

Se empleará una cuantía mínima de 0.0012 (tabla 101):

Tabla 101: As. Long. de losa – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema aporticado

ρ	0.0018
As. Req.	7.20
As. Col.	$\phi 5/8'' @ 25 \text{ cm}$

- **Diseño de la viga de cimentación**

Se colocará una viga de cimentación para que disipe los momentos.

- ❖ **Dimensionamiento:**

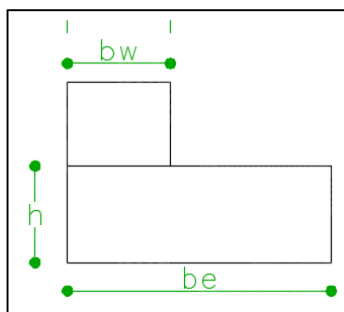
Se dimensionan teniendo en cuenta las siguientes expresiones:

$$h_{viga} = \frac{L}{6} \qquad b_{viga} = \frac{h}{2}$$

Por lo tanto la viga tendrá un peralte de 70 cm. y un ancho de 40 cm.

- ❖ **Diseño por flexión:**

La viga tendrá un comportamiento como una viga "L" (figura 93):



- $be \leq bw + 6h = 2.8$
- $be \leq bw + l/12 = 0.80$
- $be \leq bw + ln/2 = 3.33$

Por lo tanto **be=0.80 m.**

Figura 93: Ancho efectivo de la viga – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema apertado

Para el diseño de la viga se empleará: en la zona central 0.80*0.70 y en las zonas extremas 0.40*0.70.

En la imagen 94 se muestra el diagrama de momento flector para la carga distribuida de 15.77 ton/m.

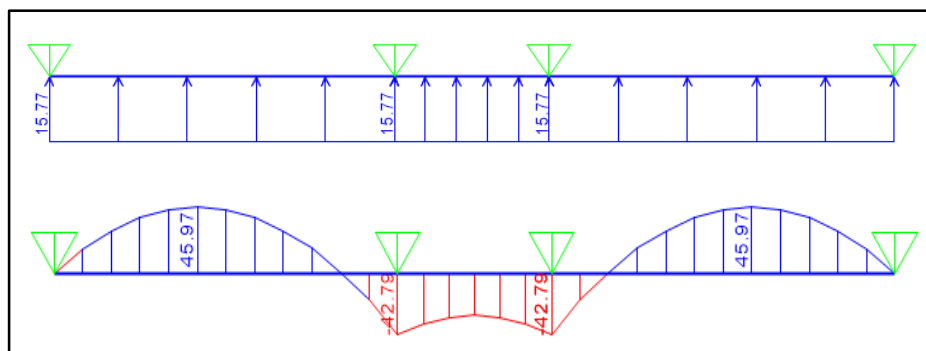


Figura 94: DMF de la viga - Zapata reticular con viga de cimentación - Sistema apertado

A continuación se muestra los cálculos realizados para hallar el acero requerido en la viga:

En los apoyos (tabla 102):

Tabla 102: As. En los apoyos de la viga – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema aporticado

Mu Tn.m	17.27	35.38	35.38	17.27
ku	11.99	24.57	24.57	11.99
ρ	0.003302	0.007095	0.007095	0.003302
As req.	7.93	17.03	17.03	7.93
As Col.	3 ϕ 3/4"	6 ϕ 3/4"	6 ϕ 3/4"	3 ϕ 3/4"

Tramo central (tabla 103):

Tabla 103: As. Tramo central de la viga – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema aporticado

Mu Tn.m	45.97	29.07	45.97
ku	14.03	8.87	14.03
ρ	0.003892	0.002418	0.003892
As req.	17.01	11.25	17.01
As Col.	6 ϕ 3/4"	4 ϕ 3/4"	6 ϕ 3/4"

❖ **Diseño por cortante:**

En toda la sección de la viga debe cumplir:

$$V_u \leq \phi V_n$$

Donde "Vn" es la suma del aporte del concreto y del acero:

$$V_n = V_c + V_s$$

El aporte del concreto:

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

Límite de aporte del acero:

$$V_s < 2.1 * \sqrt{f'c} * b * d$$

Espaciamiento de estribos:

$$s = \frac{A_v * f_y * d}{V_s}$$

A continuación se muestra el diagrama de fuerza cortante de la viga de cimentación (figura 95) y el cálculo del espaciamiento del estribo (tabla 104):

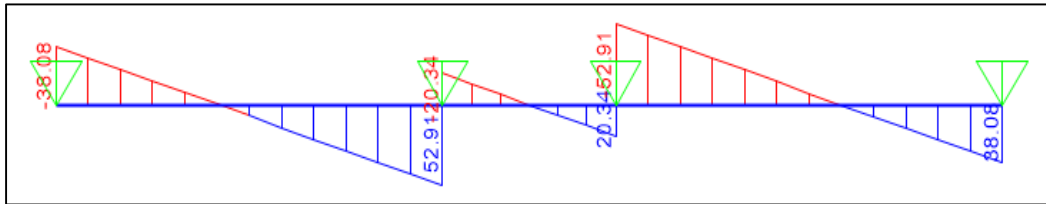


Figura 95: DFC de la viga - Zapata reticular con viga de cimentación - Sistema aporticado

Tabla 104: Calculo espaciamiento de estribos en la viga - Zapata reticular con viga de cimentación - Sistema aporticado

	EJE 1	EJE 2		EJE 3		EJE 4
Vu	30.04	44.87	15.77	15.77	44.87	30.04
Vud	20.57	35.41	8.44	8.44	35.41	20.57
φVc	15.67					
	refuerzo	refuerzo	mínimo	mínimo	refuerzo	refuerzo
Vs	5.77	23.22	-	-	23.22	5.77
S	-	15.41	-	-	15.41	-
As col.	φ3/8" → 1 @ 0.075 m., resto @ 0.15 m.					

6.1.1.2.2. LOSA DE CIMENTACIÓN

Al igual que para la zapata reticular, el diseño se realiza con las cargas últimas que se obtiene de las combinaciones de cargas. Se obtiene un factor de amplificación para la losa de cimentación:

$$f = 1.19$$

Por lo tanto la carga de diseño será (tabla 105):

$$Q \text{ diseño} = \sigma_{\text{mayor}} * f$$

Tabla 105: Carga de diseño - Losa de cimentación- Sistema aporticado

Q diseño	12.02	ton/m
-----------------	-------	-------

A. Sin viga de cimentación:

Se aplicará el método de las franjas (figura 96) para resolver la losa maciza, el cual consta en dividir la losa en franjas definidas por las líneas medias que separan las filas de columnas y/o placas y se las analiza como bases continuas independientes (Fratelli, 1993).

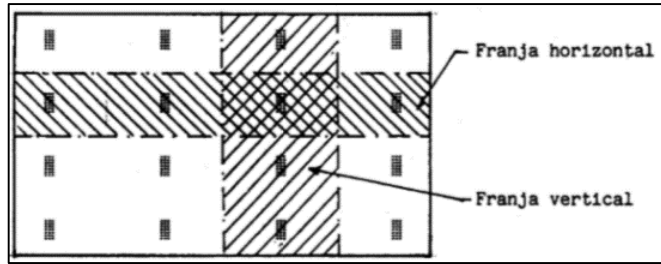


Figura 96: División de las filas de las columnas y/o placas en franjas
Fuente: Suelo, fundaciones y muros (Fratelli, 1993)

Y luego para definir el peralte de la losa, se verificará la fuerza cortante actuando como viga y actuando como losa (punzonamiento).

Se analizará la franja del eje “B”, que tiene un ancho de 3.175 m., para el anclaje de las barras de las columnas se asume un peralte de losa de 60 cm, por lo que el peralte efectivo $h-10= 50$ cm.

- **Verificación por cortante**

Se calcula la cortante resistente del concreto:

$$\phi V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 317.5 * 50 = \mathbf{103.64 \text{ ton}}$$

En la figura 97 se muestra el diagrama de fuerza cortante para la losa, luego se calcula la cortante crítica “ V_{ud} ” a una distancia “ d ” de la cara de los apoyos, los cuales tiene que ser menor al ϕV_c (tabla 106):

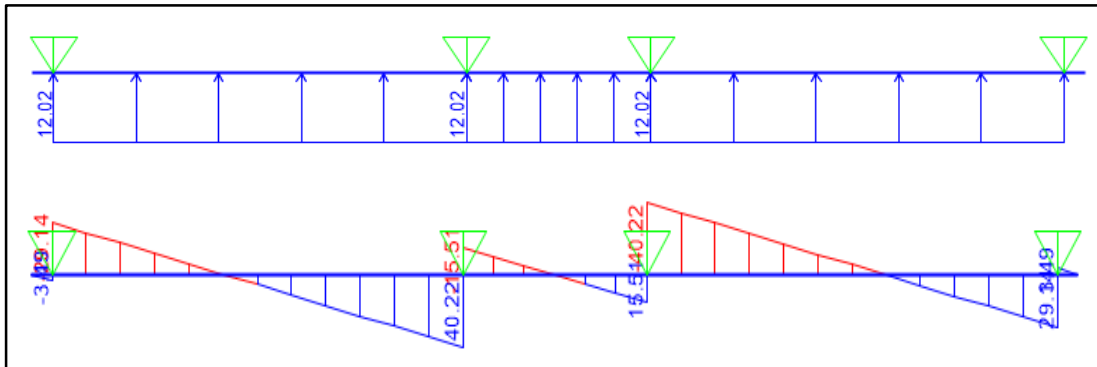


Figura 97: DFC de la losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema aporticado

Tabla 106: Verificación por cortante – Losa de cimentación sin viga - Sistema aporticado

	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE 4		
V_u	23.01	34.09	12.02	12.02	34.09	23.01
V_{ud}	17.00	28.08	7.36	7.36	28.08	17.00
ϕV_c	103.64					
	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple

Para el espesor de la losa de 60 cm., cumple con la verificación por cortante.

- **Verificación por punzonamiento**

Para esta verificación (tabla 107) la sección crítica se encuentra a “d/2” de la cara., y se emplea las mismas expresiones indicadas en la verificación por punzonamiento de la zapata reticular sin viga de cimentación.

Tabla 107: Verificación por punzonamiento – Losa de cimentación sin viga - Sistema aporticado

	COLUMNA B1		COLUMNA B2		COLUMNA B3		COLUMNA B4	
	x	y	x	y	x	y	x	y
	1.05	1.05	1.3	1.05	1.3	1.05	1.05	1.05
bo	4.2		4.7		4.7		4.2	
Ao	1.1025		1.365		1.365		1.1025	
Vc	265.90		297.55		297.55		265.90	
Vc límite	334.75		374.60		374.60		334.75	
ϕVc	284.538		318.412		318.412		284.538	
Vu	67.77		82.42		82.42		67.77	
	cumple		cumple		cumple		cumple	

El espesor de la losa de 60 cm., cumple con la verificación por punzonamiento, por lo que se continúa con el diseño por flexión.

- **Diseño por flexión de la losa**

Para el diseño por flexión se considera el ancho de la franja de 3.175 m., con un peralte de 50 cm., en la figura 98 se muestra el diagrama de momento flector de la losa:

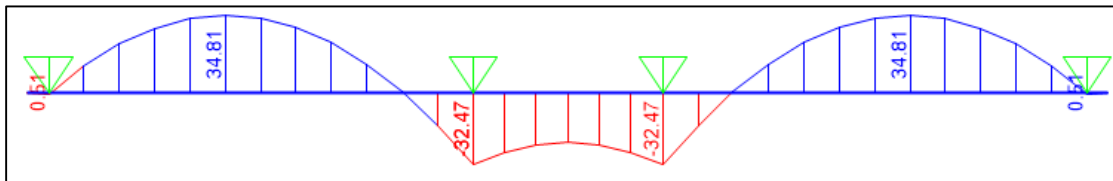


Figura 98: DMF de la losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema aporticado

- ❖ **Acero longitudinal:**

Superior - tramo central (tabla 108):

Tabla 108: As. Long. Superior de losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema aporticado

Mu	34.81		
ku	4.39		
ρ	1.178E-03	ρ mín.	0.0012
As. Req.	19.05		
As. Col.	$\phi 3/4'' @ 12.5$ cm		

Inferior – apoyos (tabla 109)

Tabla 109: As. Long. Inferior de losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema aporticado

Mu	28.72		
ku	3.62		
ρ	9.699E-04	ρ mín.	0.0012
As. Req.	19.05		
As. Col.	$\phi 3/4''@12.5$ cm		

❖ Acero transversal:

Superior: se empleará cuantía mínima de 0.0012 (tabla 110):

Tabla 110: As. Trans. Superior de losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema aporticado

ρ mín.	0.0012		
As. Req.	19.05		
As. Col.	$\phi 3/4''@12.5$ cm		

Inferior: para el cálculo del momento (tabla 111) se tiene una longitud de vuelo de 2.375 m. y la carga de diseño 12.02 ton/m.

$$Mu = \frac{12.02 * 2.375^2}{2} = 33.89 \text{ ton} - m$$

Tabla 111: As. Trans. Superior de losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema aporticado

Mu	33.89		
ku	4.27		
ρ	1.147E-03	ρ mín.	0.0012
As. Req.	19.05		
As. Col.	$\phi 3/4''@12.5$ cm		

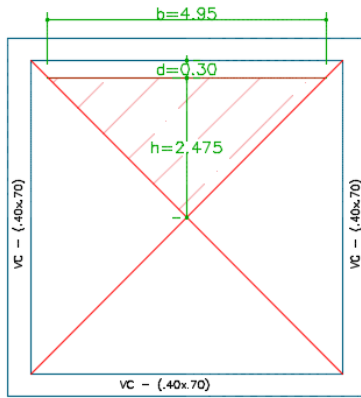
B. Con viga de cimentación:

Como se trata de una losa armada en dos direcciones apoyadas sobre vigas en todo su perímetro, se utilizará el método de Joint Comitee ASCE-ACI 1940 (Harmsen, 2002).

El diseño se realizará para el cálculo de acero de la losa y de la viga.

• Verificación por cortante de la losa

Para el cálculo de la cortante crítica de la losa “Vu”, se traza líneas de 45° desde cada uno de los vértices del paño (Método del sobre), y se halla el área de los triángulos teniendo como base a una distancia “d” de la cara de la viga (figura 99). Se asume un peralte de losa de 40 cm.



$$Vu = \frac{Wu * \text{Área}}{b}$$

Donde:

- Wu: carga distribuida para la losa= 12.02 ton/m
- b: base del triángulo=4.95 m.

$$Vu = \frac{12.02 * 6.13}{4.95} = 14.87 \text{ ton}$$

Figura 99: Vu de la losa (Método del sobre) - Losa de cimentación con viga - Sistema aporticado

Para hacer una comparación del valor hallado con el “Método del sobre”, se aplicará la expresión para el cálculo de la fuerza cortante con el método de Joint Comitee ASCE-ACI 1940.

$$Vu = Wu * \left(\frac{ls}{2} - d \right) * \left(1 - 0.5 * \frac{ls}{li} \right)$$

Donde:

d: peralte efectivo de la losa de cimentación = 0.30 m.

ls, li: luces libres del paño de la losa = 5.5 m.

$$Vu = 12.02 * \left(\frac{5.55}{2} - 0.30 \right) * \left(1 - 0.5 * \frac{5.55}{5.55} \right) = 14.87 \text{ ton}$$

Por ambos métodos se encuentra un mismo valor para la fuerza cortante crítica, se procede con calcular la cortante resistente del concreto:

$$\phi Vc = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 100 * 30 = 19.59 \text{ ton}$$

Se comprueba que la cortante crítica “Vu” es menor que la cortante resistente “ ϕVc ”.

• Diseño por flexión de la losa

La losa se divide en franjas medias y franjas de columnas (figura 100), donde la sección crítica para el máximo momento negativo se encuentra en la cara de la viga y el máximo momento positivo, en el centro de los paños.

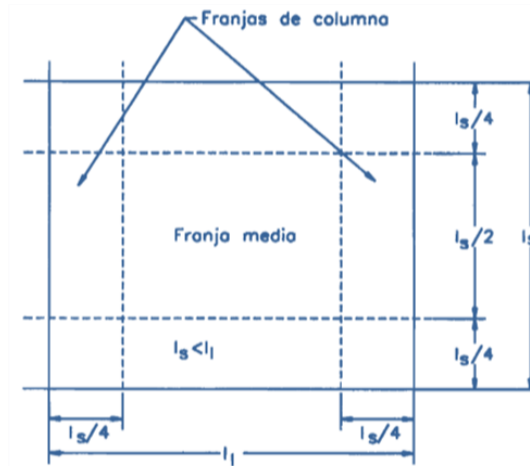


Figura 100: Franjas medias y Franjas de columnas

Los momentos se calculan a través de la siguiente expresión:

$$M = C * Wu * Ls^2$$

Donde:

Ls: luz del paño analizado medido de centro a centro de los apoyos.

Wu: carga amplificada.

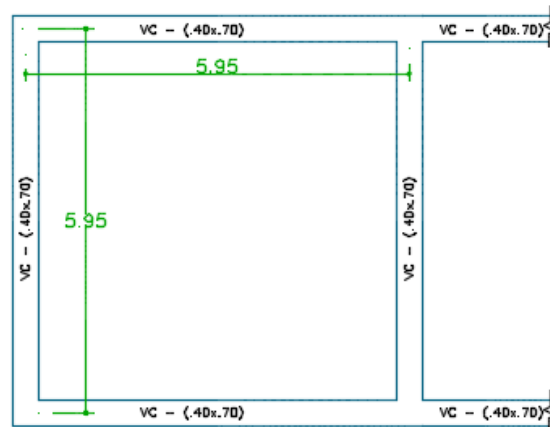
m: cociente entre la luz menor y luz mayor del paño.

C: el valor depende de las condiciones de apoyo, que se indica en la tabla 112:

Tabla 112: Coeficientes para el cálculo del momento en losas apoyadas en vigas

Momentos	Luz Corta						Luz larga para todo m
	Valor de m						
	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	≤ 0.5	
Panel Interior							
Momento negativo en:							
Extremo Continuo	0.033	0.040	0.048	0.055	0.063	0.083	0.033
Extremo Discontinuo	-	-	-	-	-	-	-
Momento Positivo	0.025	0.030	0.036	0.041	0.047	0.062	0.025
Un Extremo Discontinuo							
Momento negativo en:							
Extremo Continuo	0.041	0.048	0.055	0.062	0.069	0.085	0.041
Extremo Discontinuo	0.021	0.024	0.027	0.031	0.035	0.042	0.021
Momento Positivo	0.031	0.036	0.041	0.047	0.052	0.064	0.031
Dos Extremos Discontinuos							
Momento negativo en:							
Extremo Continuo	0.049	0.057	0.064	0.071	0.078	0.090	0.049
Extremo Discontinuo	0.025	0.028	0.032	0.036	0.039	0.045	0.025
Momento Positivo	0.037	0.043	0.048	0.054	0.059	0.068	0.037
Tres Extremos Discontinuos							
Momento negativo en:							
Extremo Continuo	0.058	0.066	0.074	0.082	0.090	0.098	0.058
Extremo Discontinuo	0.029	0.033	0.037	0.041	0.045	0.049	0.029
Momento Positivo	0.044	0.050	0.056	0.062	0.062	0.074	0.044
Cuatro Extremos Discontinuos							
Momento negativo en:							
Extremo Continuo	-	-	-	-	-	-	-
Extremo Discontinuo	0.033	0.038	0.043	0.047	0.053	0.055	0.033
Momento Positivo	0.050	0.057	0.064	0.072	0.080	0.083	0.050

Primero se calculará el valor de “m” (figura 101):



$$m = \frac{l_s}{l_i} = \frac{5.95}{5.95} = 1$$

Figura 101: Valor de “m” de la losa - Losa de cimentación con viga - Sistema aporticado

Se toma los valores para tres extremos discontinuos, esto debido a los linderos que tiene la losa.

Momentos	Luz Corta Valor de m						Luz larga para todo m
	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	≤ 0.5	
Tres Extremos Discontinuos							
Momento negativo en:							
Extremo Continuo	0.058	0.066	0.074	0.082	0.090	0.098	0.058
Extremo Discontinuo	0.029	0.033	0.037	0.041	0.045	0.049	0.029
Momento Positivo	0.044	0.050	0.056	0.062	0.062	0.074	0.044

Luego de escoger los coeficientes, se procede con el cálculo de acero (figura 102):

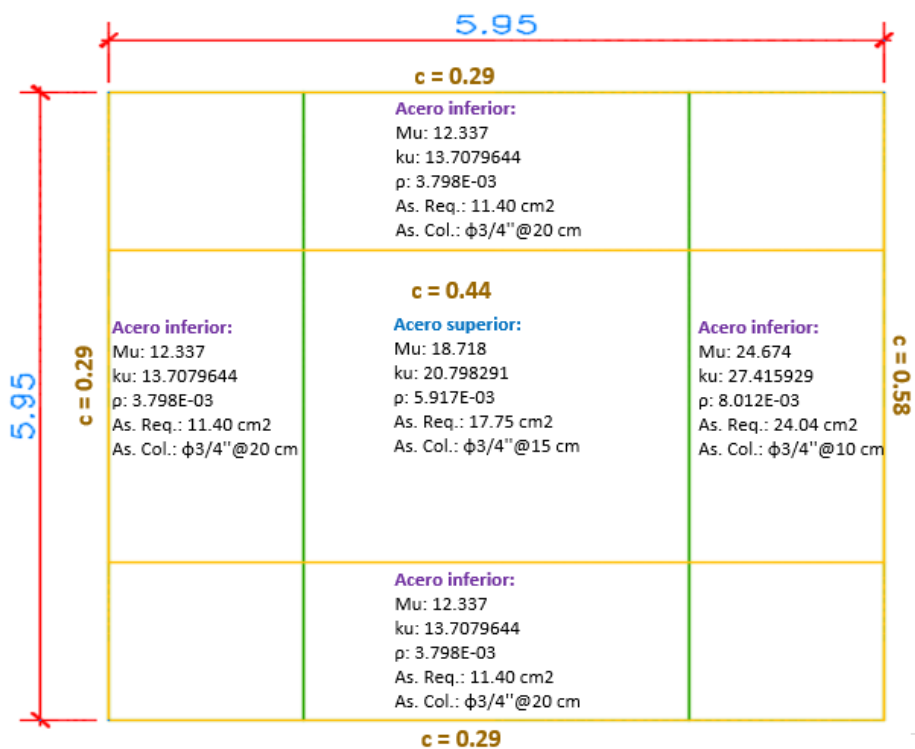


Figura 102: As de la losa - Losa de cimentación con viga - Sistema aporticado

- **Diseño de la viga de cimentación**

El procedimiento es el mismo que en la viga de cimentación de la zapata reticular con viga.

- ❖ **Dimensionamiento:**

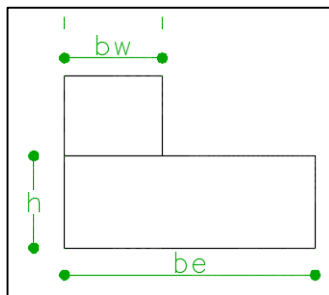
Teniendo en cuenta las expresiones:

$$h_{viga} = \frac{L}{6} \qquad b_{viga} = \frac{h}{2}$$

La viga tendrá un peralte de 70 cm. y un ancho de 40 cm.

- ❖ **Diseño por flexión:**

La viga tendrá un comportamiento como una viga “L” (figura103).



- $be \leq bw + 6h = 2.80$
- $be \leq bw + l/12 = 0.80$
- $be \leq bw + ln/2 = 3.33$

Por lo tanto **be=0.80 m.**

Figura 103: Ancho efectivo de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema aporticado

Para el diseño de la viga se empleará: en la zona central 0.80×0.70 y en las zonas extremas 0.40×0.70 .

En la figura 104 se muestra el diagrama de momento flector para la carga distribuida de 12.02 ton/m.

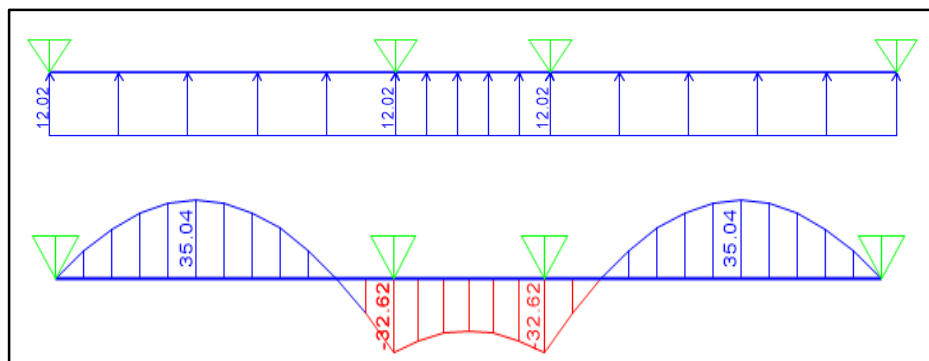


Figura 104: DMF de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema aporticado

A continuación se muestra los cálculos realizados para hallar el acero requerido en la viga:

En los apoyos (tabla 113):

Tabla 113: As. En los apoyos de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema aporticado

Mu Tn.m	11.30	28.87	28.87	11.30
ku	7.85	20.05	20.05	7.85
ρ	0.002131	0.005687	0.005687	0.002131
As req.	5.11	13.65	13.65	5.11
As mín.	5.80			5.80
As Col.	3 ϕ 3/4"	5 ϕ 3/4"	5 ϕ 3/4"	3 ϕ 3/4"

Tramo central (tabla 114):

Tabla 114: As. Tramo central de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema aporticado

Mu Tn.m	35.04	22.62	35.04
ku	10.69	6.90	10.69
ρ	0.002932	0.001869	0.002932
As req.	15.01	9.57	15.01
As Col.	6 ϕ 3/4"	4 ϕ 3/4"	6 ϕ 3/4"

❖ **Diseño por cortante:**

En la figura 105 se muestra el diagrama de fuerza cortante de la viga de cimentación y el cálculo del espaciamiento del estribo (tabla 115):

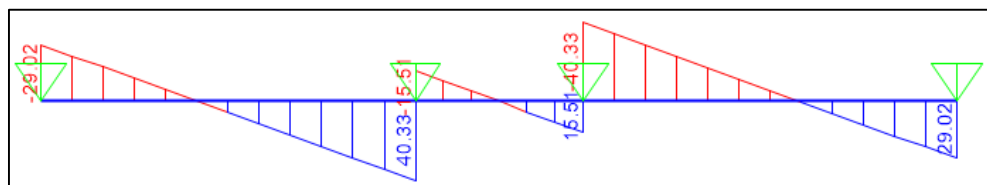


Figura 105: DFC de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema aporticado

Tabla 115: Cálculo espaciamiento de estribos en la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema aporticado

	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE 4
Vu	22.89	34.20	12.02	12.02
Vud	15.68	26.99	4.81	4.81
ϕVc	15.67			
	refuerzo	refuerzo	mínimo	mínimo
Vs	-	13.32	-	-
S	-	26.87	-	-
As col.	$\phi 3/8'' \rightarrow 1 @ 0.125 \text{ m.}, \text{ resto } @ 0.25 \text{ m.}$			

6.1.1.3. ALTERNATIVA SELECCIONADA

Con los datos obtenidos del diseño (ítem 6.1.1.2.), se procederá a elegir la alternativa de cimentación más económica para este tipo de configuración, para ello se realizará un análisis de costos (tabla 116) tomando en cuenta las partidas más representativas de: concreto, acero y encofrado, para los costos se tomará como referencia la revista “Costos – Construcción, Arquitectura e Ingeniería” del mes de abril 2017.

Tabla 116: Análisis de costos de cimentación - Sistema aporticado

	Z. RETICULAR SIN VIGA			Z. RETICULAR CON VIGA		
	METRADO	C.U.	TOTAL	METRADO	C.U.	TOTAL
CONCRETO (m3)	46.09	308.02	S/. 14,195.10	35.50	308.02	S/. 10,934.71
ACERO (kg)	413.50	2.92	S/. 1,207.41	255.58	2.92	S/. 746.30
ENCOFRADO (m2)	0	54.61	S/. -	17.85	54.61	S/. 974.79
			S/. 15,402.51			S/. 12,655.80

	LOSA DE CIMENTACION SIN VIGA			LOSA DE CIMENTACION CON VIGA		
	METRADO	C.U.	TOTAL	METRADO	C.U.	TOTAL
CONCRETO (m3)	56.01	308.02	S/. 17,251.28	44.48	308.02	S/. 13,700.11
ACERO (kg)	783.81	2.92	S/. 2,288.74	545.52	2.92	S/. 1,592.91
ENCOFRADO (m2)	0	54.61	S/. -	17.85	54.61	S/. 974.79
			S/. 19,540.01			S/. 16,267.81

Según la tabla anterior la cimentación más económica es la zapata continua reticular con viga, por lo que se selecciona esta alternativa para la configuración estructural del sistema aporticado.

6.1.1.4. ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES

Según Meli (1985) puede ignorarse los efectos de los asentamientos diferenciales en el diseño de la cimentación continua y la estructura, cuando se cumple:

- Los hundimientos del suelo son suficientemente pequeños bajo las cargas impuestas por la estructura.
- La cimentación tiene una rigidez muy superior a la del suelo sobre el que se apoya.

En caso de no cumplirse estas condiciones, es conveniente proporcionar a la cimentación una rigidez tal que se hunda como cuerpo rígido, logrando así que la rigidez de la cimentación sea superior a la del suelo en el que se apoya.

En una cimentación continua, para que pueda analizarse ignorando los hundimientos de los apoyos en todos los claros, debe cumplir:

$$\lambda L \leq \pi/2$$

En que:

$$\lambda L = L * \sqrt[4]{\frac{b * k_s}{4 * EI}}$$

Donde:

L: promedio de los claros adyacentes a cada columna en la dirección analizada.

E: módulo de elasticidad de la cimentación.

I: momento de inercia de la cimentación.

b: ancho de la cimentación.

Ks: módulo de reacción del suelo.

- Terzaghi ha propuesto las siguientes expresiones para corregir el módulo de reacción del suelo (ks):

$$k_s = \frac{k_{s1}}{B} \rightarrow \text{para arcillas}$$

$$k_s = k_{s1} * \left(\frac{B + 1}{2B}\right)^2 > 0.25 \rightarrow \text{para arenas}$$

Donde:

Ks₁: módulo de reacción (tabla 117)

B: ancho de la cimentación expresado también en pies.

Tabla 117: Valores del módulo de reacción ks1

Tipo de suelo	Ks1 (kg/cm ³)
Suelo fangoso	0.50 a 1.50
Arena seca o húmeda, suelta	1.20 a 3.60
Arena seca o húmeda, densa	12.00 a 24.00
Grava fina con arena fina	8.00 a 10.00
Grava media con arena gruesa	12.00 a 15.00
Grava gruesa con arena gruesa	15.00 a 20.00
Arcilla blanda (qu 0.25 a 0.50 kg/cm ²)	0.65 a 1.30
Arcilla media (qu 0.50 a 2.00 kg/cm ²)	1.30 a 4.00
Arcilla compacta (qu 2.00 a 4.00 kg/cm ²)	4.00 a 8.00

Fuente: Adaptado de Diseño Estructural (Meli, 1985)

Para un suelo arcilloso con capacidad portante de 1.27 kg/cm², según la tabla anterior le corresponde un valor de Ks₁ de 2.65 kg/cm³; con un ancho de cimentación B igual a 1.50 m.

$$k_s = \frac{2.65}{150/30.48} = 0.54 \text{ kg/cm}^3$$

- Momento de inercia de la cimentación (tabla 118):

Tabla 118: Momento Inercia de la cimentación - Sistema aperticado

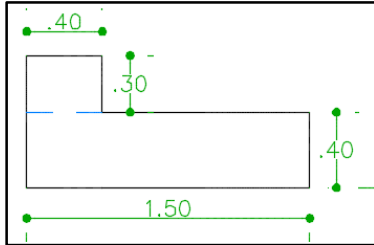


FIGURA	AREA	Y	AREA*X
1	6000	20	120000
2	1200	55	66000

CG	25.833333	25.83	cm
----	-----------	-------	----

Figura	Base (cm)	Altura (cm)	$b^3h^3/12$	Área (cm ²)	\bar{Y} (cm)	Área x \bar{Y}^2 (cm ⁴)	Inercia (cm ⁴)	Y_g (cm ⁴)
1	150	40	800000	6000	5.83	203933.4	1003933.4	2115000.1
2	40	30	90000	1200	29.17	1021066.68	1111066.68	

- El valor de los claros adyacentes L: 4.71 m.
- Se tendrá el valor de λL :

$$\lambda L = 471 * \sqrt[4]{\frac{150 * 0.54}{4 * 15000 * \sqrt{210} * 2115000.1}}$$

$$\lambda L = 1.21 < \frac{\pi}{2} = 1.57$$

Se comprueba que la cimentación es rígida, considerándose una distribución uniforme de presiones en toda el área de la zapata.

6.1.2. SISTEMA DUAL TIPO I

Se continuará con el mismo proceso descrito en el ítem 6.1.1. Donde del análisis estructural se obtiene los resultados de cargas axiales y momentos flectores que se muestran en las siguientes tablas y en la figura 106:

- Para el eje "X-X" (tabla 119)

Tabla 119: Cargas axiales y momentos flectores - Eje "X-X" - Sistema Dual tipo I

EJE		CARGAS DE GRAVEDAD				CARGAS DE SISMO "X"	
		Pm	Pv	Mm	Mv	Ps	Ms
1	A	54.42	15.10	0.22	0.01	-10.90	-65.05
	B	54.42	15.10	0.22	0.01	-10.90	-65.09
2	A	46.84	19.13	-0.07	0.01	-39.20	-20.13
	B	46.84	19.13	-0.07	0.01	-39.20	-20.12
3	A	46.84	19.13	0.07	-0.01	39.20	-20.12
	B	46.84	19.13	0.07	-0.01	39.20	-20.13
4	A	54.42	15.10	-0.22	-0.01	10.90	-65.09
	B	54.42	15.10	-0.22	-0.01	10.90	-65.05

- Para el eje "Y-Y" (tabla 120)

Tabla 120: Cargas axiales y momentos flectores - Eje "Y-Y" - Sistema Dual tipo I

EJE		CARGAS DE GRAVEDAD				CARGAS DE SISMO "Y"	
		Pm	Pv	Mm	Mv	Ps	Ms
A	1	54.42	15.10	-0.60	0.00	-19.23	81.42
	2	46.84	19.13	-0.14	0.00	-15.26	21.42
	3	46.84	19.13	-0.14	0.00	-15.26	21.42
	4	54.42	15.10	-0.60	0.00	-19.23	81.38
B	1	54.42	15.10	0.60	0.00	19.23	81.38
	2	46.84	19.13	0.14	0.00	15.26	21.42
	3	46.84	19.13	0.14	0.00	15.26	21.42
	4	54.42	15.10	0.60	0.00	19.23	81.42

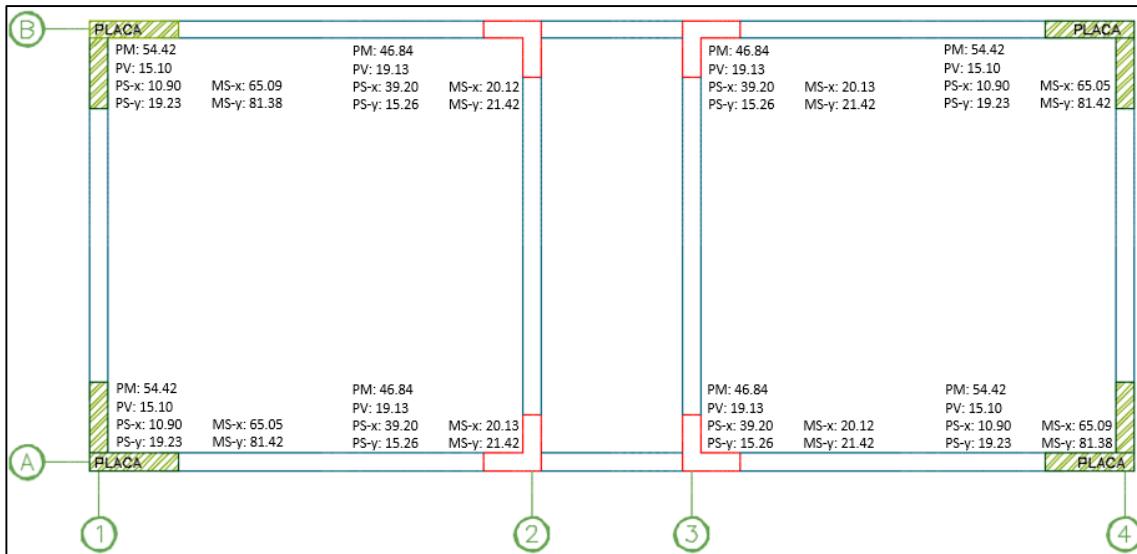


Figura 106: Cargas axiales y momentos flectores de cada soporte estructural - Sistema Dual tipo I

6.1.2.1. DIMENSIONAMIENTO

Para el dimensionamiento se utilizará las mismas expresiones ya descritas en el ítem 6.1.1.1.

A. ZAPATA AISLADA

Se procederá hallar el área tentativa, las que luego serán verificadas con las siguientes expresiones:

$$\sigma_1 = \frac{\Sigma P * F_s}{B * L} + \frac{6 * M}{B * L^2} \qquad \sigma_2 = \frac{\Sigma P * F_s}{B * L} - \frac{6 * M}{B * L^2}$$

En la tabla 121 se muestra los dimensionamientos y los esfuerzos producidos en el suelo de las columnas B2, B3 y para las placas B1 y B4, por ser una estructura simétrica los resultados serán similares para las columnas A2, A3 y las placas A1 y A4.

Tabla 121: Dimensionamiento y esfuerzo producidos en la zapata aislada - Sistema dual tipo I

	PLACA B1	COL. B2	COL. B3	PLACA B4
P (ton.)	69.51	65.97	65.97	69.51
Área (m ²)	7.88	7.48	7.48	7.88
L (m.)	4.25	2.95	2.95	4.25
B (m.)	4.25	2.95	2.95	4.25
σ_1 (ton/m ²)	10.26	16.07	16.07	10.26
σ_2 (ton/m ²)	0.08	8.54	8.54	0.08

Con las dimensiones encontradas, se dibuja las áreas tentativas de cimentación de cada soporte estructural (figura 107).

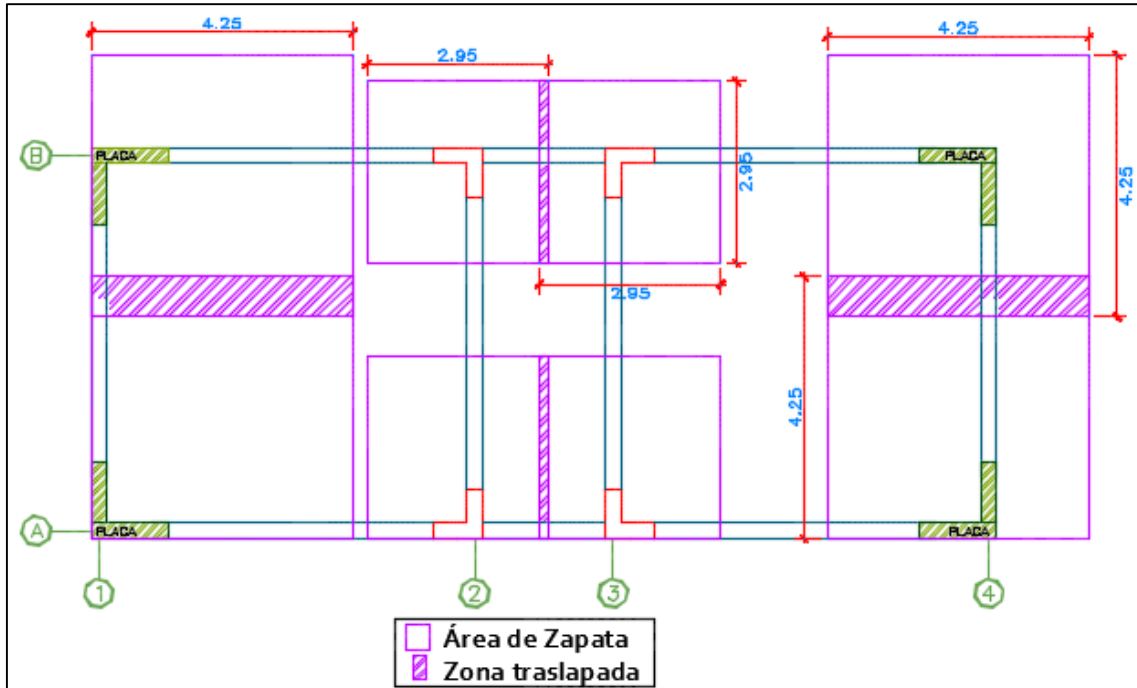


Figura 107: Área de contacto zapata aislada - Sistema dual tipo I

Se observa que las zapatas se traslapan, por lo tanto esta alternativa se descarta y se procede a plantear zapatas combinadas.

B. ZAPATA COMBINADA

Al superponerse las zapatas aisladas, se combinó las zapatas de las columnas B2-B3 y las placas A1-B1; de igual manera por ser simétrico los resultados serán los mismos para las zapatas combinadas de las columnas A2-A3 y las placas A4-B4. El cálculo para las dimensiones es similar al de una zapata aislada; por lo tanto se obtiene (tabla 122):

Tabla 122: Dimensionamiento y esfuerzo producidos en la zapata combinada - Sistema dual tipo I

	Área (m ²)	L (m.)	B (m.)	σ_1 (ton/m ²)	σ_2 (ton/m ²)
ZAPATA COMBINADA B2-B3	16.32	5.50	3.00	16.29	12.03
ZAPATA COMBINADA A1-B1	17.20	6.35	3.15	16.34	4.03

En las zapatas combinadas A1-B1 y A4-B4, se busca que el centro de cargas de las placas coincida con el centro de gravedad de la zapata para evitar excentricidad en la dirección “y”, motivo por el cual estas zapatas no presentan volados en dicha dirección.

Y se obtiene las áreas tentativas de cimentación de los soportes estructurales, que se muestran en la figura 108:

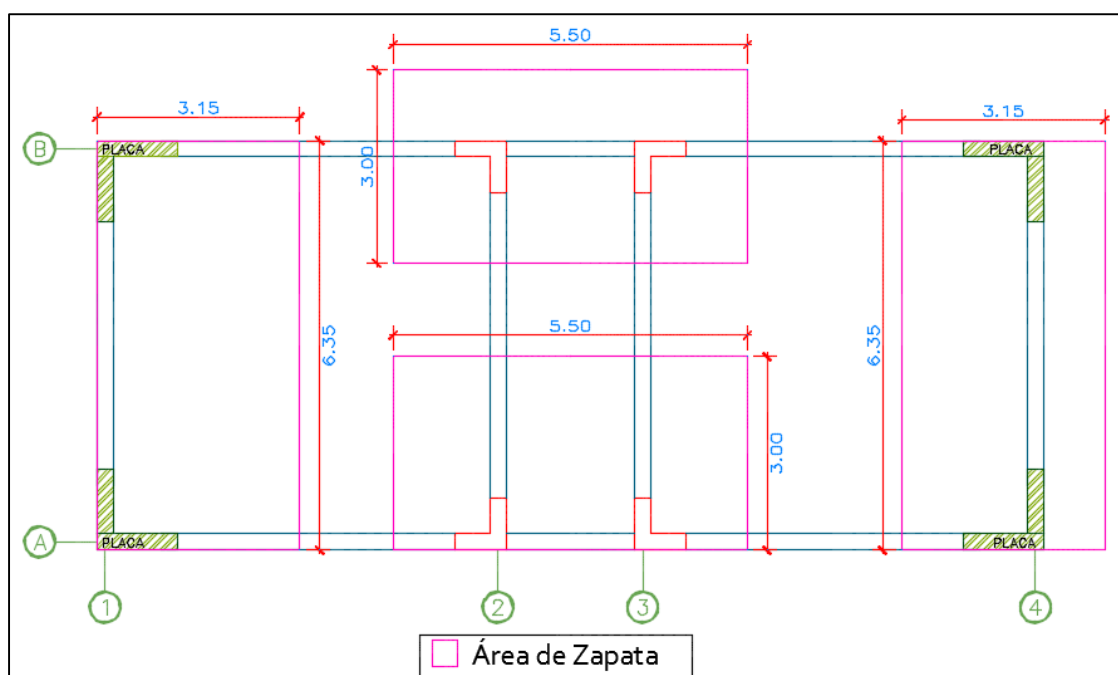


Figura 108: Área de contacto zapata combinada - Sistema dual tipo I

La suma de las áreas de contacto de las zapatas equivale el 78% del área del terreno, lo cual supera ampliamente el 50% de la superficie cubierta por la estructura, según Terzaghi (1973) al suceder este caso se dispone a plantear una losa de cimentación.

C. LOSA DE CIMENTACIÓN

El área de contacto de la losa de cimentación es igual al área de la superficie de la estructura, la verificación de las presiones de contacto de la losa (tabla 123), se utilizará las mismas expresiones indicadas para la zapata aislada.

Tabla 123: Área y esfuerzo producidos en la losa de cimentación - Sistema dual tipo I

	Área (m ²)	L (m.)	B (m.)	σ_1 (ton/m ²)	σ_2 (ton/m ²)
LOSA DE CIMENTACIÓN	93.35	14.70	6.35	10.22	7.84

Para no presentar excentricidades, el centro de cargas de las columnas y placas coincide con el centro de gravedad de la losa de cimentación, motivo por el cual no presenta volados en ninguna de las direcciones (figura 109).

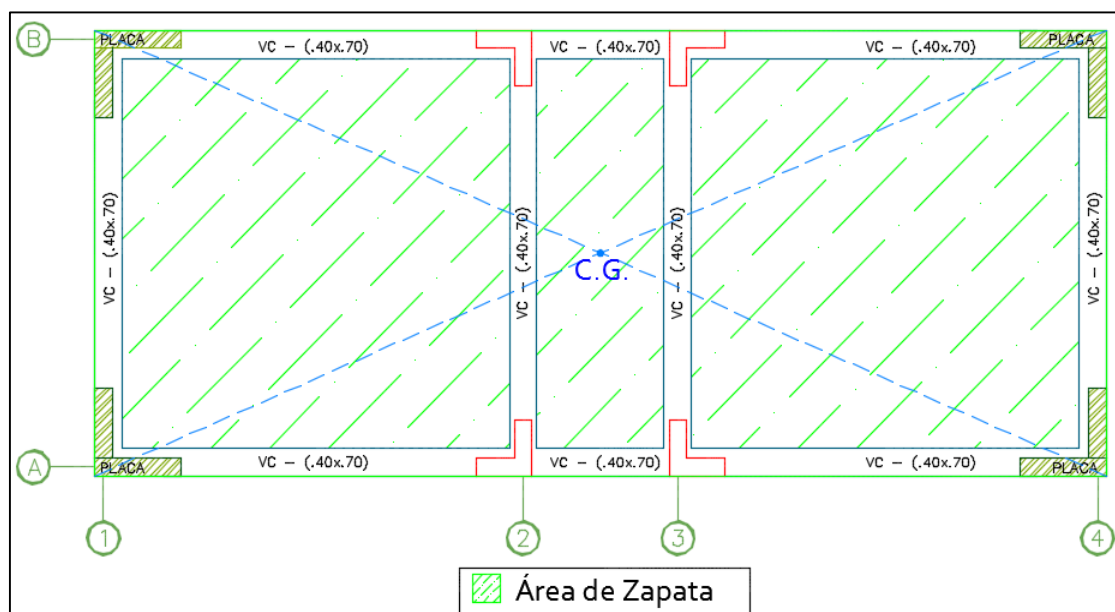


Figura 109: Área de contacto losa de cimentación - Sistema dual tipo I

Al igual que en el sistema aporticado, este tipo de cimentación si es óptima para la estructura; para realizar una comparación económica respecto a la cimentación, se planteará una cimentación continua reticular.

D. ZAPATA CONTINUA RETICULAR

Se procedió con calcular las áreas de las zapatas continuas en cada eje, para luego unirlas y obtener la zapata reticular, la cual se realizará su respectiva verificación de esfuerzos con las expresiones ya mencionadas en el ítem 6.1.1.1.D:

$$\sigma_1 = \frac{\Sigma P * F_s}{A} + \frac{M * c}{I} \qquad \sigma_2 = \frac{\Sigma P * F_s}{A} - \frac{M * c}{I}$$

En este caso se busca que el centro de cargas de las columnas coincida con el centro de gravedad de la zapata (figura 110), para así evitar excentricidades, motivo por el cual la zapata no presenta volados hacia ninguna de las direcciones.

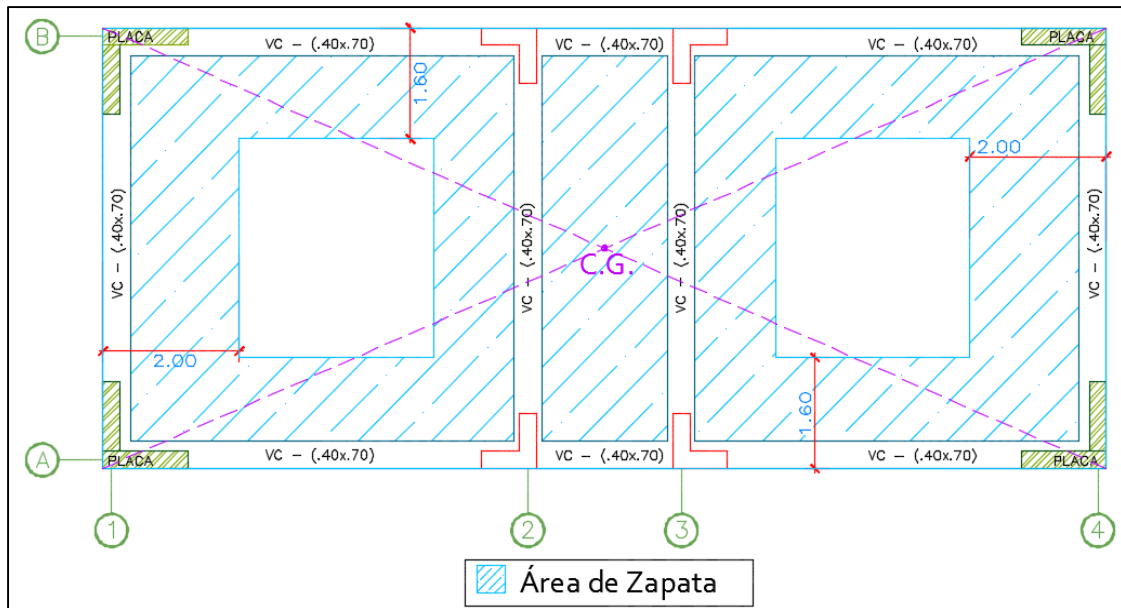


Figura 110: Área de contacto zapata continua reticular - Sistema dual tipo I

En la tabla 124 se muestra los esfuerzos producidos por la cimentación reticular:

Tabla 124: Esfuerzo producidos en la zapata reticular – Sistema dual tipo I

		EN X		EN Y	
		Ixx (m4)		Iyy (m4)	
ZAPATA RETICULAR	Área (m2)	299.49		1396.73	
		$\sigma 1$ (ton/m2)	$\sigma 2$ (ton/m2)	$\sigma 1$ (ton/m2)	$\sigma 2$ (ton/m2)
		12.57	9.70	13.83	6.86

Se observa que los esfuerzos producidos en el suelo son menores al esfuerzo admisible de 16.51 ton/m². Por lo tanto este tipo de cimentación también es óptima para la estructura.

6.1.2.2. DISEÑO

Para la configuración estructural del sistema dual tipo I, se realizará el diseño de los dos tipos de cimentación planteados en el ítem anterior que satisfacen adecuadamente la transmisión de cargas y momentos al suelo; que son la zapata continua reticular y la losa de cimentación.

El diseño será para la zapata continua reticular con viga y sin viga de cimentación, y para la losa de cimentación con viga y sin viga de cimentación.

6.1.2.2.1. ZAPATA CONTINUA RETICULAR

Para el diseño de la zapata continua se realizará el mismo procedimiento ya descrito en el ítem 6.1.1.2.1.

El factor de amplificación que se obtiene de las combinaciones de carga para la zapata reticular son:

$$f_{x-x} = 1.20$$

$$f_{y-y} = 1.22$$

Por lo tanto la carga de diseño será (tabla 125):

$$Q \text{ diseño} = \sigma_{mayor} * f$$

Tabla 125: Carga de diseño - Zapata continua reticular - Sistema dual tipo I

Q diseño	EN X	15.08	ton/m
	EN Y	16.82	ton/m

Se utilizará la carga de diseño más desfavorable, en este caso es 16.82 ton/m.

A. Sin viga de cimentación:

Para definir el peralte de la losa, se verifica la fuerza cortante actuando como viga y actuando como losa (punzonamiento).

Se asume un peralte de losa de 65 cm.

- **Verificación por cortante**

Se calcula la cortante resistente del concreto, para una base de 100 cm. y un peralte efectivo de 55 cm:

$$\phi V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 100 * 55 = \mathbf{35.91 \text{ ton}}$$

En la figura 111 se muestra el diagrama de fuerzas cortantes, luego se calcula la cortante crítica "Vud" (tabla 126) a una distancia "d" de la cara de los apoyos, los cuales tiene que ser menor al ϕV_c .

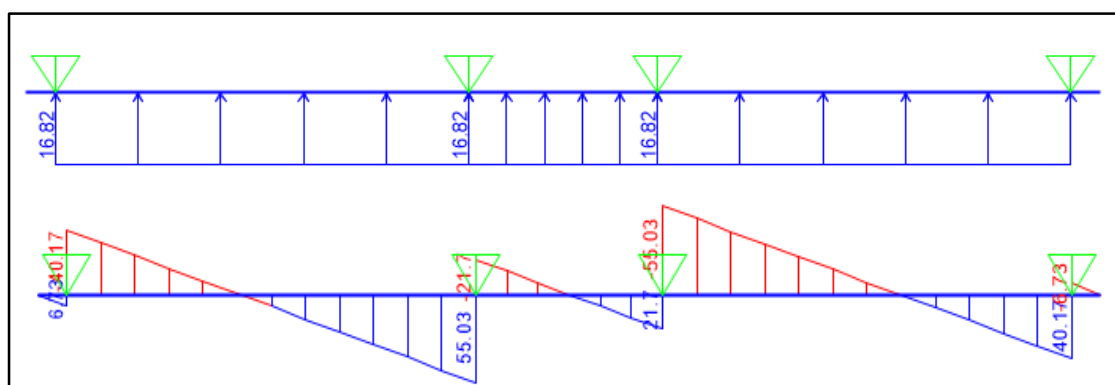


Figura 111: DFC de la losa - Zapata reticular sin viga de cimentación - Sistema dual tipo I

Tabla 126: Verificación por cortante - Zapata reticular sin viga de cimentación – Sistema dual tipo I

	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE 4
Vu	25.87	46.45	16.82	25.87
Vud	19.54	34.01	9.65	19.54
ϕVc	35.91			
	cumple	cumple	cumple	cumple

Para el espesor de la zapata de 65 cm., cumple con la verificación por cortante.

- **Verificación por punzonamiento**

Para esta verificación la sección crítica se encuentra a “d/2” de la cara, donde debe cumplir:

$$Vu \leq \phi Vc$$

Siendo: $Vc = \left(0.53 + \frac{1.1}{\beta_o}\right) * \sqrt{f'c} * bo * d \leq 1.1 * \sqrt{f'c} * bo * d$

La relación entre el largo y el ancho (β_o) es 5, para la cortante de diseño por punzonamiento (tabla 127) se calcula con la expresión:

$$Vu = Pu - \sigma u * Ao$$

Tabla 127: Verificación por punzonamiento - Zapata reticular sin viga de cimentación - Sistema dual tipo I

	COLUMNA B1		COLUMNA B2		COLUMNA B3		COLUMNA B4	
	x	y	x	y	x	y	x	y
	1.525	1.525	1.35	1.075	1.35	1.075	1.525	1.525
bo	6.1		4.85		4.85		6.1	
Ao	2.325625		1.45125		1.45125		2.325625	
Vc	364.64		289.92		289.92		364.64	
Vc límite	534.80		425.21		425.21		534.80	
ϕVc	454.584		361.431		361.431		454.584	
Vu	62.73		73.69		73.69		62.73	
	cumple		cumple		cumple		cumple	

El espesor de la zapata de 65 cm., cumple con la verificación por punzonamiento, por lo que se continúa con el diseño por flexión.

- **Diseño por flexión de la losa**

Para el diseño por flexión se considera un ancho de 1 m., con un peralte de 65 cm., en la figura 112 se muestra el diagrama de momento flector.

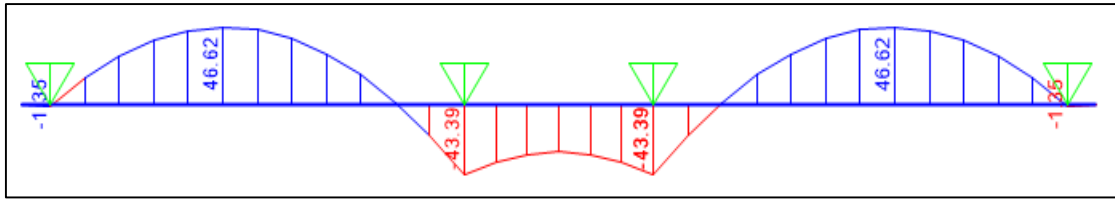


Figura 112: DMF de la losa - Zapata reticular sin viga de cimentación - Sistema dual tipo I

❖ **Acero longitudinal:**

Superior - tramo central (tabla 128):

Tabla 128: As. Long. Superior de losa – Z. reticular sin viga de cimentación - Sistema dual tipo I

Mu	46.62
ku	15.41
p	4.297E-03
As. Req.	23.63
As. Col.	ϕ3/4"@10 cm

Inferior – apoyos (tabla 129):

Tabla 129: As. Long. Inferior de losa – Z. reticular sin viga de cimentación - Sistema dual tipo I

Mu	38.15
ku	12.61
p	3.481E-03
As. Req.	19.14
As. Col.	ϕ3/4"@12.5 cm

❖ **Acero transversal:**

Superior: se empleará cuantía mínima de 0.0012 (tabla 130).

Tabla 130: As. Trans. Superior de losa – Z. reticular sin viga de cimentación – Sistema dual tipo I

p mín.	0.0012
As. Req.	6.60
As. Col.	ϕ1/2"@17.5 cm

Inferior: para el cálculo del momento (tabla 131) se utiliza la siguiente expresión:

$$Mu = \frac{qu * c^2}{2}$$

Donde:

c: longitud de vuelo = 0.80 m.

qu: carga de diseño = 16.82 ton/m

$$Mu = \frac{16.82 * 0.80^2}{2} = 5.38 \text{ ton} - \text{m.}$$

Tabla 131: As. Trans. Superior de losa – Z. reticular sin viga de cimentación
- Sistema dual tipo I

Mu	5.38		
ku	1.78		
p	4.751E-04	p mín.	0.0012
As. Req.	6.60		
As. Col.	Φ1/2" @ 17.5 cm		

B. Con viga de cimentación:

El diseño se realizará para el cálculo de acero de la losa y de la viga.

Se asume un peralte de losa de 40 cm.

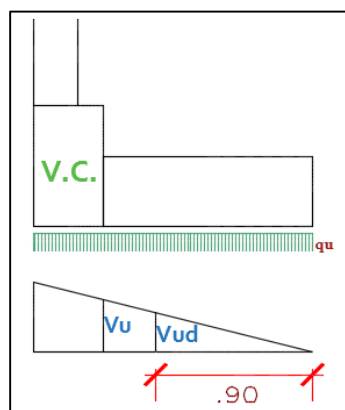
- **Verificación por cortante de la losa**

El peralte efectivo de la zapata es 30 cm., tiene un vuelo $c = 1.20$ m. y se considerará una base de 100 cm.; se procede con calcular la cortante resistente del concreto:

$$\phi V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 100 * 30 = \mathbf{19.59 \text{ ton}}$$

Luego se calcula la cortante crítica "Vud" (figura 113):

$$V_{ud} = q_u * (c - d)$$



$$V_{ud} = 16.82 * (1.20 - 0.30) = \mathbf{15.14 \text{ ton}}$$

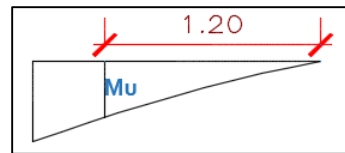
Figura 113: Vud losa – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo I

Se comprueba que la cortante última es menor que la cortante resistente.

- **Diseño por flexión de la losa**

- **Acero transversal:**

El momento crítico se encuentra en la cara de la viga (figura 114) y en la tabla 132 se muestra el acero requerido:



$$Mu = 16.82 * \left(\frac{1.20^2}{2}\right) = 11.03 \text{ ton} - \text{m}$$

Figura 114: Mu losa – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo I

Tabla 132: As. Trans. de losa – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo I

Mu	12.11
ku	13.46
ρ	3.725E-03
As. Req.	11.18
As. Col.	φ5/8" @ 17.5 cm

❖ **Acero longitudinal:**

Se empleará una cuantía mínima de 0.0012 (tabla 133):

Tabla 133: As. Long. de losa – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo I

ρ	0.0018
As. Req.	7.20
As. Col.	φ5/8" @ 25 cm

• **Diseño de la viga de cimentación**

❖ **Dimensionamiento:**

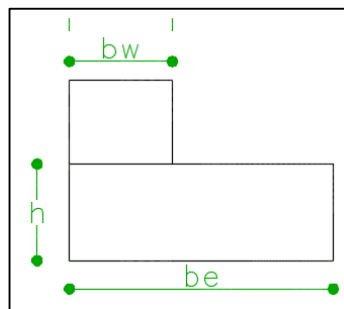
Se dimensionan teniendo en cuenta las siguientes expresiones:

$$h_{viga} = \frac{L}{6} \quad b_{viga} = \frac{h}{2}$$

Por lo tanto la viga tendrá un peralte de 70 cm. y un ancho de 40 cm.

❖ **Diseño por flexión:**

La viga tendrá un comportamiento como una viga "L" (figura 115):



- $be \leq bw + 6h = 2.8$
- $be \leq bw + l/12 = 0.80$
- $be \leq bw + ln/2 = 3.33$

Por lo tanto **be=0.80 m.**

Figura 115: Ancho efectivo de la viga – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo I

Para el diseño de la viga se empleará: en la zona central 0.80*0.70 y en las zonas extremas 0.40*0.70.

En la figura 116 se muestra el diagrama de momento flector para la carga distribuida de 16.82 ton/m.

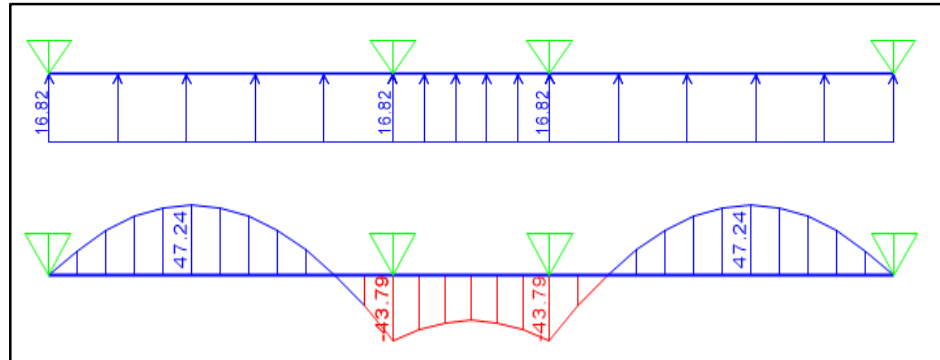


Figura 116: DMF de la viga - Zapata reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo I

A continuación se muestra los cálculos realizados para hallar el acero requerido en la viga:

En los apoyos (tabla 134):

Tabla 134: As. En los apoyos de la viga – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo I

Mu Tn.m	27.51	38.55	38.55	27.51
ku	19.10	26.77	26.77	19.10
ρ	0.005400	0.007802	0.007802	0.005400
As req.	12.96	18.72	18.72	12.96
As Col.	5 ϕ 3/4"	7 ϕ 3/4"	7 ϕ 3/4"	5 ϕ 3/4"

Tramo central (tabla 135):

Tabla 135: As. Tramo central de la viga – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo I

Mu Tn.m	47.24	29.80	47.24
ku	15.87	9.09	15.87
ρ	0.004432	0.002480	0.004432
As req.	21.63	12.70	21.63
As Col.	8 ϕ 3/4"	5 ϕ 3/4"	8 ϕ 3/4"

❖ **Diseño por cortante:**

En toda la sección de la viga debe cumplir:

$$V_u \leq \phi V_n$$

A continuación se muestra el diagrama de fuerza cortante de la viga de cimentación (figura 117) y el cálculo del espaciamiento del estribo (tabla 136):

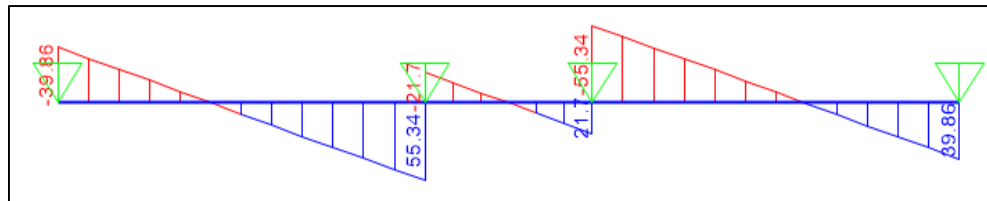


Figura 117: DFC de la viga - Zapata reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo I

Tabla 136: Calculo espaciamiento de estribos en la viga - Zapata reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo I

	EJE 1	EJE 2		EJE 3		EJE 4
Vu	25.57	46.76	16.82	16.82	46.76	25.57
Vud	15.47	36.67	9.00	9.00	36.67	15.47
ϕVc	15.67					
	mínimo	refuerzo	mínimo	mínimo	refuerzo	mínimo
Vs	-	24.71	-	-	24.71	-
S	-	14.48	-	-	14.48	-
As col.	$\phi 3/8'' \rightarrow 1 @ 0.05 \text{ m.}, \text{ resto } @ 0.125 \text{ m.}$					

6.1.2.2.2. LOSA DE CIMENTACIÓN

Al igual que para la zapata reticular, el diseño se realiza con las cargas últimas que se obtiene de las combinaciones de cargas. Se obtiene un factor de amplificación para la losa de cimentación:

$$f = 1.20$$

Por lo tanto la carga de diseño será (tabla 137):

$$Q \text{ diseño} = \sigma_{\text{mayor}} * f$$

Tabla 137: Carga de diseño - Losa de cimentación- Sistema dual tipo I

Q diseño	13.85	ton/m
----------	-------	-------

A. Sin viga de cimentación:

Al igual que en el sistema aporcado se aplicará el método de las franjas para resolver la losa maciza, luego para definir el peralte de la losa, se verificará la fuerza cortante actuando como viga y actuando como losa (punzonamiento).

Se analizará la franja del eje “B”, que tiene un ancho de 3.175 m., para el anclaje de las barras de las columnas se asume un peralte de losa de 60 cm, por lo que el peralte efectivo $h-10= 50$ cm.

- **Verificación por cortante**

Se calcula la cortante resistente del concreto:

$$\phi V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 317.5 * 50 = \mathbf{103.64 \text{ ton}}$$

En la figura 118 se muestra el diagrama de fuerza cortante para la losa, luego se calcula la cortante crítica “ V_{ud} ” a una distancia “ d ” de la cara de los apoyos, los cuales tiene que ser menor al ϕV_c (tabla 138).

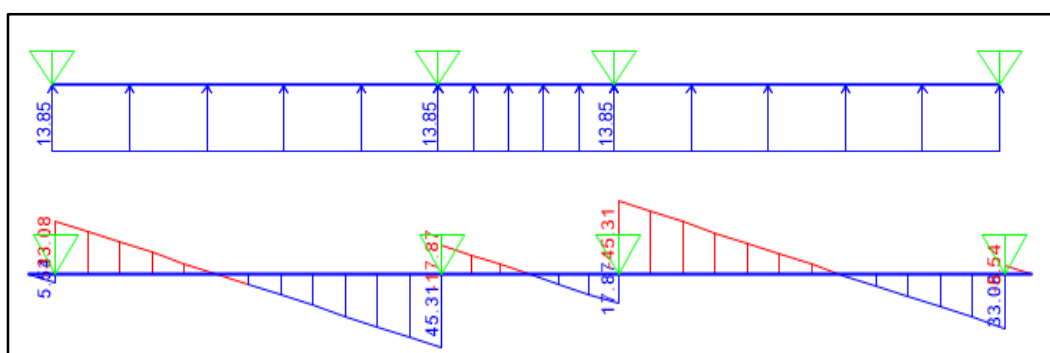


Figura 118: DFC de la losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo I

Tabla 138: Verificación por cortante – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo I

	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE 4		
V_u	21.31	38.25	13.85	13.85	38.25	21.31
V_{ud}	9.84	31.32	6.93	6.93	31.32	9.84
ϕV_c	103.64					
	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple

Para el espesor de la losa de 60 cm., cumple con la verificación por cortante.

- **Verificación por punzonamiento**

Para esta verificación (tabla 139) la sección crítica se encuentra a “ $d/2$ ” de la cara., y se emplea las mismas expresiones indicadas en la verificación por punzonamiento de la zapata reticular sin viga de cimentación.

Tabla 139: Verificación por punzonamiento – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo I

	COLUMNA B1		COLUMNA B2		COLUMNA B3		COLUMNA B4	
	x	y	x	y	x	y	x	y
	1.5	1.5	1.3	1.05	1.3	1.05	1.5	1.5
bo	6		4.7		4.7		6	
Ao	2.25		1.365		1.365		2.25	
Vc	326.06		255.41		255.41		326.06	
Vc límite	478.22		374.60		374.60		478.22	
ϕVc	406.483		318.412		318.412		406.483	
Vu	70.67		79.19		79.19		70.67	
	cumple		cumple		cumple		cumple	

El espesor de la losa de 60 cm., cumple con la verificación por punzonamiento, por lo que se continúa con el diseño por flexión.

- **Diseño por flexión de la losa**

Para el diseño por flexión se considera el ancho de la franja de 3.175 m., con un peralte de 50 cm., en la figura 119 se muestra el diagrama de momento flector de la losa:

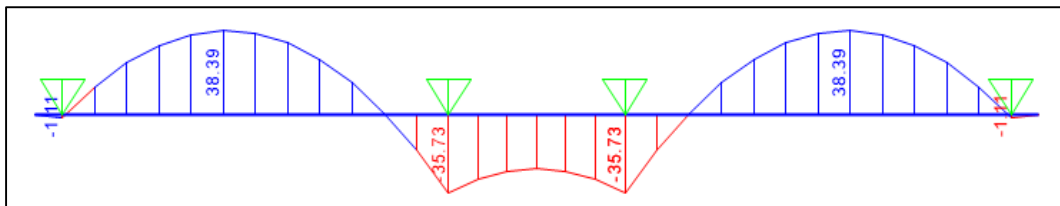


Figura 119: DMF de la losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema aporticado

- ❖ **Acero longitudinal:**

Superior - tramo central (tabla 140):

Tabla 140: As. Long. Superior de losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo I

Mu	38.39		
ku	4.84		
ρ	1.301E-03	ρ mín.	0.0012
As. Req.	20.66		
As. Col.	$\phi 3/4'' @ 12.5$ cm		

Inferior – apoyos (tabla 141)

Tabla 141: As. Long. Inferior de losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo I

Mu	31.41		
ku	3.96		
ρ	1.062E-03	ρ mín.	0.0012
As. Req.	19.05		
As. Col.	$\phi 3/4'' @ 12.5$ cm		

❖ **Acero transversal:**

Superior: se empleará cuantía mínima de 0.0012 (tabla 142):

Tabla 142: As. Trans. Superior de losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo I

p mín.	0.0012
As. Req.	19.05
As. Col.	ϕ3/4"@12.5 cm

Inferior: para el cálculo del momento (tabla 143) se tiene una longitud de vuelo de 2.375 m. y la carga de diseño 13.85 ton/m.

$$Mu = \frac{13.85 * 2.375^2}{2} = 39.07 \text{ ton} - m$$

Tabla 143: As. Trans. Superior de losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo I

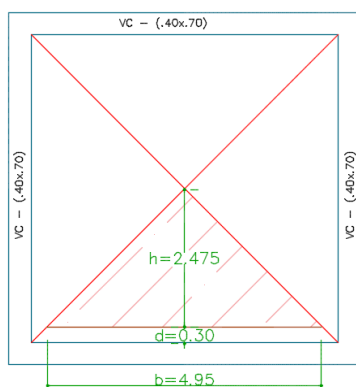
Mu	39.07
ku	4.92
p	1.325E-03
As. Req.	21.03
As. Col.	ϕ3/4"@12.5 cm

B. Con viga de cimentación:

Al tratarse de una losa armada en dos direcciones apoyadas sobre vigas en todo su perímetro, se utilizará de igual manera que el ítem 6.1.1.2.2.B el método de Joint Comitee ASCE-ACI 1940. El diseño se realizará para el cálculo de acero de la losa y de la viga.

• **Verificación por cortante de la losa**

Para el cálculo de la cortante crítica de la losa “Vu”, se traza líneas de 45° desde cada uno de los vértices del paño (Método del sobre), y se halla el área de los triángulos teniendo como base a una distancia “d” de la cara de la viga (figura 120), se asume un peralte de losa de 40 cm.



$$Vu = \frac{Wu * \text{Área}}{b}$$

Donde:

- Wu: carga distribuida para la losa= 13.85 ton/m
- b: base del triángulo=4.95 m.

$$Vu = \frac{13.85 * 6.13}{4.95} = 17.15 \text{ ton}$$

Figura 120: Vu de la losa (Método del sobre) - Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo I

Para hacer una comparación del valor hallado con el “Método del sobre”, se aplicará la expresión para el cálculo de la fuerza cortante con el método de Joint Comitee ASCE-ACI 1940; donde el peralte de la losa de cimentación es 0.30 m. y las luces libres del paño son 5.5 m.

$$V_u = 13.85 * \left(\frac{5.55}{2} - 0.30 \right) * \left(1 - 0.5 * \frac{5.55}{5.55} \right) = 17.14 \text{ ton}$$

Por ambos métodos se encuentra valores similares para la fuerza cortante crítica, se procede con calcular la cortante resistente del concreto:

$$\phi V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 100 * 30 = 19.59 \text{ ton}$$

Se comprueba que la cortante critica V_u es menor que la cortante resistente ϕV_c .

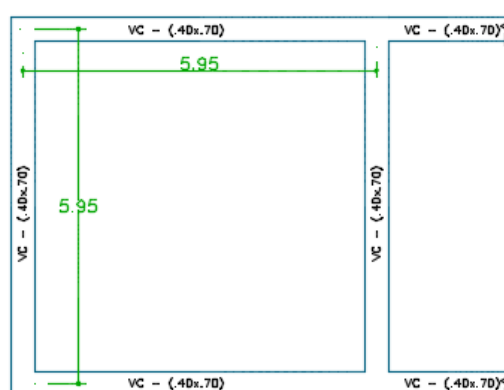
- **Diseño por flexión de la losa**

La losa se divide en franjas medias y franjas de columnas, donde la sección crítica para el máximo momento negativo se encuentra en la cara de la viga y el máximo momento positivo, en el centro de los paños.

Los momentos se calculan a través de la siguiente expresión:

$$M = C * W_u * L_s^2$$

Para el valor “C” se utilizará la tabla 112, primero se calculará el valor de “m” (figura 121):



$$m = \frac{l_s}{l_i} = \frac{5.95}{5.95} = 1$$

Figura 121: Valor de “m” de la losa - Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo I

Se toma los valores para tres extremos discontinuos, esto debido a los linderos que tiene la losa.

Momentos	Luz Corta						Luz larga para todo m
	Valor de m						
	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	≤ 0.5	
Tres Extremos Discontinuos							
Momento negativo en:							
Extremo Continuo	0.058	0.066	0.074	0.082	0.090	0.098	0.058
Extremo Discontinuo	0.029	0.033	0.037	0.041	0.045	0.049	0.029
Momento Positivo	0.044	0.050	0.056	0.062	0.062	0.074	0.044

Luego de escoger los coeficientes, se procede con el cálculo de acero (figura 122).

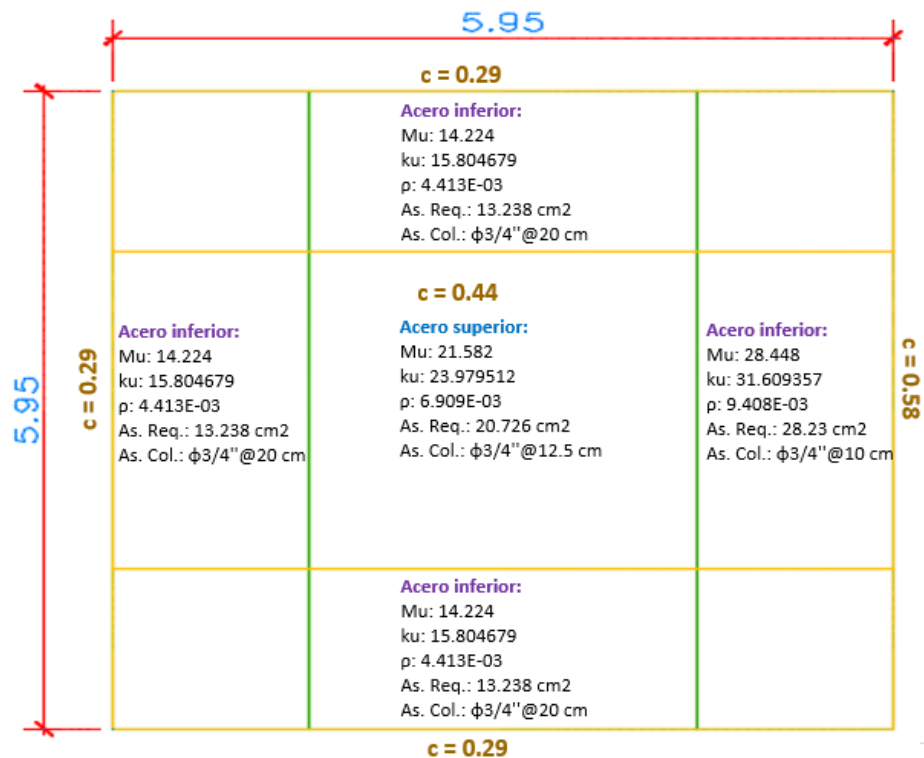


Figura 122: As de la losa - Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo I

- **Diseño de la viga de cimentación**

El procedimiento es el mismo que en la viga de cimentación de la zapata reticular con viga.

- ❖ **Dimensionamiento:**

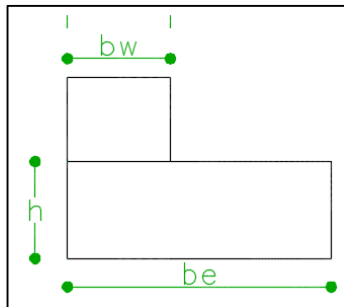
Teniendo en cuenta las expresiones:

$$h_{viga} = \frac{L}{6} \quad b_{viga} = \frac{h}{2}$$

La viga tendrá un peralte de 70 cm. y un ancho de 40 cm.

❖ **Diseño por flexión:**

La viga tendrá un comportamiento como una viga “L” (figura 123).



- $be \leq bw+6h = 2.80$
- $be \leq bw+l/12 = 0.80$
- $be \leq bw+ln/2 = 3.33$

Por lo tanto **be=0.80 m.**

Figura 123: Ancho efectivo de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo I

Para el diseño de la viga se empleará: en la zona central 0.80*0.70 y en las zonas extremas 0.40*0.70.

En la figura 124 se muestra el diagrama de momento flector para la carga distribuida de 13.85 ton/m.

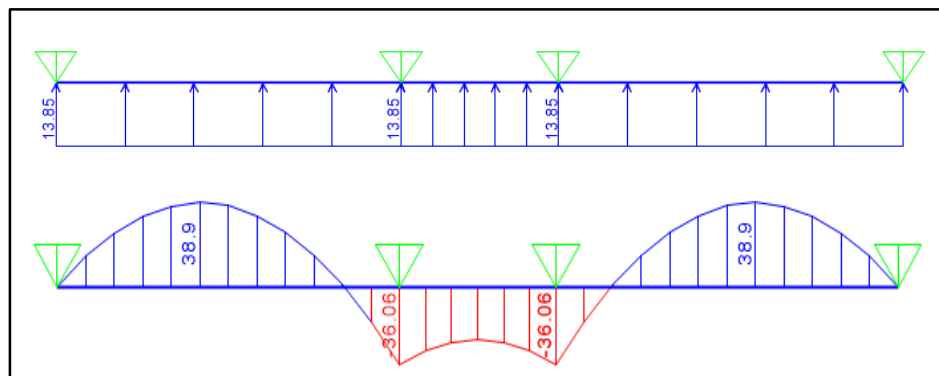


Figura 124: DMF de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo I

A continuación se muestra los cálculos realizados para hallar el acero requerido en la viga:

En los apoyos (tabla 144):

Tabla 144: As. En los apoyos de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo I

Mu Tn.m	22.65	32.69	32.69	22.65
ku	15.73	22.70	22.70	15.73
p	0.004391	0.006507	0.006507	0.004391
As req.	10.54	15.62	15.62	10.54
As Col.	4 ϕ 3/4"	6 ϕ 3/4"	6 ϕ 3/4"	4 ϕ 3/4"

Tramo central (tabla 145):

Tabla 145: As. Tramo central de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo I

Mu Tn.m	38.90	24.54	38.90
ku	11.87	7.49	11.87
ρ	0.003268	0.002031	0.003268
As req.	16.73	10.40	16.73
As Col.	6 ϕ 3/4"	4 ϕ 3/4"	6 ϕ 3/4"

❖ **Diseño por cortante:**

En la figura 125 se muestra el diagrama de fuerza cortante de la viga de cimentación y el cálculo del espaciamiento del estribo (tabla 146):

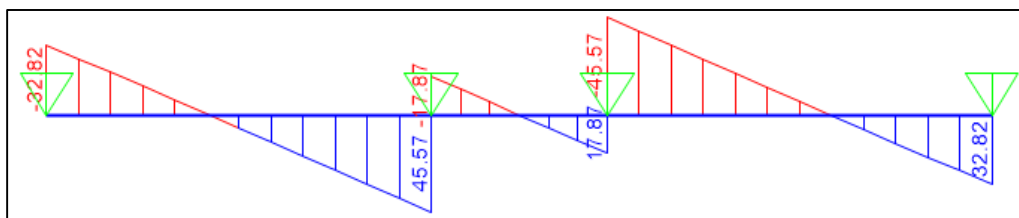


Figura 125: DFC de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo I

Tabla 146: Cálculo espaciamiento de estribos en la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo I

	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE 4	
Vu	21.05	38.50	14.73	38.50	21.05
Vud	12.74	30.19	5.89	30.19	12.74
ϕVc	15.67				
	refuerzo	refuerzo	mínimo	mínimo	refuerzo
Vs	-	17.09	-	-	17.09
S	-	20.94	-	-	20.94
As col.	$\phi 3/8'' \rightarrow 1 @ 0.10 \text{ m.}, \text{ resto } @ 0.20 \text{ m.}$				

6.1.2.3. ALTERNATIVA SELECCIONADA

Con los datos obtenidos del diseño (ítem 6.1.2.2.), se procederá a elegir la alternativa de cimentación más económica (tabla 147) para este tipo de configuración, para los costos se tomará como referencia la revista Costos – Construcción, Arquitectura e ingeniería del mes de abril 2017.

Tabla 147: Análisis de costos de cimentación - Sistema dual tipo I

	Z. RETICULAR SIN VIGA			Z. RETICULAR CON VIGA		
	METRADO	C.U.	TOTAL	METRADO	C.U.	TOTAL
CONCRETO (m3)	49.19	308.02	S/. 15,151.12	37.41	308.02	S/. 11,523.03
ACERO (kg)	462.83	2.92	S/. 1,351.46	324.27	2.92	S/. 946.85
ENCOFRADO (m2)	0	54.61	S/. -	17.85	54.61	S/. 974.79
			S/. 16,502.58			S/. 13,444.67

	LOSA DE CIMENTACION SIN VIGA			LOSA DE CIMENTACION CON VIGA		
	METRADO	C.U.	TOTAL	METRADO	C.U.	TOTAL
CONCRETO (m3)	56.01	308.02	S/. 17,251.28	44.48	308.02	S/. 13,700.11
ACERO (kg)	783.81	2.92	S/. 2,288.74	611.28	2.92	S/. 1,784.94
ENCOFRADO (m2)	0	54.61	S/. -	17.85	54.61	S/. 974.79
			S/. 19,540.01			S/. 16,459.84

Según la tabla anterior la cimentación más económica es la zapata continua reticular con viga, por lo que se selecciona esta alternativa para la configuración estructural del sistema aporticado.

6.1.2.4. ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES

Se procederá a calcular el asentamiento de la zapata continua, tal como se realizó en el ítem 6.1.1.4., el cual para que pueda analizarse ignorando los hundimientos de los apoyos en todos los claros, debe cumplir:

$$\lambda L \leq \pi/2$$

Terzaghi ha propuesto la siguiente expresión para corregir el módulo de reacción del suelo (k_s):

$$k_s = \frac{k_{s1}}{B} \rightarrow \text{para arcillas}$$

Donde:

K_{s1} : módulo de reacción (tabla 117)

B: ancho de la cimentación expresado también en pies.

Para un suelo arcilloso con capacidad portante de 1.27 kg/cm^2 , según la tabla 76 le corresponde un valor de K_{s1} de 2.65 kg/cm^3 ; con un ancho de cimentación B igual a 1.60 m.

$$k_s = \frac{2.65}{160/30.48} = 0.50 \text{ kg/cm}^3$$

- Momento de inercia de la cimentación (tabla 148):

Tabla 148: Momento Inercia de la cimentación - Sistema dual tipo I

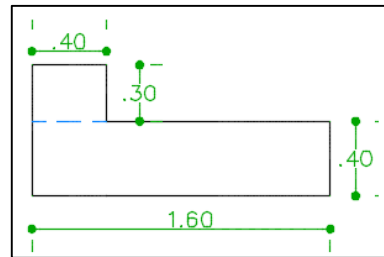


FIGURA	AREA	Y	AREA*X
1	6400	20	128000
2	1200	55	66000

CG	25.526316	25.53	cm
----	-----------	-------	----

Figura	Base (cm)	Altura (cm)	$b^3h^3/12$	Área (cm ²)	\bar{Y} (cm)	Área x \bar{Y}^2 (cm ⁴)	Inercia (cm ⁴)	Y_g (cm ⁴)
1	160	40	853333.3333	6400	5.53	195717.76	1049051.093	2181228.2
2	40	30	90000	1200	29.47	1042177.08	1132177.08	

- El valor de los claros adyacentes L: 4.63 m.
- Se tendrá el valor de λL :

$$\lambda L = 463 * \sqrt[4]{\frac{160 * 0.50}{4 * 15000 * \sqrt{210} * 2181228.2}}$$

$$\lambda L = 1.18 < \frac{\pi}{2} = 1.57$$

Se comprueba que la cimentación es rígida, considerándose una distribución uniforme de presiones en toda el área de la zapata.

6.1.3. SISTEMA DUAL TIPO II

Al igual que en el sistema dual tipo I, se continuará con el mismo proceso descrito en el ítem 6.1.1. Donde del análisis estructural se obtiene los resultados de cargas axiales y momentos flectores que se muestran en las siguientes tablas y figura 126:

- Para el eje "X-X" (tabla 149):

Tabla 149: Cargas axiales y momentos flectores - Eje "X-X" - Sistema Dual tipo II

EJE		CARGAS DE GRAVEDAD				CARGAS DE SISMO "X"	
		Pm	Pv	Mm	Mv	Ps	Ms
1	A	38.53	13.51	0.16	0.01	-9.86	-40.03
	A'	24.06	2.98	0.00	0.00	-3.32	-1.72
	B	38.53	13.51	0.16	0.01	-9.86	-40.04
2	A	47.09	19.23	-0.09	0.01	-46.10	-28.71
	B	47.09	19.23	-0.09	0.01	-46.10	-28.71
3	A	47.09	19.23	0.09	-0.01	46.10	-28.71
	B	47.09	19.23	0.09	-0.01	46.10	-28.71
4	A	38.53	13.51	-0.16	-0.01	9.86	-40.04
	A'	24.06	2.98	0.00	0.00	3.32	-1.72
	B	38.53	13.51	-0.16	-0.01	9.86	-40.03

- Para el eje “Y-Y” (tabla 150):

Tabla 150: Cargas axiales y momentos flectores - Eje "Y-Y" - Sistema Dual tipo II

EJE	CARGAS DE GRAVEDAD				CARGAS DE SISMO "Y"		
	Pm	Pv	Mm	Mv	Ps	Ms	
A	1	38.53	13.51	-0.06	0.04	-35.08	13.21
	2	47.09	19.23	-0.14	0.00	-11.31	29.93
	3	47.09	19.23	-0.14	0.00	-11.31	29.94
	4	38.53	13.51	-0.06	0.04	-35.08	13.21
B	1	38.53	13.51	0.06	-0.04	35.08	13.21
	2	47.09	19.23	0.14	0.00	11.31	29.94
	3	47.09	19.23	0.14	0.00	11.31	29.93
	4	38.53	13.51	0.06	-0.04	35.08	13.21
A'	1	24.06	2.98	0.00	0.00	0.002	40.05
	4	24.06	2.98	0.00	0.00	-0.002	40.05

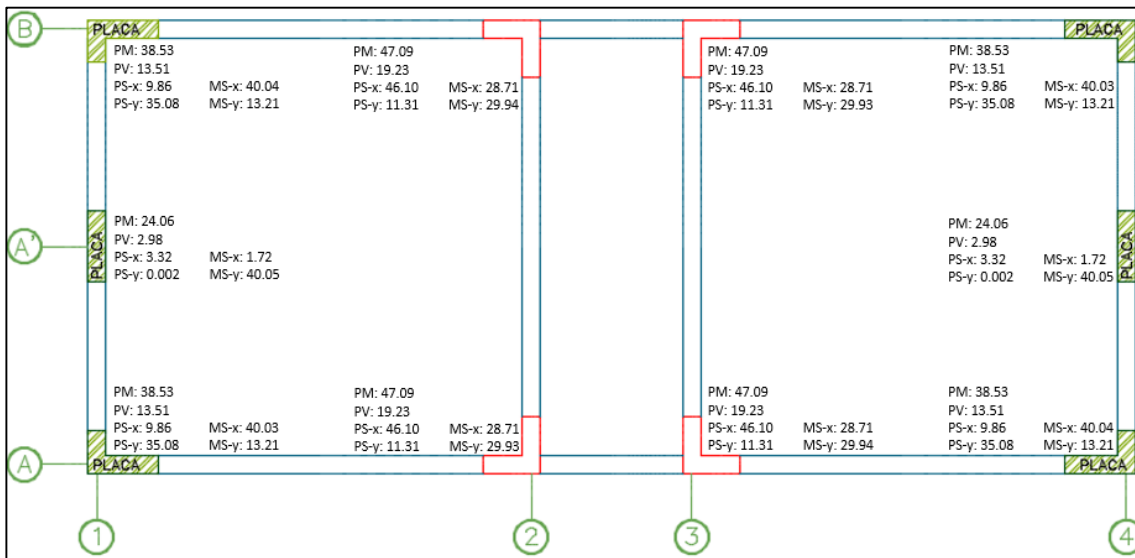


Figura 126: Cargas axiales y momentos flectores de cada soporte estructural - Sistema Dual tipo II

6.1.3.1. DIMENSIONAMIENTO

Para el dimensionamiento se utilizará las mismas expresiones ya descritas en el ítem 6.1.1.1.

A. ZAPATA AISLADA

Se procederá hallar el área tentativa, las que luego serán verificadas. En la tabla 151 se muestra los dimensionamientos y los esfuerzos producidos en el suelo de las columnas B2, B3 y para las placas B1 y A'1, por ser una estructura simétrica los resultados serán similares para las columnas A2, A3 y las placas A1, A4, A'4 y B4.

Tabla 151: Dimensionamiento y esfuerzo producidos en la zapata aislada - Sistema dual tipo II

	PLACA B1	COL. B2	COL. B3	PLACA A'1
P (ton.)	52.04	66.32	66.32	27.04
Área (m ²)	5.90	7.52	7.52	3.07
L (m.)	2.95	3.10	3.10	2.85
B (m.)	2.70	3.10	3.10	2.10
σ_1 (ton/m ²)	13.76	16.44	16.44	16.24
σ_2 (ton/m ²)	8.36	7.19	7.19	-6.30

Con las dimensiones encontradas, se dibuja las áreas tentativas de cimentación de cada soporte estructural (figura 127).

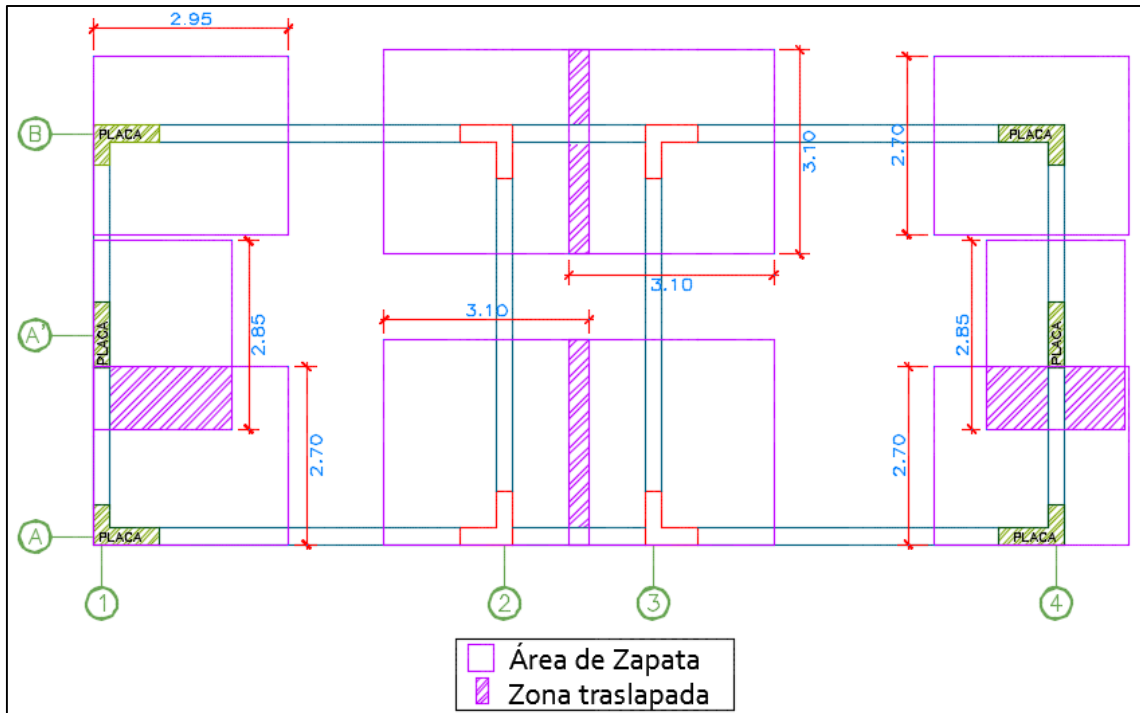


Figura 127: Área de contacto zapata aislada - Sistema dual tipo II

Se observa que las zapatas se traslapan, por lo tanto esta alternativa se descarta y se procede a plantear zapatas combinadas.

B. ZAPATA COMBINADA

Al superponerse las zapatas aisladas, se combinó las zapatas de las columnas B2-B3 y las placas A1-A'1-B1; de igual manera por ser simétrico los resultados serán los mismos para las zapatas combinadas de las columnas A2-A3 y las placas A4-A'4-B4.

El cálculo para las dimensiones es similar al de una zapata aislada; por lo tanto se obtiene (tabla 152):

Tabla 152: Dimensionamiento y esfuerzo producidos en la zapata combinada - Sistema dual tipo II

	Área (m ²)	L (m.)	B (m.)	σ_1 (ton/m ²)	σ_2 (ton/m ²)
ZAPATA COMBINADA B2-B3	16.41	5.70	3.15	16.49	11.10
ZAPATA COMBINADA A1-A'1-B1	16.22	6.35	2.65	16.34	10.37

En las zapatas combinadas A1-A'1-B1 y A4-A'4-B4, se busca que el centro de cargas de las placas coincida con el centro de gravedad de la zapata para evitar excentricidad en la dirección “y”, motivo por el cual estas zapatas no presentan volados en dicha dirección.

Y se obtiene las áreas tentativas de cimentación de los soportes estructurales, que se muestran en la figura 128:

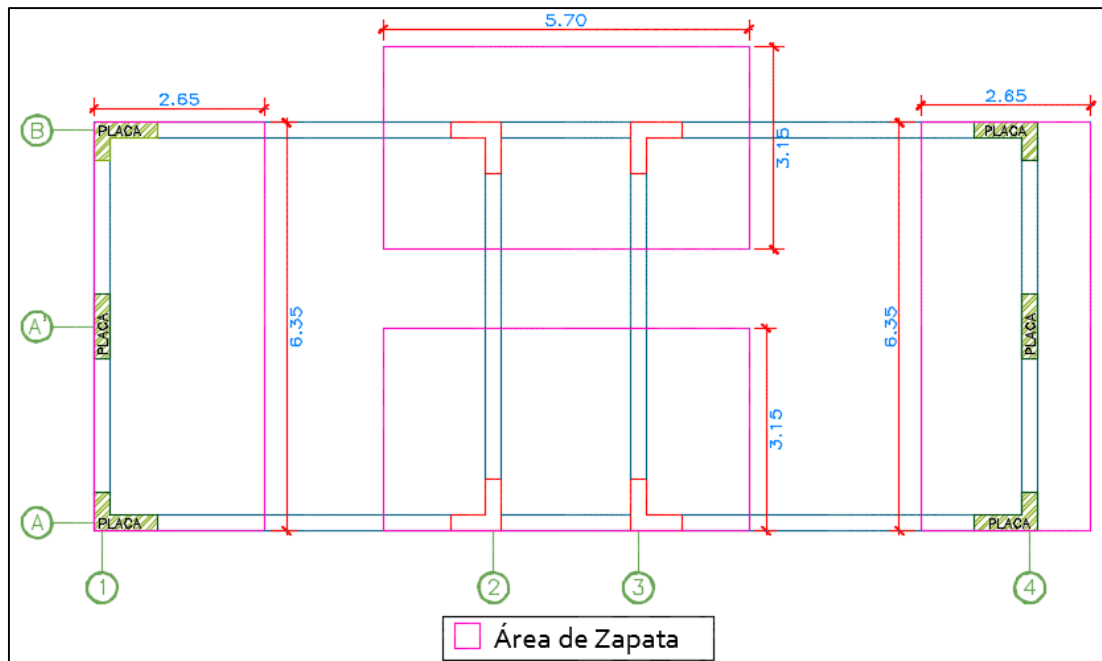


Figura 128: Área de contacto zapata combinada - Sistema dual tipo II

La suma de las áreas de contacto de las zapatas equivale el 75% del área del terreno, lo cual supera el 50% de la superficie cubierta por la estructura, al suceder este caso se dispone a plantear una losa de cimentación.

C. LOSA DE CIMENTACIÓN

El área de contacto de la losa de cimentación es igual al área de la superficie de la estructura, se obtiene (tabla 153):

Tabla 153: Área y esfuerzo producidos en la losa de cimentación - Sistema dual tipo II

	Área (m ²)	L (m.)	B (m.)	σ_1 (ton/m ²)	σ_2 (ton/m ²)
LOSA DE CIMENTACIÓN	93.35	14.70	6.35	10.13	8.18

Para no presentar excentricidades, el centro de cargas de las columnas y placas coincide con el centro de gravedad de la losa de cimentación, motivo por el cual no presenta volados en ninguna de las direcciones (figura 129).

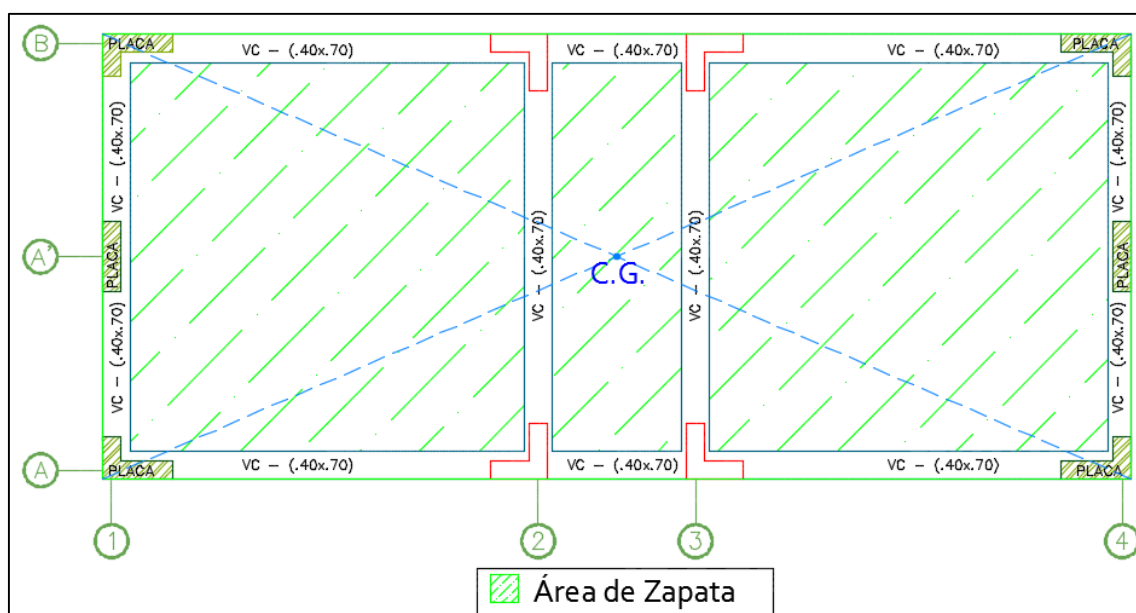


Figura 129: Área de contacto losa de cimentación - Sistema dual tipo II

Al igual que en los otros dos sistemas, este tipo de cimentación si es óptima para la estructura; para realizar una comparación económica respecto a la cimentación, se planteará una cimentación continua reticular.

D. ZAPATA CONTINUA RETICULAR

Se procede con calcular las áreas de las zapatas continuas en cada eje, para obtener la zapata reticular y realizar su respectiva verificación de esfuerzos empleando las expresiones mencionadas en el ítem 6.1.1.1.D:

$$\sigma_1 = \frac{\Sigma P * F_s}{A} + \frac{M * c}{I} \qquad \sigma_2 = \frac{\Sigma P * F_s}{A} - \frac{M * c}{I}$$

Se busca que el centro de cargas de las columnas coincida con el centro de gravedad de la zapata (figura 130), para así evitar excentricidades, motivo por el cual la zapata no presenta volados hacia ninguna de las direcciones.

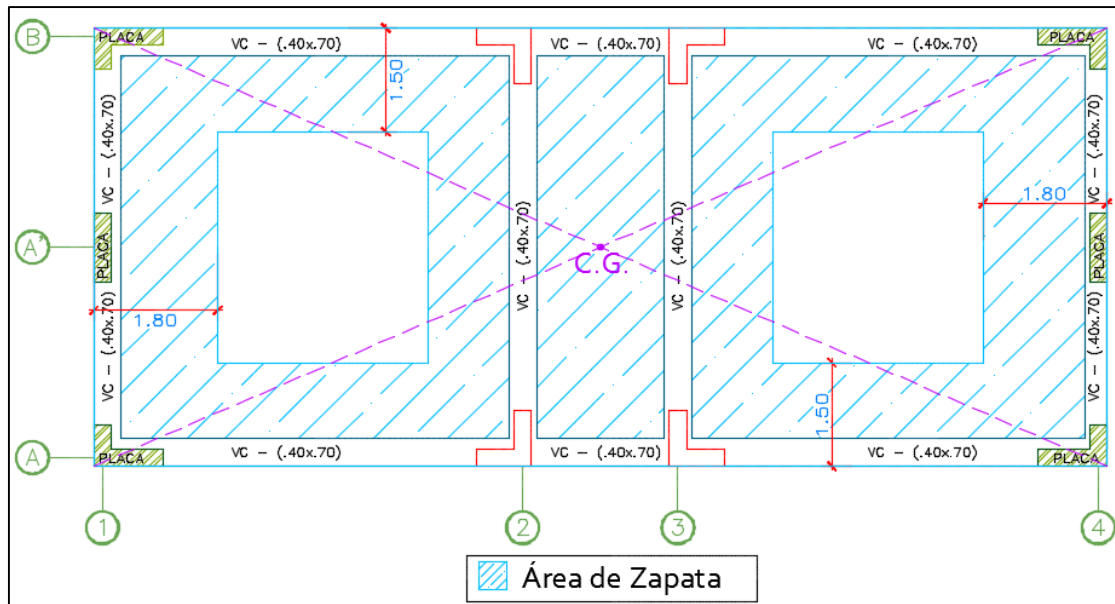


Figura 130: Área de contacto zapata continua reticular - Sistema dual tipo II

En la tabla 154 se muestra los esfuerzos producidos por la cimentación reticular:

Tabla 154: Esfuerzo producidos en la zapata reticular - Sistema dual tipo II

	Área (m ²)	EN X		EN Y	
		l _{xx} (m ⁴)		l _{yy} (m ⁴)	
ZAPATA RETICULAR	72.91	294.55		1334.01	
		σ ₁ (ton/m ²)	σ ₂ (ton/m ²)	σ ₁ (ton/m ²)	σ ₂ (ton/m ²)
		12.94	10.49	13.30	8.95

Se observa que los esfuerzos producidos en el suelo son menores al esfuerzo admisible de 16.51 ton/m². Por lo tanto este tipo de cimentación también es óptima para la estructura.

6.1.3.2. DISEÑO

De igual manera para la configuración estructural del sistema dual tipo II, se realizará el diseño de los dos tipos de cimentación planteados en el ítem anterior que satisfacen adecuadamente la transmisión de cargas y momentos al suelo; que son la zapata continua reticular y la losa de cimentación.

El diseño se realizará para la zapata continua reticular con viga y sin viga de cimentación, y para la losa de cimentación con viga y sin viga de cimentación.

6.1.3.2.1. ZAPATA CONTINUA RETICULAR

Para el diseño de la zapata continua se realizará el mismo procedimiento ya descrito en el ítem 6.1.1.2.1.

El factor de amplificación que se obtiene de las combinaciones de carga para la zapata reticular son:

$$f_{x-x} = 1.18$$

$$f_{y-y} = 1.21$$

Por lo tanto la carga de diseño será (tabla 155):

$$Q \text{ diseño} = \sigma_{mayor} * f$$

Tabla 155: Carga de diseño - Zapata continua reticular - Sistema dual tipo II

Q diseño	EN X	15.27	ton/m
	EN Y	16.13	ton/m

Se utilizará la carga de diseño más desfavorable, en este caso es 16.13 ton/m.

A. Sin viga de cimentación:

Para definir el peralte de la losa, se verifica la fuerza cortante actuando como viga y actuando como losa (punzonamiento). Se asume un peralte de losa de 65 cm.

- **Verificación por cortante**

Se calcula la cortante resistente del concreto, para una base de 100 cm. y un peralte efectivo de 55 cm:

$$\phi V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 100 * 55 = \mathbf{35.91 \text{ ton}}$$

En la figura 131 se muestra el diagrama de fuerzas cortantes, luego se calcula la cortante crítica "Vud" (tabla 156) a una distancia "d" de la cara de los apoyos, los cuales tiene que ser menor al ϕV_c .

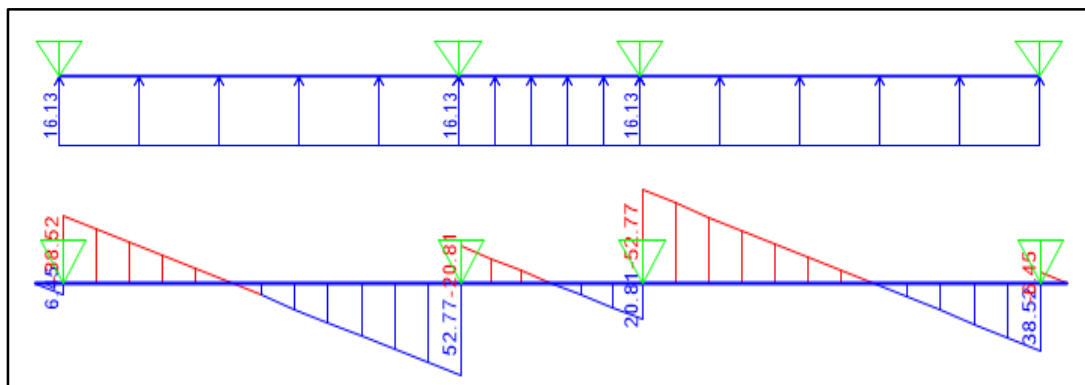


Figura 131: DFC de la losa - Zapata reticular sin viga de cimentación - Sistema dual tipo II

Tabla 156: Verificación por cortante - Zapata reticular sin viga de cimentación – Sistema dual tipo II

	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE 4
Vu	28.85	44.55	16.13	28.85
Vud	19.97	35.68	5.63	19.97
φVc	35.91			
	cumple	cumple	cumple	cumple

Para el espesor de la zapata de 65 cm., cumple con la verificación por cortante.

- **Verificación por punzonamiento**

Para esta verificación la sección crítica se encuentra a “d/2” de la cara, donde debe cumplir:

$$Vu \leq \phi Vc$$

$$\text{Siendo: } Vc = \left(0.53 + \frac{1.1}{\beta_o}\right) * \sqrt{f'c} * bo * d \leq 1.1 * \sqrt{f'c} * bo * d$$

La relación entre el largo y el ancho (βo) es 4, para la cortante de diseño por punzonamiento (tabla 157) se calcula con la expresión:

$$Vu = Pu - \sigma_u * Ao$$

Tabla 157: Verificación por punzonamiento - Zapata reticular sin viga de cimentación - Sistema dual tipo II

	COLUMNA B1		COLUMNA B2		COLUMNA B3		COLUMNA B4	
	x	y	x	y	x	y	x	y
	1.275	0.875	1.35	1.075	1.35	1.075	1.275	0.875
bo	4.3		4.85		4.85		4.3	
Ao	1.115625		1.45125		1.45125		1.115625	
Vc	275.89		311.18		311.18		275.89	
Vc límite	376.99		425.21		425.21		376.99	
φVc	320.444		361.431		361.431		320.444	
Vu	58.91		75.20		75.20		58.91	
	cumple		cumple		cumple		cumple	

El espesor de la zapata de 65 cm., cumple con la verificación por punzonamiento, por lo que se continúa con el diseño por flexión.

- **Diseño por flexión de la losa**

Para el diseño por flexión se considera un ancho de 1 m., con un peralte de 65 cm., en la figura 132 se muestra el diagrama de momento flector

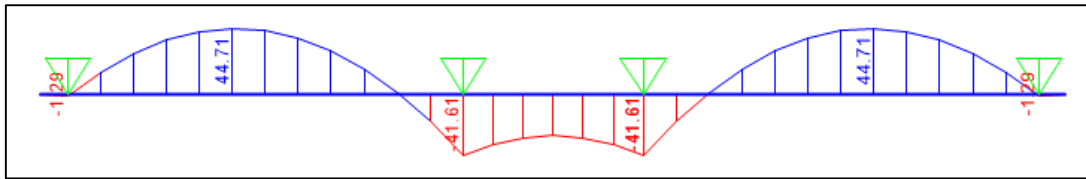


Figura 132: DMF de la losa - Zapata reticular sin viga de cimentación - Sistema dual tipo II

❖ **Acero longitudinal:**

Superior - tramo central (tabla 158):

Tabla 158: As. Long. Superior de losa – Z. reticular sin viga de cimentación - Sistema dual tipo II

Mu	44.71
ku	14.78
p	4.111E-03
As. Req.	22.61
As. Col.	ϕ3/4"@12.5 cm

Inferior – apoyos (tabla 159):

Tabla 159: As. Long. Inferior de losa – Z. reticular sin viga de cimentación - Sistema dual tipo II

Mu	36.58
ku	12.09
p	3.332E-03
As. Req.	18.33
As. Col.	ϕ3/4"@15 cm

❖ **Acero transversal:**

Superior: se empleará cuantía mínima de 0.0012 (tabla 160).

Tabla 160: As. Trans. Superior de losa – Z. reticular sin viga de cimentación – Sistema dual tipo II

p mín.	0.0012
As. Req.	6.60
As. Col.	ϕ1/2"@17.5 cm

Inferior: para el cálculo del momento (tabla 161) se utiliza la siguiente expresión:

$$Mu = \frac{qu * c^2}{2}$$

Donde:

c: longitud de vuelo = 0.70 m.

qu: carga de diseño = 16.13 ton/m

$$Mu = \frac{16.13 * 0.70^2}{2} = 3.95 \text{ ton} - \text{m.}$$

Tabla 161: As. Trans. Superior de losa – Z. reticular sin viga de cimentación - Sistema dual tipo II

Mu	3.95		
ku	1.31		
ρ	3.488E-04	ρ mín.	0.0012
As. Req.	6.60		
As. Col.	$\phi 1/2'' @ 17.5$ cm		

B. Con viga de cimentación:

El diseño se realizará para el cálculo de acero de la losa y de la viga. Se asume un peralte de losa de 40 cm.

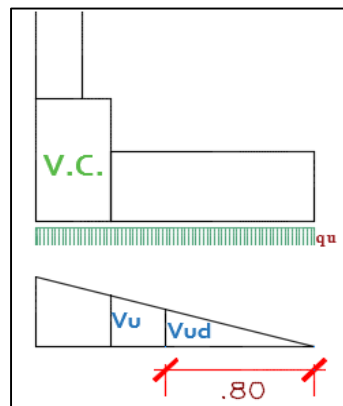
- **Verificación por cortante de la losa**

El peralte efectivo de la zapata es 30 cm., tiene un vuelo $c = 1.10$ m. y se considerará una base de 100 cm.; se procede con calcular la cortante resistente del concreto:

$$\phi V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 100 * 30 = \mathbf{19.59 \text{ ton}}$$

Luego se calcula la cortante crítica "Vud" (figura 133):

$$V_{ud} = q_u * (c - d)$$



$$V_{ud} = 16.13 * (1.10 - 0.30) = \mathbf{12.91 \text{ ton}}$$

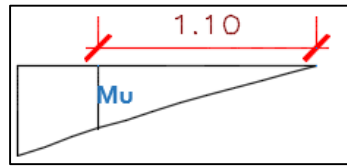
Figura 133: Vud losa – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo II

Se comprueba que la cortante última es menor que la cortante resistente.

- **Diseño por flexión de la losa**

- ❖ **Acero transversal:**

El momento crítico se encuentra en la cara de la viga (figura 134) y en la tabla 162 se muestra el acero requerido:



$$Mu = 16.13 * \left(\frac{1.10^2}{2}\right) = 9.76 \text{ ton} - \text{m}$$

Figura 134: Mu losa – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo II

Tabla 162: As. Trans. de losa – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo II

Mu	9.76
ku	10.85
ρ	2.975E-03
As. Req.	8.93
As. Col.	ϕ5/8" @ 20 cm

❖ **Acero longitudinal:**

Se empleará una cuantía mínima de 0.0012 (tabla 163):

Tabla 163: As. Long. de losa – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo II

ρ	0.0018
As. Req.	7.20
As. Col.	ϕ5/8" @ 25 cm

• **Diseño de la viga de cimentación**

❖ **Dimensionamiento:**

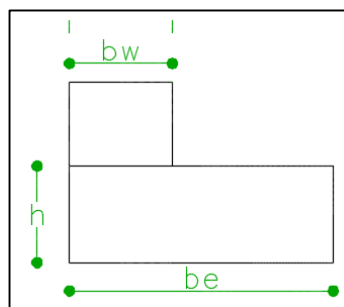
Se dimensionan teniendo en cuenta las siguientes expresiones:

$$h_{viga} = \frac{L}{6} \quad b_{viga} = \frac{h}{2}$$

Por lo tanto la viga tendrá un peralte de 70 cm. y un ancho de 40 cm.

❖ **Diseño por flexión:**

La viga tendrá un comportamiento como una viga "L" (figura 135).



- $be \leq bw + 6h = 2.80$
- $be \leq bw + l/12 = 0.80$
- $be \leq bw + ln/2 = 3.33$

Por lo tanto **be=0.80 m.**

Figura 135: Ancho efectivo de la viga – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo II

Para el diseño de la viga se empleará: en la zona central 0.80*0.70 y en las zonas extremas 0.40*0.70.

En la figura 136 se muestra el diagrama de momento flector para la carga distribuida de 16.13 ton/m.

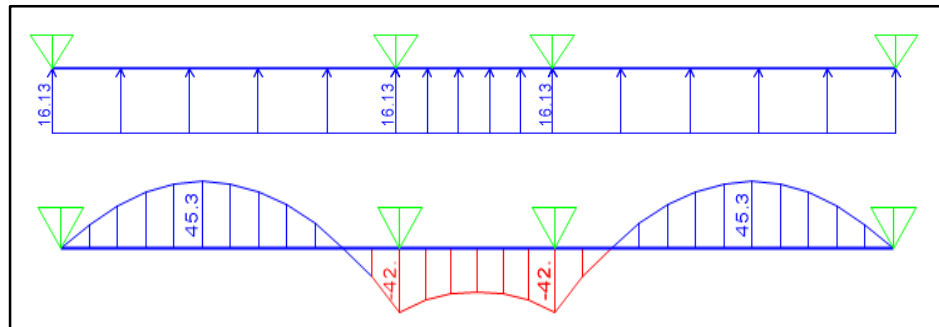


Figura 136: DMF de la viga - Zapata reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo II

A continuación se muestra los cálculos realizados para hallar el acero requerido en la viga:

En los apoyos (tabla 164):

Tabla 164: As. En los apoyos de la viga – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo II

Mu Tn.m	19.68	36.97	36.97	19.68
ku	13.67	25.67	25.67	13.67
ρ	0.003786	0.007447	0.007447	0.003786
As req.	9.09	17.87	17.87	9.09
As Col.	4 ϕ 3/4"	7 ϕ 3/4"	7 ϕ 3/4"	4 ϕ 3/4"

Tramo central (tabla 165):

Tabla 165: As. Tramo central de la viga – Z. reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo II

Mu Tn.m	45.30	28.57	45.30
ku	13.82	8.72	13.82
ρ	0.003832	0.002375	0.003832
As req.	19.62	12.16	19.62
As Col.	7 ϕ 3/4"	5 ϕ 3/4"	7 ϕ 3/4"

❖ Diseño por cortante:

En toda la sección de la viga debe cumplir:

$$V_u \leq \phi V_n$$

A continuación se muestra el diagrama de fuerza cortante de la viga de cimentación (figura 137) y el cálculo del espaciamiento del estribo (tabla 166):

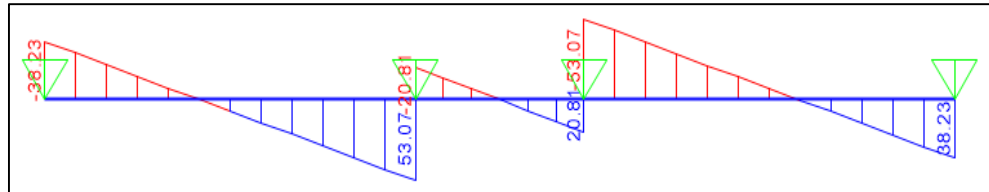


Figura 137: DFC de la viga - Zapata reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo II

Tabla 166: Calculo espaciamiento de estribos en la viga - Zapata reticular con viga de cimentación - Sistema dual tipo II

	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE 4
Vu	28.55	44.84	16.13	16.13
Vud	18.97	35.10	6.45	6.45
ϕVc	15.67			
	refuerzo	refuerzo	mínimo	mínimo
Vs	3.88	22.86	-	-
S	-	15.65	-	-
As col.	$\phi 3/8'' \rightarrow 1 @ 0.075 \text{ m.}, \text{ resto } @ 0.15 \text{ m.}$			

6.1.3.2.2. LOSA DE CIMENTACIÓN

El diseño se realiza con las cargas últimas que se obtiene de las combinaciones de cargas. Se obtiene un factor de amplificación para la losa de cimentación:

$$f = 1.18$$

Por lo tanto la carga de diseño será (tabla 167):

$$Q \text{ diseño} = \sigma_{\text{mayor}} * f$$

Tabla 167: Carga de diseño - Losa de cimentación- Sistema dual tipo II

Q diseño	12.60	ton/m
----------	-------	-------

A. Sin viga de cimentación:

Al igual que para el sistema aporticado como el sistema dual tipo I, se aplicará el método de las franjas para resolver la losa maciza, luego para definir el peralte de la losa, se verificará la fuerza cortante actuando como viga y actuando como losa (punzonamiento).

Se analizará la franja del eje “B”, que tiene un ancho de 3.175 m., para el anclaje de las barras de las columnas se asume un peralte de losa de 60 cm, por lo que el peralte efectivo $h-10= 50$ cm.

- **Verificación por cortante**

Se calcula la cortante resistente del concreto:

$$\phi V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 317.5 * 50 = \mathbf{103.64 \text{ ton}}$$

En la figura 138 se muestra el diagrama de fuerza cortante para la losa, luego se calcula la cortante crítica “Vud” a una distancia “d” de la cara de los apoyos, los cuales tiene que ser menor al ϕV_c (tabla 168).

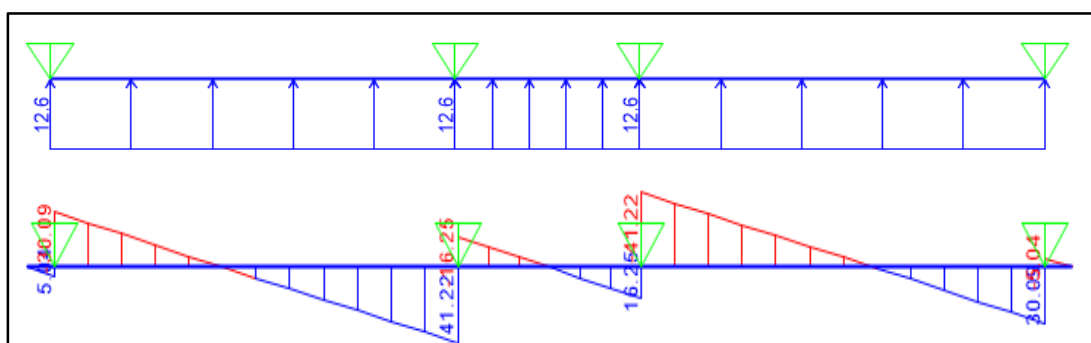


Figura 138: DFC de la losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo II

Tabla 168: Verificación por cortante – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo II

	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE 4		
Vu	22.53	34.80	12.6	12.6	34.80	22.53
Vud	16.23	28.50	6.30	6.30	28.50	16.23
ϕV_c	103.64					
	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple

Para el espesor de la losa de 60 cm., cumple con la verificación por cortante.

- **Verificación por punzonamiento**

Para esta verificación (tabla 169) la sección crítica se encuentra a “d/2” de la cara., y se emplea las mismas expresiones indicadas en la verificación por punzonamiento de la zapata reticular sin viga de cimentación.

Tabla 169: Verificación por punzonamiento – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo II

	COLUMNA B1		COLUMNA B2		COLUMNA B3		COLUMNA B4	
	x	y	x	y	x	y	x	y
	1.25	0.85	1.3	1.05	1.3	1.05	1.25	0.85
bo	4.2		4.7		4.7		4.2	
Ao	1.0625		1.365		1.365		1.0625	
Vc	244.98		274.14		274.14		244.98	
Vc límite	334.75		374.60		374.60		334.75	
ϕVc	284.538		318.412		318.412		284.538	
Vu	63.52		81.41		81.41		63.52	
	cumple		cumple		cumple		cumple	

El espesor de la losa de 60 cm., cumple con la verificación por punzonamiento, por lo que se continúa con el diseño por flexión.

• **Diseño por flexión de la losa**

Para el diseño por flexión se considera el ancho de la franja de 3.175 m., con un peralte de 50 cm., en la figura 139 se muestra el diagrama de momento flector de la losa:

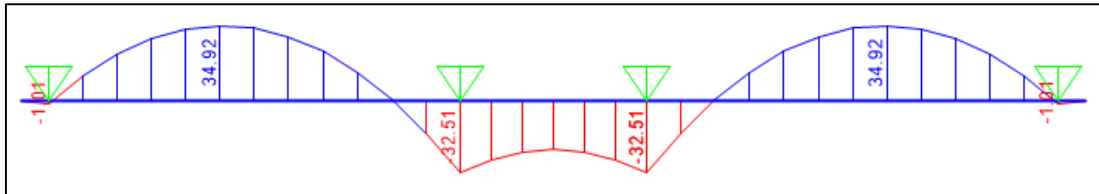


Figura 139: DMF de la losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo II

❖ **Acero longitudinal:**

Superior - tramo central (tabla 170):

Tabla 170: As. Long. Superior de losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo II

Mu	34.92		
ku	4.40		
ρ	1.182E-03	ρ mín.	0.0012
As. Req.	19.05		
As. Col.	$\phi 3/4'' @ 12.5$ cm		

Inferior – apoyos (tabla 171)

Tabla 171: As. Long. Inferior de losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo II

Mu	28.58		
ku	3.60		
ρ	9.651E-04	ρ mín.	0.0012
As. Req.	19.05		
As. Col.	$\phi 3/4'' @ 12.5$ cm		

❖ **Acero transversal:**

Superior: se empleará cuantía mínima de 0.0012 (tabla 172):

Tabla 172: As. Trans. Superior de losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo I

p mín.	0.0012
As. Req.	19.05
As. Col.	ϕ3/4"@12.5 cm

Inferior: para el cálculo del momento (tabla 173) se tiene una longitud de vuelo de 2.375 m. y la carga de diseño 12.60 ton/m.

$$Mu = \frac{12.60 * 2.375^2}{2} = 35.55 \text{ ton} - m$$

Tabla 173: As. Trans. Superior de losa – Losa de cimentación sin viga - Sistema dual tipo I

Mu	35.55		
ku	4.48		
p	1.204E-03	p mín.	0.0012
As. Req.	19.11		
As. Col.	ϕ3/4"@12.5 cm		

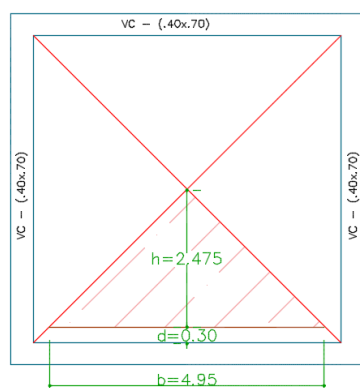
B. Con viga de cimentación:

Al tratarse de una losa armada en dos direcciones apoyadas sobre vigas en todo su perímetro, se utilizará de igual manera que el ítem 6.1.1.2.2.B el método de Joint Comitee ASCE-ACI 1940.

El diseño se realizará para el cálculo de acero de la losa y de la viga.

• **Verificación por cortante de la losa**

Para el cálculo de la cortante crítica de la losa “Vu”, se realizará con el Método del sobre, trazando líneas a 45° y se halla el área de los triángulos teniendo como base a una distancia “d” de la cara de la viga (figura 140). Se asume un peralte de losa de 40 cm.



$$Vu = \frac{Wu * \text{Área}}{b}$$

Donde:

- Wu: carga distribuida para la losa= 12.60 ton/m
- b: base del triángulo=4.95 m.

$$Vu = \frac{12.60 * 6.13}{4.95} = 15.60 \text{ ton}$$

Figura 140: Vu de la losa (Método del sobre) - Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo II

Para hacer una comparación del valor hallado, se aplicará la expresión para el cálculo de la fuerza cortante con el método de Joint Comitee ASCE-ACI 1940; donde el peralte de la losa de cimentación es 0.30 m. y las luces libres del paño son 5.5 m.

$$V_u = 12.60 * \left(\frac{5.55}{2} - 0.30 \right) * \left(1 - 0.5 * \frac{5.55}{5.55} \right) = 15.59 \text{ ton}$$

Por ambos métodos se encuentra valores similares para la fuerza cortante crítica, se procede con calcular la cortante resistente del concreto:

$$\phi V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 100 * 30 = 19.59 \text{ ton}$$

Se comprueba que la cortante critica V_u es menor que la cortante resistente ϕV_c .

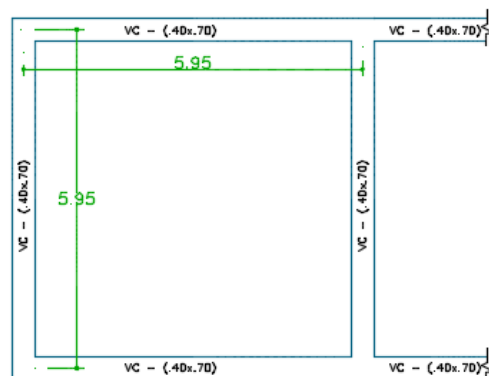
- **Diseño por flexión de la losa**

El método de Joint Comitee ASCE-ACI 1940 indica que la losa se tiene que dividir en franjas medias y franjas de columnas, donde la sección crítica para el máximo momento negativo se encuentra en la cara de la viga y el máximo momento positivo, en el centro de los paños.

Los momentos se calculan a través de la siguiente expresión:

$$M = C * W_u * L_s^2$$

Para el valor “C” se utilizará la tabla 112, primero se calculará el valor de “m” (figura 141):



$$m = \frac{l_s}{l_i} = \frac{5.95}{5.95} = 1$$

Figura 141: Valor de “m” de la losa - Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo II

Se toma los valores para tres extremos discontinuos, esto debido a los linderos que tiene la losa.

Momentos	Luz Corta						Luz larga para todo m
	Valor de m						
	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	≤ 0.5	
Tres Extremos Discontinuos							
Momento negativo en:							
Extremo Continuo	0.058	0.066	0.074	0.082	0.090	0.098	0.058
Extremo Discontinuo	0.029	0.033	0.037	0.041	0.045	0.049	0.029
Momento Positivo	0.044	0.050	0.056	0.062	0.062	0.074	0.044

Luego de escoger los coeficientes, se procede con el cálculo de acero (figura 142).

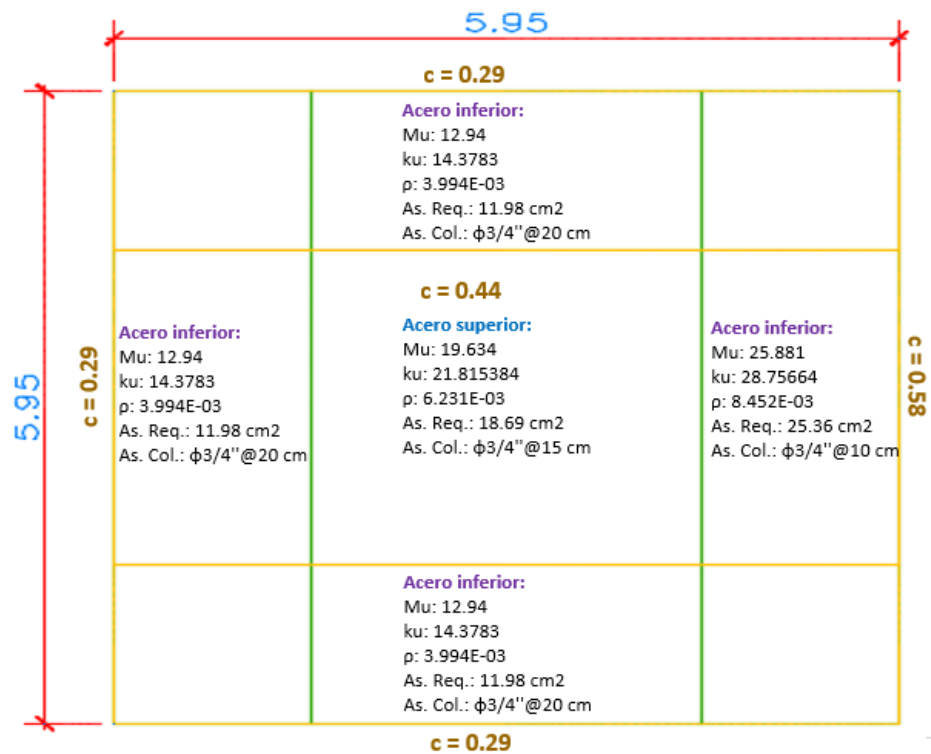


Figura 142: As de la losa - Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo II

- **Diseño de la viga de cimentación**

El procedimiento es el mismo que en la viga de cimentación de la zapata reticular con viga.

- ❖ **Dimensionamiento:**

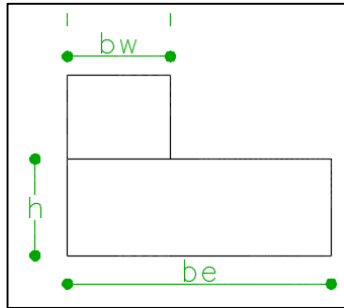
Teniendo en cuenta las expresiones:

$$h_{viga} = \frac{L}{6} \qquad b_{viga} = \frac{h}{2}$$

La viga tendrá un peralte de 70 cm. y un ancho de 40 cm.

❖ **Diseño por flexión:**

La viga tendrá un comportamiento como una viga "L" (figura 143).



- $be \leq bw + 6h = 2.80$
- $be \leq bw + l/12 = 0.80$
- $be \leq bw + ln/2 = 3.33$

Por lo tanto **be=0.80 m.**

Figura 143: Ancho efectivo de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo II

Para el diseño de la viga se empleará: en la zona central 0.80*0.70 y en las zonas extremas 0.40*0.70.

En la figura 144 se muestra el diagrama de momento flector para la carga distribuida de 12.60 ton/m.

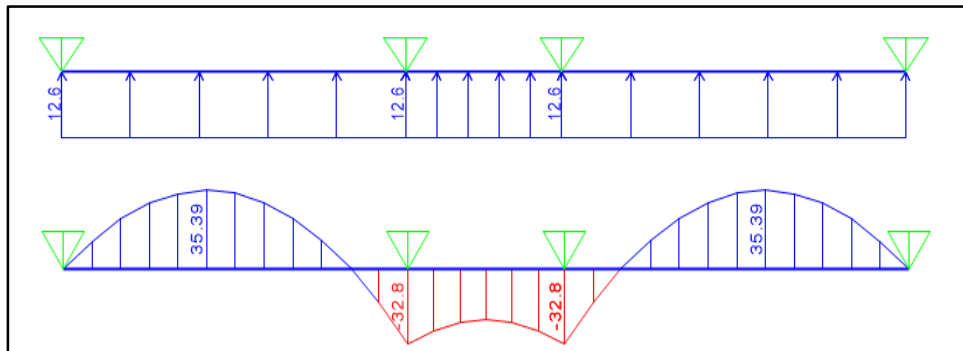


Figura 144: DMF de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo II

A continuación se muestra los cálculos realizados para hallar el acero requerido en la viga:

En los apoyos (tabla 174):

Tabla 174: En los apoyos de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo II

Mu Tn.m	15.37	28.88	28.88	15.37
ku	10.67	20.05	20.05	10.67
ρ	0.002927	0.005689	0.005689	0.002927
As req.	7.02	13.65	13.65	7.02
As Col.	3 ϕ 3/4"	5 ϕ 3/4"	5 ϕ 3/4"	3 ϕ 3/4"

Tramo central (tabla 175):

Tabla 175: As. Tramo central de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo II

Mu Tn.m	35.39	22.32	35.39
ku	10.80	6.81	10.80
ρ	0.002962	0.001844	0.002962
As req.	15.17	9.44	15.17
As Col.	6 ϕ 3/4"	4 ϕ 3/4"	6 ϕ 3/4"

❖ **Diseño por cortante:**

En la figura 145 se muestra el diagrama de fuerza cortante de la viga de cimentación y el cálculo del espaciamiento del estribo (tabla 176):

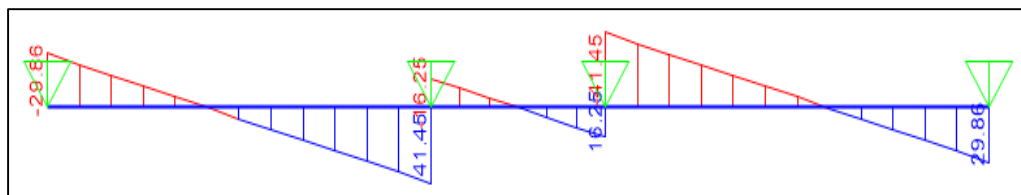


Figura 145: DFC de la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo II

Tabla 176: Cálculo espaciamiento de estribos en la viga – Losa de cimentación con viga - Sistema dual tipo II

	EJE 1	EJE 2		EJE 3		EJE 4
Vu	22.30	35.03	12.6	12.6	35.03	22.30
Vud	14.82	27.42	5.04	5.04	27.42	14.82
ϕVc	15.67					
	mínimo	refuerzo	mínimo	mínimo	refuerzo	mínimo
Vs	-	13.82	-	-	13.82	-
S	-	25.89	-	-	25.89	-
As col.	$\phi 3/8" \rightarrow 1 @ 0.125 \text{ m.}, \text{ resto } @ 0.25 \text{ m.}$					

6.1.3.3. ALTERNATIVA SELECCIONADA

Al igual que con las dos anteriores configuraciones estructurales, de los datos obtenidos del diseño (ítem 6.1.3.2.), se procederá a elegir la alternativa de cimentación más económica (tabla 177), para ello se realizará un análisis de costos tomando en cuenta las partidas más representativas de: concreto, acero y encofrado, para los costos se tomará como referencia la revista Costos – Construcción, Arquitectura e ingeniería del mes de abril 2017.

Tabla 177: Análisis de costos de cimentación - Sistema dual tipo II

	Z. RETICULAR SIN VIGA			Z. RETICULAR CON VIGA		
	METRADO	C.U.	TOTAL	METRADO	C.U.	TOTAL
CONCRETO (m3)	47.39	308.02	S/. 14,597.53	36.30	308.02	S/. 11,182.36
ACERO (kg)	386.39	2.92	S/. 1,128.26	261.50	2.92	S/. 763.57
ENCOFRADO (m2)	0	54.61	S/. -	17.85	54.61	S/. 974.79
			S/. 15,725.79			S/. 12,920.72

	LOSA DE CIMENTACION SIN VIGA			LOSA DE CIMENTACION CON VIGA		
	METRADO	C.U.	TOTAL	METRADO	C.U.	TOTAL
CONCRETO (m3)	56.01	308.02	S/. 17,251.28	44.48	308.02	S/. 13,700.11
ACERO (kg)	783.81	2.92	S/. 2,288.74	546.06	2.92	S/. 1,594.51
ENCOFRADO (m2)	0	54.61	S/. -	17.85	54.61	S/. 974.79
			S/. 19,540.01			S/. 16,269.41

Según la tabla anterior la cimentación más económica es la zapata continua reticular con viga, por lo que se selecciona esta alternativa para la configuración estructural del sistema dual tipo II.

6.1.3.4. ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES

Se procederá a calcular el asentamiento de la zapata continua, tal como se realizó para las anteriores configuraciones estructurales, el cual para que pueda analizarse ignorando los hundimientos de los apoyos en todos los claros, debe cumplir:

$$\lambda L \leq \pi/2$$

Terzaghi ha propuesto la siguiente expresión para corregir el módulo de reacción del suelo (k_s):

$$k_s = \frac{k_{s1}}{B} \rightarrow \text{para arcillas}$$

Donde:

K_{s1} : módulo de reacción (tabla 117)

B: ancho de la cimentación expresado también en pies.

Para un suelo arcilloso con capacidad portante de 1.27 kg/cm², según la tabla 76 le corresponde un valor de K_{s1} de 2.65 kg/cm³; con un ancho de cimentación B igual a 1.50 m.

$$k_s = \frac{2.65}{150/30.48} = 0.54 \text{ kg/cm}^3$$

- Momento de inercia de la cimentación (tabla 178):

Tabla 178: Momento Inercia de la cimentación - Sistema dual tipo II

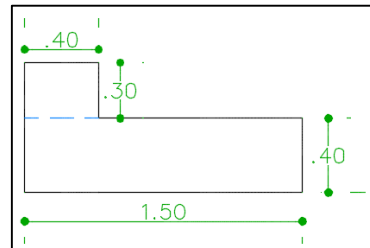


FIGURA	AREA	Y	AREA*X
1	6000	20	120000
2	1200	55	66000

CG	25.833333	25.83	cm
----	-----------	-------	----

Figura	Base (cm)	Altura (cm)	$b^3h^3/12$	Área (cm ²)	\bar{Y} (cm)	Área x \bar{Y}^2 (cm ⁴)	Inercia (cm ⁴)	Y_g (cm ⁴)
1	150	40	800000	6000	5.83	203933.4	1003933.4	2115000.1
2	40	30	90000	1200	29.17	1021066.68	1111066.68	

- El valor de los claros adyacentes L: 4.63 m.
- Se tendrá el valor de λL :

$$\lambda L = 463 * \sqrt[4]{\frac{150 * 0.54}{4 * 15000 * \sqrt{210} * 2115000.1}}$$

$$\lambda L = 1.19 < \frac{\pi}{2} = 1.57$$

Se comprueba que la cimentación es rígida, considerándose una distribución uniforme de presiones en toda el área de la zapata.

6.2. COMPARACIÓN DE RESULTADOS

6.2.1. ANÁLISIS DE LAS CIMENTACIONES

Luego de obtener las dimensiones de las zapatas, seleccionar cuales son las más óptimas para la transmisión de cargas, realizar el diseño de estas y un comparativo en cuanto a costos, escogiendo de esta forma una cimentación de acorde a cada configuración estructural que brinde además de economía, seguridad; se obtiene que en las tres configuraciones estructurales las alternativas de cimentación seleccionadas (ítem 6.1.) son zapatas continuas reticulares con viga de cimentación.

Ya que en los tres casos se presentó esfuerzos menores al límite admisible de la capacidad portante del suelo ante cargas de sismo (q . admisible-sismo = $1.3 * 12.7 = 16.51$ ton/m), con una sección de viga de $0.40 * 0.70$ m. Se realizará la comparación (tabla 179 – figura 146) en cuanto al área de cimentación, la carga de diseño y al costo de cimentación de cada configuración estructural:

Tabla 179: Análisis de las cimentaciones reticulares con viga de cimentación en los tres sistemas estructurales

	S. Aporticado	S. Dual	
		Tipo I	Tipo II
AREA CIMENTACION (m ²)	70.90	75.68	72.91
AREA TERRENO	93.35		
% AREA A CIMENTAR	76%	81%	78%
Q. diseño(ton/m)	15.77	16.82	16.13
COSTO	S/. 12,655.80	S/. 13,444.67	S/. 12,920.72

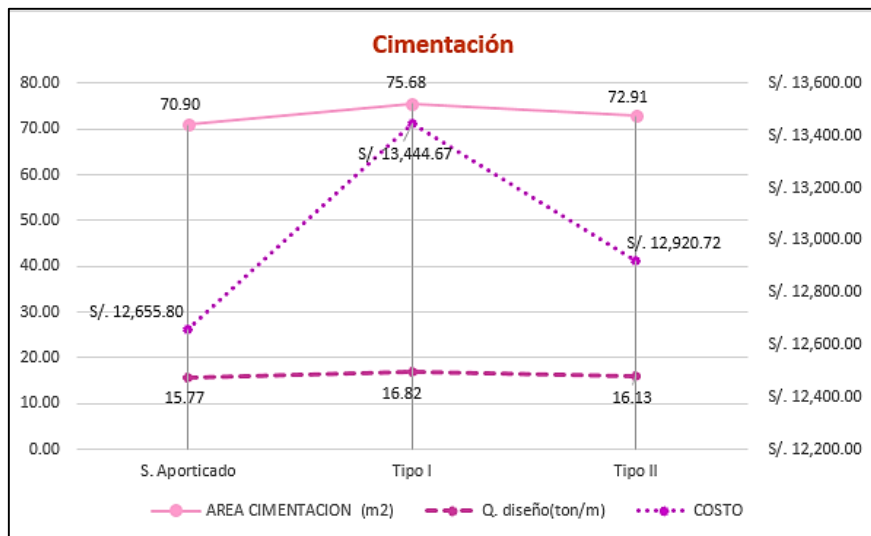


Figura 146: Análisis de las cimentaciones reticulares con viga de cimentación en los tres sistemas estructurales

Debido a que en el sistema dual tipo I, hay presencia de placas solo en los extremos, estas absorben grandes momentos de sismo en ambas direcciones, ocasionado mayor área de cimentación, mayor carga de diseño y por lo tanto mayor costo. Para el sistema dual tipo II al tener placas de menor dimensión y mejor distribuidas en los ejes, el área de cimentación es relativamente menor en comparación con la cimentación del sistema dual tipo I, por lo tanto en costo también será menor.

Caso contrario se observa en el sistema aporticado, donde solo se tienen columnas de igual dimensión en todos los ejes, haciendo que los momentos de sismo se distribuya de manera más equitativa y proporcional, obteniendo de esta manera una cimentación con un área y un costo mucho menor que en los otros dos casos anteriores.

Por lo tanto teniendo en cuenta el área de cimentación, la carga de diseño y el costo de esta, la alternativa de cimentación más adecuada es de la configuración estructural del sistema aporticado.

Finalmente se realizará las comparaciones para las tres configuraciones estructurales, en base a lo obtenido del análisis y diseño de los elementos de soporte de cada una.

6.2.2. ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS DE SOPORTE

Toda edificación debe cumplir con los requisitos de seguridad, economía y durabilidad, garantizando la mejor optimización de los recursos. Para la comparación de las tres configuraciones estructurales, se evaluó los siguientes ítems:

- Desplazamientos laterales máximos.
- Metrado de las partidas: concreto, acero y encofrado de los elementos de soporte.

A. DESPLAZAMIENTOS LATERALES

En la tabla 180 y en la figura 147 se muestra los resultados de los máximos desplazamientos de entrepiso de cada configuración estructural en las direcciones “x” e “y”:

Tabla 180: Desplazamientos laterales de las 3 configuraciones estructurales

	S. Dual		
	S. Aporticado	Tipo I	Tipo II
Δ_{xx}	0.0061	0.0047	0.0057
Δ_{yy}	0.0068	0.0070	0.0059

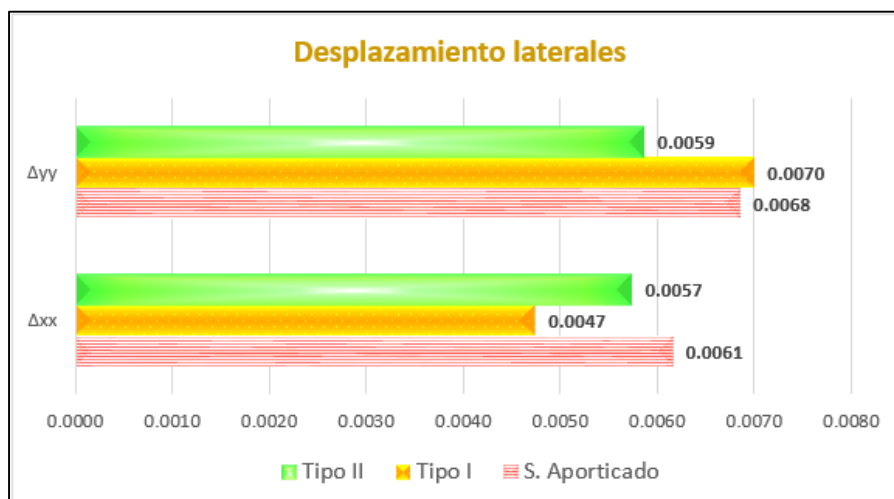


Figura 147: Desplazamientos laterales de las 3 configuraciones estructurales

Los desplazamientos producidos en las tres configuraciones estructurales son menores al desplazamiento lateral máximo (0.007). Por lo tanto los elementos de soporte están correctamente dimensionados.

B. METRADO DE LAS PARTIDAS DE CONCRETO, ACERO Y ENCOFRADO

En este ítem se realizará el metrado de las partidas de concreto, acero y encofrado de los elementos de soporte (columnas y placas) en las tres configuraciones estructurales, los cuales varían sus dimensiones dependiendo del sistema estructural en el que se encuentran.

Con las dimensiones determinadas en el ítem 3.3, se realizó el metrado del volumen de concreto a utilizar; luego con el acero distribuido tanto en las columnas como en las placas (capítulo V) se realizó el metrado de la partida de acero. Finalmente se determinará el área de encofrado a utilizar en las columnas y placas para cada configuración estructural. Para los costos se tomará como referencia la revista “Costos – Construcción, Arquitectura e Ingeniería” del mes de abril 2017.

En la tabla 181 se muestra los metrados y costos obtenidos:

Tabla 181: Metrado y costo de las partidas de concreto, acero y encofrado

	S. Dual					
	S. Aporticado		Tipo I		Tipo II	
	METRADO	COSTO	METRADO	COSTO	METRADO	COSTO
CONCRETO (m3)	38.59	S/. 11,887.29	47.16	S/. 14,526.22	41.92	S/. 12,912.20
ACERO (kg)	568.23	S/. 1,659.22	658.60	S/. 1,923.12	583.24	S/. 1,703.07
ENCOFRADO (m2)	317.46	S/. 17,336.49	364.08	S/. 19,882.41	339.66	S/. 18,548.83
		S/. 30,883.00		S/. 36,331.75		S/. 33,164.10

- **Metrado de concreto**

En la figura 148 se muestra en forma comparativa la cantidad de concreto (expresado en volumen - m³) a utilizar y su costo en los elementos de soporte de cada configuración de acuerdo al sistema estructural al que pertenecen:

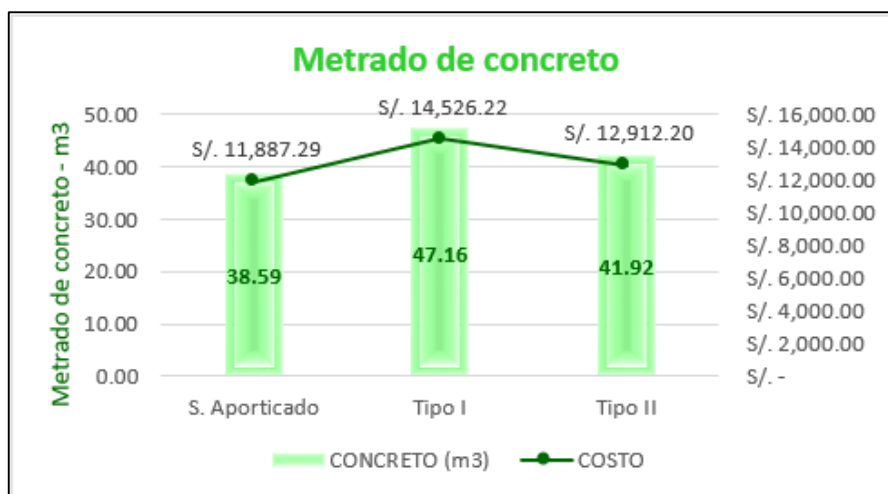


Figura 148: Metrado y costo de la partida de concreto

Se observa que la configuración estructural perteneciente al sistema aporticado es donde se requiere menor cantidad de volumen de concreto y por lo tanto tiene un menor costo.

- **Metrado de acero**

En la figura 149 se muestra la cantidad de acero (expresado en peso – kg) de las columnas y/o placas y su costo en las tres configuraciones estructurales:



Figura 149: Metrado y costo de la partida de acero

La configuración que pertenece al sistema aporticado es la que requiere menor cantidad de acero en los soportes y tiene un menor costo.

- **Metrado de encofrado**

En la figura 150 se muestra el comparativo de la cantidad de encofrado (expresado en área – m²) y su costo en los elementos de soporte de cada configuración estructural:

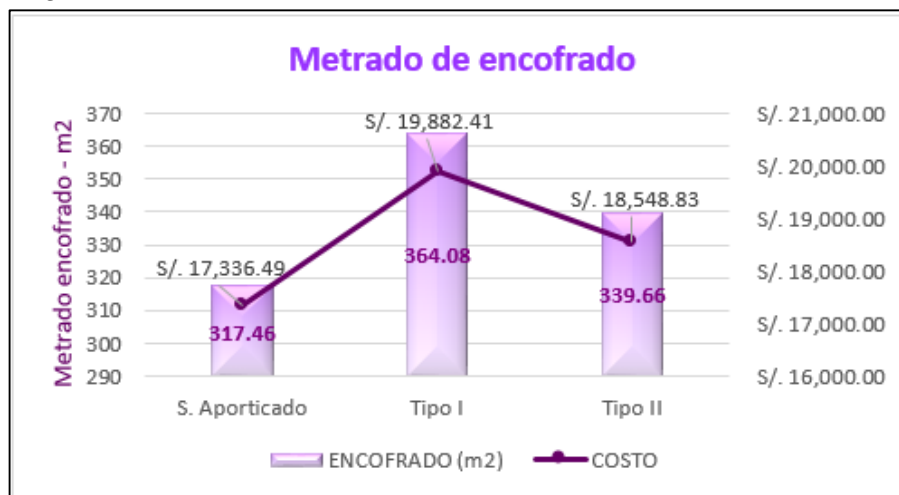


Figura 150: Metrado y costo de la partida de encofrado

La configuración del sistema aporticado es el que presenta la menor cantidad de área de encofrado y por lo tanto tiene un menor costo.

CONCLUSIONES

- De las configuraciones estructurales planteadas se concluye, que en el sistema dual tipo I, debido a la presencia de pocas placas (solo en los extremos), estas absorben grandes momentos de sismo en ambas direcciones, requiriendo mayor área de cimentación, mayor carga de diseño y por lo tanto mayor costo. Para el sistema dual tipo II al tener placas de menor dimensión y mejor distribuidas en todos los ejes, el área de cimentación es relativamente menor en comparación con la cimentación del sistema dual tipo I. Para el sistema aporticado, donde solo se tienen columnas de igual dimensión en todos los ejes, los momentos de sismo se distribuyen de manera más equitativa y proporcional, resultando de esta manera una cimentación con un área y un costo mucho menor que en los otros dos casos anteriores.
- Los elementos de soporte en cada configuración estructural planteada se ubicaron simétricamente, sin alterar la arquitectura del proyecto.
- En las configuraciones estructurales tanto del sistema aporticado como del sistema dual tipo I y tipo II, se comprobó que las estructuras tienen una configuración regular y las derivas obtenidas son menores al permisible (0.007), lo cual indica que dichas configuraciones tienen una buena rigidez lateral. Al comparar las tres estructuras se concluye que la más rígida es de la configuración estructural del sistema dual tipo I, debido las dimensiones de sus elementos de soporte.
- El porcentaje de fuerza cortante y momento flector que absorbe cada elemento de soporte tanto de las cargas de gravedad como de sismo, depende la distribución y configuración de cada sistema estructural en el que se encuentren.
- Las columnas y placas presentes en cada configuración estructural, se diseñaron verificando las sollicitaciones de flexo compresión y cortante.
- Se plantearon alternativas de cimentación que satisfagan la transmisión de cargas y momentos al suelo para cada configuración estructural planteada, realizando el diseño de las cimentaciones escogidas para su comparación económica, resultando

en los tres casos el tipo de cimentación seleccionada una zapata continua reticular con viga de cimentación.

- En el comparativo de los elementos de soporte entre las tres configuraciones estructurales, se tiene que respecto a la cantidad de concreto, acero y encofrado, la configuración estructural del sistema aporticado presenta la menor cantidad de estos recursos, considerándose la más económica.
- En conclusión luego de comparar los desplazamientos, la cimentación y el metrado de las partidas (concreto, acero y encofrado); la configuración estructural del sistema aporticado presenta la mejor distribución y dimensión de los elementos de soporte y la menor área de cimentación, el cual garantiza seguridad, economía y durabilidad de la construcción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bazán, Enrique y Meli, Roberto. 1985. *Diseño sísmico de edificios*. s.l. : Limusa, 1985.

Blanco, Antonio. 1998. *Diseño y Construcción de Cimentaciones*. Lima : Colegio de Ingenieros del Perú, 1998.

—. **1991.** *Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado*. Segunda. Lima : Colegio de Ingenieros del Perú, 1991.

Calavera, José. 2000. *Cálculo de Estructuras de Cimentación*. Cuarta . Madrid : ITEMAC S.A., 2000.

Chang, Daniel. 2015. *Diseño estructural de un edificio de aulas de concreto armado de cuatro pisos en el distrito de San Miguel*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima : s.n., 2015. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil.

Chávez, Roberto y Loayza, José. 2015. *Diseño de un edificio de concreto armado de 5 niveles*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima : s.n., 2015. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil.

Delgado, Renzo. 2014. *Diseño estructural de una galería comercial de concreto armado de cuatro pisos*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima : s.n., 2014. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil.

Espinoza, Oscar y Pérez, Iván. 2015. *Análisis comparativo técnico-económico para 2 tipos de cimentaciones de una edificación de concreto armado de 6 pisos en las ciudades de Trujillo, Chiclayo y Lima*. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo : s.n., 2015. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil.

Fratelli, María. 1993. *Suelos, fundaciones y muros*. Caracas : Bonalde Editores, 1993.

Harmsen, Teodoro. 2002. *Diseño de Estructuras de Concreto Armado*. Tercera. Lima : Fondo Editorial 2002- Pontificia Universidad Católica del Perú, 2002.

Magdaleno, Carlos. 2000. *Cimentaciones Superficiales*. México : Fundación ICA, 2000.

Meli, Roberto. 1985. *Diseño Estructural*. s.l. : Limusa, 1985.

Nilson, Arthur. 1999. *Diseño de Estructuras de Concreto*. Bogotá : McGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A., 1999.

Ortega, Juan. 2015. *Concreto Armado II*. Lima : Editorial Macro, 2015.

Peck, Ralph, Hanson, Walter y Thornburn, Thomas. 2004. *Ingeniería de Cimentaciones*. s.l. : Limusa, 2004.

Red sísmica de Puerto Rico. 2015. Red sísmica. *Red sísmica*. [En línea] 21 de Enero de 2015. <http://redsismica.uprm.edu>.

Roncal, Juan. 2017. *Diseño estructural de un edificio multifamiliar de concreto armado de siete pisos en el distrito de San Isidro*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima : s.n., 2017. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil.

Sánchez, Natividad. 2015. Apuntes de clase de Concreto Armado. Huancayo : s.n., 2015.

—. **2006.** *Criterios estructurales para la enseñanza a los alumnos de arquitectura*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima : s.n., 2006. Tesis para optar el grado de magister en Ingeniería Civil.

Tan, Nancy. 2012. *Diseño de un edificio de concreto armado de cinco niveles*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima : s.n., 2012. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil.

Terzaghi, Karl y Peck, Ralph. 1973. *Mecánica de suelos*. Barcelona : El Ateneo, 1973.

Villareal, Genner. 2013. *Predimensionamiento de elementos estructurales*. Lima : Escuela de capacitación en ingeniería y construcción, 2013.

ANEXOS

ANEXO A: COEFICIENTES PARA DISTRIBUCIÓN DE CARGAS (Nilson, 1999)

Relación $m = \frac{l_1}{l_2}$	Caso1	Caso2	Caso3	Caso4	Caso5	Caso6	Caso7	Caso8	Caso9
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.00 $\frac{W_a}{W_b}$	0.50	0.50	0.17	0.50	0.83	0.71	0.29	0.33	0.67
	0.50	0.50	0.83	0.50	0.17	0.29	0.71	0.67	0.33
0.95 $\frac{W_a}{W_b}$	0.55	0.55	0.20	0.55	0.86	0.75	0.33	0.38	0.71
	0.45	0.45	0.80	0.45	0.14	0.25	0.67	0.62	0.29
0.90 $\frac{W_a}{W_b}$	0.60	0.60	0.23	0.60	0.88	0.79	0.38	0.43	0.75
	0.40	0.40	0.77	0.40	0.12	0.21	0.62	0.57	0.25
0.85 $\frac{W_a}{W_b}$	0.66	0.66	0.28	0.66	0.90	0.83	0.43	0.49	0.79
	0.34	0.34	0.72	0.34	0.10	0.17	0.57	0.51	0.21
0.80 $\frac{W_a}{W_b}$	0.71	0.71	0.33	0.71	0.92	0.86	0.49	0.55	0.83
	0.29	0.29	0.67	0.29	0.08	0.14	0.51	0.45	0.17
0.75 $\frac{W_a}{W_b}$	0.76	0.76	0.39	0.76	0.94	0.88	0.56	0.61	0.86
	0.24	0.24	0.61	0.24	0.06	0.12	0.44	0.39	0.14
0.70 $\frac{W_a}{W_b}$	0.81	0.81	0.45	0.81	0.95	0.91	0.62	0.68	0.89
	0.19	0.19	0.55	0.19	0.05	0.09	0.38	0.32	0.11
0.65 $\frac{W_a}{W_b}$	0.85	0.85	0.53	0.85	0.96	0.93	0.69	0.74	0.92
	0.15	0.15	0.47	0.15	0.04	0.07	0.31	0.26	0.08
0.60 $\frac{W_a}{W_b}$	0.89	0.89	0.61	0.89	0.97	0.95	0.76	0.80	0.94
	0.11	0.11	0.39	0.11	0.03	0.05	0.24	0.20	0.06
0.55 $\frac{W_a}{W_b}$	0.92	0.92	0.69	0.92	0.98	0.96	0.81	0.85	0.95
	0.08	0.08	0.31	0.08	0.02	0.04	0.19	0.15	0.05
0.50 $\frac{W_a}{W_b}$	0.94	0.94	0.76	0.94	0.99	0.97	0.86	0.89	0.97
	0.06	0.06	0.24	0.06	0.01	0.03	0.14	0.11	0.03

ANEXO B:

- Planos de arquitectura
- Planos de columnas y placas
- Planos de cimentación – Zapata continua reticular con viga de cimentación