

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO
SISMORRESISTENTE ESTRUCTURAL Y COSTO DE LOS
SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EMMEDUE Y EMDL, EN LA
CIUDAD DE TRUJILLO, 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Br. Carlos Adrian Calderon Nuñez
Br. Christian David Gamarra Musayon

Asesor:

Mg. Ing. Carlos Alberto Rodríguez Reyna

Trujillo - Perú

2020



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	10
ÍNDICE DE FIGURAS	13
ÍNDICE DE ECUACIONES	17
RESUMEN	19
ABSTRACT	19
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	21
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	21
1.1.1. ANTECEDENTES.....	27
1.1.2. BASES TEÓRICAS.....	32
1.1.2.1. Sistema Constructivo EMMEDUE.....	32
1.1.2.1.1. Origen e historia.....	32
1.1.2.1.2. Descripción del Sistema Emmedue.....	33
1.1.2.1.3. Composición del Panel Emmedue.....	33
1.1.2.1.3.1. Núcleo central.....	33
1.1.2.1.3.2. Acero de refuerzo.....	34
1.1.2.1.3.3. Mortero.....	34
1.1.2.1.4. Ventajas del sistema Emmedue.....	35
1.1.2.1.5. Tipos de Paneles, Refuerzos y Usos.....	35
1.1.2.1.5.1. Panel Simple para muro estructural (PSME).....	35
1.1.2.1.5.2. Panel Doble (PDM).....	36
1.1.2.1.5.3. Panel Losa.....	37
1.1.2.1.5.4. Panel Escalera.....	38
1.1.2.1.5.5. Panel Descanso.....	39
1.1.2.1.5.6. Mallas de refuerzo.....	40
1.1.2.1.5.6.1. Mallas angulares MRA.....	40
1.1.2.1.5.6.2. Mallas planas MRP.....	41
1.1.2.1.5.6.3. Mallas U MRU-P.....	42
1.1.2.1.5.6.4. Mallas enteras de refuerzo RZ.....	42
1.1.2.1.6. Etapas del Proceso Constructivo.....	43
1.1.2.1.6.1. Trabajos Preliminares.....	43
1.1.2.1.6.2. Cimentación.....	43
1.1.2.1.6.3. Anclajes en viga de cimentación.....	44
1.1.2.1.6.4. Montaje de paneles para muros.....	47
1.1.2.1.6.4.1. Armado mediante colocación sucesiva de paneles.....	47
1.1.2.1.6.4.2. Armado de muro completo.....	47
1.1.2.1.6.4.3. Aplomado y apuntalado de paredes.....	48
1.1.2.1.6.5. Colocación de paneles de losa y armadura de refuerzo.....	51
1.1.2.1.6.6. Inyección del mortero/ concreto resistente.....	53
1.1.2.1.6.7. Vertido de concreto en la capa de compresión de la losa.....	54

1.1.2.1.6.8.	Lanzado de mortero en la cara inferior de la losa.	55
1.1.2.1.6.9.	Acabados.	56
1.1.2.1.6.10.	Montaje del panel escalera.....	56
1.1.2.1.7.	Hipótesis general de comportamiento de los paneles EMMEDUE.	57
1.1.2.1.7.1.	Hipótesis de diseño 1.....	58
1.1.2.1.7.2.	Hipótesis de diseño 2.....	58
1.1.2.1.7.3.	Hipótesis de diseño 3.....	59
1.1.2.1.7.4.	Hipótesis de diseño 4.....	60
1.1.2.1.7.5.	Hipótesis de diseño 5.....	60
1.1.2.1.8.	Requisitos generales a cumplir los paneles aligerados.	61
1.1.2.1.8.1.	Mortero.....	61
1.1.2.1.8.2.	Refuerzo adicional.....	62
1.1.2.1.8.3.	Cuantía mínima.	63
1.1.2.1.9.	Propiedades mecánicas del sistema.....	63
1.1.2.1.10.	Propiedades del sistema para el análisis sísmico.	64
1.1.2.1.11.	Criterios de diseño para estructuras utilizando paneles aligerados.....	64
1.1.2.1.11.1.	Diseño por compresión axial céntrica.....	64
1.1.2.1.11.2.	Diseño por Flexocompresión en el plano del muro.....	65
1.1.2.1.11.3.	Diseño por flexión.	66
1.1.2.1.11.4.	Diseño por flexión en losas.	72
1.1.2.1.11.5.	Diseño por Corte.	74
1.1.2.1.11.5.1.	Corte en losa.	74
1.1.2.1.11.5.2.	Corte en muros.	74
1.1.2.1.12.	Propiedades Geométricas.	76
1.1.2.1.12.1.	Muros Estructurales.	76
1.1.2.1.12.1.1.	Inercia Sección Transformada	76
1.1.2.1.12.2.	Losas Estructurales	78
1.1.2.1.12.2.1.	Inercia de la Sección Transformada.....	78
1.1.2.1.12.3.	Espesor Equivalente para Muros y Losa.....	79
1.1.2.1.12.4.	Inercia Sección Equivalente en Muros y Losa.....	80
1.1.2.1.13.	Peso del panel Muro y panel Losa.....	81
1.1.2.1.14.	Módulo de elasticidad del mortero.	81
1.1.2.1.15.	Diseño de anclaje muros a cimentación	81
1.1.2.1.15.1.	Separación longitudinal de anclajes.	81
1.1.2.2.	Sistema Constructivo EMDL.....	83
1.1.2.2.1.	Definición 83	
1.1.2.2.2.	Diseño de muros.	84
1.1.2.2.2.1.	Diseño por corte.....	85
1.1.2.2.2.2.	Cuantía mínima para muros.....	88
1.1.2.2.3.	Diseño de losa maciza y escalera	89
1.1.2.2.3.1.	Diseño por Flexión.....	89
1.1.2.2.3.2.	Diseño por Corte.....	92
1.1.2.3.	Requisitos Generales de servicio.	93
1.1.2.3.1.	Control de deflexiones.	93
1.1.2.3.2.	Deflexiones instantáneas.....	93
1.1.2.3.3.	Deflexiones a largo plazo.	94
1.1.2.3.4.	Máximas deflexiones en losas.	95

1.1.2.4.	Generalidades del Diseño	95
1.1.2.4.1.	Resistencia Requerida.....	96
1.1.2.4.2.	Resistencia de Diseño	96
1.1.2.5.	Cimentación para Muros Portantes.....	97
1.1.2.5.1.	Comportamiento e idealización de la losa de cimentación.....	97
1.1.2.5.2.	Verificación de Presiones.	98
1.1.2.6.	Fuerzas sísmicas actuantes en la estructura.....	98
1.1.2.6.1.	Método de las fuerzas estáticas equivalentes.....	98
1.1.2.6.1.1.	La fuerza cortante en la base (Vs).....	98
1.1.2.6.1.2.	Peso de la Estructura para el Análisis Sísmico.....	102
1.1.2.6.2.	Análisis Dinámico Modal Espectral.	103
1.1.2.6.2.1.	Modos de vibración.....	103
1.1.2.6.2.2.	Aceleración Espectral.	103
1.1.2.7.	Costos y presupuestos.....	104
1.1.2.7.1.	Costo directo.....	104
1.1.2.7.2.	Costo de mano de obra.....	104
1.1.2.7.3.	Costo de materiales.....	105
1.1.2.7.4.	Costo de equipos y herramientas.....	105
1.1.2.7.5.	Análisis de costos unitarios.....	106
1.1.2.8.	Normas.....	106
1.1.2.8.1.	Norma E.020	106
1.1.2.8.2.	Norma E.030	106
1.1.2.8.3.	Norma E.050	107
1.1.2.8.4.	Norma E.060	107
1.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	107
1.3.	LIMITACIONES.....	107
1.4.	OBJETIVOS.....	108
1.4.1.	OBJETIVO GENERAL.....	108
1.4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	108
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA		109
2.1.	Operacionalización de variables	109
2.1.1.	Concepto de la variable.....	109
2.1.1.	Operacionalización de la variable.....	110
2.2.	Diseño de investigación.....	111
2.3.	Unidad de estudio.....	111
2.4.	Población.....	112
2.5.	Muestra.....	112
2.6.	Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	112
2.6.1.	Validez y confiabilidad de los instrumentos.....	113
2.6.2.	Esquema de procedimiento usado para recolección de datos.....	115
2.7.	Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos.....	117
2.7.1.	Métodos de análisis de datos.....	117
2.7.2.	Instrumentos.....	117
2.8.	Procedimiento de la investigación.....	118
CAPÍTULO III. RESULTADOS		121
3.1.	Comparación sismorresistente estructural y costo directo.....	121

3.2.	<i>Sistema emmedue</i>	121
3.2.1.	<i>Análisis estructural sistema emmedue</i>	121
3.2.1.1.	<i>Propiedades de los materiales del sistema emmedue</i>	122
3.2.1.2.	<i>Características de los paneles</i>	122
3.2.1.3.	<i>Definición de los elementos área del sistema emmedue</i>	123
3.2.1.4.	<i>Parámetros sísmicos</i>	128
3.2.1.4.1.	<i>Zonificación</i>	128
3.2.1.4.2.	<i>Condiciones geotécnicas</i>	128
3.2.1.4.3.	<i>Categorización de la edificación</i>	128
3.2.1.4.4.	<i>Regularidad estructural "Ip" e "Ia"</i>	129
3.2.1.4.4.1.	<i>Irregularidad en planta "Ip"</i>	129
3.2.1.4.4.2.	<i>Irregularidad en altura "Ia"</i>	130
3.2.1.4.5.	<i>Coficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas</i>	133
3.2.2.	<i>Análisis estático</i>	133
3.2.2.1.	<i>Determinación del periodo fundamental "T" de la estructura</i>	133
3.2.2.2.	<i>Cálculo del valor del Factor de Amplificación Sísmica "C"</i>	134
3.2.2.3.	<i>Evaluación del valor de C/R</i>	134
3.2.2.4.	<i>Cálculo del valor del factor exponencial de distribución</i>	134
3.2.2.5.	<i>Cálculo del Cortante en la Base</i>	135
3.2.3.	<i>Análisis dinámico</i>	135
3.2.3.1.	<i>Cálculo del cortante dinámico</i>	135
3.2.3.2.	<i>Incorporación del espectro de diseño</i>	136
3.2.3.3.	<i>Periodo de vibración</i>	136
3.2.3.4.	<i>Verificación de las derivas de entrepiso</i>	137
3.2.4.	<i>Verificación de la fuerza cortante mínima</i>	138
3.2.5.	<i>Análisis y diseño de los elementos estructurales del sistema emmedue</i>	139
3.2.5.1.	<i>Losa emmedue</i>	139
3.2.5.1.1.	<i>Estado límite de resistencia</i>	139
3.2.5.1.1.1.	<i>Resistencia a flexión</i>	139
3.2.5.1.1.2.	<i>Diseño por cortante perpendicular al plano</i>	143
3.2.5.1.2.	<i>Estado límite de servicio</i>	145
3.2.5.2.	<i>Muros emmedue</i>	149
3.2.5.2.1.	<i>Estado límite de resistencia</i>	150
3.2.5.2.1.1.	<i>Resistencia a carga axial</i>	150
3.2.5.2.1.2.	<i>Flexocompresión en el plano del muro</i>	152
3.2.5.2.1.3.	<i>Flexión perpendicular al plano</i>	154
3.2.5.2.1.4.	<i>Resistencia a corte en el plano del muro</i>	157
3.2.5.3.	<i>Diseño de anclajes muro – cimentación</i>	159
3.2.5.3.1.	<i>Separación longitudinal anclaje</i>	159
3.2.5.3.2.	<i>Corte fricción</i>	159
3.2.5.4.	<i>Diseño de platea de cimentación</i>	160
3.2.5.4.1.	<i>Verificación de presiones</i>	160
3.2.5.4.2.	<i>Verificación de asentamiento</i>	162
3.2.5.4.3.	<i>Diseño por flexión</i>	162
3.2.5.4.4.	<i>Diseño por cortante</i>	165
3.2.5.4.5.	<i>Diseño de la viga de cimentación</i>	167
3.2.5.5.	<i>Diseño de escalera</i>	169

3.2.5.5.1.	Diseño por corte	170
3.2.5.5.2.	Diseño a flexión	171
3.2.5.6.	Integridad estructural	172
3.3.	Sistema estructural de muros de ductilidad limitada (edml)	174
3.3.1.	Análisis estructural sistema emdl	174
3.3.1.1.	Propiedades del material	175
3.3.1.2.	Cargas de diseño	175
3.3.1.3.	Parámetros sísmicos	176
3.3.1.4.	Análisis estático	176
3.3.1.4.1.	Determinación del periodo fundamental “T” de la estructura	176
3.3.1.4.2.	Cálculo del valor del Factor de Amplificación Sísmica “C”	177
3.3.1.4.3.	Evaluar el valor de C/R	177
3.3.1.4.4.	Cálculo del Cortante en la Base.	177
3.3.1.5.	Análisis dinámico	178
3.3.1.5.1.	Cálculo del cortante dinámico	178
3.3.1.5.2.	Incorporación del espectro de diseño	178
3.3.1.5.3.	Periodo de vibración	179
3.3.1.5.4.	Verificación de las derivas de entrepiso	179
3.3.1.6.	Verificación de la fuerza cortante mínima	180
3.3.2.	Diseño del sistema EMDL	181
3.3.2.1.	Diseño de losa maciza	181
3.3.2.1.1.	Estado límite de resistencia	181
3.3.2.1.1.1.	Diseño por flexión	181
3.3.2.1.1.2.	Diseño por corte	184
3.3.2.1.2.	Estado límite de servicio	186
3.3.2.2.	Muros EMDL	189
3.3.2.2.1.	Diseño por flexocompresión	192
3.3.2.2.2.	Diseño por capacidad de corte	200
3.3.2.2.3.	Diseño por corte fricción	203
3.3.2.3.	Diseño de la platea de cimentación	205
3.3.2.3.1.	Verificación de la presiones	205
3.3.2.3.2.	Verificación de asentamiento	207
3.3.2.3.3.	Diseño por flexión	208
3.3.2.3.4.	Diseño por corte	211
3.3.2.3.5.	Diseño de la viga de cimentación	212
3.3.2.4.	Diseño de escalera	215
3.3.2.4.1.	Diseño a corte	217
3.3.2.4.2.	Diseño a flexión	217
3.4.	Análisis económicos	220
3.4.1.	Sistema EMDL	220
3.4.1.1.	Metrado de partidos EMDL	220
3.4.1.2.	Análisis de precios unitarios EMDL	221
3.4.1.3.	Presupuesto de especialidad estructuras EMDL	222
3.4.2.	Sistema Emmedue	223
3.4.2.1.	Metrado de partidos emmedue	223
3.4.2.2.	Análisis de precios unitarios emmedue	224
3.4.2.3.	Presupuesto de especialidad estructuras emmedue	225

3.5.	<i>Análisis comparativo</i>	226
3.5.1.	<i>Verificación de derivas de entrepiso</i>	226
3.5.2.	<i>Coparación del peso para el análisis sísmico</i>	227
3.5.3.	<i>Análisis estático</i>	227
3.5.4.	<i>Análisis dinámico</i>	228
3.5.5.	<i>Diseño estructural</i>	229
3.5.5.1.	<i>Diseño losas</i>	229
3.5.5.2.	<i>Diseño muros</i>	230
3.5.6.	<i>Análisis económico</i>	231
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		232
4.1.	DISCUSIÓN	232
4.2.	CONCLUSIONES	235
4.3.	RECOMENDACIONES	237
REFERENCIAS		238
ANEXOS		240

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características técnicas del panel PSM	36
Tabla 2: Características técnicas del panel doble para muro estructural.....	37
Tabla 3: Característica técnicas del panel para losa estructural.	38
Tabla 4: Características técnicas del panel para escalera estructural.....	38
Tabla 5: Características técnicas del panel descanso para escalera.....	40
Tabla 6: Características técnicas de mallas angulares.....	41
Tabla 7: Características técnicas de mallas planas.....	42
Tabla 8: Características técnicas de mallas tipo U.	42
Tabla 9: Cuanfía mínima vertical y horizontal en muros.....	89
Tabla 10: Deflexiones máximas admisibles.	95
Tabla 11: Zonificación sísmica del Perú.....	100
Tabla 12: Factor de Suelo “S”	100
Tabla 13: Periodos T_p y T_l	100
Tabla 14: Categorización de las edificaciones.	101
Tabla 15: Factor de reducción sísmica.....	102
Tabla 16: Clasificación de la variable.....	109
Tabla 17: Operacionalización de la variable.....	110
Tabla 18: Ficha resumen.	113
Tabla 19: Propiedades mecánicas de los paneles tipo muro EMMEDUE.....	122
Tabla 20: Propiedades mecánicas de los paneles tipo losa EMMEDUE.....	122
Tabla 21: Características de los paneles Emmedue - Vivienda unifamiliar	122
Tabla 22: Peso del análisis sísmico y cortante estático basal estática obtenido en el programa ETABS	135
Tabla 23: Parámetros sísmicos para el análisis Dinámico Modal Espectral.....	135
Tabla 24: Participación modal de la masa.	136
Tabla 25: Derivas inelásticas para la dirección XX.	137
Tabla 26: Derivas inelásticas para la dirección YY.....	137
Tabla 27: Cortante basal estática, dinámica y factor de escala	138
Tabla 28: Momentos máximos requeridos y Momento resistente de diseño.	142
Tabla 29: Cortante perpendicular al plano.	144
Tabla 30: Deflexión Inmediata y Diferida.	147
Tabla 31: Deflexión Máximas Admisibles.....	148
Tabla 32: Resistencia a carga axial del panel muro Emmedue en dirección XX.....	151
Tabla 33: Resistencia a carga axial del panel muro Emmedue en dirección YY	151
Tabla 34: Flexión en el plano para los muros Emmedue en dirección XX.	153
Tabla 35: Flexión en el plano para los muros Emmedue en dirección YY.....	153

Tabla 36: Flexión perpendicular al plano para los muros Emmedue en dirección XX.....	156
Tabla 37: Flexión perpendicular al plano para los muros Emmedue en dirección YY.....	157
Tabla 38: Cortante en el plano del muro Emmedue en dirección XX.....	158
Tabla 39: Cortante en el plano del muro Emmedue en dirección YY.....	158
Tabla 40: Diseño por resistencia de la platea de cimentación a flexión.....	165
Tabla 41: Propiedades mecánicas del concreto.....	175
Tabla 42: Propiedades mecánicas del acero.....	175
Tabla 43: Cargas por unidad de área consideradas para el modelo estructural.....	175
Tabla 44: Peso sísmico y cortante estático basal obtenido en el programa ETABS.....	177
Tabla 45: Parámetros sísmicos para el análisis Dinámico Modal Espectral.....	178
Tabla 46: Participación modal de la masa.....	179
Tabla 47: Derivas inelásticas para la dirección XX.....	179
Tabla 48: Derivas inelásticas para la dirección YY.....	179
Tabla 49: Cortante basal estática, dinámica y factor de escala.....	180
Tabla 50: Momentos máximos en la losa maciza de $e=10\text{cm}$	183
Tabla 51: Momentos máximos en la losa maciza de $e=15\text{cm}$	183
Tabla 52: Diseño por resistencia a flexión de la losa típica $e=10\text{ cm}$	183
Tabla 53: Diseño por resistencia a flexión de la losa típica $e=15\text{ cm}$	184
Tabla 54: Cortante perpendicular al plano.....	185
Tabla 55: Momentos Máximos de Carga Viva y Carga Muerta.....	186
Tabla 56: Deflexión Inmediata y Diferida.....	188
Tabla 57: Deflexión Máximas Admisibles.....	188
Tabla 58: Fuerzas internas en el muro M1.....	190
Tabla 59: Cargas ultimas de diseño del muro M1 en la dirección X.....	191
Tabla 60: Cargas ultimas de diseño del muro M1 en la dirección Y.....	191
Tabla 61: Esfuerzo en compresión de los muros.....	194
Tabla 62: Combinaciones de carga del muro X1.....	199
Tabla 63: Combinaciones de carga del muro X2.....	199
Tabla 64: Combinaciones de carga del muro Y1.....	200
Tabla 65: Cargas ultimas de diseño del muro M1 en la dirección X.....	200
Tabla 66: Cargas ultimas de diseño del muro M1 en la dirección X.....	201
Tabla 67: Cargas ultimas de diseño del muro M1 en la dirección Y.....	202
Tabla 68: Cargas ultimas de diseño del muro M1 en la dirección Y.....	202
Tabla 69: Valor máximo de presión en el suelo por combinaciones de carga.....	205
Tabla 70: Diseño por resistencia de la platea de cimentación a flexión.....	211
Tabla 71: Resumen de planilla de metrados EMDL.....	220
Tabla 72: Análisis de costos unitarios.....	221

<i>Tabla 73: Presupuesto de estructuras EMDL- costo directo.</i>	<i>222</i>
<i>Tabla 74: Resumen de planilla de metrados Emmedue.....</i>	<i>223</i>
<i>Tabla 75: Análisis de precios unitarios Emmedue.</i>	<i>224</i>
<i>Tabla 76: Presupuesto de estructuras Emmedue-costo directo.</i>	<i>225</i>
<i>Tabla 77: Fuerza Cortante Estática en la base.....</i>	<i>227</i>
<i>Tabla 78: Comparación del costo directo del sistema Emmedue y EMDL.....</i>	<i>231</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Sección típica panel simple para muro estructural.</i>	36
<i>Figura 2: Panel para escalera estructural.</i>	39
<i>Figura 3: Panel de descanso para escalera.</i>	40
<i>Figura 4: Malla angular MRA.</i>	41
<i>Figura 5: Malla plana MRP.</i>	41
<i>Figura 6: Malla U MRU-P.</i>	42
<i>Figura 7: Malla entera.</i>	43
<i>Figura 8: Proceso de cimentación.</i>	44
<i>Figura 9: Trazo delimitación de la línea de anclaje.</i>	44
<i>Figura 10: Líneas de acabado.</i>	45
<i>Figura 11: Puntos de perforación.</i>	45
<i>Figura 12: Detalle de anclaje de panel a cimentación.</i>	46
<i>Figura 13: Trazado de replanteo y colocación de anclajes.</i>	46
<i>Figura 14: Armado mediante colocación sucesiva de paneles.</i>	47
<i>Figura 15: Armado tipo muro completo.</i>	48
<i>Figura 16: Apoyos laterales anterior a la proyección del mortero.</i>	48
<i>Figura 17: Instalación sanitaria y eléctrica.</i>	49
<i>Figura 18: Refuerzo entre paneles.</i>	50
<i>Figura 19: Refuerzo de ventanas.</i>	51
<i>Figura 20: Panel de losa apoyada sobre malla angular.</i>	51
<i>Figura 21: Malla superior e inferior en la conexión de la pared con la losa.</i>	52
<i>Figura 22: Malla angular en la unión losa-pared inferior.</i>	52
<i>Figura 23: Inyección del mortero al panel.</i>	53
<i>Figura 24: Vaciado de la losa superior del panel losa.</i>	55
<i>Figura 25: Lanzado del mortero en la cara inferior de la losa.</i>	56
<i>Figura 26: Panel de la escalera Emedue.</i>	57
<i>Figura 27: Variación de la deformación específica en una sección rectangular de paneles con tecnología EMMEDUE.</i>	59
<i>Figura 28: Detalle de mortero en muros (mm).</i>	61
<i>Figura 29: Detalle de mortero en losas (mm).</i>	62
<i>Figura 30: Colocación de refuerzo adicional (mm).</i>	62
<i>Figura 31: Modelo teórico para el cálculo de la resistencia a flexión de losas con paneles simples EMMEDUE.</i>	66
<i>Figura 32: Variación de ϕ con la deformación unitaria neta de tracción en el acero extremo en tracción ϵ_t y c/d_t para refuerzo Grado 60 y para acero preesforzado.</i>	71
<i>Figura 33: Modelo teórico para la resistencia a flexión.</i>	72
<i>Figura 34: Modelo de fuerza cortante perpendicular al plano de una losa EMMEDUE.</i>	74
<i>Figura 35: Esfuerzo cortante en paneles.</i>	75
<i>Figura 36: Ejes centroidales para cálculo de inercia.</i>	76

Figura 37: Transformación de la sección transversal según relaciones modulares.....	77
Figura 38: Ejes centroidales para cálculo de inercias.	78
Figura 39: Transformación de la sección transversal según relaciones modulares.....	78
Figura 40: Sección equivalente de muros para modelos estructurales.....	80
Figura 41: Planteamiento teórico para el cálculo de las longitudes de anclaje de los paneles EMMEDUE a la cimentación.	82
Figura 42: Cuantía de acero en bordes no confinados.....	85
Figura 43: Factor dependiente del tiempo para cargas sostenidas.	95
Figura 44: Comportamiento de la platea e idealización del suelo.	97
Figura 45: Mapa de zonas sísmica del Perú.....	99
Figura 46: Diseño de la investigación.	111
Figura 47: Técnicas, instrumentos y Recolección de Datos.	112
Figura 48: Guía de entrevista.....	114
Figura 49: Esquema de recolección de datos.	115
Figura 50: Cuadro de barras para tesis.	117
Figura 51: Esquema de recolección de datos.	118
Figura 52 :Vista Tridimensional de la vivienda con el sistema EMMEDUE.....	121
Figura 53 Sección transversal transformada del muro Emmedue.....	123
Figura 54: Propiedades del panel tipo muro- EMMEDUE ingresados al programa ETABS.	125
Figura 55: Sección transversal transformada del panel losa Emmedue.....	126
Figura 56: Propiedades del panel tipo losa- EMMEDUE ingresados al programa ETABS.	128
Figura 57: Vista en planta del primer nivel.	129
Figura 58: Esquemización de los desplazamientos de entrepiso.	131
Figura 59: Verificación de la irregularidad geométrica vertical.	132
Figura 60: Periodo fundamental en la dirección X y Y.....	133
Figura 61:Gráfica del Espectro Pseudo-Aceleración para ambas direccione “X” y “Y”.....	136
Figura 62: Distorsiones entrepiso ambas direcciones “X” y “Y”.	138
Figura 63: Esquemización del análisis a Flexión del panel losa.....	139
Figura 64: Ubicación de momento máximo positivo y negativo de losa Emmedue del 1° piso en la dirección XX y YY.	141
Figura 65: Ubicación del momento máximo positivo y negativo de losa Emmedue del 2° piso en la dirección XX y YY.	141
Figura 66: Fuerza cortante del 1° piso en la dirección YY.....	143
Figura 67 Fuerza cortante del 1° piso en la dirección XX.....	143
Figura 68: Fuerza cortante del 2° piso en la dirección YY.....	143
Figura 69: Fuerza cortante del 2° piso en la dirección XX.	143
Figura 70: Centro de gravedad del Panel tipo losa Emmedue.	145
Figura 71: Deflexiones Inmediata por Carga Muerta (mm)-Entrepiso.....	146
Figura 72 Deflexiones Inmediata por Carga Muerta (mm)-Techo.	146

Figura 73: Deflexiones Inmediata por Carga Viva (mm)-Techo	147
Figura 74: Deflexiones Inmediata por Carga Viva (mm)-Entrepiso.....	147
Figura 75: Distribución en plata de los muros Emedue.....	149
Figura 76: Esquemización del análisis a Flexión perpendicular al plano del muro	154
Figura 77: Presiones en el suelo por combinación de cargas de servicio (kg/cm ²).....	160
Figura 78: Presiones en el suelo por combinación de cargas temporales (kg/cm ²).....	161
Figura 79: Asentamiento de servicio (CM+CV).	162
Figura 80: Momento flector máximo en la dirección X de la platea de cimentación (Ton.m/m).....	163
Figura 81: Momento flector mínimo en la dirección X de la platea de cimentación (Ton.m/m).....	163
Figura 82: Momento flector máximo en la dirección Y de la platea de cimentación (Ton.m/m).....	164
Figura 83: Momento flector mínimo en la dirección Y de la platea de cimentación (Ton.m/m).....	164
Figura 84: Fuerza Cortante máximo y mínima en la dirección X-X (Ton/m).....	166
Figura 85: Fuerza Cortante máximo y mínima en la dirección Y-Y (Ton/m).....	166
Figura 86: Momento Flector máximo en la viga de cimentación.	167
Figura 87: Fuerza Cortante máximo en la viga de cimentación.....	168
Figura 88: Esquema de la escalera.....	169
Figura 89: Diagrama de fuerza cortante último (Ton).	171
Figura 90: Diagrama de momentos flector último (Ton.m).	172
Figura 91: Vista Tridimensional de la vivienda con el sistema EMDL.....	174
Figura 92: Periodo fundamental en la dirección X y Y.....	176
Figura 93: Gráfica del Espectro Pseudo-Aceleración para ambas direccione “X” y “Y”.....	178
Figura 94: Distorsiones entrepiso ambas direcciones “X” y “Y”.	180
Figura 95: Momento máximo positivo y negativo de la losa maciza del 1° piso en la dirección XX y YY.	182
Figura 96: Momento máximo positivo y negativo de la losa maciza del 2° piso en la dirección XX y YY.	182
Figura 97: Fuerza cortante del 1° piso en la dirección YY.....	184
Figura 98 :Fuerza cortante del 1° piso en la dirección XX.	184
Figura 99: Fuerza cortante del 2° piso en la dirección YY.....	185
Figura 100: Fuerza cortante del 2° piso en la dirección XX.	185
Figura 101: Deflexiones Inmediata por Carga Viva (mm)-Entrepiso.....	187
Figura 102: Deflexiones Inmediata por Carga Muerta (mm)-Entrepiso.	187
Figura 103: Deflexiones Inmediata por Carga Viva (mm)-Techo.	187
Figura 104: Deflexiones Inmediata por Carga Muerta (mm)-Techo.....	187
Figura 105: Distribución de los muros e=10 cm.....	189
Figura 106: Geometría del muro M1	190
Figura 107: Distribución de acero para el muro compuesto M1 en la extensión Section Designer del programa Etbas.	196
Figura 108: Diagrama de acero para el muro Y1 en la extensión Section Designer del programa Etbas.....	196
Figura 109: Diagrama de interacción para el muro M1 en la dirección Y.	197
Figura 110: Diagrama de interacción para el muro M1 en la dirección X.....	197

Figura 111: Diagrama de interacción del muro Y1, en el eje X	198
Figura 112: Diagrama de interacción del muro Y1, en el eje Y.....	198
Figura 113: Diagrama de interacción del muro X1, en el eje X.....	198
Figura 114: Diagrama de interacción del muro X1, en el eje Y.....	198
Figura 115: Diagrama de interacción del muro X2, en el eje Y	198
Figura 116: Diagrama de interacción del muro X2, en el eje X.....	198
Figura 117: Detalle del refuerzo colocado para el muro M1.	204
Figura 118: Presiones en el suelo por combinación de cargas de servicio (kg/cm ²).....	206
Figura 119: Presiones en el suelo por combinación de cargas temporales (kg/cm ²).....	206
Figura 120: Asentamiento de servicio (CM+CV)	207
Figura 121: Momento flector máximo en la dirección X de la platea de cimentación (Ton.m/m).....	209
Figura 122: Momento flector mínimo en la dirección X de la platea de cimentación (Ton.m/m)	209
Figura 123: Momento flector máximo en la dirección Y de la platea de cimentación (Ton.m/m).....	210
Figura 124: Momento flector mínimo en la dirección Y de la platea de cimentación (Ton.m/m).....	210
Figura 125: Fuerza Cortante máximo y mínima en la dirección X-X (Ton/m).....	211
Figura 126: Fuerza Cortante máximo y mínima en la dirección Y-Y (Ton/m).....	212
Figura 127: Momento Flector máximo en la viga de cimentación.	213
Figura 128: Fuerza Cortante máximo en la viga de cimentación.....	214
Figura 129: Tramo típico de la escalera.....	215
Figura 130: Diagrama de fuerza cortante último (Ton).	217
Figura 131: Diagrama de momentos flector último (Ton.m).	218
Figura 132: Esquema de distribución de acero en escalera (Tramo común).....	219
Figura 133: Derivas Inelásticas de entrepiso X-X.....	226
Figura 134: Derivas Inelásticas de entrepiso Y-Y	226
Figura 135: Peso para el Análisis Sísmico.	227
Figura 136: Fuerza Cortante Basal sistema Emmedue (izquierda) y EMDL (derecha).	228
Figura 137: Fuerza Cortante Basal Dinámico sistema Emmedue (izquierda) y EMDL (derecha).	229
Figura 138: Costo Directo.	231

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1: Deformación de fluencia, $\epsilon_s < \epsilon_y$.</i>	59
<i>Ecuación 2: Deformación de fluencia, $\epsilon_s \geq \epsilon_y$.</i>	59
<i>Ecuación 3: Cuantía del panel muro EMMEDUE.</i>	63
<i>Ecuación 4: Cuantía del panel losa EMMEDUE.</i>	63
<i>Ecuación 5: Compresión axial céntrica.</i>	64
<i>Ecuación 6: Momento en el plano del muro.</i>	65
<i>Ecuación 7: Deformación unitaria del acero en la malla inferior.</i>	67
<i>Ecuación 8: Deformación unitaria del acero en la malla superior.</i>	67
<i>Ecuación 9: Fluencia de la malla de acero, $\epsilon_s \geq \epsilon_y$.</i>	67
<i>Ecuación 10: Fluencia de la malla de acero, $\epsilon'_s \geq \epsilon_y$.</i>	67
<i>Ecuación 11: Esfuerzo axial del acero en la malla inferior.</i>	68
<i>Ecuación 12: Esfuerzo axial del acero en la malla superior.</i>	68
<i>Ecuación 13: Fuerzo de tensión del acero en la malla superior.</i>	68
<i>Ecuación 14: Fuerzo de tensión del acero en la malla inferior.</i>	68
<i>Ecuación 15: Fuerzo de compresión.</i>	69
<i>Ecuación 16: Ecuación de equilibrio interno.</i>	69
<i>Ecuación 17: Ecuación de fuerzas resultantes en tensión.</i>	69
<i>Ecuación 18: Ecuación de fuerzas resultantes en compresión.</i>	69
<i>Ecuación 19: Máxima diferencia entre las fuerzas resultantes de tensión y compresión.</i>	69
<i>Ecuación 20: Momento nominal a flexión en paneles EMMEDUE.</i>	70
<i>Ecuación 21: Momento de resistencia última a flexión en paneles EMMEDUE.</i>	70
<i>Ecuación 22: Profundidad del bloque de compresión equivalente para losa EMMEDUE.</i>	73
<i>Ecuación 23: Momento nominal para losa EMMEDUE.</i>	73
<i>Ecuación 24: Momento último para losa EMMEDUE.</i>	73
<i>Ecuación 25: Fuerza cortante en losas de EMMEDUE.</i>	74
<i>Ecuación 26: Fuerza cortante en el plano del muro.</i>	75
<i>Ecuación 27: Fuerza cortante de las mallas de acero.</i>	75
<i>Ecuación 28: Inercia de la sección transformada de muros EMMEDUE.</i>	77
<i>Ecuación 29: Localización del centroide de la sección transformada en muros EMMEDUE.</i>	78
<i>Ecuación 30: Inercia de la sección transformada en losas EMMEDUE.</i>	79
<i>Ecuación 31: Localización del centroide de la sección transformada en losas EMMEDUE.</i>	79
<i>Ecuación 32: Inercia equivalente en paneles EMMEDUE.</i>	80

<i>Ecuación 33: Espesor equivalente en paneles EMMEDUE.</i>	80
<i>Ecuación 34: Inercia de la sección equivalente en muros y losas EMMEDUE.</i>	80
<i>Ecuación 35: Separación longitudinal de anclajes.</i>	83
<i>Ecuación 36: Profundidad del eje neutro.</i>	84
<i>Ecuación 37: Cortante última para diseño de sistema concreto armado.</i>	85
<i>Ecuación 38: Cortante nominal en sistema concreto armado.</i>	86
<i>Ecuación 39: Cortante para concreto armado.</i>	86
<i>Ecuación 40: Cortante del acero-Refuerzo horizontal en elementos de concreto armado.</i>	87
<i>Ecuación 41: Cortante máximo en elementos concreto armado.</i>	87
<i>Ecuación 42: Cortante por fricción en elementos concreto armado.</i>	87
<i>Ecuación 43: Cuantía de refuerzo vertical para muros concreto armado.</i>	88
<i>Ecuación 44: Profundidad del bloque de compresión equivalente para concreto armado.</i>	90
<i>Ecuación 45: Momento nominal a flexión para elementos de concreto armado.</i>	90
<i>Ecuación 46: Momento último a flexión para elementos de concreto.</i>	91
<i>Ecuación 47: Acero mínimo para losas maciza de concreto armado.</i>	91
<i>Ecuación 48: Acero mínimo para vigas de concreto armado.</i>	92
<i>Ecuación 49: Cuantía balanceada.</i>	92
<i>Ecuación 50: Acero máximo para vigas.</i>	92
<i>Ecuación 51: Cortante para elementos de concreto armado.</i>	93
<i>Ecuación 52: Momento de agrietamiento para elementos de concreto armado.</i>	93
<i>Ecuación 53: Módulo de rotura para elementos de concreto armado.</i>	94
<i>Ecuación 54: Deflexiones al largo plazo en elementos de concreto armado.</i>	94
<i>Ecuación 55: Cortante Basal Estática.</i>	99
<i>Ecuación 56: Factor de relación entre la amplificación y el coeficiente de reducción.</i>	99
<i>Ecuación 57: Aceleración espectral.</i>	103

RESUMEN

Debido al permanente avance de la tecnología, la ingeniería en nuestro país debe seguir creciendo, desarrollándose y poniendo en práctica otros sistemas constructivos, técnicas y materiales, con el objetivo de obtener edificaciones resistentes que sean capaces de soportar movimientos sísmicos, que sean más livianos y que sean otras alternativas económicas. El presente trabajo de investigación se realizó en la ciudad de Trujillo, región La Libertad en el año 2020 teniendo como objetivo determinar un análisis comparativo entre dos sistemas estructurales: EMMEDUE y EMDL para la construcción de viviendas.

La importancia de esta investigación reside en que se presentó un análisis de comportamiento sismorresistente, estructural y económico, ya que es importante mostrar otros sistemas constructivos, que bajo altos controles nos permitan elegir otras opciones para la construcción de nuestras viviendas.

La presente investigación es de tipo descriptiva, con diseño no experimental y con una unidad de estudio transversal, la muestra fue no probabilística, la recolección de datos se realizó mediante la revisión documental y la entrevista; y los instrumentos utilizados fueron la ficha resumen y la guía de entrevista.

Entre los principales resultados que se obtuvieron de la investigación tenemos que ambos sistemas cumplen satisfactoriamente los requisitos de diseño Sismorresistente y estructural, mientras que, para costos se encontró que el sistema estructural EMMEDUE resulta más económico que el sistema estructural EMDL.

Palabras clave: *EMMEDUE, EMDL, sismorresistente, edificaciones, ingeniería, presupuesto.*

ABSTRACT

Due to the permanent advancement of technology, engineering in our country must continue to grow, develop and put into practice another construction systems, techniques and materials, with the aim of obtaining resistant buildings that are capable of withstanding seismic movements, which are lighter and making them other economic alternatives. This research work was carried out in the city of Trujillo, La Libertad region in 2020 with the objective of determining a comparative analysis between two structural systems: EMMEDUE and EMDL for the construction of houses.

The importance of this research lies in the fact that an analysis of seismic resistant, structural and economic behavior was presented, since it is important to show other construction systems that, under high controls, allow us to choose new options for the construction of our homes.

The present investigation is descriptive, with a non-experimental design and with a cross-sectional study unit, the sample was non-probabilistic, data collection was carried out through documentary review and interview; and whose instruments used were the summary sheet and the interview guide.

Among the main results obtained from the research, we find that both systems satisfactorily meet the earthquake-resistant and structural design requirements, while, for costs, the EMMEDUE structural system was found to be cheaper than the EMDL structural system.

Keywords: *EMMEDUE, EMDL, seismic resistant, buildings, engineering, costs.*

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

REFERENCIAS

- American Concrete Institute ACI 318-14. (2014). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*.
- Arteaga, I. (2018). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS EN UNA VIVIENDA FAMILIAR USANDO EL SISTEMA CONSTRUCTIVO EMMEDUE Y EL SISTEMA DE ALBANILERIA EN LA CIUDAD DE HUANUCO, 2018*. Huanuco, Peru.
- Barros, L., & Peñafiel, M. (2015). *ANÁLISIS COMPARATIVO ECONOMICO-ESTRUCTURAL ENTRE UN SISTEMA APORTICADO, UN SISTEMA APORTICADO CON MUROS ESTRUCTURALES Y UN SISTEMA DE PAREDES PORANTES, EN UN EDIFICIO DE 10 PISOS*. Quito, Ecuador.
- Blanco, A. (1993). *Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado*. Lima: CIP.
- Caceres, A., & Enriquez, L. (2017). *ANÁLISIS DE COSTOS, DISEÑO SISMORRESISTENTE-ESTRUCTURAL COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE MURO DE DUCTILIDAD LIMITADA Y ALBANILERIA ESTRUCTURAL EN UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR*. Arequipa, Peru.
- Candiracci, A., Lacayo, G., & Maltez, J. (2014). *Manual Técnico Sistema Constructivo Emmedue*. Managua: SUMINSA.
- Cansario, M. (2005). *Sistema constructivo de paneles aligerados con poliestireno expandido y malla electrosoldada espacial*. Barcelona.
- Casa Pronta. (2011). *Manual Técnico de construcción-Sistema Constructivo M2*. Cochabamba.
- César Miguel Villegas González. (2010). *DISEÑO DE UN EDIFICIO DE SEIS PISOS CON MUROS DE CONCRETO ARMADO*. Lima.
- Dirección General de Reglamentos y Sistemas-República Dominicana. (2015). *Criterios para el diseño de estructuras utilizando el sistema de paneles aligerados con núcleo de poliestireno*. Santo Domingo.
- Gary Torres, Alí Palacios & Denia Torres. (2013). *Ayuda de diseño para sistema portante Emmedue de paneles de hormigón armado con núcleo de E.P.S*. Managua.
- Huaman Fernando, G. H. (2015). *ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL COMPARATIVO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA DE CONCRETO CELULAR Y CONCRETO ESTRUCTURAL EN CHACHAPOYAS*. Chachapoyas.
- Jaramillo, R., & Villamizar, J. (2011). *Evaluación sismorresistente del sistema constructivo 3-d panel aplicado a viviendas de interés social*. Bucaramanga.
- Laboratorio de Estructuras del Área de Ingeniería del INTEC. (2014). *Informe técnico de evaluación del sistema constructivo con paneles aligerados*. Santo Domingo.
- Maltez, J. (2009). *Diseño del Sistema Estructural M-2 de Eme-Due*. Managua.
- Manrique, S., & Victoria, O. (2017). *ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL EMMEDUE (M2) Y VIVIENDAS CONFINADAS EN LA CIUDAD DE HUANCABELICA-2015*. Huancavelica, Peru.
- María del Mar. (2005). *Sistema constructivo de paneles aligerados con poliestireno expandido y malla electrosoldada espacial*. Barcelona.
- Morales, R. (2006). *Diseño en Concreto Armado*. Lima: ICG.
- Nieto, J. (2014). *Diseño de una vivienda de dos plantas con soluciones prefabricadas*. Cuenca.
- Quispe, E., & Apaza, P. (2017). *ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE CONCRETO ARMADO Y ALBANILERIA CONFINADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DEL DISTRITO DE SANTA LUCIA*. Juliaca, Peru.
- Ramos, J. (2015). *Costos y Presupuestos en Edificaciones*. Lima: Editorial Macro.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2016). *NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIONES E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE*. LIMA.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2009). *NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIONES E.060 CONCRETO ARMADO*. LIMA.
- Rivera, J. (1998). *Plataformas de cimentación para edificios en base a muros*. Lima.

- Salinas, M. (2016). *Costos y Presupuestos de Obra*. Lima, Peru: ICG.
- San Bartolomé, A. (1998). *Análisis de Edificios*. Lima: PUCP.
- San Bartolomé, A. (2009). *Evaluacion experimental del sistema constructivo M2*. Lima.
- Torres, D., Palacios, A., & Torres, G. (2013). *Ayudas de diseño para sistemas portantes Emmedue de paneles de hormigon armado con nucleo de E.P.S.(Sistema de Poliestireno Expandido)*. Manague.
- Vargas, A., & Terrazos, T. (2016). *DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE 7 PISOS CON MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA*. Lima.
- Villarreal, G. (2015). *Diseño Sismico de Edificaciones*. Trujillo.