



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“INFLUENCIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL EN LA RESISTENCIA SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE 7 PISOS EN LA URB. PRE-URBANA HUERTOS DE NARANJAL MZ. D LT. 10, SAN MARTIN DE PORRES”

Trabajo de suficiencia profesional de:

Ingeniera Civil

Autora:

Laura Andrea Quispe Alanya

Asesor:

Ing. Omart Demetrio Tello Malpartida

Lima – Perú

2016

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	13
1.1 Realidad problemática	13
1.2 Formulación del problema	15
1.2.1 Problema general.....	15
1.3 Objetivos de la investigación	15
1.3.1 Objetivo general.....	15
1.4 Justificación	15
1.5 Limitaciones.....	15
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	17
2.1 Antecedentes.....	17
2.2 Bases Teóricas	20
2.2.1 Criterios de Diseño de Muros Estructurales	20
2.2.1.1 Método general de diseño	20
2.2.1.2 Diseño por Flexocompresión	20
2.2.1.3 Diseño por fuerza cortante	21
2.2.2 Análisis No Lineal	22
2.2.2.1 Proceso de Análisis No Lineal “Pushover” según FEMA 356	23
2.2.2.2 Proceso de Análisis No Lineal “Pushover” y Método del Espectro de Capacidad según ATC-40	26
2.3 Definición de Términos Básicos	32
2.2.1 Análisis.....	32
2.2.2 Cortante	32
2.2.3 Deformación.....	32
2.2.4 Desplazamiento	32
2.2.5 Ductilidad	32
2.2.6 Muros de ductilidad limitada	32
2.2.7 Muros estructurales	33
2.2.8 Capacidad.....	33

2.2.9 Demanda (Desplazamiento)	33
2.2.10 Desempeño.....	33
2.2.11 Monotónica	33
CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS.....	34
3.1 Hipótesis General	34
3.2 Operacionalización de Variables	34
CAPÍTULO 4. INVESTIGACIÓN.....	35
4.1 Diseño de la investigación	35
4.1.1 Tipo de investigación	35
4.2 Muestra de la investigación	35
4.3 Instrumentos de recolección de datos	36
4.3.1 Instrumentos.....	36
4.4 Análisis Estructural	36
4.4.1 Sistema Dual.....	36
4.4.1.1 Características de los materiales	36
4.4.1.2 Rigidez de los elementos.....	37
4.4.1.3 Análisis Sísmico Estático.....	39
4.4.1.4 Análisis Dinámico	42
4.4.1.5 Cálculo estructural de muros	44
4.4.1.6 Análisis No Lineal – Pushover.....	45
4.4.1.6.1 Modelamiento de las Vigas.....	45
4.4.1.6.2 Modelamiento de las Columnas	48
4.4.1.6.3 Consideraciones para el Análisis	51
4.4.1.6.4 Cálculo de la Curva de Capacidad	52
4.4.1.6.5 Punto de Desempeño	53
4.4.2 Sistema Muros de ductilidad limitada	54
4.4.2.1 Características de los materiales	54
4.4.2.2 Rigidez de los elementos.....	56
4.4.2.3 Análisis Sísmico Estático.....	57
4.4.2.4 Análisis Dinámico	58
4.4.2.5 Cálculo estructural de muros	60
4.4.2.6 Análisis No Lineal – Pushover.....	60
4.4.2.6.1 Modelamiento de las Vigas.....	61
4.4.2.6.2 Modelamiento de las Muros.....	63
4.4.2.6.3 Consideraciones para el Análisis	65
4.4.2.6.4 Cálculo de la Curva de Capacidad	67
4.4.2.6.5 Punto de Desempeño	68
CAPÍTULO 5. RESULTADOS	69
5.1 Sistema Dual	69

5.1.1	Análisis Estático.....	69
5.1.2	Análisis Dinámico	69
5.1.3	Cálculo estructural de muros	70
5.1.4	Análisis No Lineal	72
5.2	Sistema Muros de Ductilidad Limitada	75
5.2.1	Análisis Estático.....	75
5.2.2	Análisis Dinámico	75
5.2.3	Cálculo estructural de muros	76
5.2.4	Análisis No Lineal	76
5.3	Análisis No Lineal Comparativo.....	81
	CONCLUSIONES.....	83
	RECOMENDACIONES	84
	REFERENCIAS.....	85
	ANEXOS	88
	Anexo 1: Matriz de Consistencia.....	88
	Anexo 2: Espectro de Sismo-Sistema Dual	89
	Anexo 3: Cálculo Muro Estructural M1X –Sistema Dual.....	91
	Anexo 4: Espectro de Sismo-Sistema Muros de Ductilidad Limitada	95
	Anexo 5: Cálculo Muro estructural M2X-Sistema Muros de Ductilidad Limitada.....	97
	Anexo 6: Especificación técnica ASTM 615 Grado60.....	102
	Anexo 7: Especificación técnica malla electrosoldada ASTM A496-Prodac	103
	Anexo 8: Norma FEMA 356	106
	Anexo 9: Norma ATC-40	126
	Anexo 10: Norma ASCE 41-13	172
	Anexo 11: Planos	219

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Población inmigrante, 1993 y 2007. Fuente: INEI-Censos Nacionales de Población y Vivienda, 1993 y 2007	14
Tabla 2: Combinaciones de diseño. Fuente: Sencico, Norma E060	20
Tabla 3: Factores de reducción de resistencia (Φ). Fuente: Sencico, Norma E060	20
Tabla 4: Nivel de Desempeño Estructural. Fuente: Ing. Aneuris Hernandez Vélez,2010.....	26
Tabla 5: Nivel de funcionamiento de la estructura. Fuente: Santana Tapia, Ronald,2012.....	31
Tabla 6: Operacionalización de Variables	34
Tabla 7: Valores de la rigidez efectiva de los elementos. Fuente: ASCE/SE 41-13	37
Tabla 8: Factores de Suelo, Periodos y Factor de Amplificación sísmica. Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E030	39
Tabla 9: Parámetros para vigas. Fuente: ASCE/SEI 41-13.	48
Tabla 10: Parámetros de modelamiento y criterios de aceptación en columnas. Fuente: ASCE/SEI 41-13	50
Tabla 11: Límites de Deformación. Fuente: ATC - 40.....	54
Tabla 12: Normas que deben de cumplir el acero en Perú. Fuente: Rodriguez Nuñez, 2011.....	54
Tabla 13: Características generales del acero A615 fabricado en Perú. Fuente: Rodriguez Nuñez, 2011.....	54
Tabla 14: Especificaciones del fabricante (PRODAC). Fuente: Delgado, 2006	55
Tabla 15: Valores de la rigidez efectiva de los elementos, ASCE/SE 41-13.....	56
Tabla 16: Parámetros para vigas. Fuente: ASCE/SEI 41-13	63
Tabla 17: Parámetros de modelamiento y criterios de aceptación en muros. Fuente: ASCE/SEI 41-13	65
Tabla 18: Límites de Deformación. Fuente: ATC-40.....	68
Tabla 19: Análisis Estático-Sistema Dual. Fuente: Propia	69
Tabla 20: Análisis Dinámico-Sistema Dual. Fuente: Propia	69
Tabla 21: Cortante Basal vs Desplazamiento-Dual. Fuente: Propia	72
Tabla 22: Cortante Basal vs Desplazamiento, según ASCE/SEI 41-13-Dual. Fuente: Propia.....	73
Tabla 23: Aceleración Espectral vs Desplazamiento, según FEMA 440 Equivalent Linearization-Dual. Fuente: Propia.....	73
Tabla 24: Análisis Dinámico- MDL. Fuente: Propia.....	75
Tabla 25: Cortante Basal vs Desplazamiento-MDL. Fuente: Propia.....	78
Tabla 26: Cortante Basal vs Desplazamiento, según ASCE/SEI 41-13-MDL. Fuente: Propia.....	79
Tabla 27: Aceleración Espectral vs Desplazamiento, según FEMA 440 Equivalent Linearization-MDL. Fuente: Propia.	80

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 2: Gráfica de interacción – Muro estructural. Fuente: Etabs 2015	21
Figura 3: Esquema del procedimiento para determinar la curva de capacidad. Fuente: Guevara Nicolás, Osorio Sergio y Vargas Edgardo, 2006	23
Figura 4: Curva de Capacidad. Fuente: Ing. Aneuris Hernandez Vélez, 2010.....	24
Figura 5: Niveles de rendimiento. Fuente: Ing. Aneuris Hernandez Vélez, 2010.....	24
Figura 6: Distribución de la carga lateral. Fuente: Ing. Aneuris Hernandez Vélez, 2010	25
Figura 7: Parámetro k varía con el periodo fundamental de la estructura T. Fuente: Ing. Aneuris Hernandez Vélez, 2010	25
Figura 8: Ejemplo de curva de capacidad. Fuente: ATC-40.....	27
Figura 9: Conversión Curva de Capacidad a Curva Espectral. Fuente: Ing. Aneuris Hernandez Vélez, 2010.....	29
Figura 10: Comparación entre el Espectro Tradicional y el Espectro en Formato ADRS. Fuente: Ing. Aneuris Hernandez Vélez, 2010.....	30
Figura 11: Comparación del Espectro de Capacidad sobre el Espectro de Demanda Tradicional y el Espectro de Demanda en Formato ADRS. Fuente: Ing. Aneuris Hernandez Vélez, 2010.....	30
Figura 12: Planos de Arquitectura-1er Piso. Fuente: Propia	35
Figura 13: Planos de Arquitectura-2do a 7mo piso. Fuente: Propia.....	36
Figura 14: Distribución de muros y columnas-Sistema Dual. Fuente: Etabs 2015	38
Figura 15: Vista 3D, muros y pórticos. Fuente: Etabs 2015	38
Figura 16: Mapa de zonas sísmicas. Fuente: Reglamento Nacional de edificaciones, Norma E030	40
Figura 17: Cortante en la base- Etabs. Fuente: Etabs 2015	42
Figura 18: Curva Aceleración Espectral Vs Periodo. Fuente: Propia.....	42
Figura 19: Diagrama de Interacción – 1er Piso- Muro M1X. Fuente: Propia.....	45
Figura 20: Cuadro de asignación de “Hinge” en vigas. Fuente: Etabs 2015	46
Figura 21: Vista 3D asignación de rótulas en vigas y columnas. Fuente: Etabs 2015.....	47
Figura 22: Parámetros de una rótula o momento asignado a una viga. Fuente: Etabs 2015	47
Figura 23: Deformaciones. Fuente: ASCE/SEI 41-13.	48
Figura 24: Parámetros para la asignación automática de rótulas a las columnas. Fuente: Etabs 2015.....	49
Figura 25: Parámetros de una rótula a momento asignada a una columna. Fuente: Etabs 2015...49	49
Figura 26: Diagrama de interacción normalizada para modelar la formación de rótulas en una columna. Fuente: Etabs 2015.....	50
Figura 27: Caso de carga no lineal para cargas gravitacionales. Fuente: Etabs 2015.....	51
Figura 28: Caso de carga no lineal para la distribución por código en la dirección X. Fuente: Etabs 2015	52
Figura 29: Caso de carga no lineal para la distribución por código en la dirección Y. Fuente: Etabs 2015.	52
Figura 30: Curva de Capacidad- Dual. Fuente: Propia	53
Figura 31: Distribución en Planta de Muros de Ductilidad Limitada. Fuente: Etabs 2015.....	55
Figura 32: Vista 3D Distribución de Muros de Ductilidad Limitada. Fuente: Etabs 2015	56

Figura 33: Espectro de Aceleración Vs Periodo. Fuente: Propia.	59
Figura 34: Curva de Interacción - 1er Piso - Muro M2X. Fuente: Propia	60
Figura 35: Cuadro de asignación de “Hinge” en vigas MDL. Fuente: Etabs 2015	61
Figura 36: Vista 3D asignación de rótulas en vigas y muros. Fuente: Etabs 2015	62
Figura 37: Parámetros de una rótula o momento asignado a una viga. Fuente: Etabs 2015	62
Figura 38: Deformaciones. Fuente: ASCE/SEI 41-13.	63
Figura 39: Parámetros para la asignación automática de rótulas a los muros. Fuente: Etabs 2015.	64
Figura 40: Parámetros para modelación ETABS de un muro con ASCE/SEI 41-13. Fuente: Etabs 2015.....	64
Figura 40: Caso de carga no lineal para cargas gravitacionales. Fuente: Etabs 2015.....	66
Figura 42: Caso de carga no lineal para la distribución por código en la dirección X. Fuente: Etabs 2015	66
Figura 43: Caso de carga no lineal para la distribución por código en la dirección Y. Fuente: Etabs 2015	67
Figura 44: Curva de Capacidad-MDL. Fuente: Propia.	67
Figura 45: Diagrama de Interacción – 1er Piso - Muro M1X. Fuente: Propia.....	71
Figura 46: Curva de Capacidad-Dual. Fuente: Propia	72
Figura 47: Curva de Capacidad ASCE/SEI 41-13-Dual. Fuente: Propia	73
Figura 48: Curva de Capacidad Espectral, Sa vs Sd-Dual. Fuente: Propia	74
Figura 49: Vista 3D de fallas en rótulas. Fuente: Etabs 2015	74
Figura 50: Curva de Interacción -1er piso - Muro M2X. Fuente: Propia	77
Figura 51: Curva de Capacidad-MDL. Fuente: Propia.	78
Figura 52: Curva de Capacidad ASCE/SEI 41-13-MDL. Fuente: Propia.....	79
Figura 53: Sa vs Sd. Fuente: Propia	80
Figura 54: Vista 3D de fallas en rótulas. Fuente: Etabs 2015	81
Figura 55: Comparativo Curva de Capacidad. Fuente: Propia	82
Figura 56: Comparativo Curva de Capacidad Espectral. Fuente: Propia	82

RESUMEN

El presente trabajo de tesis consiste en examinar la influencia de los sistemas estructurales, Dual y Muros de Ductilidad Limitada, en la resistencia sísmica para un edificio de vivienda multifamiliar de 7 pisos en la Urb. Pre-urbana Huertos de Naranjal Mz. D Lt. 10, distrito de San Martín de Porres. La edificación tienen un área total construida de 295 m², área libre 38.63 m² y el área de terreno es 400 m². Se realizó un análisis lineal y no lineal para saber el desempeño de las estructuras ante un sismo.

El primer capítulo se describe el planteamiento del problema en el que se detalla la realidad problemática de la investigación, así como la formulación de los problemas, los objetivos, justificación y limitación de la presente tesis.

Además, en el segundo capítulo, se plasma las bases teóricas para la presente evaluación de esta tesis, aquí se hace mención de la parte conceptual para los análisis estructurales necesarios.

El capítulo tercero, está la hipótesis de la investigación que después serán verificadas con las conclusiones.

Así mismo, en el capítulo cuarto se describe la investigación en la que incluye los cálculos necesarios para el posterior análisis estructural comparativo de los resultados entre el sistema Dual y el sistema Muros de Ductilidad Limitada.

El capítulo cinco menciona los resultados obtenidos de los cálculos previos realizados.

Finalmente, en los capítulos seis y siete se encuentran las conclusiones y recomendaciones respectivamente.

Todo lo anteriormente planteado determinó que el sistema con Muros de Ductilidad Limitada tenga un mejor desempeño estructural con respecto al sistema Dual.

ABSTRACT

The present work of thesis is to examine the influence of the structural systems, Dual and Walls of Limited Ductility, in the seismic resistance for a building of multifamily housing of 7 floors in “Urb. Pre-urbana Huertos de Naranjal Mz. D Lt. 10”, district of San Martín de Porres. The buildings have a total built area of 295 m², free surface 38.63 m² and the land is 400 m². A linear and non-linear analysis was performed to know the performance of the structures in the event of an earthquake.

The first chapter describes the approach to the problem in which the problematic reality of the research is detailed, as well as the formulation of the problems, objectives, justification and the limitation of this thesis.

In addition, in the second chapter, the theoretical bases for the present evaluation of this thesis are shown, here it is mentioned the conceptual part for the necessary structural analyzes.

The third chapter is the hypothesis of the investigation that is later verified in the conclusions.

In the fourth chapter, the research is described, which includes the necessary calculations for the subsequent structural analysis of the results between the Dual system and the Limited Ductility Walls system.

Chapter five results obtained from previous calculations made.

Finally, chapters six and seven contain the conclusions and recommendations respectively.

All of the above stated that the system with Limited Ductility Walls has a better structural performance with respect to the Dual system.

Nota de acceso:

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales.

REFERENCIAS.

ASCE/SE 41-13. (2014). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. Virginia: American Society of Civil Engineers.

ATC-40. (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Building - Volume 1, Applied Technology Council*. California: California Seismic Safety Commission.

Blanco Blasco, Antonio. (1era Edición-1990). *Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.

Blanco Blasco, Antonio. (s.f.). *Instituto Construir*. Lima. Recuperado el 08 de 08 de 2016, de http://www.institutoconstruir.org/centrocivil/concreto%20armado/Edificios_de_muros_delgados_de_concreto.pdf

Chillagana Anaguano J. (2013). *Sistemas Constructivos de Muros de Ductilidad Limitada Aplicados en Viviendas de Quito Bajo el Reglamento del ACI 318S-08 y la Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Quito: Universidad Central de Ecuador.

Cueva Jiménez, R.y Gonzalez Chalcualán, D. (2013). *Diseño por Desempeño de Edificaciones en Hormigón Armado con Muros de Corte mediante los Códigos FEMA, Utilizando el Programa ETABS*. Sangolquí: Escuela Politécnica del Ejército.

Delgadillo Alanya, J. (2005). *Análisis No Lineal Estático de Estructuras y la Norma E-030*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

Delgado Ehni R. y Rodríguez-Larraín C. (2006). *Edificios peruanos con muros de concreto de ductilidad limitada*. Lima: PUCP.

FEMA 356. (2000). *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings*. Washington, D.C.: Federal Emergency Management Agency.

Florez Ttito, Alexander. (2012). *Respuesta no-Lineal de Estructuras de Concreto Armado de un piso Sometidas a Solicitaciones Sísmicas Bi-Direccionales con Ángulos de Incidencia Variables*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Guevara Nicolás, Osorio Sergio y Vargas Edgardo. (2006). *Evaluación de la Capacidad Estructural del Edificio de la Biblioteca de las Ingenierías y Arquitectura, Utilizando Análisis Estático No Lineal (Pushover)*. San Salvador: Universidad de El Salvador.

Hernández Sampieri R. , Fernandez Collao C. y Baptista Lucio, Maria. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES S.A. DE C.V.

INEI. (2009). *Perú: Migraciones Internas 1993-2007*. Lima: Talleres de la Oficina Técnica de Administración del INEI.

Ing. Aneuris Hernandez Vélez. (2010). *Análisis No Lineal Estático "Pushover" Base Teorica y Aplicación Usando el Programa ETABS*. Lima: HIGH LEVEL ENGINEERING.

Ing. Morales Morales Roberto . (2006). *Diseño en Concreto Armado*. Lima: Fondo Editorial ICG.

Ing. Morales Morales Roberto. (2006). *Diseño de Concreto Armado*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.

Marte Jiménez, C. (2014). *Calibración de Umbrales de Daño Sísmico para el Análisis de Fragilidad Sísmica de estructuras de Hormigón Armado Mediante Análisis Estático No Lineal ("PUSHOVER")*. Barcelona: Universidad Politecnica de Catalunya.

Monaña Peña Miguel. (2010). *Análisis "PUSH-OVER" de Edificios con Pórticos de Acero en Bogotá*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.

Ottazzi Pasino, G. (2011). *Diseño en Concreto Armado*. Lima: Asociación Capítulo Peruano del Instituto Americano del Concreto.

Rodriguez Nuñez, M. (2011). *Comportamiento a fuerza cortante de muros de muros de concreto de ductilidad limitada con 8 cm de espesor*. Lima: PUCP.

Salvador Pérez José y Subía Carrillo Mauricio. (2014). *Análisis No Lineal Estático: Evaluación del Desempeño de una Estructura de Hormigón y una de Acero Diseñada usando los Códigos ASCE 7-10 y NEC 11 Mediante el Código ASCE 41-06*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

San Bartolomé, Angel. (2007). *Blog*. Recuperado el 03 de 10 de 2016, de <http://blog.pucp.edu.pe/blog/concretoarmado/>

Santana Tapia, Ronald. (2012). *Diseño Sísmico por Desempeño de Estructuras de Albañilería Confinada*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

SENCICO. (2009). *Norma E.060 Concreto Armado, Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: DIGIGRAF CORP. SA.

SENCICO. (2016). *Norma E.030 Diseño Sismoresistente, Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: El Peruano.