

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIA DE
MATERIALES



**“ANÁLISIS DE LA DUCTILIDAD EN PÓRTICOS CONVENCIONALES
DE HORMIGÓN ARMADO, CASO DE ESTUDIO: TORRES BOULEVARD
TARIJA”**

POR:

YAMIL GUSTAVO VELASQUEZ BALDIVIEZO

Tarija – Bolivia

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIA DE
MATERIALES**

**“ANÁLISIS DE LA DUCTILIDAD EN PÓRTICOS CONVENCIONALES
DE HORMIGÓN ARMADO, CASO DE ESTUDIO: TORRES
BOULEVARD”**

POR:

YAMIL GUSTAVO VELASQUEZ BALDIVIEZO

**PROYECTO ELABORADO EN LA ASIGNATURA PROYECTO ING. CIVIL II CIV-502
(MENCIÓN ESTRUCTURAS)**

GESTIÓN ACADÉMICA SEMESTRE II - 2022

Tarija-Bolivia

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a toda mi familia, principalmente a mis padres, Elizabeth Baldiviezo Rivera y Gustavo Velásquez Mora, que me apoyaron y me contuvieron en los momentos malos y menos malos.

Me enseñaron a ser la persona que soy hoy, mis principios, mis valores, mi perseverancia y mi empeño.

También le dedico este trabajo a mi hermana, Roslin Marcia Velásquez Baldiviezo, que es mi apoyo en todo momento.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos Específicos.....	2
1.3. Justificación	2
1.3.1. Justificación Académica.....	2
1.3.2. Justificación Técnica.....	3
1.3.3. Justificación Social	3
1.4. Alcance del Estudio	3
1.4.1. Tipo de Estudio	3
1.4.2. Hipótesis.....	3
1.4.3. Restricciones y Limitaciones	3
CAPÍTULO II	4
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Características de la respuesta estructural ante los sismos	4
2.1.1. Rigidez	4
2.1.2. Resistencia o capacidad estructural.....	4
2.1.3. Ductilidad.....	8
2.2. Espectro de diseño	10
2.3. Metodología de análisis	11
2.3.1. Análisis estático no lineal (PUSHOVER).....	12
2.3.2. Curva de capacidad	12
2.4. Evaluación del comportamiento estructural.....	13
2.4.1. Método ATC-40.....	13
2.5. Índices de daño	16
2.5.1. Índice de Park y Ang.....	17
2.5.2. Índice de Calvi	17

2.6. Umbrales de daño dependientes de la forma de la curva de capacidad	17
2.6.2. Concepto de daño local en las rótulas	18
2.6.3. Umbrales de daño.....	18
CAPÍTULO III.....	19
3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	19
3.1. Casos de estudio.....	19
3.1.1. Descripción de las Estructuras Seleccionadas.....	19
3.2. Espectros de Diseño	23
3.3. Pórticos a analizar	26
CAPÍTULO IV	40
4. RESULTADOS.....	40
4.1. Rótulas Plásticas	40
4.2. Ductilidad.....	48
4.3. Resumen de resultados.....	52
4.4. Discusión de los Resultados.....	54
CAPÍTULO V	57
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
5.1. Conclusiones	57
5.2. Recomendaciones	58
BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXOS	61

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2.1/ Definición de Resistencia o Capacidad Estructural	5
Ilustración 2.2/ Distribución de aceros de refuerzo en muros estructurales para incrementar resistencia lateral	7
Ilustración 2.3/ Definición de la ductilidad estructural	9
Ilustración 2.4/ Espectro de respuesta de aceleración	11
Ilustración 2.5/ Espectro de diseño de aceleración	11
Ilustración 2.6/ Representación gráfica de la curva de capacidad típica	13
Ilustración 2.7/ Espectro de respuesta aceleración-desplazamiento (ADRS) con los parámetros de amortiguación y período efectivos de un sistema lineal equivalente, junto con una curva de capacidad.....	14
Ilustración 2.8/ Representación gráfica del espectro de capacidad y espectro de capacidad bilineal.....	15
Ilustración 2.9/ Energía disipada.....	16
Ilustración 3.1/ Ubicación Torres de Boulevard	19
Ilustración 3.2/ Imagen satelital	20
Ilustración 3.3/ Imagen posterior de las torres	20
Ilustración 3.4/ Vista lateral de las torres.....	21
Ilustración 3.5/ Pórticos	21
Ilustración 3.6/ Pórticos: vista lateral.....	22
Ilustración 3.7/ Pórticos: vista lateral frontal	22
Ilustración 3.8/ Espectro de Diseño Sísmico	24
Ilustración 3.9/ Espectro de Diseño Sísmico $A_a=0,3$ $S=1$	26
Ilustración 3.17/ Pórtico 1 (carga viva + carga muerta)	37
Ilustración 3.22/ Pórtico 6 (carga viva + carga muerta)	38
Ilustración 3.27/ Pórtico 11 (carga viva + carga muerta)	39
Ilustración 4.1/ Curva de respuesta momento-giro para rótulas plásticas de hormigón armado..	40
Ilustración 4.2/ Pórtico 1, paso 1 (figura donde se evidencian las primeras rotulas)	41
Ilustración 4.3/ Pórtico 1, paso 2	41
Ilustración 4.4/ Pórtico 1, paso 3	42
Ilustración 4.5/ Pórtico 1, paso 4	42
Ilustración 4.6/ Pórtico 1, paso 5	43
Ilustración 4.26/ Pórtico 6, paso 1	43
Ilustración 4.27/ Pórtico 6, paso 2	44
Ilustración 4.28/ Pórtico 6, paso 3	44
Ilustración 4.29/ Pórtico 6, paso 4	45
Ilustración 4.30/ Pórtico 6, paso 5	45
Ilustración 4.51/ Pórtico 11, paso 1	46
Ilustración 4.52/ Pórtico 11, paso 2	46
Ilustración 4.53/ Pórtico 11, paso 3	47
Ilustración 4.54/ Pórtico 11, paso 4	47

Ilustración 4.55/ Pórtico 11, paso 5	48
Ilustración 4.76/ Representación gráfica de la curva de capacidad y curva de capacidad bilineal	48
Ilustración 4.77/ Pórtico 1, A10, S1 – curva bilineal FEMA 440	49
Ilustración 4.117/ Pórtico 6, A10, S1 – curva bilineal FEMA 440	50
Ilustración 4.157/ Pórtico 11, A10, S1 – curva bilineal FEMA 440	51
Ilustración 4.197/ Tipo de suelo vs R (A10;2 niveles)	54

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1/ Coeficiente de suelo “S”	24
Tabla 3.2/ Espectro de Diseño $A_a=0,3$ $S=1$	25
Tabla 3.10/ Pórtico 1 (carga viva + carga muerta)	36
Tabla 3.15/ Pórtico 6 (carga viva + carga muerta)	37
Tabla 3.20/ Pórtico 11 (carga viva + carga muerta)	38
Tabla 4.1/ Rotulas Plásticas	40
Tabla 4.2/ Resumen del valor R para la aceleración A10 y los diferentes tipos de suelo S (2 niveles)	53
Tabla 4.6/ Rotulas plásticas en vigas y columnas de cada pórtico	55

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Espectros de Diseño	61
Anexo 2 Análisis de carga en pórticos. Edificio A.	72
Anexo 3 Análisis de carga en pórticos. Edificio B.	81
Anexo 4 Análisis de carga en pórticos. Edificio C.	89
Anexo 5 Roturas plásticas-. Edificio A.	97
Anexo 6 Roturas plásticas. Edificio B.	107
Anexo 7 Roturas plásticas. Edificio C.	117
Anexo 8 Análisis de Ductilidad. Edificio A.	127
Anexo 9 Análisis de Ductilidad. Edificio B.	147
Anexo 10 Análisis de Ductilidad. Edificio C.	166
Anexo 11 Resumen de Resultados	186
Anexo 12 Análisis de variación de costos.....	191
Anexo 13 Detalle de Armaduras.....	195