

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



**TOMO - I**

**DISEÑO SISMORRESISTENTE DEL “EDIFICIO (13 NIVELES) DEL  
SEÑOR GABINO LIMACHI EN LA CIUDAD DE EL ALTO DEL  
DEPARTAMENTO DE LA PAZ”**

**Por:**

**VICTOR HUGO VARGAS FLORES**

Proyecto de Grado presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el Grado Académico de licenciatura en Ingeniería Civil.

**SEMESTRE I - 2019**

**TARIJA – BOLIVIA**

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

**TOMO - I**

**DISEÑO SISMORRESISTENTE DEL “EDIFICIO (13 NIVELES) DEL  
SEÑOR GABINO LIMACHI EN LA CIUDAD DE EL ALTO DEL  
DEPARTAMENTO DE LA PAZ”**

**Por:**

**VICTOR HUGO VARGAS FLORES**

**SEMESTRE I / 2019**

**TARIJA – BOLIVIA**

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



**TOMO - II**

**DISEÑO SISMORRESISTENTE DEL “EDIFICIO (13 NIVELES) DEL  
SEÑOR GABINO LIMACHI EN LA CIUDAD DE EL ALTO DEL  
DEPARTAMENTO DE LA PAZ”**

**Por:**

**VICTOR HUGO VARGAS FLORES**

Proyecto de Grado presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el Grado Académico de licenciatura en Ingeniería Civil.

**SEMESTRE I - 2019**

**TARIJA – BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIA DE LOS  
MATERIALES**

**TOMO - II**

**DISEÑO SISMORRESISTENTE DEL “EDIFICIO (13 NIVELES) DEL  
SEÑOR GABINO LIMACHI EN LA CIUDAD DE EL ALTO DEL  
DEPARTAMENTO DE LA PAZ”**

**Por:**

**VICTOR HUGO VARGAS FLORES**

**SEMESTRE I / 2019**

**TARIJA – BOLIVIA**

**V°B°**

.....  
M.Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez

DECANO

FACULTAD CIENCIAS Y

TECNOLOGÍA

.....  
M.Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez

VICEDECANA

FACULTAD CIENCIAS Y

TECNOLOGÍA

**TRIBUNAL**

.....  
PhD. Ing. Alberto Benítez Reynoso

.....  
Ing. Michael Echalar Flores

.....  
. Ing. Fernando Mur Lagraba

## **DEDICATORIA**

A mis padres Hugo y Heidi por su amor y sacrificio que permitieron cumplir una meta más.

A mi hermana Paola por su ejemplo y cariño incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por guiarme en mi camino.

A mis padres quienes son mi motor e inspiración.

A mi hermana por el apoyo brindado a pesar de la distancia.

A mi padrino Adel por todo el tiempo y conocimiento dedicado en este trabajo.

A Jessica por todo su tiempo y cariño.

Al Ing. Arturo Dubravcic por toda su dedicación.

# INDICE

1. FUNDAMENTOS DEL PROYECTO .....	1
1.1 El Problema.....	1
1.2 Objetivos de la Investigación.....	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3 Justificación .....	2
1.3.1 Académica.....	2
1.3.2 Técnica.....	2
1.3.3 Social.....	4
1.4 Alcance del Proyecto .....	4
2. MARCO TEORICO.....	5
2.1 Antecedentes .....	5
2.1.1 Ubicación .....	6
2.1.2 Suelo .....	7
2.1.3 Topografía.....	8
2.2 Características del edificio.....	9
2.3 Aspectos conceptuales .....	10
2.3.1 Sismo.....	10
2.3.1.1 Sismicidad en Bolivia .....	12
2.3.1.2 Zonificación Sísmica en Bolivia. ....	14
2.3.1.3 Formas Espectrales Tipificadas en Bolivia.....	16
2.3.1.4 Diseño Estructural Sismorresistente .....	16
2.3.2 Criterios para el Diseño Estructural Sismo-resistente .....	17
2.3.2.1 Mecanismos de Falla de una Estructura.....	21
2.3.3 Diseño por Capacidad.....	22
2.3.3.1 Método de análisis estructural sísmico dinámico modal espectral espacial (Tridimensional) .....	22
2.3.3.2 Análisis Modal .....	23
2.3.3.3 Procedimiento del Análisis Modal.....	23



2.3.3.4	Análisis Espectral.....	24
2.3.3.5	Número de Modos y Combinación de Modos .....	24
2.3.3.6	Efectos de Dirección.....	24
2.3.3.7	Clasificación de suelos de cimentación .....	25
2.3.3.8	Ductilidad y Factor de Comportamiento Sísmico.....	26
2.3.3.9	Análisis Sísmico.....	27
2.3.3.10	Matriz de Masa .....	28
2.3.3.11	Matriz de Rigidez.....	28
2.3.3.12	Matriz de Amortiguamiento.....	29
2.3.3.13	Modos y Periodos Naturales de Vibrar.....	29
2.3.3.14	Propiedades elásticas (Guía GBDS-2018).....	30
2.3.3.15	Torsión Accidental.....	30
2.3.4	Reglas Para Obtener Una Estructura Dúctil (GBDS-2018).....	31
2.3.5	Forjados Reticulares.....	43
2.3.6	Losas de Fundación.....	44
2.3.7	Vigas y Columnas en Estructuras Sismo-resistentes .....	47
3.	INGENIERÍA DEL PROYETO .....	48
3.1	Descripción y Datos del Suelo de Fundación .....	48
3.2	Usos por Planta .....	49
3.2.1	Estacionamiento.....	49
3.2.2	Planta baja.....	50
3.2.3	Primer piso.....	51
3.2.4	Segundo Piso.....	51
3.2.5	Plantas de los departamentos .....	52
3.2.6	Terraza .....	52
3.2.7	Sobre Carga Tanque Elevado.....	53
3.2.8	Cargas Muertas .....	56
3.3	Acciones Gravitacionales y de viento.....	59
3.3.1	Cargas Gravitacionales .....	59
3.3.2	Cargas de viento.....	59
3.4	Acciones Sísmicas .....	61
3.4.1	Acciones Debidas a la Componente Sísmica Vertical.....	62

3.5 Hipótesis de Carga .....	63
3.6 Modelado, Análisis y Diseño Estructural .....	64
3.6.1 Cargas Gravitacionales .....	64
3.6.1.1 Pórticos y plantas secciones definitivas .....	66
3.6.1.2 Columnas .....	67
3.6.1.3 Vigas .....	68
3.6.1.4 Placas .....	71
3.6.1.5 Cuantía inferior .....	74
3.6.1.6 Cuantía superior .....	81
3.6.2 Análisis dinámico.....	83
3.6.2.1 Datos generales de sismo .....	83
3.6.2.2 Espectro de cálculo .....	84
3.6.2.3 Espectro de diseño de aceleraciones .....	85
3.6.2.4 Coeficientes de participación .....	86
3.6.2.5 Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta .....	91
3.6.2.6 Cortante sísmico combinado por planta.....	92
3.6.3 Verificación con análisis estático.....	98
3.6.3.1 Junta sísmica .....	98
3.6.3.2 Cortante Basal Estático .....	99
3.6.3.3 Fuerzas Internas Columnas .....	108
3.6.3.4 Secciones de Columnas.....	112
3.6.3.5 Momentos en losas.....	114
3.6.3.6 Fuerzas Internas en Vigas .....	118
3.6.3.7 Distorsiones de Pilares .....	121
3.6.3.8 Desplazamiento de Pilares .....	123
3.6.4 Volúmenes Totales de Obra.....	123
3.6.5 Precio de la obra gruesa .....	125
3.6.6 Análisis de precios unitarios .....	126
3.6.7 Cronograma de ejecución .....	126
CONCLUSIONES .....	127
RECOMENDACIONES.....	128
BIBLIOGRAFÍA .....	129

## ANEXOS

Estudio de suelos.....	A-1
Presupuesto Obra gruesa y Analisis de precios unitarios .....	A-2
Cronograma de ejecución .....	A-3
Planos a detalle .....	A-4
Centros de masa y rigidez por planta.....	A-5
Justificación capacidad portante .....	A-6
Detalle junta sísmica.....	A-7

## Tabla de contenido

### Figuras

Figura 1 Boletín Mensual de Agosto 2018 .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2 Sismicidad de Bolivia Gestión 2017 .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3 Población empadronada por municipios, CENS0 2012 .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 4 Ubicación del proyecto .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 5 Ubicación de los pozos .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 6 Topografía del terreno .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 7 Corte transversal del edificio .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 8 Movimiento de placas y generación de sismos .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 9 Peligro sísmico en Sudamérica .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 10 Aceleraciones sísmicas en Departamentos .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 11 Aceleraciones sísmicas en La Paz .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 12 Reglas para la configuración sísmica de edificios .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 13 Reglas para la configuración sísmica de edificios (Continuación);	¡Error! Marcador no definido.
Figura 14 Nomenclatura Vigas y Columnas .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 15 Nomenclatura Vigas y Columnas (Continuación) .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 16 Nomenclatura de Áreas de Acero y Diámetros de Barras;	¡Error! Marcador no definido.
Figura 17 Disposición de acero longitudinal y empalmes .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 18 Nomenclatura de Refuerzos Transversales .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 19 Longitud de anclaje .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 20 Nomenclatura Columnas .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 21 Disposición de Estribos .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 22 Requisitos para separación de barras, estribos y ganchos;	¡Error! Marcador no definido.
Figura 23 Muros de cortante, nomenclatura .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 24 Muros de cortante, vista en sección nomenclatura .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 25 Forjado Reticular .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 26 Losa de Fundación .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 27 Losa de Fundación .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 28 Esfuerzos generados en el suelo de fundación por cargas gravitacionales .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 29 Plano de Estacionamiento .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 30 Plano de planta baja .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 31 Plano de primer piso .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 32 Plano de segundo piso .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 33 Plano departamentos pisos 3, 4, 5, 6, 7,8, 9 ,10 ,11 y 12;	¡Error! Marcador no definido.

Figura 34 Plano terraza .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 35 Mapa Eólico del Perú .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 36 Vista 3D Frente.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 37 Vista 3D Parte Trasera.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 38 Vista Secciones finales de columnas (CG).....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 39 Vista Secciones finales de vigas edificio N 1(CG) .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 40 Vista Secciones finales de vigas Edificio N 2 .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 41 Losa más desfavorable .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 42 Esfuerzo de dimensionamiento de cuantía inferior solo cargas gravitacionales zona comercial segundo piso.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 43 Momento máximo alrededor del Eje Y para la cuantía inferior solo CG segundo piso .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 44 Momento máximo alrededor del Eje X para la cuantía inferior solo CG segundo piso .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 45 Esfuerzos de dimensionamiento de cuantía superior solo cargas gravitacionales planta baja Eje X.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 46 Valor promediado por un metro de ancho momento negativo solo cargas gravitacionales planta baja Eje X.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 47 Proyección en planta del Edificio N 1 y 2.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 48 Espectro de diseño sísmico reducido por el valor del coeficiente de ductilidad ..	¡Error! Marcador no definido.
Figura 49 Representación de los periodos modales del Edificio N 1 y 2;	¡Error! Marcador no definido.
Figura 50 Cortantes sísmicos máximos por planta Edificio N 1 en el Eje X;	¡Error! Marcador no definido.
Figura 51 Cortantes sísmicos máximos por planta Edificio N 1 en el Eje Y;	¡Error! Marcador no definido.
Figura 52 Cortantes sísmicos máximos por planta Edificio N 2 en el Eje X;	¡Error! Marcador no definido.
Figura 53 Cortantes sísmicos máximos por planta Edificio N 2 en el Eje Y;	¡Error! Marcador no definido.
Figura 54 Separación de estructuras .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 55 Distribución pesos para análisis estático .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 56 Momentos generados por cargas gravitacionales genéricas en pórtico plano .....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 57 Momentos generados por cargas gravitacionales y cargas laterales genéricas en pórtico plano.....	¡Error! Marcador no definido.

## Tablas

Tabla 1 Resumen historia sísmica de Bolivia .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2 ESPECTRO ZONA 4 S3 .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3 Cantidad de Refuerzo Transversal.....	¡Error! Marcador no definido.

Tabla 4 Cargas utilizadas en el proyecto .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 5 Anchos de Banda .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 6 Coeficientes de participación Edificio N 1 .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 7 Coeficientes de participación Edificio N 2 .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 8 Hipótesis de sismo Edificio N 1 y 2 .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 9 Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades por cada planta del Edificio N 1 .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 10 Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades por cada planta del Edificio N 2 .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 11 Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta del Edificio N 1 en el Eje X .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 12 Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta del Edificio N 1 en el Eje Y .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 13 Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta del Edificio N 2 en el Eje X .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 14 Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta del Edificio N 2 en el Eje Y .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 15 Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte en arranques Edificio N 1 y 2 .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 16 Tabla de pesos en la estructura edificio 2 .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 17 Tabla de cortantes en X por análisis estático y calculados por el programa CYPE CAD edificio 2 .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 18 Tabla de cortantes en Y por análisis estático y calculados por el programa CYPE CAD edificio 2 .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 19 Tabla de pesos en la estructura edificio 1 .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 20 Tabla de cortantes en X por análisis estático y calculados por el programa CYPE CAD edificio 1 .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 21 Tabla de cortantes en Y por análisis estático y calculados por el programa CYPE CAD edificio 1 .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 22 Fuerzas internas por cargas gravitacionales y viento edificio 1;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 23 Fuerzas internas por sismo edificio 1 .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 24 Fuerzas internas por cargas gravitacionales y viento edificio 2;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 25 Fuerzas internas por sismo edificio 2 .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 26 Secciones finales de las columnas del edificio 1 .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 27 Secciones finales de las columnas del edificio 2 .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 28 Momentos positivos máximos generados por piso .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 29 Incremento momentos positivos máximos generados por piso;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 30 Momentos negativos máximos generados por piso .....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 31 Incremento momentos negativos máximos generados por piso;	<b>Error! Marcador no definido.</b>

Tabla 32 Fuerzas internas de la viga más solicitada del edificio N 1; **Error! Marcador no definido.**

Tabla 33 Incremento de las fuerzas internas de la viga más solicitada del edificio N 1 .....; **Error! Marcador no definido.**

Tabla 34 Fuerzas internas de la viga más solicitada del edificio N 2; **Error! Marcador no definido.**

Tabla 35 Incremento de las fuerzas internas de la viga más solicitada del edificio N 2 .....; **Error! Marcador no definido.**

Tabla 36 Áreas de armadura longitudinal en vigas (Ductilidad) ..; **Error! Marcador no definido.**

Tabla 37 Distorsiones de pilares en el edificio N 1 .....; **Error! Marcador no definido.**

Tabla 38 Distorsiones de pilares en el edificio N 2 .....; **Error! Marcador no definido.**

Tabla 39 Cantidades finales Edificio N 1 .....; **Error! Marcador no definido.**

Tabla 40 Cantidades finales Edificio N 2 .....; **Error! Marcador no definido.**

Tabla 41 Precios del edificio N 1.....; **Error! Marcador no definido.**

Tabla 42 Precios del edificio N 2.....; **Error! Marcador no definido.**

Tabla 43 Precios de la obra gruesa del edificio “Gabino Limachi”; **Error! Marcador no definido.**

## Ecuaciones

Ecuación del Movimiento	(1).....	; <b>Error! Marcador no definido.</b>
Momento Torsor	(2).....	; <b>Error! Marcador no definido.</b>
Fuerza Sísmica	(3).....	; <b>Error! Marcador no definido.</b>
<i>Cuantía a Flexión</i>	(4).....	; <b>Error! Marcador no definido.</b>
Cuantía Mínima	(5).....	; <b>Error! Marcador no definido.</b>
Cuantía Máxima	(6).....	; <b>Error! Marcador no definido.</b>
Longitud de Anclaje	(7) .....	; <b>Error! Marcador no definido.</b>
Predimensionamiento ACI(1)	(8) .....	; <b>Error! Marcador no definido.</b>
Predimensionamiento ACI(2)	(9) .....	; <b>Error! Marcador no definido.</b>
Predimensionamiento Junta	(10) .....	98
Cortante Basal Estático	(11) .....	99
Distribución de Cortante	(12) .....	101
Cortante Última Planta	(13) .....	102

