



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN
MULTIFAMILIAR DE DIEZ NIVELES Y DOS SÓTANOS
APLICANDO LA INTERACCIÓN SUELO – ESTRUCTURA
CON UN SISTEMA DUAL Y PLATEA DE CIMENTACIÓN**

**PRESENTADA POR
EDSON BRUNER CARCAUSTO VEGA
BLADIMIR ROMAN QUISPE RODRIGUEZ**

**ASESOR
GENNER ALVARITO VILLARREAL CASTRO**

**TESIS
PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**LIMA – PERÚ
2024**



CC BY-NC-ND

Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

Facultad de
Ingeniería y
Arquitectura

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“DISEÑO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE DIEZ NIVELES Y DOS SÓTANOS APLICANDO LA INTERACCIÓN SUELO – ESTRUCTURA CON UN SISTEMA DUAL Y PLATEA DE CIMENTACIÓN”

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

EDSON BRUNER CARCAUSTO VEGA

BLADIMIR ROMAN QUISPE RODRIGUEZ

ASESOR:

Ph.D. GENNER ALVARITO VILLARREAL CASTRO

Código Orcid: 0000-0003-1768-646X

LIMA – PERÚ

2024

DEDICATORIA

Para mis progenitores que son la motivación de mis esfuerzos, por su amor, comprensión, preocupación, trabajo y soporte; a mi mamá Bernardina por todo el apoyo dado para llevar a cabo mis logros; a mi padre Román por los valores y consejos que me da para ser una mejor persona; a ellos que los amo este título para ustedes.

QUISPE RODRIGUEZ, Bladimir Román

DEDICATORIA

Primeramente, a nuestro creador por encaminarme para lograr todas mis metas. A mis progenitores FELIX y MARINA; por toda su comprensión. me han enseñado los valores y principios que me formaron durante toda mi vida, y todo esto vino de la mano de mucho amor y cariño. a mi hermana YULI por toda la motivación y afecto otorgado.

CARCAUSTO VEGA, Edson Bruner

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestro asesor Ph.D. Genner Alvarito Villareal Castro, por la orientación y las enseñanzas que nos aportó a lo largo de todo el desarrollo de la tesis.

QUISPE RODRIGUEZ, Bladimir Román

CARCAUSTO VEGA, Edson Bruner

ÍNDICE

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Descripción de la Situación Problemática.....	1
1.2. Formulación del Problema	1
1.2.1. Problema General.....	1
1.2.2. Problema Específicos	1
1.3. Objetivos de la investigación.....	2
1.3.1. Objetivo General.....	2
1.3.2. Objetivo Específicos	2
1.4. Justificación de la investigación.....	2
1.4.1. Importancia de la investigación.....	2
1.4.2. Viabilidad de la investigación.....	3
1.5. Limitaciones del estudio.....	4
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes de la investigación.....	5
2.1.1. Antecedentes Nacionales	5
2.1.2. Antecedentes Internacionales.....	8
2.2. Bases teóricas	12
2.2.1. Platea de Cimentación.....	12
2.2.1.1. Análisis - cimentación.....	13
2.2.1.2. Análisis - interacción	13
2.2.1.3. Punzonamiento	13
2.2.2. Patrón mecánico de la correlación entre el suelo y la estructura.....	14
2.2.2.1. Patrón mecánico Barkan – Savinov	15
2.2.2.2. Modelo Dinámico Norma Rusa SNIP 2.02.05-87	18
2.3. Definición de términos básicos	20
CAPÍTULO III HIPÓTESIS Y VARIABLES	23
3.1. Formulación de hipótesis	23
3.1.1. Hipótesis General	23
3.1.2. Hipótesis Específicos	23

3.2. Variables y definición operacional.....	23
3.2.1. Variable Independiente.....	23
3.2.2. Variable Dependiente	23
3.2.3. Operacionalización de variables.....	24
CAPITULO IV METODOLOGÍA	25
4.1. Diseño Metodológico	25
4.1.1. Tipo de Investigación.....	26
4.1.2. Enfoque Cuantitativo	26
4.2. Diseño Muestral.....	26
4.2.1. Población.....	26
4.2.2. Muestra.....	26
4.3. Técnicas de recolección de datos.....	26
4.3.1. Aspectos éticos Normas y Reglamentos	27
CAPÍTULO V DESCRIPCIÓN Y CONSIDERACIONES DEL PROYECTO.....	28
5.1. PROYECTO.....	28
5.2. GENERALIDADES	33
5.2.1. NORMAS Y REGLAMENTOS	33
5.2.2. INFORMACIÓN ESTRUCTURAL.....	34
5.2.2.1. DETALLES Y MATERIALES UTILIZADOS (SEGÚN NORMA E.060)	34
5.3. PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	34
5.3.1. COLUMNAS	34
5.3.2. PLACAS O MUROS DE CONCRETO	35
5.3.3. VIGAS	35
5.3.4. LOSAS	36
5.3.4.1. LOSA ALIGERADA	36
5.3.4.2. LOSA MACIZA	36
5.4. RNE - NORMA E.020: CARGAS	36
5.4.1. METRADO CARGA MUERTA LOSA ALIGERADA	37
5.4.2. DETERMINACIÓN DE CARGA DISTRIBUIDA DE TABIQUERÍA SOBRE VIGAS CHATAS.....	37

5.4.3. METRADO DE CARGA DISTRIBUIDA DE TABIQUERÍA SOBRE VIGAS DEL PRIMER PISO.....	37
5.4.4. METRADO DE CARGA DISTRIBUIDA DE TABIQUERÍA SOBRE VIGAS DE PISO TÍPICO.....	38
5.5. MODELAMIENTO ESTRUCTURAL EN PLANTA Y EN 3D.....	39
5.5.1. ASIGNACIÓN DE CARGAS EN LOSAS Y VIGAS	51
5.6. METRADO DE PESO PROPIO ESTRUCTURA.....	53
CAPÍTULO VI ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	57
6.1. ANÁLISIS SÍSMICO.....	57
6.1.1. ASPECTOS GENERALES DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL	57
6.1.2. EVALUACIÓN ESTÁTICA EQUIVALENTE	57
6.1.3. EVALUACIÓN DINÁMICA MODAL ESPECTRAL	57
6.1.3.1. Modelamiento estructural	57
6.1.4. ESTRUCTURACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	58
6.1.4.1. Parámetros de sitio y configuración de la estructura	58
6.1.4.2. Evaluación de la masa (P)	61
6.1.4.3. Energía cortante en la cimentación	61
6.1.4.4. Formas de vibración	62
6.1.4.5. Aceleración espectral	63
6.1.4.6. Pesos de sismo por aceleramiento.....	66
6.1.4.7. Desplazamientos laterales relativos admisibles	67
6.1.4.8. Identificación de sismos dinámicos en XX y YY	68
6.1.5. IDENTIFICACIÓN DE LAS IRREGULARIDADES SEGÚN PATRÓN PERUANO E.030	69
6.1.5.1. Irregularidad de altura según norma E. 030.....	69
6.1.5.2. Desigualdad de planta según la norma E. 030	73
6.1.6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DINÁMICO.....	77
CAPÍTULO VII ANÁLISIS DINAMICO CON INTERACCIÓN SUELO – ESTRUCTURA ...	85
7.1. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO.....	85
7.1.1. CARACTERÍSTICAS - EDIFICACIÓN.....	85
7.1.2. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	85
7.1.3. DETERMINACIÓN DE LA MASA DE LA PLATEA	86

7.1.4. CÁLCULOS DEL COEFICIENTE DE RIGIDEZ	87
7.1.4.1. PATRÓN DINÁMICO BARKAN – SAVINOV	87
7.1.4.2. PATRÓN DINÁMICO NORMA RUSA	88
7.1.5. ASIGNACIÓN DE PUNTO EN EL CENTRO DE LA PLATEA	90
7.1.5.1. PATRÓN DINÁMICO BARKAN – SAVINOV	92
7.1.5.2. PATRON DINÁMICO NORMA RUSA	93
CAPÍTULO VIII ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	95
8.1. PERIODO DE VIBRACIÓN.....	95
8.2. DESPLAZAMIENTOS.....	97
a) MODELO DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO	97
b) PATRÓN DINÁMICO BARKAN – SAVINOV.....	98
c) PATRÓN DINÁMICO NORMA RUSA.....	99
8.3. COMPARACIÓN DE DISTORSIONES.....	100
a) MODELO DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO	100
b) PATRÓN DINÁMICO BARKAN – SAVINOV.....	102
c) MODELO DINÁMICO NORMA RUSA	103
8.4. COMPARATIVO F.C.....	105
8.5. COMPARATIVO MOMENTOS	106
CAPÍTULO IX RESULTADOS DEL ANÁLISIS DINÁMICO ESTRUCTURAL	108
9.1. ANÁLISIS DINÁMICO EMPOTRADO EN LA BASE	108
CAPÍTULO X DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	122
10.1. ANÁLISIS Y DISEÑO DE COLUMNAS	122
10.2. ANÁLISIS Y DISEÑO DE VIGAS	124
10.3. DISEÑO DE LOSA ALIGERADA.....	129
10.4. DISEÑO DE LOSA MACIZA.....	138
10.5. DISEÑO DE LA PLATEA DE CIMENTACIÓN.....	142
10.5.1. ESPESOR DE LA PLATEA	145
10.5.2. FRANJAS DE CIMENTACIÓN	146
10.5.3. CÁLCULO DE LAS PRESIONES DE CONTACTO	147
10.5.4. DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN ACTUANTE.....	149
10.5.5. PRESIÓN PROMEDIO POR FRANJA	152
10.5.6. DISEÑO POR FLEXIÓN.....	153

10.5.7. VERIFICACIÓN DE LA FUERZA CORTANTE	160
10.5.8. ACERO DE REFUERZO	161
10.6. DISEÑO DE ESCALERA.....	162
CONCLUSIONES	165
RECOMENDACIONES	167
FUENTES DE INFORMACIÓN	168
ANEXOS.....	173

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Gastos Monetarios</i>	3
Tabla 2 <i>Factor Co determinado mediante estudios de experiencia</i>	17
Tabla 3. <i>Operacionalización</i>	24
Tabla 4 <i>Argumentaciones sobre la carga muerta</i>	36
Tabla 5 <i>Argumentaciones sobre la carga viva</i>	36
Tabla 6 <i>Calculo de la carga distribuida en losa aligerada</i>	37
Tabla 7 <i>Calculo de la carga distribuida en vigas chatas</i>	37
Tabla 8 <i>M.C. en vigas principales</i>	38
Tabla 9 <i>M.C. en vigas principales</i>	38
Tabla 10 <i>M.C. en vigas principales</i>	39
Tabla 11 <i>M.C. distribuida en losa aligerada</i>	39
Tabla 12 <i>Cuantificación de cargas en el sótano 1 y 2</i>	53
Tabla 13 <i>Cuantificación cargas P.1°</i>	54
Tabla 14 <i>Cuantificación cargas.P.2 – P.10</i>	55
Tabla 15 <i>Metrado de cargas tanque elevado</i>	56
Tabla 16 <i>Coeficiente de zona de la edificación</i>	59
Tabla 17 <i>Jerarquía de construcción</i>	59
Tabla 18 <i>Coef. suelo de estructura</i>	59
Tabla 19 <i>Factor de coeficientes de disminución básicos</i>	60
Tabla 20 <i>Información C.M. y C.V</i>	61
Tabla 21 <i>Espec. A.D.</i>	63
Tabla 22 <i>Comprobación anomalías de R.S. en “X”</i>	69
Tabla 23 <i>Comprobación anomalías R.S. en “Y”</i>	70
Tabla 24 <i>Evaluación de irregularidades de P. endeble en “X”</i>	70
Tabla 25 <i>Evaluación de irregularidades de P. endeble en “Y”</i>	71
Tabla 26 <i>Justificación de irregularidades en peso</i>	72
Tabla 27 <i>Evaluación alteración tor. sísmica “X”</i>	74
Tabla 28 <i>Evaluación alteración tor. sísmica “Y”</i>	74
Tabla 29 <i>Límites distorsión entrepiso</i>	75
Tabla 30 <i>Verificación de la irregularidad esquinas entrantes</i>	76
Tabla 31 <i>Masas participativas en los modos de vibración</i>	77

Tabla 32 <i>Máximo D.L. “X”</i>	81
Tabla 33 <i>Máximo D.L. “Y”</i>	82
Tabla 34 <i>Desplazamientos adyacentes máximos en ambas direcciones</i>	84
Tabla 35 <i>Reparto de peso por pisos</i>	85
Tabla 36 <i>Masas platea</i>	86
Tabla 37 <i>Factores de Rigidez</i>	90
Tabla 38 <i>Coef. amortiguamiento</i>	90
Tabla 39 <i>Comparar períodos de modelos utilizados</i>	95
Tabla 40 <i>Des. modelo empotramiento perfecto</i>	97
Tabla 41 <i>Desplazamientos Barkan – Savinov</i>	98
Tabla 42 <i>Desplazamientos modelo dinámico Norma Rusa</i>	99
Tabla 43 <i>Distorsión en “X” patrón empotrado</i>	100
Tabla 44 <i>Distorsión en “Y” modelo empotrado</i>	101
Tabla 45 <i>Distorsión en “X” patrón dinámico BARKAN</i>	102
Tabla 46 <i>Distorsión en “Y” patrón dinámico BARKAN</i>	102
Tabla 47 <i>Distorsión en “X” patrón dinámico N.R.</i>	103
Tabla 48 <i>Distorsión en “Y” patrón dinámico N.R.</i>	104
Tabla 49 <i>Cortantes de los patrones dinámicos analizados</i>	106
Tabla 50 <i>Comparativo de Momentos</i>	107
Tabla 51 <i>Metrado de cargas por área tributaria</i>	143
Tabla 52 <i>Franjas de cimentación</i>	146
Tabla 53 <i>Cálculo de presiones de contacto</i>	147
Tabla 54 <i>Resumen de centro de rigidez, centro de gravedad y excentricidad</i>	149
Tabla 55 <i>Cálculo de esfuerzos sobre el suelo por punto</i>	151
Tabla 56 <i>Cálculo de esfuerzos sobre el suelo por punto</i>	151
Tabla 57 <i>Calculo presión promedio por franja</i>	152
Tabla 58 <i>Cálculo de acero mínimo</i>	155
Tabla 59 <i>Cálculo de espaciamientos del acero</i>	158
Tabla 60 <i>Verificación de la norma</i>	160
Tabla 61 <i>Metrado de Cargas</i>	163

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Correlación terreno estructura.....	12
Figura 2. Modelo típico de respuesta dinámica del sistema suelo-cimentación	14
Figura 3. Lugar del Proyecto	28
Figura 4. Ubicación de para desarrollo de mecánica de suelos	29
Figura 5. Arquitectura planta Sótano 1 y 2	29
Figura 6 <i>Arquitectura planta Sótano 1 y 2</i>	30
Figura 7 <i>Arquitectura primer piso.</i>	30
Figura 8 <i>Arquitectura planta segundo piso</i>	31
Figura 9 <i>Arquitectura planta del tercer piso al décimo piso</i>	31
Figura 10 <i>Arquitectura planta azotea</i>	32
Figura 11 <i>Arquitectura corte A-A</i>	32
Figura 12 <i>Arquitectura elevación frontal.</i>	33
Figura 13 <i>Definición de propiedades del concreto</i>	40
Figura 14 <i>Definición para designación del concreto</i>	40
Figura 15 <i>Definición de designación de propiedades del concreto</i>	41
Figura 16 <i>Determinación de designación del acero</i>	41
Figura 17 <i>Típica columna</i>	42
Figura 18 <i>típica viga</i>	42
Figura 19 <i>Determinación de espesor losa aligerada</i>	43
Figura 20 <i>Determinación espesor losa maciza</i>	43
Figura 21 <i>Espesor de placas</i>	44
Figura 22 <i>Empotramiento base de la edificación</i>	44
Figura 23 <i>Elección de diafragma en sótano</i>	45
Figura 24 <i>Elección de diafragma segundo piso</i>	45
Figura 25 <i>Aspectos C.V. y C.M.</i>	46
Figura 26 <i>Definición de la fuente de masa</i>	46
Figura 27 <i>Modelo estructural en planta Sótano 1 y 2</i>	46
Figura 28 <i>Patrón estructural vista planta P.1</i>	47
Figura 29 <i>Modelo nivel típica</i>	47
Figura 30 <i>Modelo planta tanque elevado</i>	48

Figura 31 <i>Modelo estructural vista 3D</i>	49
Figura 32 <i>Modelo estructural del edificio en 3D</i>	50
Figura 33 <i>consignación de carga viva a la losa maciza</i>	51
Figura 34 <i>consignación de carga viva a la losa losa aligerada</i>	51
Figura 35 <i>Asignación de carga muerta distribuida en vigas</i>	52
Figura 36 <i>Perspectiva 3D de la asignación de carga muerta distribuida en vigas</i>	52
Figura 37 <i>Ecuación para determinación de cortante en la base</i>	58
Figura 38 <i>Configurar modos de vibración</i>	62
Figura 39 <i>Aceleración del espectro</i>	63
Figura 40 <i>Espectro de aceleración</i>	65
Figura 41 <i>Espectro del modelo</i>	66
Figura 42 <i>A.D. en X</i>	66
Figura 43 <i>A.D. en Y</i>	67
Figura 44 <i>Otorgamiento derivas control en X</i>	67
Figura 45 <i>Otorgamiento derivas control en Y</i>	68
Figura 46 <i>combinación 25% C.V. de la edificación y 100% C.M.</i>	68
Figura 47 <i>Verificar las irregularidades en las esquinas entrantes</i>	76
Figura 48 <i>M. desplazamiento "X"</i>	79
Figura 49 <i>M. desplazamiento "Y"</i>	80
Figura 50 <i>M. desplazamiento "Z"</i>	80
Figura 51 <i>Desplazamiento máximo "X"</i>	82
Figura 52 <i>Desplazamiento máximo "Y"</i>	83
Figura 53 <i>Vista 3D Platea cimentación</i>	91
Figura 54 <i>Otorgamiento resorte centro de platea</i>	92
Figura 55 <i>Asignación masas calculadas</i>	92
Figura 56 <i>Coeficientes de rigidez asignados calculados</i>	93
Figura 57 <i>Asignación resorte centro de platea</i>	93
Figura 58 <i>Coeficientes rigidez asignados calculados</i>	94
Figura 59 <i>Comparación de intervalos de tiempo con los modelos utilizados</i>	97
Figura 60 <i>Comparación de periodos con los modelos utilizados en "X"</i>	99
Figura 61 <i>Comparaciones entre periodos utilizados en "Y"</i>	100
Figura 62 <i>Comparación de distorsiones con los modelos utilizados en "X"</i>	105

Figura 63 <i>Comparación de distorsiones con los modelos utilizados en “Y”</i>	105
Figura 64 <i>Comparación de las fuerzas cortantes con los patrones utilizados en “X”</i>	106
Figura 65 <i>Comparación de las fuerzas cortantes con los patrones utilizados en “Y”</i>	106
Figura 66 <i>Comparación de momentos con los modelos utilizados en “X”</i>	107
Figura 67 <i>Comparación de momentos con los modelos utilizados en “Y”</i>	107
Figura 68 <i>Momentos de columnas, vigas y placas en la edificación</i>	108
Figura 69 <i>Diagrama de fuerzas cortantes en columnas y placas (elevación del Eje 6-6)</i>	109
Figura 70 <i>Diagrama de momentos en columnas y placas (elevación del Eje 6-6)</i> . 109	
Figura 71 <i>Diagrama F.C. columnas -vigas - placas (elevación del Eje 5-5)</i>	110
Figura 72 <i>Diagrama de momentos en columnas, vigas y placas (elevación del Eje 5-5)</i>	110
Figura 73 <i>Diagrama F.C. columnas -vigas - placas (elevación del Eje 4-4)</i>	111
Figura 74 <i>Diagrama de momentos en columnas, vigas y placas (elevación del Eje 4-4)</i>	111
Figura 75 <i>Diagrama F.C. columnas -vigas - placas (elevación del Eje 3-3)</i>	112
Figura 76 <i>Diagrama de momentos en columnas, vigas y placas (elevación del Eje 3-3)</i>	112
Figura 77 <i>Diagrama F.C. columnas -vigas - placas (elevación del Eje 2-2)</i>	113
Figura 78 <i>Diagrama de momentos en columnas, vigas y placas (elevación del Eje 2-2)</i>	113
Figura 79 <i>Diagrama F.C. columnas -vigas - placas (elevación del Eje 1-1)</i>	114
Figura 80 <i>Diagrama de momentos en columnas, vigas y placas (elevación del Eje 1-1)</i>	114
Figura 81 <i>Diagrama F.C. columnas -vigas - placas (elevación del Eje A-A)</i>	115
Figura 82 <i>Diagrama de momentos en columnas, vigas y placas (elevación del Eje A-A)</i>	115
Figura 83 <i>Diagrama F.C. columnas -vigas - placas (elevación del Eje B-B)</i>	116
Figura 84 <i>Diagrama de momentos en columnas, vigas y placas (elevación del Eje B-B)</i>	116
Figura 85 <i>Diagrama F.C. columnas -vigas - placas (elevación del Eje C-C)</i>	117
Figura 86 <i>Diagrama de momentos en columnas, vigas y placas (elevación del Eje C-C)</i>	117
Figura 87 <i>Diagrama F.C. columnas -vigas - placas (elevación del Eje D-D)</i>	118

Figura 88 <i>Diagrama de momentos en columnas, vigas y placas (elevación del Eje D-D)</i>	118
Figura 89 <i>Diagrama F.C. columnas -vigas - placas (elevación del Eje E-E)</i>	119
Figura 90 <i>Diagrama de momentos en columnas, vigas y placas (elevación del Eje E-E)</i>	119
Figura 91 <i>Diagrama F.C. columnas -vigas - placas (elevación del Eje F-F)</i>	120
Figura 92 <i>Diagrama de momentos en columnas, vigas y placas (elevación del Eje F-F)</i>	120
Figura 93 <i>Diagrama F.C. columnas -vigas - placas (elevación del Eje G-G)</i>	121
Figura 94 <i>Diagrama de momentos en columnas, vigas y placas (elevación del Eje G-G)</i>	121
Figura 95 <i>D.I. X - X</i>	123
Figura 96 <i>D.I. Y - Y</i>	123
Figura 97 <i>Detalle típico de losa aligerada unidireccional</i>	129
Figura 98 <i>Esquema de detalle de vigueta en losa aligerada unidireccional</i>	129
Figura 99 <i>Diagrama carga distribuida sobre losa en dos tramos</i>	130
Figura 100 <i>Momentos flectores en la losa aligerada de dos tramos</i>	131
Figura 101 <i>Viga unidireccional para cálculo de acero negativo en la parte central</i>	131
Figura 102 <i>Viga unidireccional para cálculo de acero negativo en la parte izquierda</i>	132
Figura 103 <i>Viga unidireccional para cálculo de acero negativo en la parte derecha</i>	133
Figura 104 <i>Viga unidireccional para cálculo de acero positivo en la parte izquierda</i>	134
Figura 105 <i>Viga unidireccional para cálculo de acero positivo en la parte derecha</i>	135
Figura 106 <i>Diagrama de fuerzas cortantes para vigueta en la losa</i>	137
Figura 107 <i>Losa Maciza</i>	138
Figura 108 <i>Acero en Losa Maciza</i>	142
Figura 109 <i>Áreas tributarias</i>	143
Figura 110 <i>Centro de rigidez, centro de gravedad</i>	149
Figura 111 <i>Diagrama de carga distribuida en la escalera</i>	164

RESUMEN

Esta investigación tuvo el propósito de diseñar una edificación multifamiliar de 10 niveles y 2 sótanos aplicando la interacción suelo – estructura (I.S.E.) con sistema dual y platea de cimentación, se desarrolla con la meta de determinar la incidencia de la correlación dinámica entre el suelo y la estructura respecto a una edificación con empotramiento perfecto. El edificio a modelar está conformado de concreto y acero con una configuración dual, cuya estructura en si está conformada por 10 niveles, dos sótanos y una platea de cimentación, el cual tiene por ubicación la región de Arequipa y distrito de Yura.

El análisis sísmico de diferentes edificaciones requiere de asumir un empotramiento perfecto, siempre y cuando se encuentre la presencia de un suelo de roca dura o suelos muy rígidos a diferencias de otros tipos de suelos que no presentarían estas cualidades para una investigación con empotramiento perfecto. Para ello es importante evaluar la influencia entre el suelo y la estructura, es por tal motivo que para efectuar el modelamiento se utilizó el software Etabs 2016, ya que da inicio a la configuración elemental de la edificación y a su vez, cumpliendo con la NTP E.030 diseño sismo resistente. Posteriormente a esto, efectuándose el análisis de la edificación, considerando la utilización patrones dinámicos de Norma Rusa, Barkan – Savinov.

En los resultados se pudo observar que los desplazamientos máximos de entre piso en el X, en el modelo empotrado presenta 11.148 cm, mientras que por Barkan da 12.684 cm y por Norma Rusa da 12.416 cm. Así mismo, los desplazamientos máximos de entre piso encontrados en Y, según el modelo empotrado presenta 11.945 cm, mientras que Barkan da 13.604 cm. y Norma Rusa da 13.311 cm.

La conclusión derivada de los resultados mencionados anteriormente, es que el sistema estructural que conforma la presente edificación se clasifica como un Sistema Dual Tipo 1. Esto se debe a que, en todos los modelos analizados, las F.C. en las direcciones X y Y en la base de las placas, se encuentran por encima del 60.00 % y por debajo del 80 %.

Palabras Claves: Análisis sísmico, empotramiento perfecto, sistema dual, correlación dinámica entre el suelo y la estructura.

ABSTRACT

This research had the purpose of designing a multifamily building of 10 levels and 2 basements applying the soil-structure (A.S.S.) interaction with a dual system and a foundation slab, it is developed with the goal of determining the incidence of the dynamic correlation between the soil and the structure with respect to a building with perfect embedment. The building to be modeled is made of concrete and steel with a dual configuration, whose structure itself consists of 10 levels, two basements and a foundation slab, which is located in the region of Arequipa and district of Yura.

The seismic analysis of different buildings requires assuming a perfect embedment, as long as there is the presence of a hard rock soil or very rigid soils as opposed to other types of soils that would not present these qualities for an investigation with perfect embedment. For this, it is important to evaluate the influence between the soil and the structure, which is why Etabs 2016 software was used to carry out the modeling, since it starts the elemental configuration of the building and at the same time, complying with NTP E.030 seismic resistant design. Subsequently, the analysis of the building was carried out, considering the use of dynamic patterns of the Russian Standard, Barkan - Savinov.

In the results it was observed that the maximum displacements between floors in the X, in the embedded model presents 11.148 cm, while Barkan gives 12.684 cm and Norma Rusa gives 12.416 cm. Likewise, the maximum inter-story displacements found in Y, according to the embedded model presents 11.945 cm, while Barkan gives 13.604 cm and Norma Rusa gives 13.311 cm.

The conclusion derived from the aforementioned results is that the structural system of this building is classified as a Type 1 Dual System. This is due to the fact that, in all the models analyzed, the F.C. in the X and Y directions at the base of the plates are above 60.00 % and below 80 %.

Key Words: Seismic analysis, perfect embedment, dual system, dynamic correlation between the soil and the structure.

NOMBRE DEL TRABAJO

**DISEÑO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN
MULTIFAMILIAR DE DIEZ NIVELES Y DOS
SÓTANOS APLICANDO LA INTERACC**

AUTOR

**EDSON BRUNER CARCAUSTO VEGA / BL
ADIMIR ROMAN QUISPE RODRÍGUEZ**

RECUENTO DE PALABRAS

31128 Words

RECUENTO DE CARACTERES

160275 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

211 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

7.9MB

FECHA DE ENTREGA

Nov 12, 2024 3:30 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Nov 12, 2024 3:32 PM GMT-5

● **14% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 13% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Ph.D. GENNER ALVARITO VILLARREAL CASTRO
Código ORCID: 0000-0001-1708-0402



Biblioteca FIA

Hermelinda Soledad Huamani Tineo
Bibliotecóloga

INTRODUCCIÓN

La evaluación de la I.S.E. es un método reciente en el diseño de estructuras, este método conecta el diseño Estructural y la Geotecnia, esta unión se da por medio de la correlación entre el soporte de la estructura con el terreno. En los últimos años los programas de software estructural tienen el desarrollo de capacidades que permiten varios tipos de estructura las cuales consideran la interacción que se da entre el terreno con la base de la estructura a edificar.

Aactualmente existen varios softwares como ETABS, ROBOT STRUCTURAL, SAP 2000 entre otros, en las cuales nos permiten hacer modelamientos de cualquier índole.

En el ítem primero, se elabora el enfoque de la problemática cuya finalidad es la redacción y descripción de esta, seguido del objetivo, importancia y la viabilidad en este trabajo.

En el ítem segundo, se realiza la recolección de información la cual ayudará para la realización de esta Tesis; como antecedentes y bases teóricas; todo esto como parte del marco teórico.

En el ítem tercero, se llega a una conjetura efectiva juntamente con las variables.

En el ítem cuarto, se realiza la especificación de la metodología que se utilizará, la cual ayudará al desarrollo y a la solución para esta Tesis de Investigación.

En el ítem quinto, se crea la descripción del proyecto conjuntamente con las consideraciones por consiguiente estas sirvan para la ejecución de este trabajo.

En el ítem sexto, se realiza la etapa del desarrollo de la evaluación de la correlación entre el suelo y la estructura, la cual es necesaria para el trabajo de investigación.

En el ítem séptimo, se evalúa la correlación entre el suelo y la estructura la cual tiene vital importancia en la investigación.

En el ítem octavo, se realiza la descripción y discusión del trabajo una vez ya desarrollado el análisis estructural con la base empotrada, así como también el análisis estructural S.E.

En el ítem noveno, el análisis dinámico estructural es evaluado, como los esfuerzos de corte y momento flector de los componentes de la edificación.

Por último, en el ítem decimo, se efectúa el diseño de componentes de estructura.

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Situación Problemática

Al realizar el análisis sísmico de una edificación habitualmente asumimos que la base de la superestructura está sujeta a un empotramiento perfecto, sin tomar a consideración el suelo de fundación en la que se encuentra la edificación tiene propiedades elásticas, por ende, al realizar un análisis sísmico asumiendo que la superestructura se empotra de manera perfecta en la base esta de echo no es recomendable en suelos blandos.

Al realizar el análisis de suelo, en dicha zona, puede ser de una sección tipo S_0 , S_1 , S_2 , S_3 . Si obtendríamos un perfil de suelo Tipo S_3 : En el que se encuentran los suelos blandos la cual correspondería a un suelo flexible, al obtener esta categoría de perfil de suelo y agregando que la región de Arequipa está en alto riesgo sísmico, el diseño de una estructura sujeta a una cimentación, debe ser la adecuada para así lograr la seguridad de quienes la habitan.

Al tener un suelo blando las fuerzas sísmicas pueden originar desplazamientos de la cimentación, la cual estas producirían adicionalmente fuerzas externas, las que se tienen presente al realizar un diseño con la adherencia perfecta a la base.

En la actualidad no solo se busca que la estructura en las edificaciones tenga un buen comportamiento estructural, sino que además después de movimientos sísmicos la estructura siga operativo.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cómo afecta el análisis y diseño sísmico de un edificio multifamiliar de diez pisos con dos sótanos mediante la aplicación de la Interacción Suelo Estructura, utilizando un sistema dual y una platea de cimentación, en comparación con el modelo de empotramiento perfecto en la base, teniendo en cuenta las propiedades del suelo?

1.2.2. Problema Específicos

- A. ¿Cómo afectan las propiedades del suelo en el análisis sísmico de un edificio multifamiliar de diez pisos y dos sótanos al aplicar la interacción suelo-estructura con un sistema dual y una platea de cimentación?
- B. ¿Cuál es la variabilidad en el desplazamiento de la estructura en un análisis sísmico de un edificio residencial de diez pisos y dos sótanos al aplicar la interacción suelo-estructura con un sistema dual y una platea de cimentación?

- C. ¿En qué grado se modifican los esfuerzos internos de los elementos estructurales en un análisis sísmico de un edificio multifamiliar de diez pisos y dos sótanos al utilizar la interacción suelo estructura con un sistema dual y platea de cimentación, en comparación con un modelo que asume empotramiento perfecto en la base?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

Determinar el diseño sísmico de un edificio multifamiliar de diez pisos con dos sótanos mediante la aplicación de la Interacción Suelo Estructura, utilizando un sistema dual y una platea de cimentación, en comparación con un modelo de empotramiento perfecto en la base.

1.3.2. Objetivo Específicos

- A. Identificar el impacto de las propiedades del suelo en el análisis sísmico de un edificio multifamiliar de diez pisos y dos sótanos al aplicar la interacción suelo-estructura con un sistema dual y una platea de cimentación.
- B. Determinar la variabilidad en el desplazamiento de la estructura en un análisis sísmico de un edificio residencial de diez pisos y dos sótanos al aplicar la interacción suelo estructura con un sistema dual y una platea de cimentación.
- C. Establecer el grado de modificación de los esfuerzos internos de los elementos estructurales en un análisis sísmico de un edificio multifamiliar de diez pisos y dos sótanos al utilizar la interacción suelo-estructura con un sistema dual y platea de cimentación, en comparación con un modelo que asume empotramiento perfecto en la base.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Importancia de la investigación

Se propone llevar una evaluación y diseño que incorpora la I.S.E. Su orientación principal ve por obtener resultados más realistas de sismicidad de un inmueble residencial utilizando un sistema dual y una platea de cimentación. Este enfoque difiere de la práctica convencional en nuestro país, que se basa en empotrados perfectos en la base, según lo establecido por la NTP E.030 Sísmico Resistente.

La relevancia se da al aplicar esta interacción suelo-estructura, el suelo deja de ser simplemente un componente y se considera un factor crucial en el comportamiento de la estructura y en los esfuerzos generados en la base durante eventos sísmicos. Este cambio de enfoque tiene implicaciones significativas para los expertos en estructuras y puede conducir a un diseño sísmico más preciso y adaptado a las condiciones reales del suelo.

1.4.2. Viabilidad de la investigación

Económica

Las inversiones de este proyecto están disponibles, lo que permite llevar a cabo la investigación de manera efectiva.

Tabla 1

Gastos Monetarios

Ítem	Especificación	Valor
1	Material bibliográfico y fotocopias	S/400.00
2	Dibujo y ploteo de planos de arquitectura	S/220.00
3	Curso de aprendizaje del programa ETABS	S/450.00
4	Estudios técnicos suelos y otros	S/2000.00
5	Transportes y salida de campo	S/360.00
6	Varios e imprevistos	S/500.00
Valor Total		S/. 4930.00

Nota. Desarrollado por los tesisistas

Temporal

El trabajo de investigación actual comienza con la elaboración del plan de tesis en junio de 2023 y se espera que concluya aproximadamente en diciembre de 2023, una vez completadas todas las etapas de la investigación.

Materiales

En el I.S.E. y el análisis del suelo, en el proceso de investigación, se utilizó el software ETABS.

Teórico

Se da en la obtención de acceso a información necesaria para cumplir con el proyecto.

Ético

La ejecución no causó modificaciones ni daños a ninguna persona, comunidad, ambiente o edificación.

1.5. Limitaciones del estudio

En la actualidad, hay escasas referencias de edificaciones en nuestra ciudad de Arequipa que fueron diseñadas teniendo en cuenta la I.S.E. La NTP E.030 no aborda manera adecuada el impacto de esta interacción en las estructuras.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Nacionales

Araca, et al. (2020), en su estudio impacto de la correlación dinámica entre S.E. en la conducta de casas con cimentación aisladas Juliaca, influenciada por la combinación de los tres elementos principales: suelo, cimientos y estructura. Busco determinar como el comportamiento de las casas está influenciado por la estructura del suelo en Juliaca, Perú. El enfoque tiene en cuenta la adaptabilidad del suelo recomendada por FEMA 356/440, y valida el desempeño y la respuesta sísmica de los modelos flexibles y enterrados en diferentes objetivos de investigación en edificios de planta cuadrada de dos a tres pisos. Los principales hallazgos indican la correlación entre el terreno y la estructura no tiene un impacto significativo, pero sí es muy importante para edificios de cuatro y cinco pisos. Un edificio de dos pisos de planta rectangular no influye en la asignación de la flexibilidad de los cimientos, mientras que los edificios de tres, cuatro y cinco pisos son más susceptibles a las interacciones estructura del suelo. El aumento de la correlación entre el terreno y la estructura no excede el 1% en términos de fuerza y momento, por lo que la resistencia del edificio se mantiene inalterada.

Villarreal (2020), sostiene que la interacción terreno-estructura en estructuras con cimientos aislados, tiene como finalidad dar camino a la solución a problemas de la mecánica estructural, el método para calcular estructuras con una cimentación de zapatas aisladas teniendo en cuenta la elasticidad de la cimentación de la base de la edificación. Tomando en consideración las circunstancias reales del Perú y aplicando un programa estructural que es el SAP2000 se realiza la modelación de un edificio construido con zapatas aisladas, continuando con una evaluación de 4 modelos dinámicos frente a la actividad sísmica junto con diferentes ángulos de rotación y tomando en cuenta la pérdida de energía en la base. También se realizó una comparación con modelamientos de la edificación realizados en diferentes programas estructurales, en esta comparación nos señala que en los resultados de mejor impacto en la adaptabilidad del cimiento de la estructura se presenta en el patrón dinámico de V.A. Ilichev y tiene un impacto en comparación con el patrón dinámico Barkan, y por Savinov.. La precisión del plan de cálculo de construcción se logra cuando se tiene en consideración la elasticidad del terreno fundación y la correcta redistribución de esfuerzos.

Villarreal (2021), sostiene que en esta investigación I.S.E. y el sistema de estructuras con paredes de flexibilidad restringida sobre losas de cimentación, está encaminada al calcular estructuras utilizando un modelo de paredes estructurales con capacidad limitada de flujo. Se utilizaron para llevar a cabo esta investigación con modelos de plateas de

cimentación, tomando en cuenta los rasgos físico-mecánicos y la flexibilidad del suelo. En la modelación de esta edificación se realizó junto con los estándares de diseño sísmico E.030 resistente, sobre placas de cimentación con efecto sísmico con varios ángulos de giro. Aplicando un programa estructural SAP2000 el diseño fue terminado estructuralmente junto con los componentes estructurales, centros de rigidez y entre otros, acompañados con criterios de modelamiento estructural y finalmente un análisis sísmico en la edificación tomada. Culminado y realizado el análisis con modelos de la interacción entre el suelo y las estructuras tiene lugar en una comparación de resultados del cálculo realizado, en la cual el modelo de Barkan, nos señala que hay un mayor impacto sobre la flexibilidad de la base, cuando incluso se restringe la rotación de Z; el modelo ruso de normas dinámicas nos muestra una actitud que se encuentra en una posición intermedia entre el patrón tradicional y el patrón de Barkan.

Abanto, et al. (2020), Sostiene en su trabajo sobre una propuesta preliminar para un análisis de I.S.E. para el suelo peruano, que en la actual su estudio tiene por finalidad la elaboración de propuestas preliminares para lograr las interacciones entre el suelo y el edificio para los diferentes tipos de suelo peruanos, esto basado en la revisión de las normas internacionales y una variedad de estudios que contenga información relacionada a este tema. Como se sabe El efecto del suelo en la estructura no está incluido en las normas peruanas, ya que la nación tiene un alto nivel de actividad sísmica, este efecto puede crear diferentes efectos perjudiciales en el diseño es por esto que se realiza la consideración de la interacción. La metodología incluyó una compilación de ideas generales sobre una variedad de patrones de correlación entre el suelo y la estructura, incluido el patrón actual de Winkler. Posteriormente se realizamos el comparativo con las normas rusas, mexicanas, chilenas y peruanas, para poder realizar un planeamiento de una propuesta donde se incluya en la NTE E.0.30. Como parte final la conclusión y recomendación producto de los datos, estos pueden ser incluido en la NTE E.0.30.

Bustamante (2020), para su investigación buscó cuál es la propuesta que produce la máxima resolución estructural de la Torre II de la Clínica Limatambo S.A.C. Se busco comparar los métodos de cálculo del I.S.E. con la NTP E 0.30. Para realizar el estudio del edificio y adecuarlo a las características sísmicas de acuerdo a la NTP E.030, el trabajo tomó en consideración tres áreas sísmicas. Se utilizaron varias formas de análisis sísmico para determinar la reacción estructural de la base empotrada del edificio. Los resultados obtenidos se compararon con la estructura que tenía en cuenta varios modelos dinámicos. Al tener en cuenta la I.S.E. Observó una notable disminución de la carga axial en los pilares, así como un aumento del máximo desplazamiento y periodo de vibración. El modelo A.E. Sargsian

produjo la reacción estructural más alta cuando se comparó con la Norma Técnica E.030, demostrando un directo impacto en el comportamiento y la respuesta modal del edificio.

Arquiñego & Velásquez (2020), examinaron la relación entre el S.E. en un edificio de cuatro plantas situado en el barrio del Cercado de Lima. El objetivo era utilizar el Modelo Dinámico BARKAN-SAVINOV y analizar y discutir los resultados de la evaluación teniendo en cuenta la flexibilidad de la estructura. Las rigideces en los apoyos se calcularon utilizando un esquema de I.S.E. para un inmueble de cuatro plantas con zapatas aisladas y un sistema de pórticos de acuerdo con la norma E-030. Los resultados demostraron que las duraciones de las vibraciones afectan al cortante y al momento flector máximos: cuanto mayor es el periodo, menores son el cortante y el momento. Se determinó que el cortante disminuye y los desplazamientos entre pisos aumentan con el incremento del tiempo, lo que indica el cumplimiento de los criterios de deriva máxima entre pisos de la norma E-030. En caso de terremoto, esto subraya lo crucial que es el análisis de interacción para confirmar la seguridad estructural y el cumplimiento de la normativa.

Cieza & Godoy (2023), se concentraron en examinar el impacto de la I.S.E. durante actividad sísmica en un inmueble residencial de 10 pisos en Trujillo que tiene sótano. Utilizando una metodología particular, intentaron estudiar los impactos de esta interacción en un edificio con muros estructurales. Se eligió un edificio modelo de diez pisos con cimentación por losa. Los datos se recopilaron mediante el análisis de planos, documentos y un estudio del suelo; a continuación, se utilizaron técnicas de diseño estructural para procesar los datos. Al comparar los enfoques con una base flexible frente al método de diseño sismorresistente peruano, los resultados demostraron un aumento considerable de los desplazamientos y los P.V. Además, observaron una reducción moderada del momento de torsión, el momento de flexión y la F.C. de la estructura. Cuando se utilizó la interacción suelo-estructura en el análisis sísmico, los resultados fueron más precisos y reflejaron mejor el comportamiento real del edificio.

Puente et al. (2023), abordaron la I.S.E. en un edificio con sótanos, centrándose en los aspectos relevantes para el análisis sísmico. Se buscaba identificar los factores que hacen necesario considerar los sótanos en el diseño. Tras descubrirse que el planteamiento de diseño convencional no captaba con exactitud el comportamiento de la estructura, el diseño y el análisis se iniciaron con el supuesto de un único sistema suelo-suelo-estructura. Se crearon modelos que combinan matemáticas e informática para calcular las reacciones sísmicas. A pesar de la falta de un enfoque general de diseño para sótanos en la normativa que integre la I.S.E., el comportamiento real de la estructura pudo estimarse la precisión mediante los modelos computacionales y numéricos, que consideraron diversos factores como la actividad sísmica, el suelo y la rigidez estructural. Se hizo hincapié en la importancia

de centrarse más en el análisis cuando existe una discrepancia notable entre la rigidez del sistema suelo-sótano y la de la estructura, ya que esto sugiere que debe prestarse más atención al diseño.

Olivo (2020), se enfocó en la Influencia de la I.S.E. en el comportamiento sísmico de un edificio de 10 pisos utilizando el software ETABS en Lima. Dado que esta interacción no está considerada actualmente en la Norma Técnica Sismorresistente peruana, el objetivo era determinar cómo afectaba al comportamiento sísmico del edificio. Utilizando investigaciones previas como guía, el objetivo fue comprender cómo la interacción influye en el desplazamiento, el período de vibración y las fuerzas de corte en relación con un modelo convencional. Los resultados demostraron que los P.V. aumentaban con la inclusión de la I.S.E. en ETABS, lo que sugería un mayor grado de flexibilidad estructural, especialmente si se tenían en cuenta los muelles de las zapatas. Se comprobó que el uso de la I.S.E. mejoraba la estabilidad de las 10 plantas; el cálculo rigides traslacional y rotacional se destacó como una parte crucial de esta investigación.

Valle (2020), examinó la conducta de la cimentación de una casa multifamiliar en Chachapoyas en 2021 utilizando la teoría I.S.E. El objetivo fue entender el alcance de esta interacción en la cimentación de una vivienda multifamiliar de concreto armado que utiliza un sistema estructural combinado de encepados y muros estructurales con zapatas y vigas de cimentación. Se compararon dos modelos estructurales, uno con cimentación empotrada y otro dinámico, que considera la flexibilidad del cimimiento del suelo, utilizando los programas ETABS y SAFE. Los resultados indicaron que las presiones de las zapatas se veían ligeramente alteradas cuando se tenía en cuenta la flexibilidad del suelo. En las zapatas interiores, las presiones aumentaron hasta un 8,66%, mientras que las presiones en las zapatas perimetrales tendieron a disminuir hasta un 7,67%. Además, se verificó que los periodos y desplazamientos de la superestructura tienden a aumentar si se compara con el modelo de zapata empotrada ideal cuando se tiene en cuenta la interacción suelo-estructura.

2.1.2. Antecedentes Internacionales

Fernandez, et al. (2023), mencionaron que, en la incidencia de la correlación entre el suelo y la estructura estática de un edificio con 100 metros de altura, es común considerar que el soporte de una estructura está empotrado e ignorar los impactos de correlación del suelo y la edificación. Esta reducción puede alterar la respuesta estructural al subestimar o sobreestimar las fuerzas y desplazamientos internos, lo que lleva a errores en el proceso de diseño. El impacto de la ISE en reacción a una edificación de 100 m de altura sometido a cargas dinámicas de viento. Las consideraciones de ISE tienen como objetivo obtener los cambios en la frecuencia de vibración, el desplazamiento horizontal y las tensiones internas

de los componentes estructurales, ignorando la influencia debida a los apoyos empotrados y analizados por métodos numéricos continuos para capas homogéneas de suelo compresible. Diferencias entre modelos con y sin ISE. Los resultados muestran que el análisis de ISE es necesario ya que tiene un efecto significativo en aumentar el desplazamiento lateral y reducir la frecuencia de vibración de todos los modos analizados y cambiando las fuerzas dentro de la estructura. Cuando se proyecta una edificación sobre terreno blando.

Quispillo (2022), en su análisis de la respuesta estructural y el nivel de desempeño de una estructura de hormigón armado, considerando dos opciones: base rígida e I.S.E., que el propósito de este artículo es comparar el rendimiento y la respuesta estructural de concreto reforzado teniéndose en cuenta dos opciones: una cimentación sólida y la correlación entre el suelo y la edificación. Para el patrón tradicional fundamental, se cree que los movimientos y cambios en el núcleo de la estructura son cero, a diferencia del patrón de correlación entre suelo y la edificación se utilizaron dos patrones que son los siguientes: uno sugerido en referencia al investigador Barkan y otra sugerida del investigador Sarsgian. Análisis modal lineal se llevó a cabo según las especificaciones del NEC-15 para evaluar la respuesta estructural del edificio, y se encontró que el tiempo de vibración aumentó a 30.3% a diferencia del patrón de cimentación de base rígida, hasta un 39% en las derivas máximas del forjado.. Se ha utilizado una evaluación fija no lineal, para determinar el nivel de rendimiento estructural. Al considerar el ISE, el edificio objeto de estudio no tiene capacidad suficiente para soportar la peligrosidad sísmica, contrastando los efectos obtenidos utilizando el patrón de base rígida que cumple la normativa de prestaciones.

Arancibia (2020), en su análisis del impacto de la interacción suelo-estructura en inmuebles de baja altura, menciona que actualmente en Chile predomina la edificación estructuras de albañilería confinada, teniendo un porcentaje del 47% de este tipo de edificación. Es por ello la importancia de saber la conducta de estas edificaciones ante efectos sísmicos, colocando mucha mayor importancia en los factores que ayuden a definir mejor la anticipación de daños. uno de los elementos vendría a ser la interacción entre los materiales del suelo y las estructuras se describe como la reacción colectiva de la tierra, la estructura y el suelo contra movimientos sísmicos, incorporar la modelación del suelo flexible -estructura, es por ello que se incorpora el modelo con un nivel de independencia más relevante a la edificación de trabajos de albañilería, el cual se considerará un soporte flexible y un soporte empotrado, en el primer caso se hará el estudio de dos metodologías: la subestructura, en este modelamiento se representa un sistema de amortiguadores y resortes, este a su vez realiza la incorporación de efectos a través de bordes artificiales, de estos se hace el estudio de los bordes de absorción de Lysmer y los márgenes de absorción de TDOF. Para esta investigación se utilizan tres categorías diferentes de suelos según el patrón chileno NCh.433.

estos evaluados con comportamientos elásticos. Cada modelamiento tiene su propio espectro de respuesta y aceleración, desplazamiento y velocidad, estos modificando la rigidez para la obtención de distintas respuestas ante diferentes periodos de vibración. Posteriormente se observa diferentes efectos, como vienen a ser el incremento del tiempo, aumentar el amortiguamiento total como resultado de la correlación entre el terreno y a su vez la disminución de la necesidad de sismo, estos se vuelven más notorios en un suelo flexible.

Castro & Perez (2020), en su estado se utilizaron tres tipos diferentes de suelos para estudiar la interacción estática suelo-estructura en una construcción típica de hormigón armado. El propósito del estudio era concluir cómo afecta el suelo en esta interacción. Para los modelos cargados por muelles y perfectamente empotrados, se calcularon las derivas, las tensiones de las barras de refuerzo y las deformaciones para ver cuál es más eficaz en función del tipo de suelo. El impacto de un terremoto en la construcción de vigas y pilares se tuvo en cuenta utilizando tanto la técnica estática como el método modal espectral. Los resultados demostraron la importancia de tener en cuenta el impacto de las cadenas de cimentación, que actúan como muelles laterales y aumentan la rigidez lateral de la zapata para obtener resultados más precisos.

Velaña (2021), se enfocó en crear un diseño sismorresistente para una estructura mixta de 4 niveles destinada a uso administrativo, adaptada a un suelo tipo E. El objetivo era resolver los desafíos comunes de las estructuras mixtas, que combinan vigas de acero y columnas de hormigón armado, mediante la implementación de interacción suelo-estructura y diagonales rigidizadoras. Se optó por un enfoque estático en la interacción suelo-estructura, dejando de lado consideraciones dinámicas. Para abordar problemas de torsión en la superestructura, se introdujeron diagonales rigidizadoras en el sistema. Los resultados mostraron una estabilidad óptima del diseño sismorresistente, siempre y cuando se respetaran los planos y estudios presentados durante el análisis estructural.

Romero & Almache (2022), se realizó un análisis de la construcción de la iglesia patrimonial de El Tambo, teniendo en cuenta los impactos de la interacción suelo-estructura, así como una base dura. La iglesia principal del cantón de El Tambo fue objeto del análisis, que primero se evaluó mediante una estructura empotrada antes de tener en cuenta la interacción suelo-estructura. Los datos recogidos en las pruebas de campo y de laboratorio incluían la descripción de la arquitectura y la estructura, así como las cualidades del suelo. Para la modelización se utilizó ETABS, y la iglesia se evaluó utilizando ambos métodos. Los resultados demostraron que tanto las tensiones máximas en los muros como las derivas inelásticas máximas excedían los parámetros permitidos para la compresión establecidos por la Norma Ecuatoriana de Construcción. Se determinó que para tener respuestas más precisas

sobre cómo se comportará la estructura frente a eventos sísmicos a lo largo de su vida útil, se debe tener en cuenta la interacción suelo-estructura durante el estudio estructural.

Pinto & Ledesma (2020), se centraron en investigar la interacción suelo-estructura en edificios altos con sótanos en Santiago, Chile. Se destaca la importancia de considerar variables como el tipo de suelo, la altura del edificio y las características sísmicas. Se evalúa el comportamiento sísmico de un edificio alto con sótanos profundos utilizando DSSI. Las características singulares de estos edificios chilenos se representan mediante un modelo bidimensional no lineal de elementos finitos. Las principales conclusiones hacen hincapié en las cargas sísmicas sobre los muros de contención de los sótanos y en las variaciones de la demanda sísmica entre los cimientos del edificio y el suelo libre. Al tener en cuenta la DSSI al evaluar el comportamiento dinámico de los edificios altos, se observan efectos notables. En lugar de simplificar las condiciones de contorno como totalmente rígidas, como es el caso de las evaluaciones sísmicas estándar, estos efectos apuntan a la necesidad de más investigación para caracterizar correctamente la interacción suelo-estructura a nivel de subestructura.

García, et al., (2023), el objetivo principal de la evaluación era determinar cómo afecta la I.S.E. a la respuesta sísmica de un edificio comercial ecuatoriano. Para ello, se realizó un estudio paramétrico con software de elementos finitos. Se utilizó la metodología de la función de impedancia propuesta por el NIST para analizar los suelos de tipo C, D y E. Los resultados demostraron que, con sólo pequeñas desviaciones en relación con el riesgo sísmico, la estructura respondía adecuadamente al terremoto, en particular en situaciones que implicaban cimentaciones profundas y suelos de tipo E. La introducción de la I.S.E. en las circunstancias más esenciales resultó necesaria para representar con precisión el comportamiento de la estructura durante un terremoto. Por lo tanto, se aconseja utilizar esta metodología al evaluar los criterios de diseño establecidos en las normas pertinentes..

Aguilar & Villareal (2021), en este artículo se analiza el impacto de la interacción suelo-estructura en la respuesta sísmica de los edificios de hormigón armado. Se examinan ideas importantes para comprender el análisis dinámico de esta relación y cómo afecta a las estructuras convencionales de hormigón armado. Se evalúa el comportamiento dinámico de edificios de cuatro, ocho y doce plantas sobre estratos de arcilla blanda y arena densa. Para cada planteamiento sugerido, se presentan las deflexiones máximas, las fuerzas cortantes de la base, las duraciones de las vibraciones y las derivas de los forjados, y se contrastan con un grupo de control que mantiene fijos los apoyos. Se observaron diferencias, lo que sugiere que el análisis dinámico que incorpora la I.S.E. afecta a la forma en que los edificios responden a los terremotos, especialmente en situaciones en las que hay una mayor degradación del suelo en el momento del suceso.

Hervás (2020), se centró en el empleo de la interacción suelo-estructura y en el cambio del tipo de cimentación en suelos de tipo D para analizar el impacto de la respuesta estructural en un edificio de cinco plantas de hormigón armado resistente al momento. El objetivo era comparar el comportamiento sísmico del edificio utilizando los enfoques de historia temporal y dinámica lineal modal espectral. Se eligieron siete conjuntos de acelerogramas que reflejaban las características del lugar. Se utilizó la computación para procesar las señales y ajustarlas al espectro inelástico. Los muelles del suelo se incluyeron en el análisis de la I.S.E. utilizando la técnica ASCE/SEI. Para el análisis modal espectral y de historia temporal se siguieron las normas señaladas en la Norma Ecuatoriana. Se determinó que, en algunas situaciones, el enfoque modal espectral presenta respuestas más altas o es comparable al método tiempo-historia. Esto se debe a que, aunque el método de la historia temporal tiene más influencia si se tiene en cuenta la I.S.E., los espectros de aceleración siguen coincidiendo con el espectro de diseño.

2.2. Bases teóricas

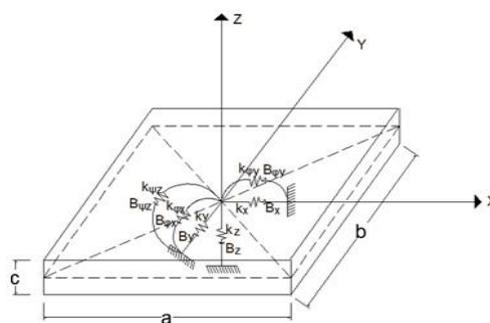
2.2.1. Platea de Cimentación

Figuroa (2017) Las construcciones superficiales sobre el terreno natural se denominan losas de cimentación. Son típicas tanto en viviendas como en estructuras. Están formadas por una losa apoyada bajo los muros principales y en la periferia.

Villarreal (2017) Es usada cuando el peso o la cantidad de niveles es demasiado elevado para que soporte el suelo, se utiliza esta cimentación. También cuando el área de la base requerida es mayor o igual a la mitad del área del sitio de construcción. También puede utilizarse como solución para edificaciones que requieran de sótanos para evadir la inserción del agua en sótanos. Este elemento estructural es adecuado para edificios cuyo suelo tiene una capacidad de resistencia baja.

Figura 1

Correlación terreno estructura



Nota: representación física de correlación del terreno y la estructura. Fuente: Villarreal (2017).

2.2.1.1. Análisis - cimentación

Villarreal (2017), se realiza mediante una platea en una construcción debe considerarse como la evaluación de un cuerpo completamente rígido. Para lograr este enfoque, se deben consignar:

- ✓ *Módulo de elasticidad:* $E_{cimentación} = 9\ 108\ \text{Ton} / \text{m}^2$
- ✓ *Coefficiente de Poisson:* $\mu_{cimentación} = 0.05$
- ✓ *Coefficiente de expansión térmica:* $\alpha_{cimentación} = 1.17\ 10^{-5} / ^\circ\text{C}$

2.2.1.2. Análisis - interacción

Villarreal (2017), el análisis de Interacción en la base de la estructura debe describirse como un volumen de punto en el núcleo de la platea. Los volúmenes de rotación en relación con las bases de concreto, mientras que las masas de traslación en relación con los ejes centrales X, Y y Z se denota como X', Y' y Z', se determinan mediante las siguientes formula masas traslacionales:

- ✓ $"M_t" = "M_x" = "M_y" = "M_z" = "P_{platea}/g" = "y.a.b.c/g"$ (Ton.s²/m)
- ✓ $"\Phi_{X'}" = \frac{M}{I_{d2}} + "I_{mx}" = "M_t" \left[\left(\frac{c}{2} \right)^2 + \left(\frac{M_t b^2}{12} \right)^2 \right]$ (Ton.s²/m)
- ✓ $"\Phi_{Y'}" = \frac{M}{I_{d2}} + "I_{my}" = "M_t" \left[\left(\frac{c}{2} \right)^2 + \left(\frac{M_t a^2}{12} \right)^2 \right]$ (Ton.s²/m)
- ✓ $"M_{\Phi_{Y'}}" = "I_{mz}" = \left(\frac{M_t (a^2 + b^2)}{12} \right)^2$ (Ton.s²/m)

Donde:

P_{platea} = Peso de la platea.

y = Peso específico del concreto, como material de la platea.

d = Distancia desde, centro de gravedad de la masa de la platea hasta la superficie de contacto con el suelo de fundación.

I_{mx} , I_{my} , I_{mz} = Momentos de inercia de masa en X, Y, Z.

2.2.1.3. Punzonamiento

Figueroa (2017), Cuando las columnas transfieren una carga considerable directamente a las plateas sin vigas de distribución, o cuando estas cargas son elevadas y provocan una reacción intensa del terreno, se produce lo que se denomina "Punzonamiento" o fuerza cortante alrededor de las columnas en la platea. Para

contrarrestar este fenómeno, es posible aumentar el grosor de la platea en las columnas – armadura reforzada. Con software especializado, se toma en cuenta un aumento uniforme del grosor en toda la platea.

2.2.2. Patrón mecánico de la correlación entre el suelo y la estructura

Villarreal (2017), la noción central de los modelos de correlación entre el terreno y la estructura. radica en la identificación de los factores de inflexibilidad.

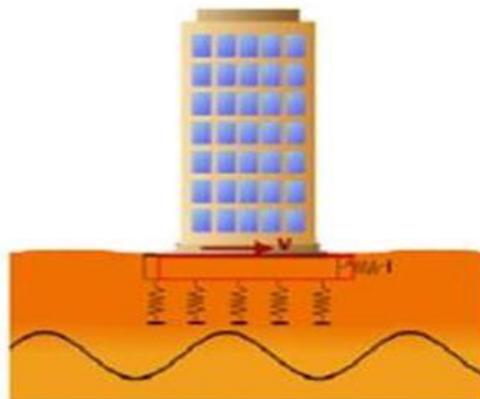
Calderín, et al. (2020), la forma en que las vibraciones del suelo de un terremoto afectan a una estructura a través de sus cimientos define su respuesta sísmica. Varios elementos interactúan para determinar los efectos sísmicos sobre una estructura: las cualidades de suelo, rigidez, disposición de cimientos y tipo de sistema estructural utilizado en el edificio.

Calderín, et al. (2020), La reacción de una estructura a cargas estáticas y dinámicas puede variar según sus características, cimentación y suelo. Esto puede afectar aspectos importantes que no se consideran en los cálculos estimativos.

- Suelos blandos y compresibles afectan las losas de fundación, tanto vertical como horizontalmente.
- La variabilidad de los períodos de vibración.
- El amortiguamiento viscoso equivalente del sistema estructura-cimentación-suelo aumenta.
- La distribución de las F.C. horizontales generadas por sismicidades puede cambiar.

Figura 2

Modelo típico de respuesta dinámica del sistema suelo-cimentación



Nota: la figura muestra el Modelo típico de respuesta dinámica del sistema suelo-cimentación. Fuente: Villarreal (2017).

2.2.2.1. Patrón mecánico Barkan – Savinov

Jinés (2017), es un modelo teórico-experimental que estudia la relación entre la cimentación y base de fundación mediante vibraciones forzadas. El investigador D.D. Barkan propuso coeficientes de rigidez basados en los coeficientes de compresión y desplazamiento elástico, que influyen en la inercia y el área.

Villarreal (2017), en las diversas investigaciones experimentales que realizó el científico ruso Barkan para determinar el factor de inflexibilidad de las cimentaciones, sugirió utilizar una serie de expresiones y fórmulas para determinar el factor de inflexibilidad, las cuales son:

- ✓ $K_x = K_y = M_z = C_x, A$
- ✓ $K_z = C_z, A$
- ✓ $K_{\Phi X} = C_{\Phi X} I_X$
- ✓ $K_{\Phi Y} = C_{\Phi Y} I_Y$

Donde:

C_x = Coeficiente de desplazamiento elástico uniforme

$C_z; C_{\Phi X}; C_{\Phi Y}$ = Coeficiente de compresión elástica uniforme y no uniforme

A = Área de la base de la platea de cimentación

$I_x; I_y$ = Momentos de inercia de la base

Así mismo, se tiene las fórmulas para determinar los factores de desplazamiento y compresión, las cuales son:

- ✓ $C_x = D_0 \left[1 + \frac{2(a+b)}{\Delta} \right] \cdot \sqrt{\frac{p}{P_0}}$
- ✓ $C_z = C_0 \left[1 + \frac{2(a+b)}{\Delta} \right] \cdot \sqrt{\frac{p}{P_0}}$
- ✓ $C_{\Phi X} = C_0 \left[1 + \frac{2(a+3b)}{\Delta \cdot A} \right] \cdot \sqrt{\frac{p}{P_0}}$
- ✓ $C_{\Phi Y} = C_0 \left[1 + \frac{2(b+3a)}{\Delta \cdot A} \right] \cdot \sqrt{\frac{p}{P_0}}$

Donde:

C_0 = Coeficiente hallado por experimentación, $p_0 = 0,2 \text{ kg/cm}^2$

a, b = dimensiones de la cimentación

Δ = Coeficiente empírico

P = Presión estática, fórmula.

$$P = \frac{P_{\text{edificio}} + P_{\text{placa}}}{A_{\text{platea}}}$$

Donde:

P_{edificio} = peso del edificio

P_{platea} = peso de la platea de cimentación

A_{platea} = área de la platea de cimentación

Para el cálculo de D_0 , se puede utilizar la dependiente empírica.

$$D_0 = \frac{1 - \mu}{1 - 0,5 \mu} \cdot C_0$$

Donde:

μ = Coeficiente de Poisson del suelo

Villarreal (2017), el patrón mecánico Barkan, tanto en su aspecto teórico como experimental, se fundamenta en la correlación entre el terreno y la cimentación, manifestándose como una operación establecida de vibración forzada.

Tabla 2Factor C_o determinado mediante estudios de experiencia

Tipo de perfil	Característica de la Base de fundación	Suelo	C_o (kg/cm ³)
S_0	Roca dura	Roca sana con velocidad de ondas de corte $V_s > 1500$ m/s	4,0
S_1	Roca o suelos muy rígidos	Arcilla y arena arcillosa dura ($I_L < 0$)	3,0
		Arena compactada ($I_L < 0$)	2,2
		Cascajo, grava arenosa densa, canto rodado, arena muy densa.	2,6
S_2	Suelos intermedios	Arcilla y arena arcillosa plástica ($0,25 < I_L \leq 0,5$)	2,0
		Arena plástica ($0 < I_L \leq 0,5$)	1,6
		Arena polvorosa medio densa y densa ($e \leq 0,80$)	1,4
		Arenas de grano fino, mediano y grueso, Independientes de su densidad y humedad.	1,8
S_3	Suelos blandos	Arcilla y arena arcillosa de baja plasticidad ($0,5 < I_L \leq 0,75$)	0,8
		Arena plástica ($0,5 < I_L \leq 1$)	1,0
		Arenas polvorosa, saturada, porosa ($e > 0,80$)	1,2
S_4	Condiciones Excepcionales	Arcilla y arena arcillosa muy blanda ($I_L > 0,75$)	0,6
		Arena movediza ($I_L > 1$)	0,6

Nota: La tabla muestra el Factor (C_o) determinado por diferentes estudios de experiencia.

Fuente: Villarreal (2017).

Villarreal (2017) El modelo de Barkan sugiere expresar la rigidez de las cimentaciones en relación con los factores de traslación elástica y la compresión, los cuales actúan sobre la inercia y la superficie específica.

Mercedes (2017), el enfoque teórico-experimental del modelo dinámico Barkan-Savinov se centra en cómo el cimiento interactúa con la base de fundación mediante vibraciones forzadas. No obstante, este planteamiento ha sido cuestionado debido a que se reconoce que el sistema S.E. se analiza como un proceso ondulatorio no estacionario.

2.2.2.2. Modelo Dinámico Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

Falcon (2024). La SNIP 2.02.05-87, una norma de diseño estructural en Rusia, proporciona directrices para la interacción entre el suelo y las estructuras, detallando cómo evaluar y abordar esta relación durante el proceso de diseño.

Falcon (2024). Esta norma sobre las bases de edificaciones establece un modelo I.S.E. y las estructuras para la planificación de edificios en zonas sísmicas. Se apoya en la premisa de que la conexión entre el suelo y las estructuras sigue un patrón lineal, tratando al suelo como un medio elástico.

El modelo se compone de tres elementos fundamentales:

- Modelo de suelo: Establece las propiedades del suelo, rigidez, R.C. y capacidad de amortiguación.
- Modelo de estructura: Detalla las características mecánicas de la estructura, abarcando su rigidez, resistencia al corte y capacidad de amortiguación.
- I.S.E.: Se representa a través de la ecuación que equilibra las fuerzas entre el suelo y la estructura

Villarreal (2017), los patrones de inflexibilidad para la traslación E.U. K_x (T/m); presión flexible uniforme K_z (T/m); presión flexible N.U. $K_{\phi x}$, $C_{\phi y}$ (T/m) y traslación E.N.U. $K_{\phi z}$ (T/m); se determinan mediante expresiones:

$$\checkmark K_x = K_y = C_x, A$$

$$\checkmark K_z = K_z, A$$

$$\checkmark K_{\phi x} = C_{\phi x} \cdot I_x$$

$$\checkmark K_{\phi y} = C_{\phi y} \cdot I_y$$

$$\checkmark K_{\phi z} = C_{\phi z} \cdot I_z$$

Donde:

A = Área de la platea de cimentación.

I_x, I_y = Momento de inercia de la platea de cimentación respecto a los ejes X e Y.

I_z = Momento de inercia de la platea de cimentación respecto al eje vertical Z

(momento polar de inercia)

Villarreal (2017), la propiedad flexible primordial de la cimentación, específicamente el factor de presión flexible uniforme C_z (T/m³), se establece a través de pruebas exploratorias.

En situaciones donde no se disponga de tal información, se puede calcular utilizando la siguiente fórmula para la determinación del coeficiente de compresión elástica.

$$C_z = b_0 E \left(1 + \sqrt{\frac{A_{10}}{A}} \right)$$

Donde:

B_0 = Coeficiente de Corrección de unidad de medida.

E = Modulo de elasticidad del suelo de fundación

$$A_{10} = 10 \text{ m}^2$$

A = area de la paltea de cimentacion

Los coeficientes para el desplazamiento elástico uniforme C_z (T/m³); compresión elástica no uniforme $K_{\varphi x}$, $C_{\varphi y}$ (T/m³) y desplazamiento elástico no uniforme $K_{\varphi x}$, $C_{\varphi y}$ (T/m³); se calculan mediante las siguiente formulas.

$$C_x = 0,7 C_z$$

$$C_{\varphi x} = C_{\varphi y} = 2 C_z$$

$$C_{Wz} = C_z$$

Villarreal (2017), en este modelo, considera las amortiguaciones comparativas, las cuales se confirman en laboratorio. La ecuación se puede utilizar para determinar el amortiguamiento relativo en vibraciones verticales según los datos experimentales.

$$B_z = 2 \sqrt{\frac{E}{C_z, P_m}}$$

Donde:

E = Modulo de elasticidad del suelo de fundación

C_z = Coeficiente de compresión elástica uniforme

P_m = Presión estática media en la base de la cimentación, se determina por la formula

$$P_m \leq Y_{ts} R$$

Donde:

Y_{ts} = coeficiente de la condición de trabajo del suelo de fundación,

Movediza; y para el resto de suelos es igual a 1.

R = Resistencia o capacidad portante del suelo de fundación.

Para calcular las disminuciones de intensidad relativas tanto para las vibraciones horizontales como rotacionales en relación con sus ejes horizontal y vertical, la fórmula es:

$$\beta_x = 0,6\beta_z$$

$$\beta_{\varphi x} = \beta_{\varphi y} = 0,5\beta_z$$

$$\beta_W = 0,3\beta_z$$

Se calculan las propiedades de disminuciones de intensidad del suelo de fundación, se calculan a través de las siguientes ecuaciones:

$$\checkmark \beta_x = \beta_y = 2\beta_x \sqrt{K_x M_x}$$

$$\checkmark \beta_z = 2\beta_x \sqrt{K_z M_z}$$

$$\checkmark \beta_{\varphi x} = 2\beta_{\varphi x} \sqrt{K_{\varphi x} M_{\varphi x'}}$$

$$\checkmark \beta_{\varphi y} = 2\beta_{\varphi y} \sqrt{K_{\varphi y} M_{\varphi y'}}$$

$$\checkmark \beta_{Wz} = 2\beta_{Wz} \sqrt{K_{Wz} M_{Wz'}}$$

Donde:

β = Amortiguación relativa

K = Coeficiente de rigidez

M = Masa de la platea de cimentación

2.3. Definición de términos básicos

A. Estructura dual

Esta estructura dual realiza la mezcla de pórticos resistentes y paredes de estructura. Los pórticos estructurales aportan mayor ductilidad durante eventos sísmicos, siendo una combinación de paredes estructurales y pórticos que se encargan de resistir los efectos sísmicos (Barros & Peñafiel, 2019).

B. Correlación dinámica entre suelo y estructura

Las alteraciones causadas por el desplazamiento de suelo debido a la reacción de la edificación son a esto que se le denota como interacción dinámica entre el terreno y la edificación o conocido comúnmente como interacción suelo-estructura, ya que son

instantáneas y los esfuerzos externos que actúan en el sistema no son duraderas (Calderín et al., 2020).

C. Cimentación

Las cimentaciones son componentes de una construcción que reparten su carga al suelo para prevenir sobrecargas. Normalmente se encuentran debajo del suelo sólido, llamado lecho de cimentación. Su diseño asegura estabilidad, fuerza y protección al balancear las cargas que soportan (Ferrovial, 2024).

D. Suelo

El suelo en el que se realizará la construcción es fundamental al comenzar un proyecto de edificación. Puede restringir las alternativas de diseño y determinar los pasos requeridos para preparar el terreno y alcanzar el objetivo deseado en la construcción (Procon, 2019).

E. Estructura

Es la combinación de elementos y materiales que se ensamblan para repartir el peso entre diferentes puntos de apoyo y resistir diversas cargas, asegurando la firmeza y estabilidad de la estructura para mantener la construcción (Ingeniería y Consultoría Bernado (INCOBER), 2020).

D. Periodo de vibración

Es el período que requiere una vibración para realizar un ciclo completo cuando se activa, esencialmente, el tiempo que la estructura necesita para retornar a su posición original después de ser afectada por una fuerza externa (Domínguez, 2014).

E. Módulo de elasticidad

Explica la reacción elástica de un material frente a distintas fuerzas y cómo su longitud se altera en consecuencia. En esencia, revela cómo la tensión aplicada a lo largo del material se relaciona con la deformación que sufre en el mismo eje (Servosis, 2020).

F. Fuerzas cortantes

El esfuerzo cortante implica la aplicación de una fuerza sobre un material. Este esfuerzo o estrés se divide en dos tipos según la dirección de la superficie donde actúa (Autmix, 2023).

G. Sismo

Se produce cuando la Tierra experimenta un movimiento brusco y repentino debido a la fuga de energía almacenada por un largo período. Aunque los movimientos sísmicos

suelen ser lentos y poco perceptibles, en ciertos casos, el desplazamiento rápido de las placas tectónicas puede liberar una cantidad significativa de energía, dando lugar a un sismo (Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, 2019).

H. Platea de cimentación

Son cimentaciones que descansan en el suelo natural y cubren toda el área bajo una estructura, sosteniendo todos los muros y columnas (Figuroa, 2017).

CAPÍTULO III HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Formulación de hipótesis

3.1.1. Hipótesis General

Con respecto a la evaluación y elaboración sísmica de una edificación multifamiliar de diez pisos y dos sótanos, utilizando la correlación dinámica entre el suelo y la estructura con un sistema Dual y una platea de cimentación, y tomando en consideración las propiedades del grado de flexibilidad del suelo, es posible que los desplazamientos de la edificación y los efectos internos en los diversos componentes estructurales puedan experimentar aumentos o reducciones. Este fenómeno se traduce en resultados que se asemejan más a la realidad, considerando la influencia dinámica del suelo en la respuesta estructural durante eventos sísmicos.

3.1.2. Hipótesis Específicos

- A. Dado el impacto de las características del suelo en la evaluación sísmica de una construcción multifamiliar que consta de diez pisos y dos sótanos al aplicar la interacción suelo-estructura mediante un sistema dual y una platea de cimentación, es probable que exista una reducción en la magnitud de la cortante basal.
- B. Dado el movimiento de la estructura en la evaluación sísmica de una construcción multifamiliar que consta de diez pisos y dos sótanos aplicando la interacción suelo-estructura con un sistema dual y platea de cimentación, es probable que haya un aumento en el desplazamiento de la construcción.
- C. Dado los esfuerzos internos de los componentes estructurales durante el análisis y diseño sísmico de una construcción multifamiliar que consta de diez pisos y dos sótanos implementando la interacción entre el suelo y la estructura con un sistema dual y una platea de cimentación, es probable que los elementos estructurales experimenten una variación en los esfuerzos internos, así como en su diseño, esto en comparación con el modelo de anclaje perfecto en la base.

3.2. Variables y definición operacional

3.2.1. Variable Independiente

- Modelo de Interacción Suelo – Estructura

3.2.2. Variable Dependiente

- Diseño en una edificación multifamiliar

3.2.3. Operacionalización de variables

Tabla 3.

Operacionalización

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente Modelo de Interacción Suelo – Estructura	La Interacción Suelo-Estructura considera la respuesta de la edificación a través de su comportamiento cinemático e inercial ante acciones dinámicas en el terreno, siendo método importante en la seguridad de las estructuras (Calderín, et al., 2020).	Conjunto de ecuaciones y parámetros que describe la respuesta del suelo y de la estructura a las cargas aplicadas, considerando factores como la composición del suelo, las propiedades de la estructura, las condiciones de carga y las características del entorno	Consideraciones de Modelamiento	Características de la edificación Características del suelo Determinación de la masa de la platea Cálculos del coeficiente de rigidez Asignación de punto en el centro de la platea
Variable dependiente Diseño en una edificación multifamiliar	Es una propiedad diseñada para alojar a múltiples familias o hogares en una misma estructura. Su diseño abarca características como seguridad, estabilidad y resistencia, ya que habitualmente se ubican en zonas de alta densidad, permitiendo ahorrar espacio (Neivor, 2022).	Proceso de desarrollo de una estructura residencial que alberga a múltiples unidades habitacionales dentro de un mismo edificio, teniendo en cuenta consideraciones como las normativas locales, la distribución espacial, la eficiencia en el uso del espacio, la aplicación de cargas, la seguridad estructural y el modelado.	Consideraciones de diseño Análisis estructural Diseño de elementos estructurales	Pre dimensionamiento elementos estructurales Metrado cargas Modelamiento estructural planta y 3D Metrado peso propio estructura Evaluación fuerzas estáticas equivalentes Evaluación dinámica modal espectral Estructuración de la edificación Identificación de irregularidades Análisis dinámico estructural Análisis - diseño columnas Análisis y diseño vigas Diseño losa aligerada Diseño losa maciza Diseño platea cimentación

Nota: Desarrollado por los tesisistas

CAPITULO IV METODOLOGÍA

4.1. Diseño Metodológico

El diseño metodológico es descriptivo, “La investigación descriptiva muestra los fenómenos en su estado natural, sin realizar experimentos. Su objetivo principal es describir detalles específicos para mejorar la comprensión de los temas de interés” (Stewart, 2024). Por la cual en esta investigación se siguió una serie de etapas para cumplir con los objetivos planteados, decidiendo emplear estrategias y procedimientos idóneos en el diseño estructural de la edificación y en cada proceso de evaluación sismorresistente.

Las etapas empleadas son:

Primera Etapa

- Determinar la zona en el que se desarrollará el estudio
- Estudio de Suelos en la zona seleccionada
- Planos Arquitectónicos
- Pre-dimensionamiento
- Calculo de Cargas

Segunda Etapa

- Estructuración en Etabs
- Asignación de grados de restricciones y cargas
- Revisión de la evaluación y verificación de resultados
- Revisión de la evaluación Estática
- Revisión del Análisis Dinámico con la base perfectamente empotrada
- Revisión de la evaluación dinámica entre el suelo y la estructura

Tercera Etapa

- Cuantificación y descripción de los datos adquiridos
- Comparación y análisis de los datos adquiridos
- Revisión, redacción y impresión del proyecto

4.1.1. Tipo de Investigación

Es de tipo aplicada, “la investigación aplicada aborda problemas específicos buscando soluciones de manera directa, respondiendo a preguntas concretas para resolver un problema particular.” (Ortega, 2024). Por lo tanto, esta investigación está orientada a medir y determinar los efectos sísmicos en la edificación multifamiliar, más sujeto a las circunstancias reales, mediante utilización del patrón I.S.E.

4.1.2. Enfoque Cuantitativo

Este de enfoque cuantitativo, “se enfoca en recoger y examinar datos mensurables de manera organizada. Emplea técnicas estadísticas y matemáticas precisas para derivar conclusiones de encuestas, experimentos controlados y otros métodos definidos para recolectar información.” (Jain, 2023). Por lo tanto, este enfoque guarda relación con el análisis y la evaluación de datos numéricos, como cargas sísmicas, suelos, analizadas mediante un software estructural.

4.2. Diseño Muestral

4.2.1. Población

En esta investigación se considera el suelo de Arequipa:

Departamento	:	Arequipa
Provincia	:	Arequipa
Distrito	:	Yura

4.2.2. Muestra

Durante esta investigación se tomó como muestra el plano de arquitectura de una construcción multifamiliar, de diez pisos y dos sótanos, con una platea de cimentación y utilizando un sistema dual.

4.3. Técnicas de recolección de datos

Se usaron métodos de recopilación de datos como:

- a) Investigación sobre estudio del terreno.
- b) Modelos de relación entre suelo y estructura, para obtener resultados numéricos para continuar con esta investigación.
- c) Software estructural, para modelar, analizar y diseñar una estructura multifamiliar, de la cual obtendremos conclusiones del comportamiento estructural.
- d) Normas y reglamentos, que nos hará tener un óptimo trabajo.

4.3.1. Aspectos éticos Normas y Reglamentos

Para la ejecución de este proyecto, se hizo uso de normativas tanto nacionales como internacionales, que estuvieron presentes en el proceso de este proyecto de Investigación, las cuales son:

R.N.E – Perú

“Reglamento Nacional de Edificaciones 2020 – Norma E.020 (Cargas)”

“Reglamento Nacional de Edificaciones 2020 - Norma E.030 (Diseño Sismo resistente)”

“Reglamento Nacional de Edificaciones 2020 – Norma E.050 (Suelos y Cimentaciones)”

“Reglamento Nacional de Edificaciones 2020 - Norma E.060 (Concreto Armado)”

Norma Internacional

“American Concrete Institute – Norma ACI 318 – 2014”

CAPÍTULO V DESCRIPCIÓN Y CONSIDERACIONES DEL PROYECTO

5.1. PROYECTO

Esta edificación consta de 10 niveles y 02 sótanos, en lo cual, del 2° piso al 10° piso, son pisos típicos con un tamaño de 2.80 m altura entre piso, los cuales cuentan con losa aligerada de $h=25$ cm; el sótano 2 tiene una altura de 3.80 m de altura de entre piso y el sótano 1 tiene una altura de 3.1 m de altura de entre piso, con una losa resistente de $h=15$ cm, la edificación se encuentra conectada con una caja de escalera y ascensor. Para la fundación de la estructura se utilizará una platea de cimentación, con un espesor de 100 cm.

Lugar del proyecto:

Departamento : Arequipa

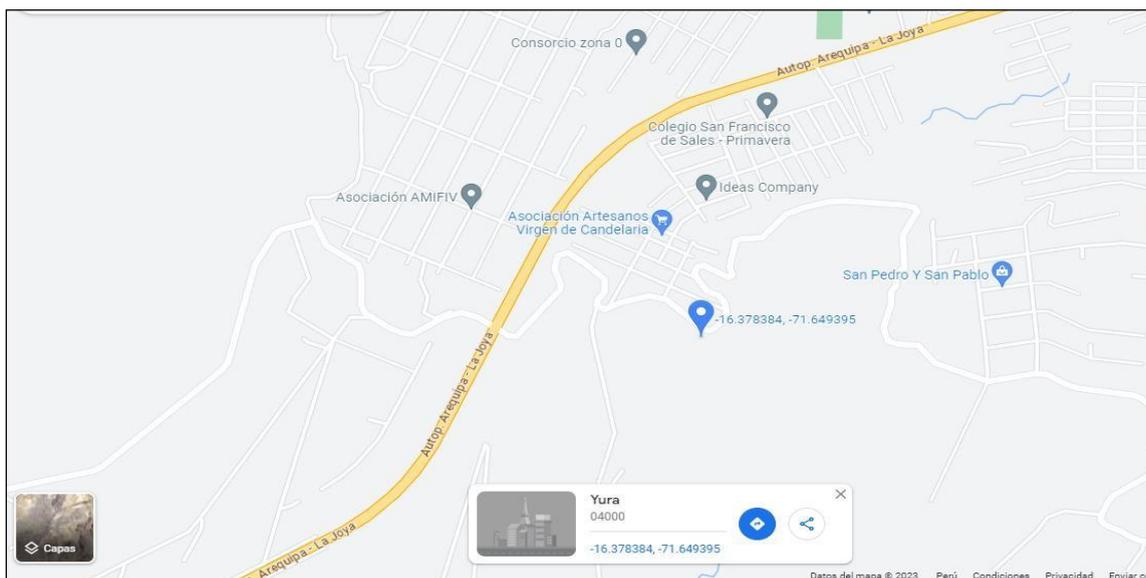
Provincia : Arequipa

Distrito : Yura

Referencia : Autopista la Joya

Figura 3

Lugar del Proyecto



Nota. Fuente Google Earth

Figura 4

Ubicación de para desarrollo de mecánica de suelos



Nota. Fuente Google Earth

La edificación está compuesta por:

Sótano 1 : 1° Sótano de 3.10 m de altura

Sótano 2 : 2° Sótano de 3.80 m de altura

1° Piso : 3.50 m de altura

2° al 10° Piso : 2.80 m de altura

Figura 5

Arquitectura planta Sótano 1 y 2.

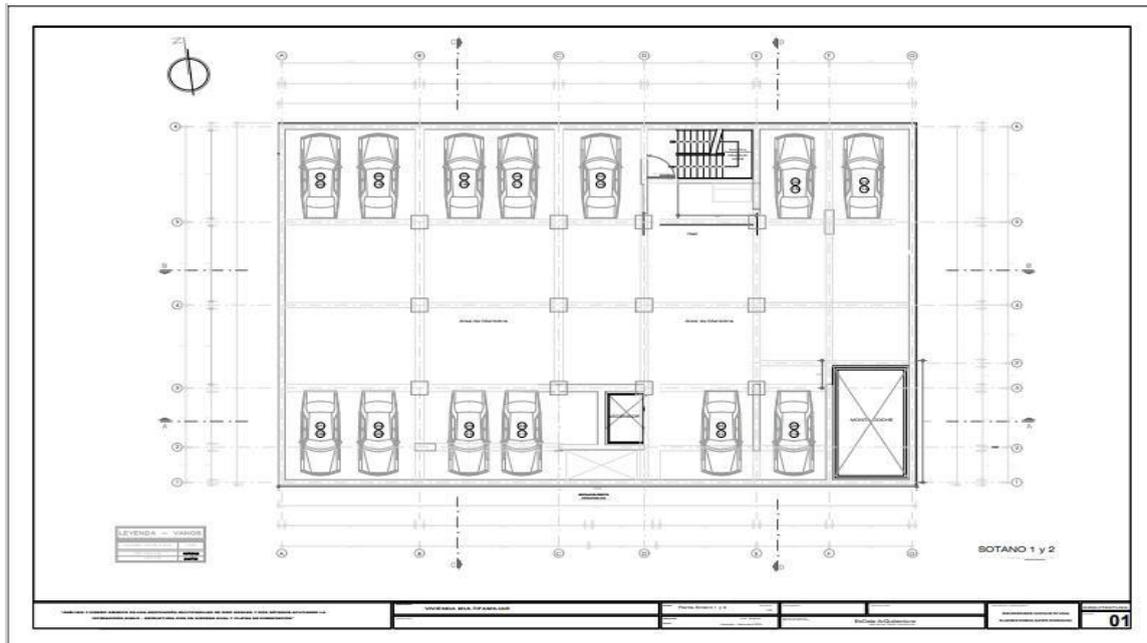
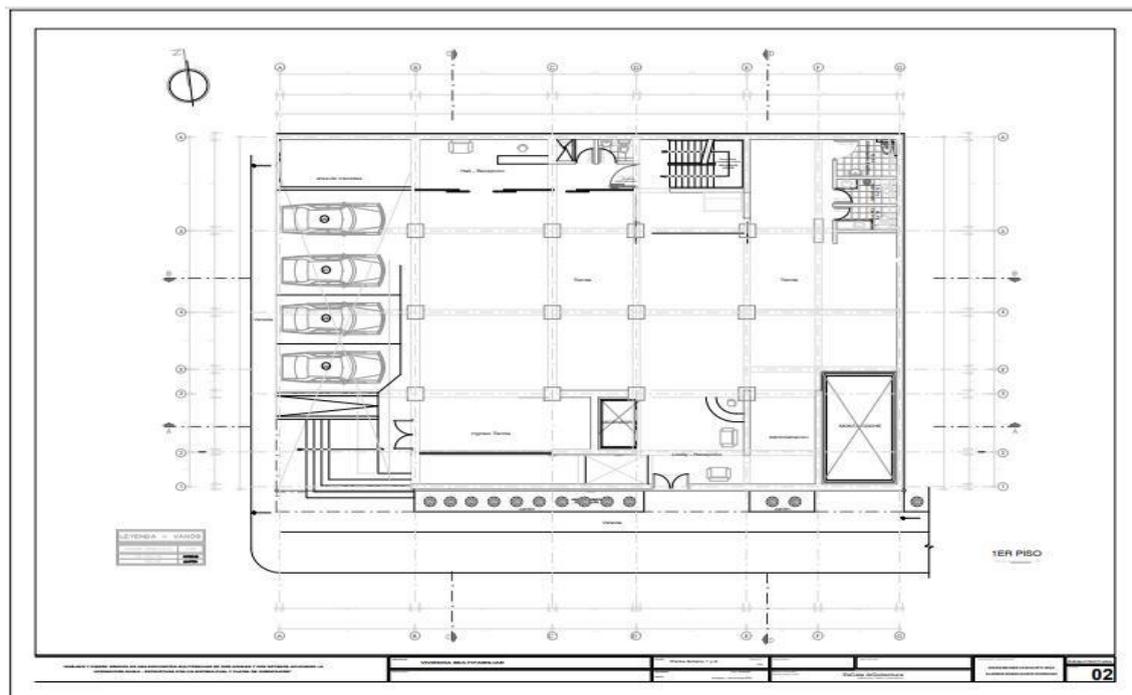
Figura 6*Arquitectura planta Sótano 1 y 2.**Nota. Desarrollado por los tesistas***Figura 7***Arquitectura primer piso.**Nota. Desarrollado por los tesistas*

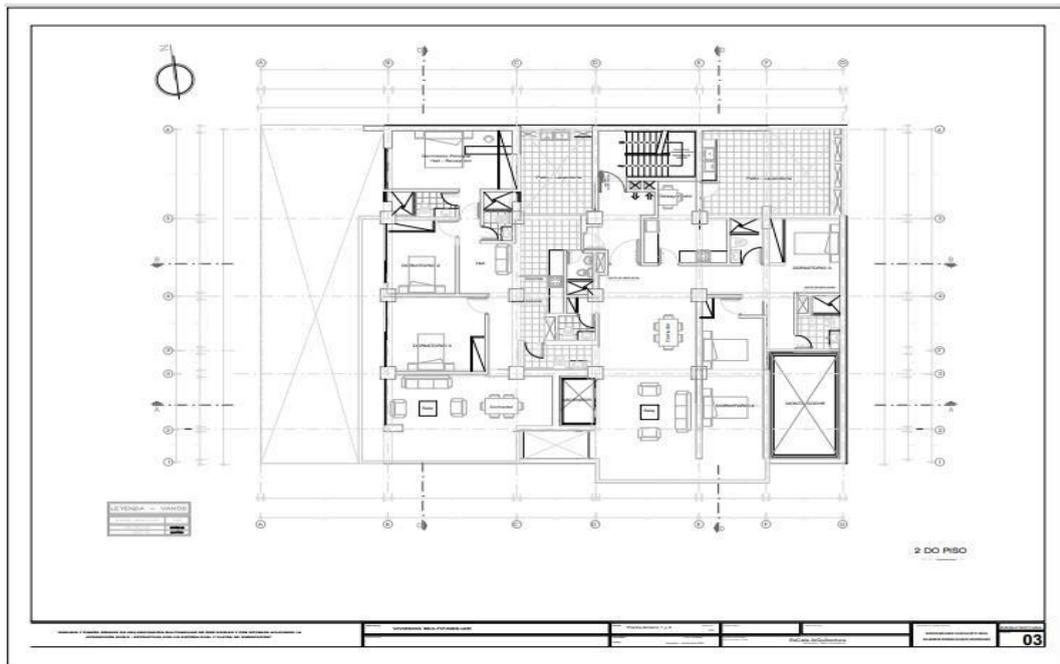
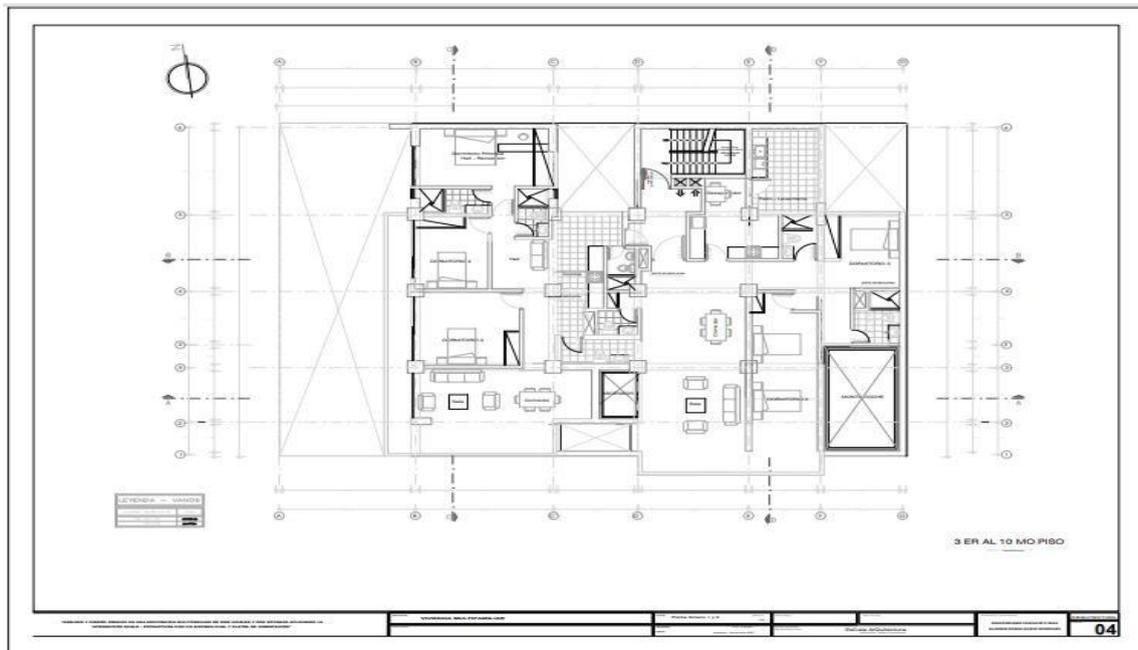
Figura 8*Arquitectura planta segundo piso.**Nota. Desarrollado por los tesistas***Figura 9***Arquitectura planta del tercer piso al décimo piso.**Nota. Desarrollado por los tesistas*

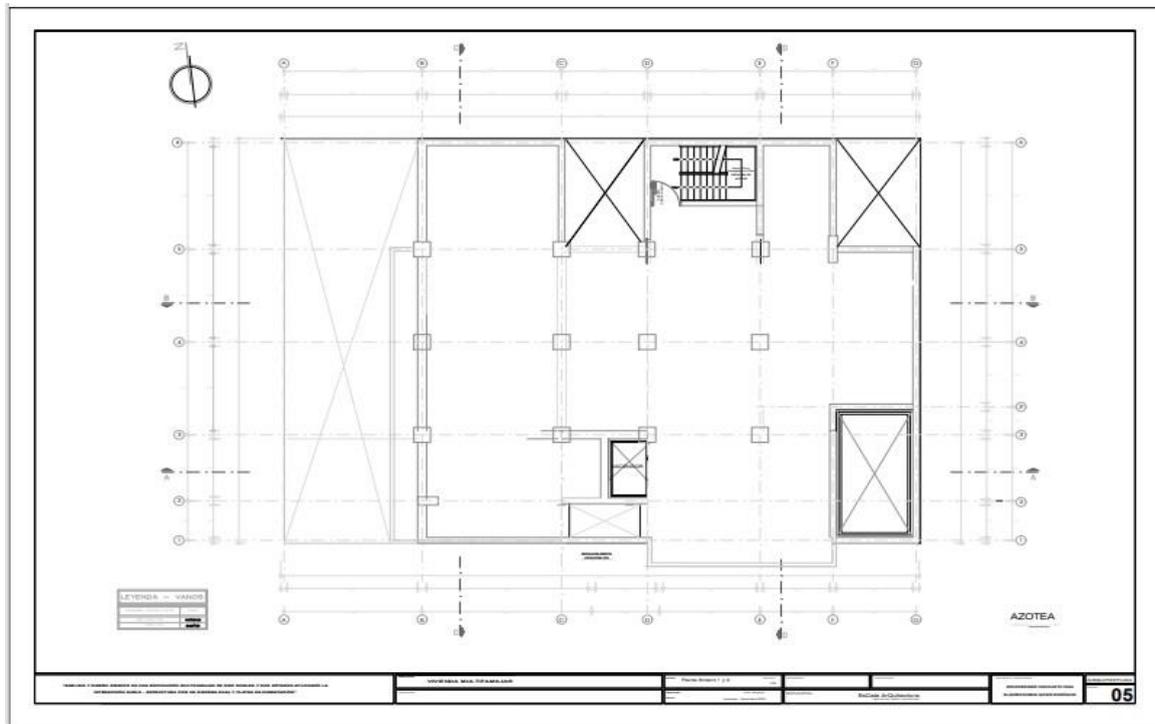
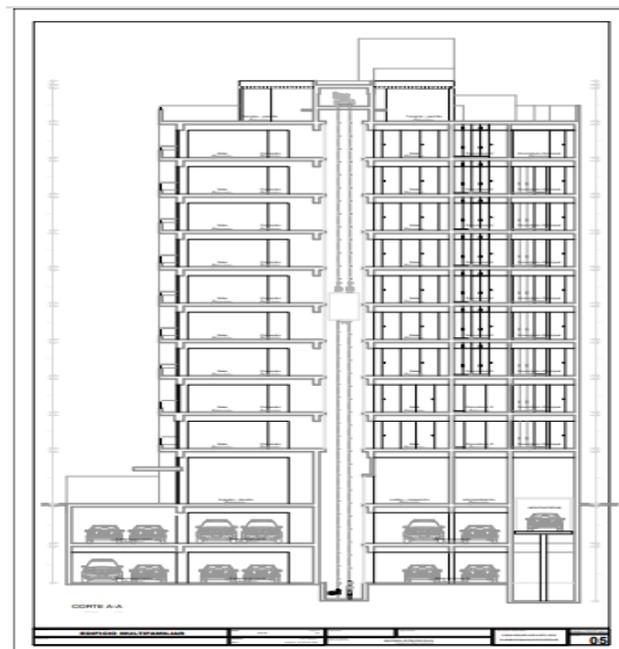
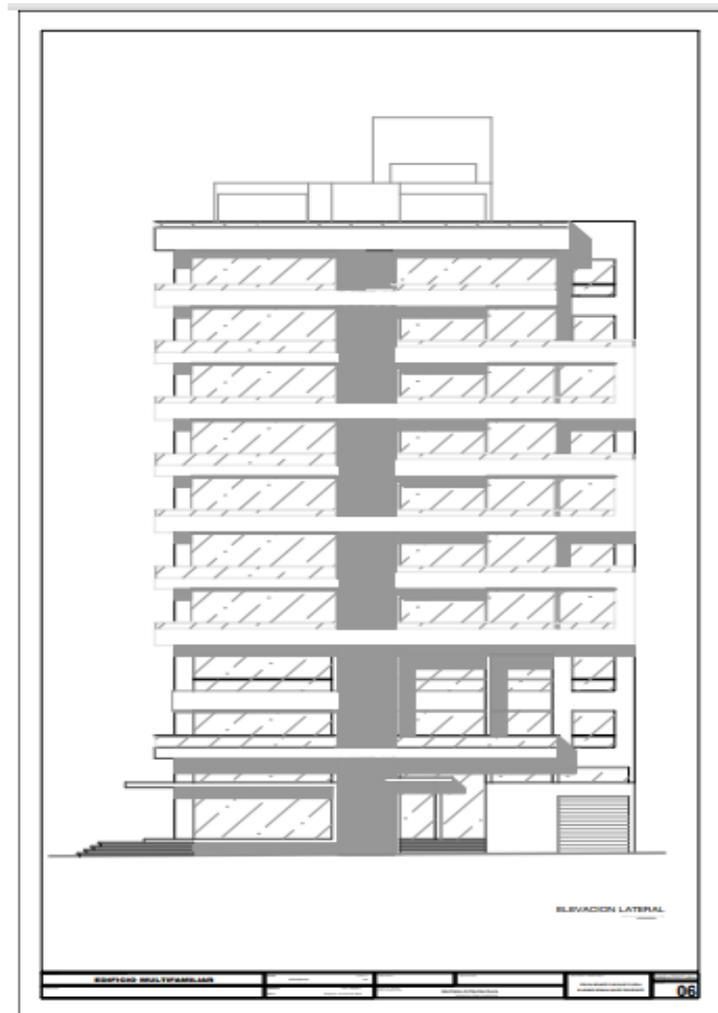
Figura 10*Arquitectura planta azotea.**Nota. Desarrollado por los tesistas***Figura 11***Arquitectura corte A-A**Nota. Desarrollado por los tesistas*

Figura 12*Arquitectura elevación frontal.*

Nota. Desarrollado por los tesisistas

5.2. GENERALIDADES

5.2.1. NORMAS Y REGLAMENTOS

Para el presente proyecto se seguirán las diferentes normativas y disposiciones nacionales e internacionales descritas a continuación:

Código o reglamento nacional de las edificaciones en Perú.

- ✓ R.N.E: E.020 “Cargas”
- ✓ R.N.E: E.030 “Diseño sismorresistente”
- ✓ R.N.E: E.050 “Suelos y cimentaciones”
- ✓ R.N.E: E.060 “Concreto o hormigón armado”

5.2.2. INFORMACIÓN ESTRUCTURAL

5.2.2.1. DETALLES Y MATERIALES UTILIZADOS (SEGÚN NORMA E.060)

- **Concreto**

Resistencia ($f'c$)	:	280 kg/cm ² (para los materiales)
Módulo de elasticidad (E)	:	$E_c = 2509980 \text{ Ton/m}^2$
Poisson (u)	:	0.2
Peso específico (γ_c)	:	2400 kg/m ³ (concreto armado)

- **Acero de refuerzo**

Resistencia a la fluencia (Grado 60) f_y	:	4200 kg/cm ²
Módulo de elasticidad del acero de refuerzo	:	$E_s = 2000000 \text{ kg/cm}^2$

Recubrimientos (R):

Plata de cimentación superior	:	R = 4.00 cm.
Plata de cimentación inferior	:	R = 7.50 cm.
Columnas	:	R = 4.00 cm.
Vigas peraltadas superior	:	R = 4.00 cm.
Vigas peraltadas inferior	:	R = 4.00 cm.
Cisternas y tanques	:	R = 4.00 cm.

5.3. PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

En cuanto a la organización y diseño de las estructuras que respectan al concreto armado, el predimensionamiento de los componentes estructurales se llevará a cabo siguiendo los datos proporcionados en su manual de estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado.

5.3.1. COLUMNAS

Las columnas para el presente proyecto serán de concreto armado, estas se ubicarán de forma aislada; las columnas tendrán un desplazamiento en la plata de cimentación, tienen el suficiente esfuerzo para soportar las diferentes combinaciones de

carga y se predimensionará según la ubicación del elemento teniendo así columnas centrales y columnas laterales.

$$\text{Área de Columna central} = \frac{P_{\text{servicio}}}{0.45xf'c}$$

$$\text{Área de Columna lateral} = \frac{P_{\text{servicio}}}{0.35xf'c}$$

Columna tipo T	: 55x55x40 cm.
Columna tipo L	: 55x55x40 cm.
Columna rectangular	: 65x65 cm.
Columna rectangular	: 105x40 cm.
Columna rectangular	: 40x70 cm

5.3.2. PLACAS O MUROS DE CONCRETO

Las placas tendrán un espesor no menor de 0.15 m, en caso de los sótanos este actuara como muro de contención.

Espesor = 0.15 m

5.3.3. VIGAS

Las vigas para el presente proyecto serán de concreto armado, las vigas tendrán un esfuerzo para soportar las diferentes combinaciones de carga y se predimensionará según la ubicación del elemento teniendo así vigas de distintas dimensiones tales como:

$$h = \frac{LL}{12 \text{ a } 10}$$

$$b = \left(\frac{1}{2} \text{ a } \frac{2}{3} \right) (h)$$

Viga principal	: 35x70 cm.
Viga secundaria	: 35x50 cm.

Viga chata : 25x25 cm.

5.3.4. LOSAS

5.3.4.1. LOSA ALIGERADA

Para luces comprendidas entre 5.5 m y 6.5 m

$$h = 0.25 \text{ m}$$

5.3.4.2. LOSA MACIZA

Para luces comprendidas entre 5.5 m y 6.5 m

$$h = 0.20 \text{ m}$$

5.4. RNE - NORMA E.020: CARGAS

Tabla 4

Argumentaciones sobre la carga muerta.

Carga Muerta	
Uso	Cargas Distribuidas
Piso Terminado	100 kgf/m ²
Tabiquería móvil	150 kgf/m ²

Nota. Fuente Norma Técnica E.020

Tabla 5

Argumentaciones sobre la carga viva.

Carga Viva	
Uso	Cargas Distribuidas
Vivienda	200 kgf/m ²
Corredores y escaleras	200 kgf/m ²
Techo o Azotea	100 kgf/m ²

Nota. Fuente Norma Técnica E.020

5.4.1. METRADO CARGA MUERTA LOSA ALIGERADA

En esta estimación de carga se utilizan los suelos y el tejado estándar.

Tabla 6

Calculo de la carga distribuida en losa aligerada

Piso Típico	
Carga M.	186 kgf/cm²
Peso propio ladrillo	86 kgf/m ²
Piso terminado	100 kgf/m ²

Nota. Desarrollado por los tesisistas

5.4.2. DETERMINACIÓN DE CARGA DISTRIBUIDA DE TABIQUERÍA SOBRE VIGAS CHATAS

El presente metrado de cargas se realiza para los pisos típicos, en vigas chatas donde se encuentre la presencia de tabiquería.

Tabla 7

Calculo de la carga distribuida en vigas chatas

Espesor	0.15 m
Altura	2.55 m
Peso específico albañilería	1350 kgf/m ³
Carga Distribuida	516 kgf/m

Nota. Desarrollado por los tesisistas

5.4.3. METRADO DE CARGA DISTRIBUIDA DE TABIQUERÍA SOBRE VIGAS DEL PRIMER PISO

El presente metrado de cargas se realiza para el primer piso, en vigas secundarias y vigas principales donde se encuentre la presencia de muros.

Tabla 8*M.C. en vigas principales*

Espesor	0.15 m
Altura	3.05 m
Peso específico albañilería	1350 kgf/m ³
CARGA DISTRIBUIDA	618 kgf/m

Nota. Desarrollado por los tesistas**Tabla 9***M.C. en vigas principales*

Espesor	0.15 m
Altura	2.8 m
Peso específico albañilería	1350 kgf/m ³
CARGA DISTRIBUIDA	567 kgf/m

Nota. Desarrollado por los tesistas

5.4.4. METRADO DE CARGA DISTRIBUIDA DE TABIQUERÍA SOBRE VIGAS DE PISO TÍPICO

El presente metrado de cargas se realizará desde el segundo piso hasta el décimo piso, en vigas secundarias y vigas principales donde se encuentre la presencia muros.

Espesor	0.15 m
Altura	2.35 m
Peso específico albañilería	1350 kgf/m ³
CARGA DISTRIBUIDA	476 kgf/m

Nota. Desarrollado por los tesistas

Tabla 10*M.C. en vigas principales*

Grosor	0.15 m
Altura	2.1 m
Peso específico albañilería	1350 kgf/m ³
Carga Distribuida	425 kgf/m

Nota. Desarrollado por los tesisistas

▪ **Metrado de carga muerta en volado 1.00 m**

El metrado de cargas actuales se realiza para los pisos donde se tenga la presencia de volados.

Tabla 11*M.C. distribuida en losa aligerada*

Piso Típico	
Carga Muerta	875 kgf/cm²

Nota. Desarrollado por los tesisistas

5.5. MODELAMIENTO ESTRUCTURAL EN PLANTA Y EN 3D

- a) Los componentes a utilizar se definen para realizar el dibujo de los diversos componentes de la edificación, se realizará la definición de componentes como el acero y el concreto de la siguiente manera:

✓ **Propiedades del concreto**

$$E_c = 15100 * \sqrt{f'c} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$$

Figura 13*Definición de propiedades del concreto*
Nota. Fuente Software Etabs 2016**Figura 14***Definición para designación del concreto*
Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 15

Definición de designación de propiedades del concreto

Material Property Data

General Data

Material Name: Acero fy =4200 kg/cm2

Material Type: Rebar

Directional Symmetry Type: Uniaxial

Material Display Color: Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 7.8 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.795379 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 20000000 tonf/m²

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 16

Determinación de designación del acero

Material Property Design Data

Material Name and Type

Material Name: Acero fy =4200 kg/cm2

Material Type: Rebar, Uniaxial

Design Properties for Rebar Materials

Minimum Yield Strength, Fy: 42000 tonf/m²

Minimum Tensile Strength, Fu: 63000 tonf/m²

Expected Yield Strength, Fye: 0 tonf/m²

Expected Tensile Strength, Fue: 0 tonf/m²

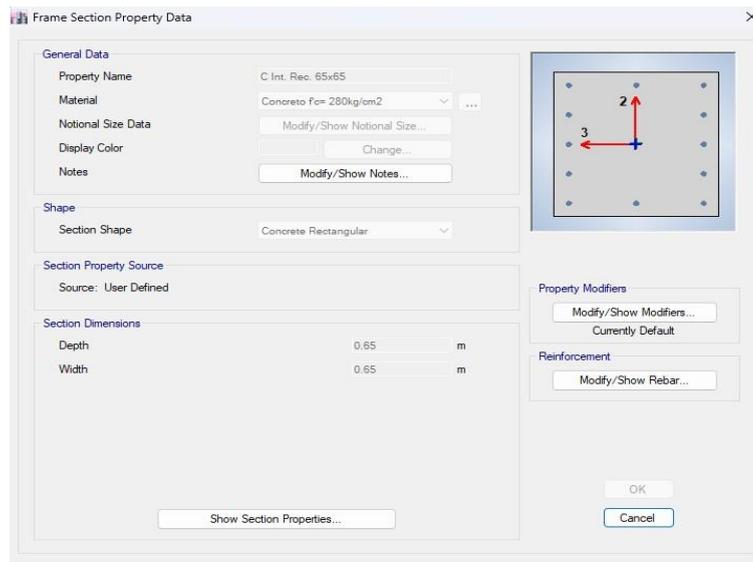
OK Cancel

Nota. Fuente Software Etabs 2016

- b) Determinación de las diferentes secciones de los componentes: para llevar a cabo el dibujo de los diferentes elementos de la estructura, se hará lo siguiente al conceptualizar componentes como vigas, losas, columnas, losas reforzadas y losas aligeradas:

Figura 17

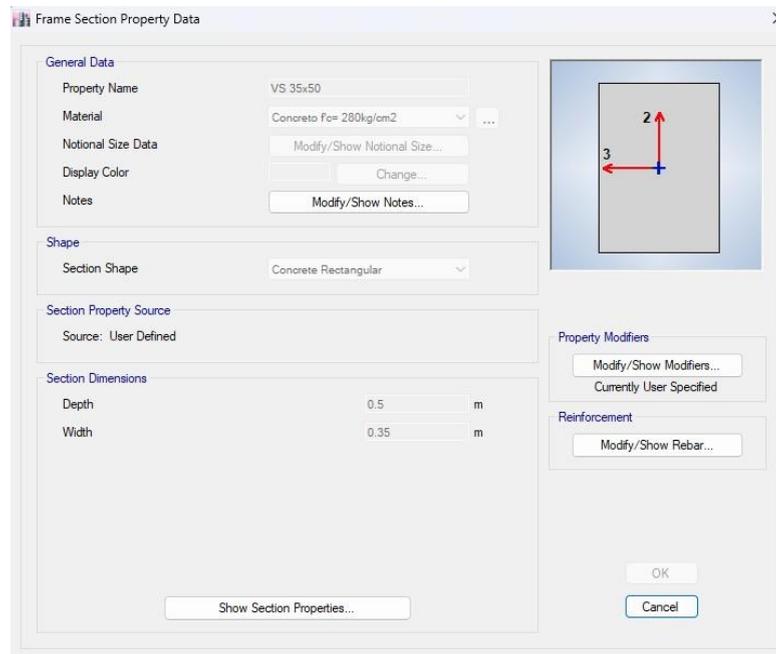
Típica columna



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 18

típica viga



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 19*Determinación de espesor losa aligerada*

Slab Property Data

General Data

Property Name: Aligerado XX h=25cm

Slab Material: Concreto f_c= 280kg/cm²

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Type: Ribbed

Overall Depth: 0.25 m

Slab Thickness: 0.05 m

Stem Width at Top: 0.1 m

Stem Width at Bottom: 0.1 m

Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction): 0.4 m

Rib Direction is Parallel to: Local 1 Axis

OK Cancel

*Nota. Fuente Software Etabs 2016***Figura 20***Determinación espesor losa maciza*

Slab Property Data

General Data

Property Name: Maciza h=20cm sotano

Slab Material: Concreto f_c=210 kg/cm²

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

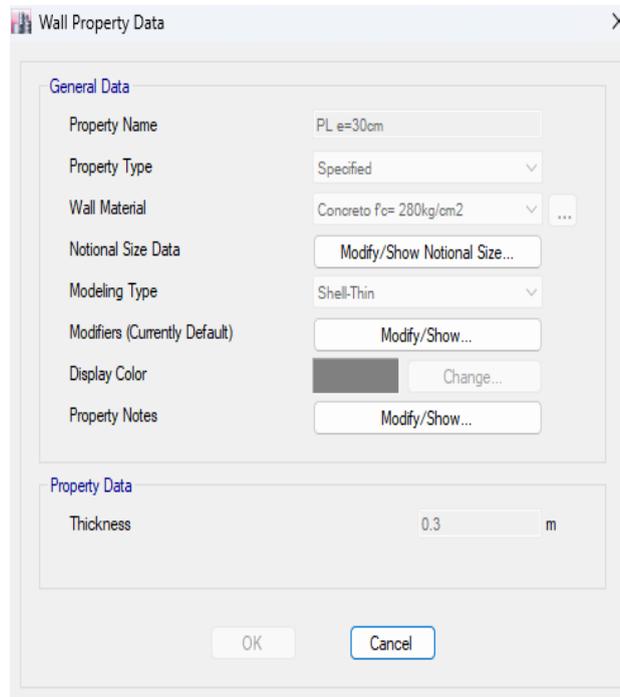
Type: Slab

Thickness: 0.2 m

OK Cancel

Nota. Fuente Software Etabs 2016

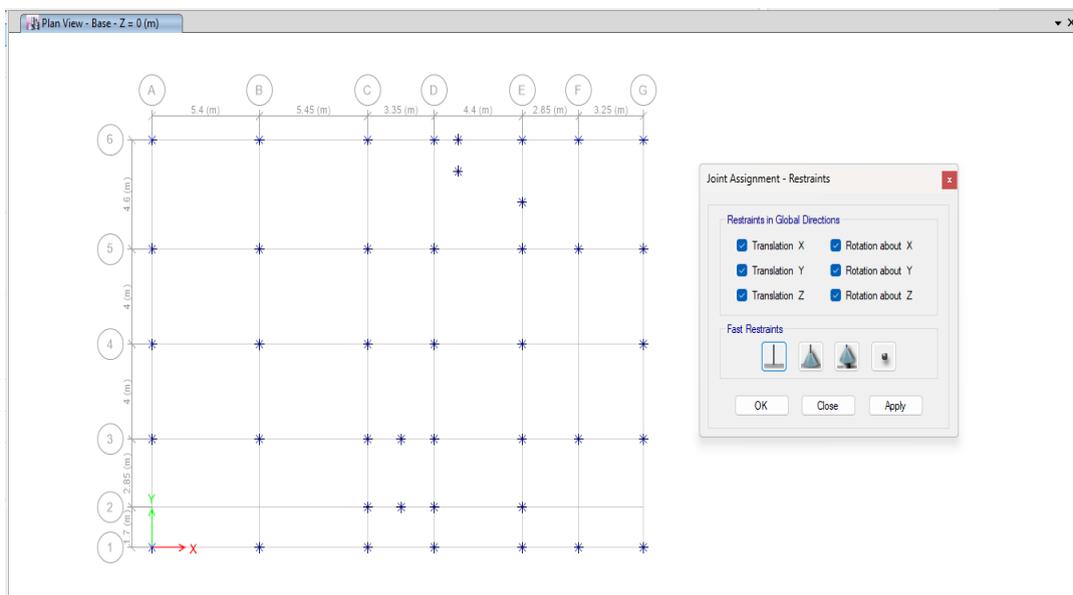
Figura 21
Espesor de placas



Nota. Fuente Software Etabs 2016

- c) Restricción de la cimentación de la estructura para la evaluación con base empotrada.

Figura 22
Empotramiento base de la edificación

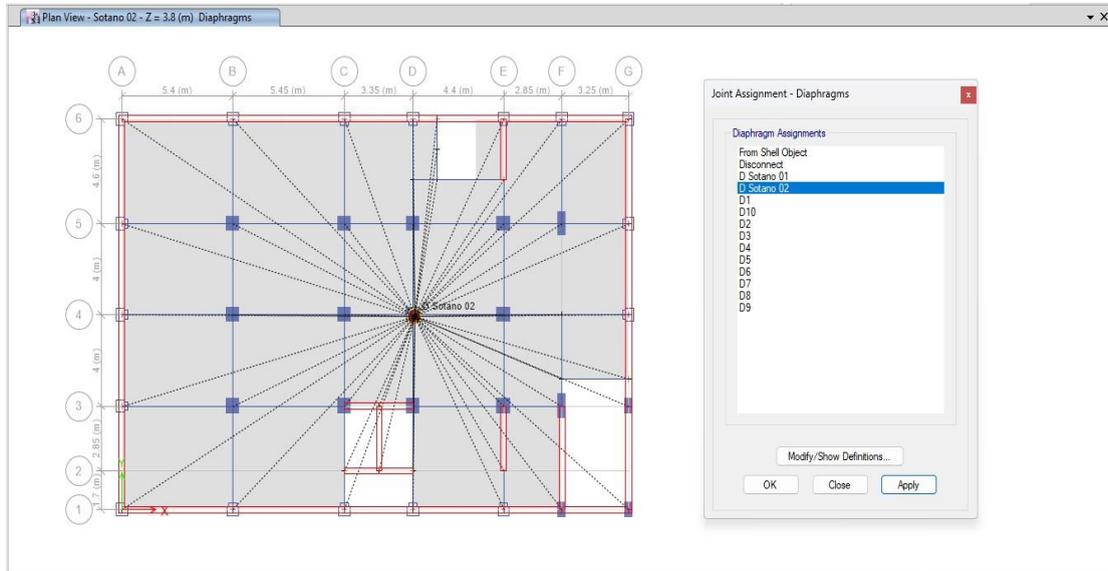


Nota. Fuente Software Etabs 2016

- d) Se procede con la creación de para cada piso, diafragmas rígidos y se procede a la asignación de todos los pisos inferiores del edificio.

Figura 23

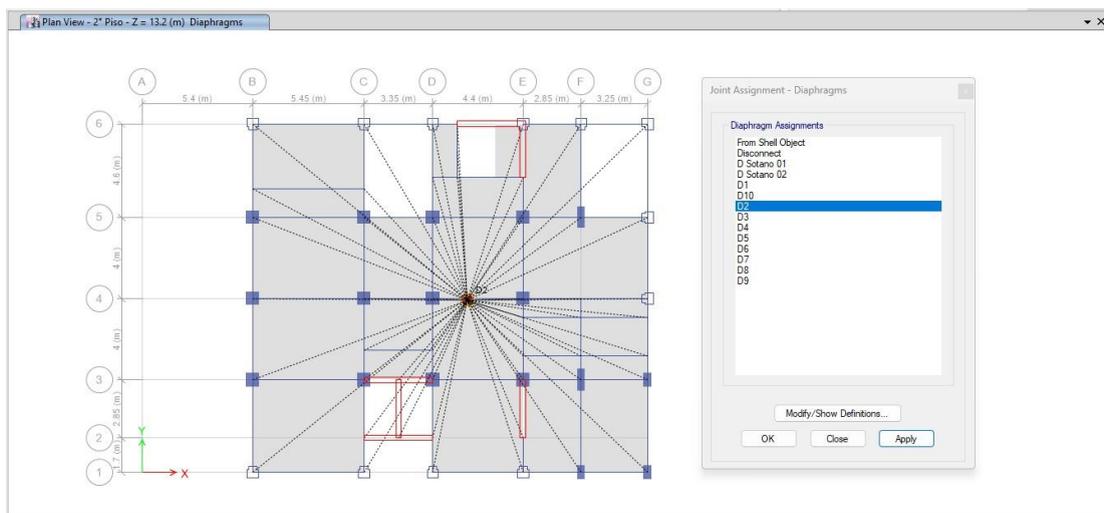
Elección de diafragma en sótano



Nota. Fuente Software Etabs 2016

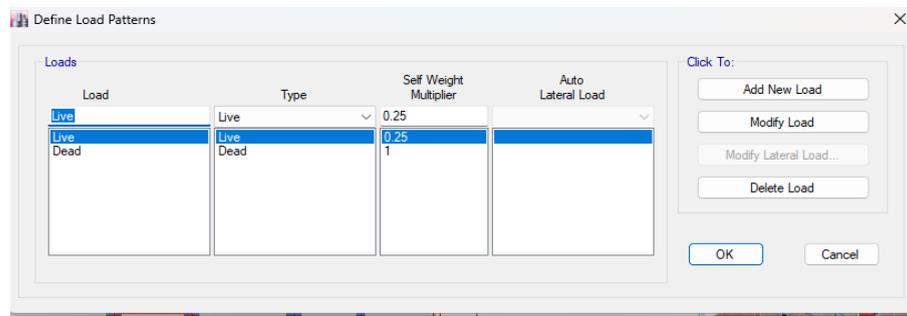
Figura 24

Elección de diafragma segundo piso



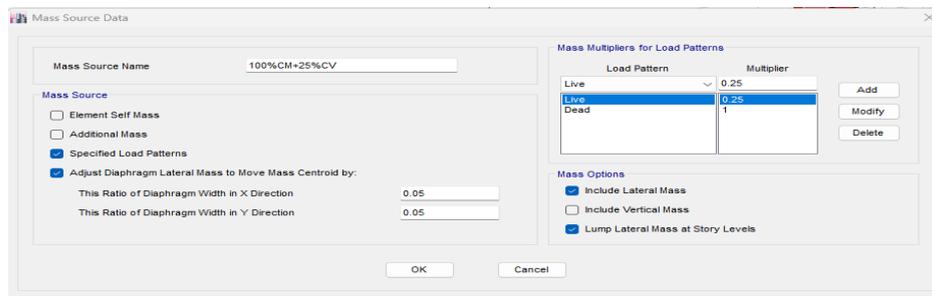
Nota. Fuente Software Etabs 2016

- e) Definición de cargas para la determinación de cargas vivas y cargas muertas de la estructura y asignar los valores correspondientes.

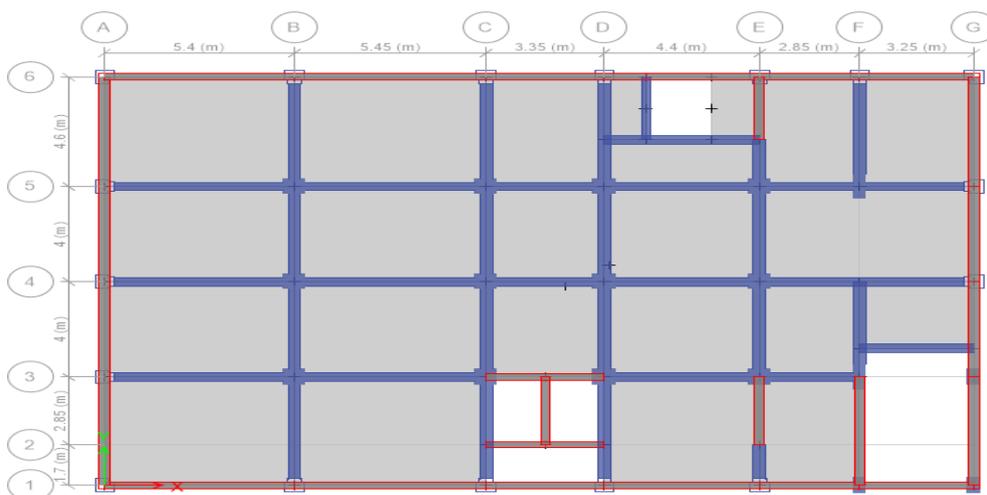
Figura 25*Aspectos C.V. y C.M.*

Fuente: Software Etabs 2016

- f) Se agrega las masas correspondientes a la estructura en cada piso y luego las masas de manera automática en la construcción con la finalidad de que el sistema realice el cálculo de su peso.

Figura 26*Definición de la fuente de masa*

Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 27*Modelo estructural en planta Sótano 1 y 2*

Nota. Fuente Software Etabs 2016

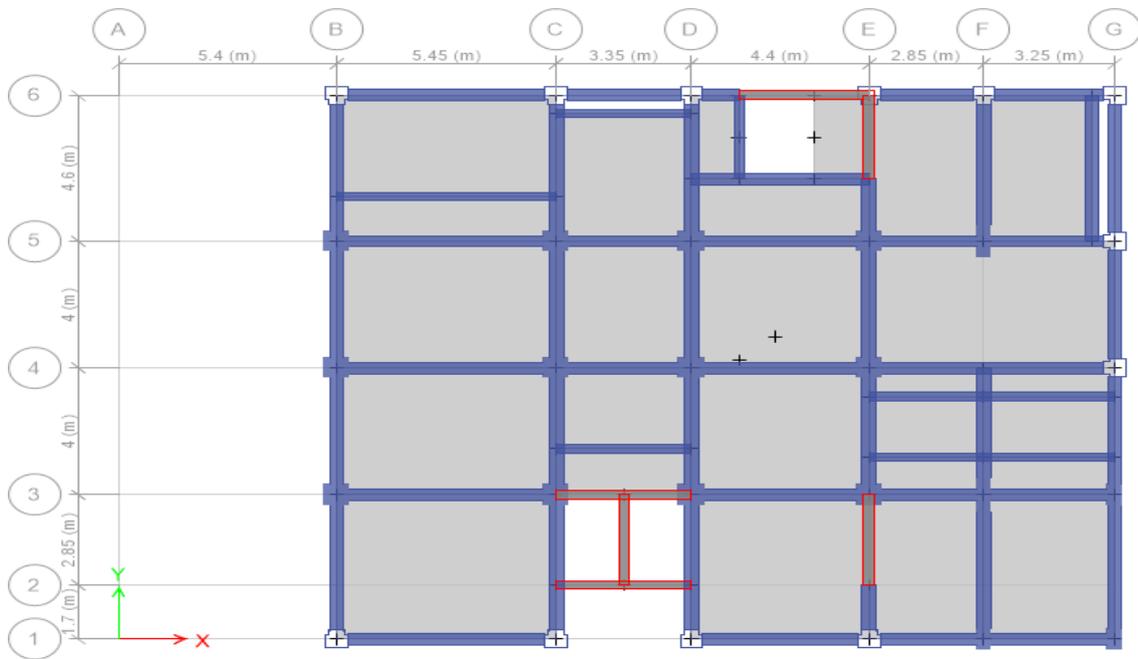
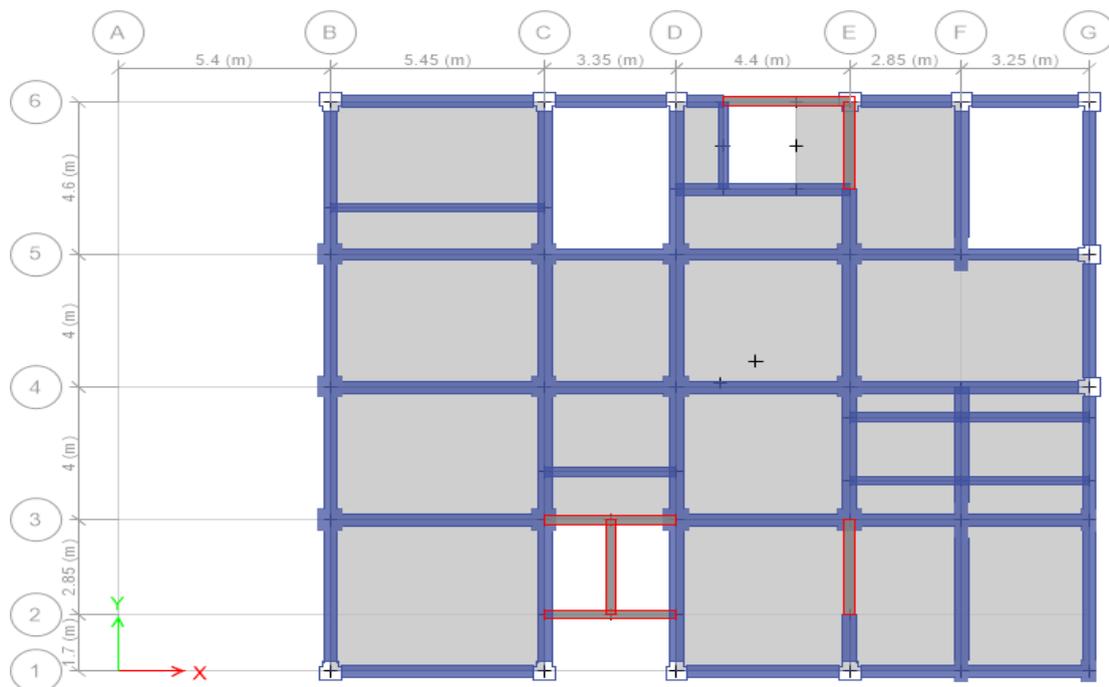
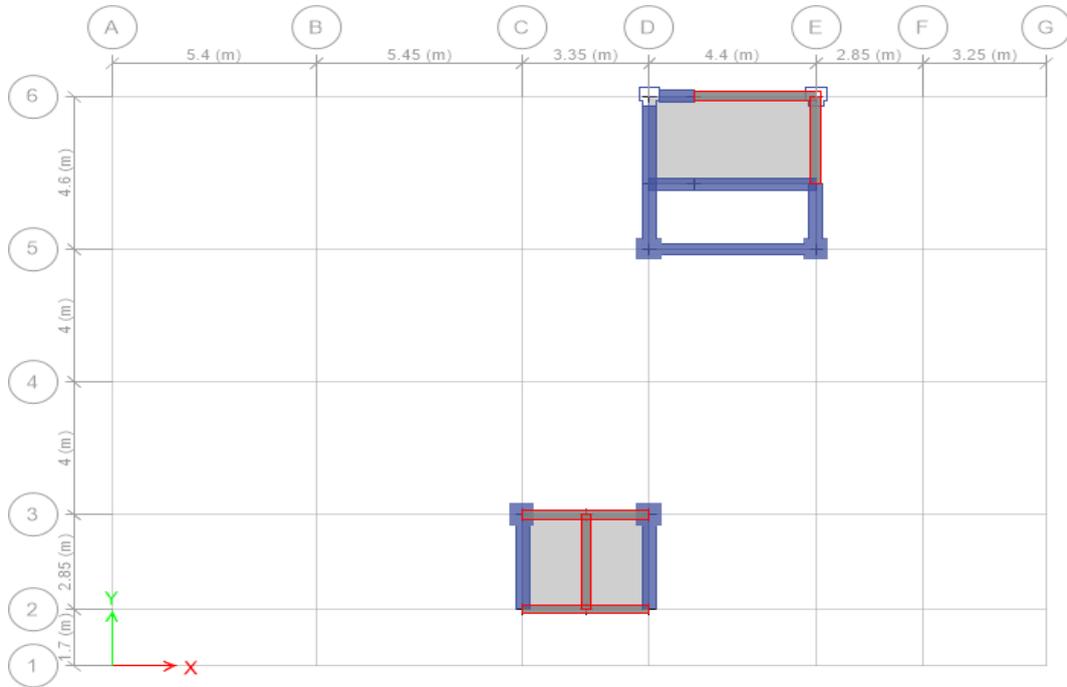
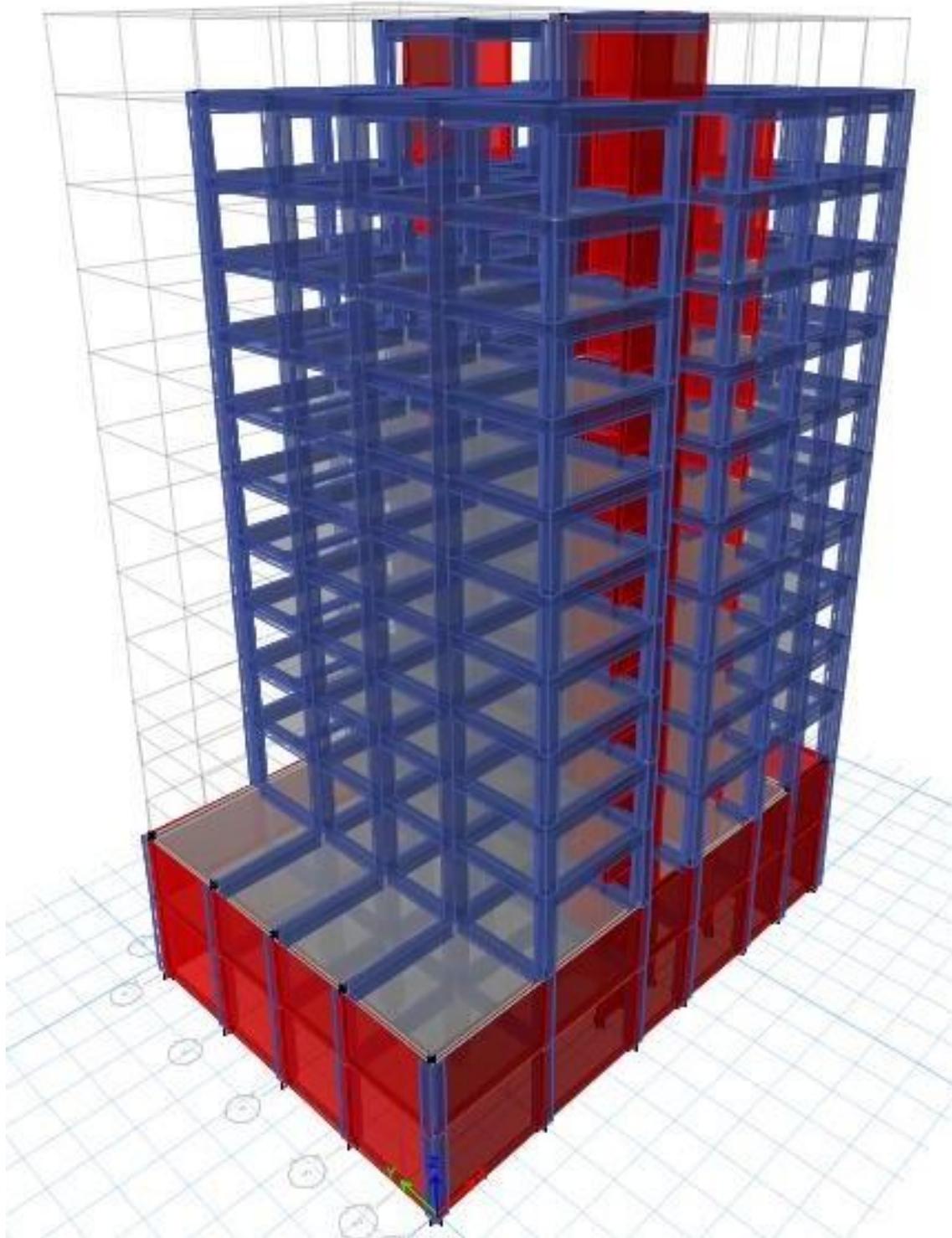
Figura 28*Patrón estructural vista planta P. 1.**Nota.* Fuente Software Etabs 2016**Figura 29***Modelo nivel típica**Nota.* Fuente Software Etabs 2016

Figura 30*Modelo planta tanque elevado*

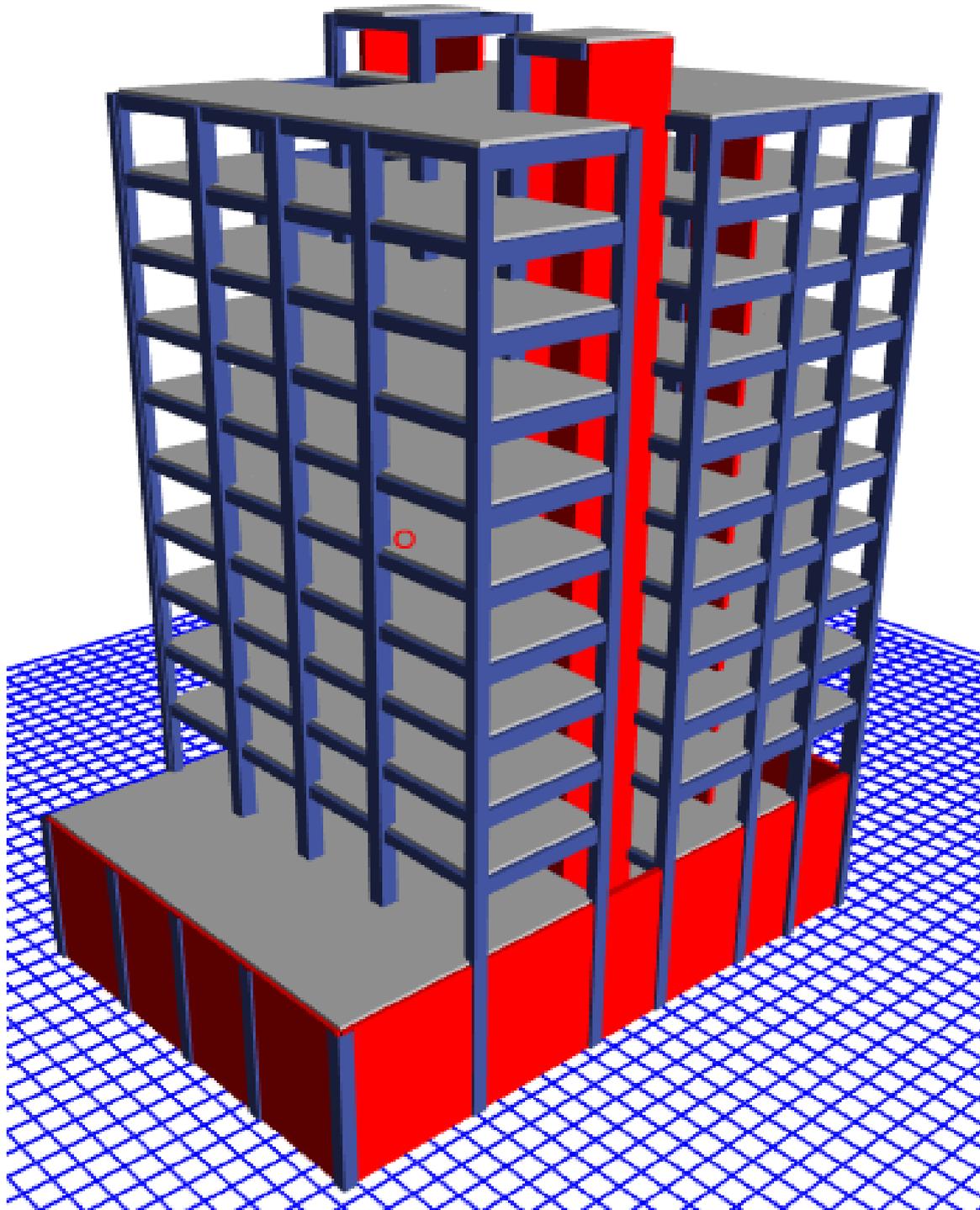
Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 31*Modelo estructural vista 3D*

Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 32

Modelo estructural del edificio en 3D

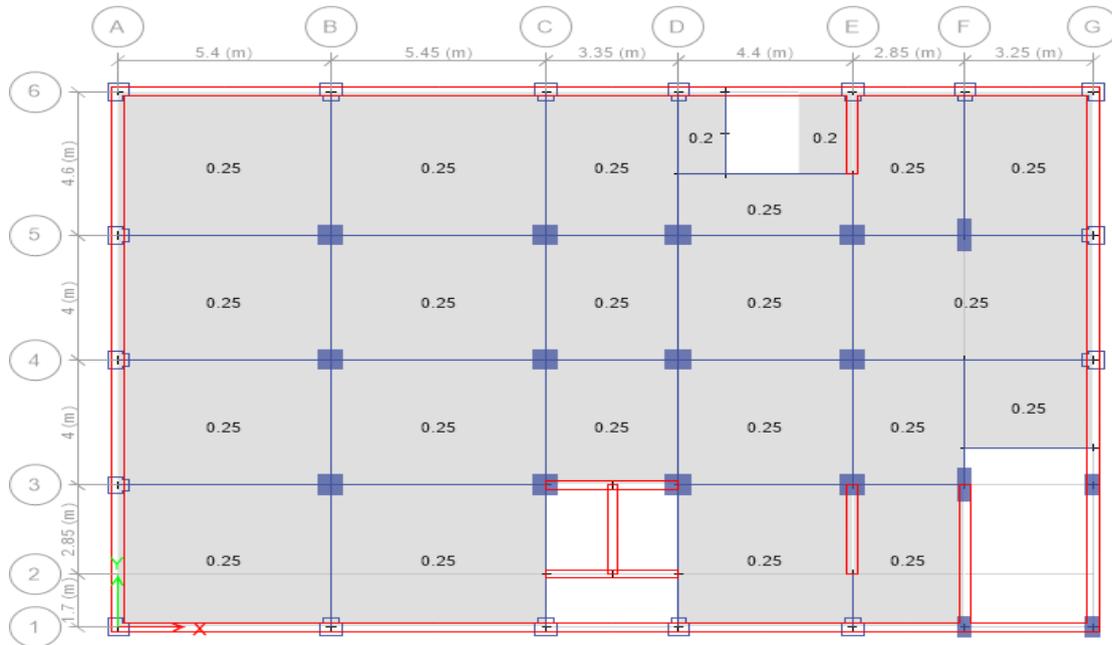


Nota. Fuente Software Etabs 2016

5.5.1. ASIGNACIÓN DE CARGAS EN LOSAS Y VIGAS

Figura 33

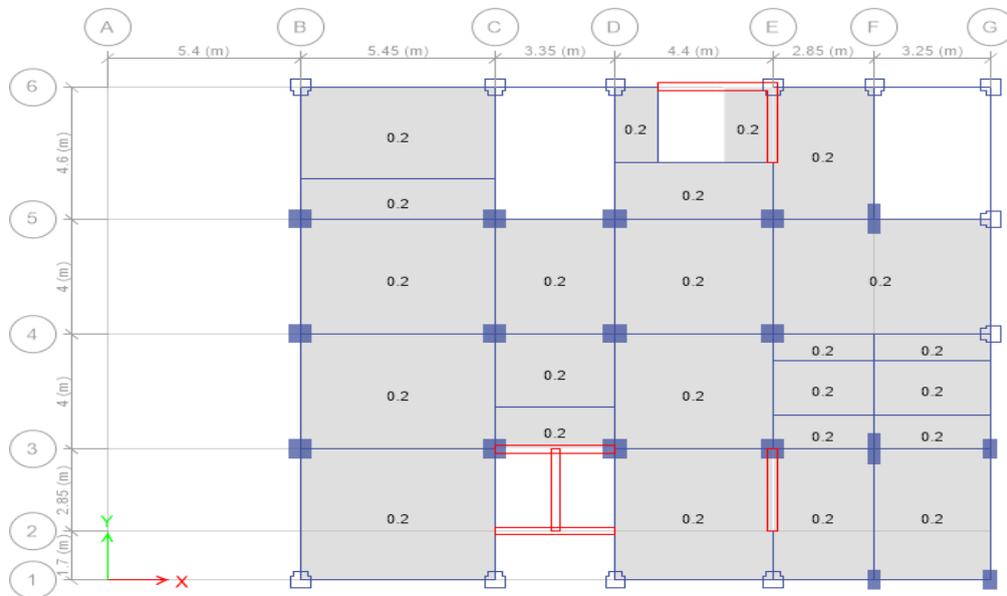
consignación de carga viva a la losa maciza



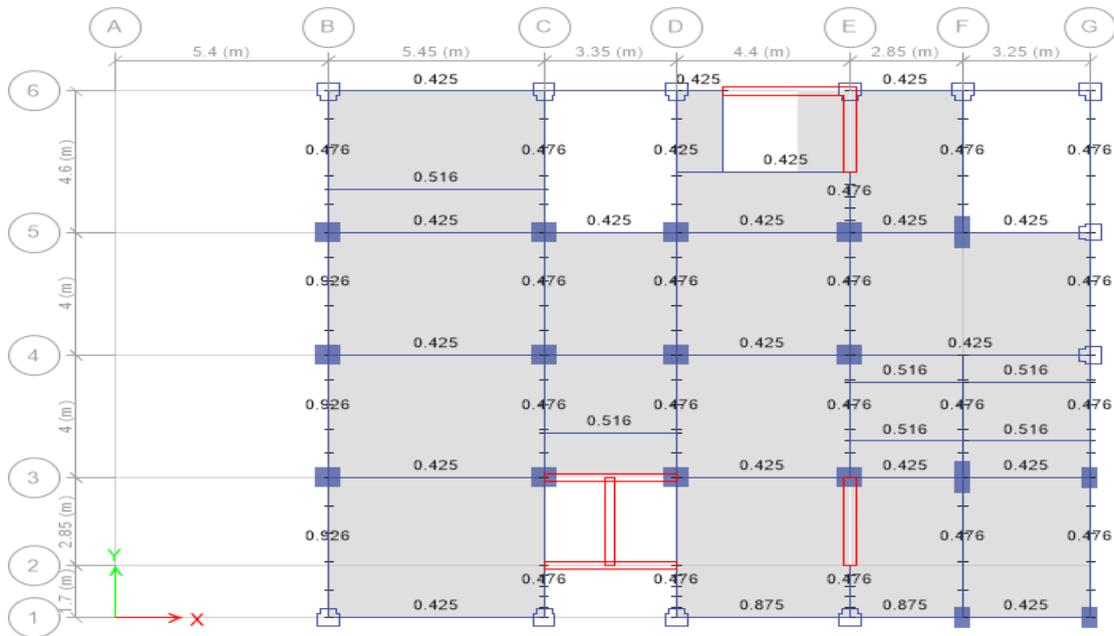
Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 34

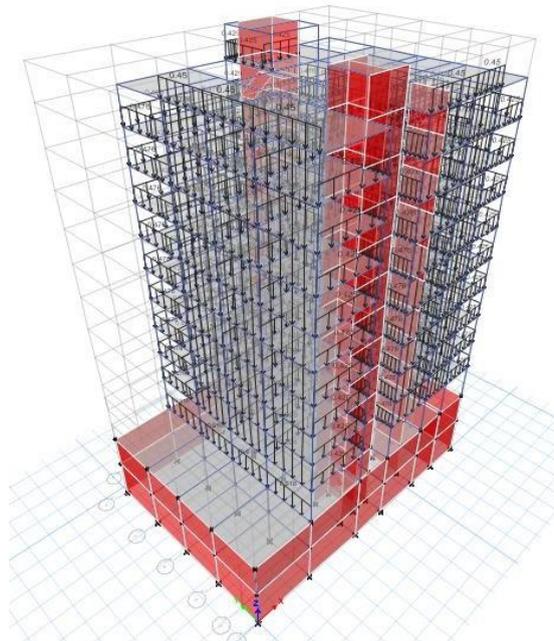
consignación de carga viva a la losa losa aligerada



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 35*Asignación de carga muerta distribuida en vigas*

Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 36*Perspectiva 3D de la asignación de carga muerta distribuida en vigas*

Fuente: Software Etabs 2016

5.6. METRADO DE PESO PROPIO ESTRUCTURA

Tabla 12

Cuantificación de cargas en el sótano 1 y 2

Sótano 2 y Sótano 1						
Losas Macizas de 20 cm						
Descripción	n° veces	Área (m ²)	Factor		Peso(tn)	
losa maciza de 20 cm	2	384.710	0.48		369.3216	
descanso de gradas de 17.5 cm						
Descripción	n° veces	Área (m ²)	Factor		Peso(tn)	
entre eje 4-5 entre d-e	2	3.110	0.42		2.6124	
entre eje 4-5 entre d-e	2	3.580	0.42		3.0072	
Vigas	N° veces	Base	Largo(m)	Altura(m)	Peso(tn/m ³)	P (Tn.m)
vp 35x70	32	0.35	70.750	0.70	2.4	1331.232
vs 35x50	38	0.35	74.150	0.50	2.4	1183.434
vch 25x25	2	0.25	2.650	0.25	2.4	0.795
Columnas	N° veces	Base	Área (m ²)	Altura(m)	Peso(tn/m ³)	P (Tn.m)
c-ext. en t 55x55x40	28	área =	0.28	6.90	2.4	129.830
c-ext. en l 55x55x40	6	área =	0.28	6.90	2.4	27.821
c int. rec. 65x65	24	área =	0.423	6.90	2.4	168.117
c-int. rec. 105x40	4	área =	0.42	6.90	2.4	27.821
c-ext. rec. 40x70	6	área =	0.28	6.90	2.4	27.821
Placas	N° veces	Base	Largo(m)	Altura(m)	Peso(kg)	P (Tn.m)
pl e=30 cm	4	0.3	25.000	6.90	2.4	496.800
pl e=30 cm	4	0.3	25.000	6.90	2.4	496.800
pl e=30 cm	4	0.3	16.000	6.90	2.4	317.952
pl e=30 cm	4	0.3	16.000	6.90	2.4	317.952
pl e=30 cm	2	0.3	4.400	6.90	2.4	43.718

pl e=30 cm	2	0.3	2.850	6.90	2.4	28.318
pl e=30 cm	2	0.3	2.500	6.90	2.4	24.840
pl e=25 cm	2	0.25	6.700	6.90	2.4	55.476
pl e=25 cm	2	0.25	2.850	6.90	2.4	23.598
∑ peso						5077.266

Nota. Desarrollado por los tesistas

Tabla 13

Cuantificación cargas P.1°

Piso 1°						
Losa Aligerada de 20 cm						
Descripción	N° veces	Área (m2)	Factor	Peso(tn)		
aligerado h=25cm	1	287.520	0.3	86.256		
Descanso de gradas de 17.5 cm						
Descripción	N° veces	Área (m2)	Factor	Peso(tn)		
entre eje 4-5 entre d-e	2	3.110	0.42	2.6124		
entre eje 4-5 entre d-e	2	3.580	0.42	3.0072		
Vigas	N° veces	Base	Largo(m)	Altura(m)	Peso(tn/m3)	P (tn.m)
vp 35x70	23	0.35	90.575	0.70	2.4	1224.936
vs 35x50	23	0.35	96.450	0.50	2.4	931.707
vch 25x25	8	0.25	27.000	0.25	2.4	32.400
Columnas	N° veces	Base	Área(m2)	Altura(m)	Peso(tn/m3)	P (tn.m)
c-ext. en t 55x55x40	11	área =	0.28	6.90	2.4	51.005
c-ext. en l 55x55x40	1	área =	0.28	6.90	2.4	4.637
c int. rec. 65x65	12	área =	0.423	6.90	2.4	84.059
c-int. rec. 105x40	2	área =	0.42	6.90	2.4	13.910
c-ext. rec. 40x70	3	área =	0.28	6.90	2.4	13.910
Placas	N° veces	Base	Largo(m)	Altura(m)	Peso(kg)	P (tn.m)

pl e=30 cm	4	0.3	3.225	6.90	2.4	64.087
pl e=30 cm	2	0.3	2.850	6.90	2.4	28.318
pl e=30 cm	2	0.3	2.500	6.90	2.4	24.840
pl e=25 cm	2	0.25	6.700	6.90	2.4	55.476
pl e=25 cm	2	0.25	2.850	6.90	2.4	23.598
					∑ peso	2644.759

Nota. Desarrollado por los tesistas

Tabla 14

Cuantificación cargas.P.2 – P.10

Piso 2° al Piso 10°						
Losa Aligerada de 20 cm						
Descripción	N° veces	Area (m2)	Factor		Peso(tn)	
aligerado h=25cm	9	261.730	0.3		706.671	
Descanso de Gradadas de 17.5 cm						
Descripción	N° veces	Area (m2)	Factor		Peso(tn)	
entre eje 4-5 entre d-e	18	3.110	0.42		23.5116	
entre eje 4-5 entre d-e	18	3.580	0.42		27.0648	
Vigas	N° veces	Base	Largo(m)	Altura(m)	Peso(tn/m3)	P (tn.m)
vp 35x70	207	0.35	90.575	0.70	2.4	11024.427
vs 35x50	207	0.35	96.450	0.50	2.4	8385.363
vch 25x25	72	0.25	27.000	0.25	2.4	291.600
Columnas	N° veces	Base	Area(m2)	Altura(m)	Peso(tn/m3)	P (tn.m)
c-ext. en t 55x55x40	99	área =	0.28	25.20	2.4	1676.506
c-ext. en l 55x55x40	9	área =	0.28	25.20	2.4	152.410
c int. rec. 65x65	108	área =	0.423	25.20	2.4	2762.968
c-int. rec. 105x40	18	área =	0.42	25.20	2.4	457.229
c-ext. rec. 40x70	27	área =	0.28	25.20	2.4	457.229

Placas	N° veces	Base	Largo(m)	Altura(m)	Peso(kg)	P (tn.m)
pl e=30 cm	36	0.3	3.225	25.20	2.4	2106.518
pl e=30 cm	18	0.3	2.850	25.20	2.4	930.787
pl e=30 cm	18	0.3	2.500	25.20	2.4	816.480
pl e=25 cm	18	0.25	6.700	25.20	2.4	1823.472
pl e=25 cm	18	0.25	2.850	25.20	2.4	775.656
					∑ peso	32417.892

Nota. Desarrollado por los tesistas

Tabla 15

Metrado de cargas tanque elevado

Tanque Elevado						
Losa Maciza de 20 cm						
Descripción	N° veces	Área (m2)	Factor		Peso(tn)	
maciza h=20cm	1	21.210	0.48		10.1808	
Vigas	N° veces	Base	Largo(m)	Altura(m)	Peso(tn/m3)	P (tn.m)
vp 35x70	2	0.35	5.575	0.70	2.4	6.556
vs 35x50	5	0.35	16.650	0.50	2.4	34.965
Columnas	N° veces	Base	Area(m2)	Altura(m)	Peso(tn/m3)	P (tn.m)
c-ext. en t 55x55x40	2	área =	0.28	2.40	2.4	3.226
c int. rec. 65x65	4	área =	0.423	2.40	2.4	9.746
Placas	N° veces	Base	Largo(m)	Altura(m)	Peso(kg)	P (tn.m)
pl e=30 cm	1	0.3	3.225	2.40	2.4	5.573
pl e=30 cm	1	0.3	2.500	2.40	2.4	4.320
pl e=25 cm	1	0.25	6.700	2.40	2.4	9.648
pl e=25 cm	1	0.25	2.850	2.40	2.4	4.104
					∑ peso	88.318

Nota. Desarrollado por los tesistas

CAPÍTULO VI ANÁLISIS ESTRUCTURAL

6.1. ANÁLISIS SÍSMICO

6.1.1. ASPECTOS GENERALES DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Cada edificio y cada parte de este está elaborado y estructurado para la resistencia de cargas sísmicas especificadas en el patrón de diseño de edificaciones sismorresistente según especificaciones depende del comportamiento sísmico de la estructura.

6.1.2. EVALUACIÓN ESTÁTICA EQUIVALENTE

La presente evaluación estática representa las diferentes solicitudes sísmicas a través de un conglomerado de efectos que afectan en el núcleo de la masa durante cada etapa de la estructura.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2023) en el artículo 28.1.2. Para el análisis mediante este procedimiento se pueden tomar lo siguiente: Este proceso se aplica a las construcciones regulares o irregulares de la zona sísmica 1 en otros emplazamientos sísmicos. Las estructuras regulares se definen en el artículo 19 como las que tienen una altura máxima de 30 metros, o una altura máxima de 15 metros para las construcciones que tienen muros de carga de mampostería restringida y hormigón armado.

Según lo descrito en el artículo 28.1.2. El edificio en estudio satisface los requisitos este artículo, por tal motivo se identifica que la edificación tiene una altura mayor a 30 m y es por ello que no es necesario el análisis estático en la edificación.

6.1.3. EVALUACIÓN DINÁMICA MODAL ESPECTRAL

La edificación se analiza utilizando la combinación modal espectral. De esta manera, la fuerza que actúa sobre los cimientos del edificio haga que este análisis permita ver el comportamiento de cada edificación en función de su masa. Se inspecciona las estructuras desde una perspectiva sismorresistente y comprobamos si hay anomalías. Se verificará que la distorsión máxima sea la especificada en la norma E.030 se obtienen esfuerzos internos realizados por los distintos componentes los componentes estructurales que conforman el sistema sísmico.

6.1.3.1. Modelamiento estructural

- ✓ Cimientos de las columnas y placas se considerarán empotradas.
- ✓ Las vigas que son elementos reticulares de tipo frame.

6.1.4. ESTRUCTURACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

- **Estructuras regulares:** son aquellas que no presentan una discontinuidad significativa en su estructuración tanto vertical como horizontal permitiendo una estructura resistente a las diferentes cargas asignadas.
- **Estructuras irregulares:** son las estructuras que a diferencia de las regulares estas no presentan continuidad en su estructuración.

6.1.4.1. Parámetros de sitio y configuración de la estructura

La presente fórmula que indica el patrón normativo peruano E.030 se utilizará para la determinación de la cortante estática basal.

Figura 37

Ecuación para determinación de cortante en la base

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

Donde:

- V: Fuerza cortante en la Base
- Z: Factor zona
- U: Factor de uso (Categoría de las edificaciones)
- C: Factor de amplificación sísmica
- S: Factor de suelo
- R: Coeficiente de reducción sísmica
- P: Peso de la edificación

Nota. Fuente Norma Técnica E.030

a) Factor de zona (Z)

Consideración de la zona de edificación:

Departamento : Arequipa

Provincia : Arequipa

Distrito : Yura

Tabla 16*Coeficiente de zona de la edificación*

Factor de suelo "S"	
Suelo	S_3
Zona	Z_3
	1.2

Nota. Fuente: Norma E.030

b) Factor de uso (U)

Tabla 17*Jerarquía de construcción*

Clase de edificación	Descripción	Factor U
Edificaciones Comunes "C"	Vivienda Multifamiliar	1,0

Nota. Fuente Norma E.030

c) Factor de suelo (S)

Tabla 18*Coef. suelo de estructura*

Zona	Factor Z
3	0.35

Nota. Fuente Norma Técnica E.030

- ✓ Coeficiente de suelo tipo $S_3 = 1,20$

d) Periodos (T_p) y (T_L)

- ✓ El presente proyecto cuenta con suelo tipo S_3 entonces:

- $T_p = 1,0$ y $T_L = 1,6$

e) Coeficiente de ampliación sísmica (C)

✓ T_p : Fase fundamental del suelo $T_p = 1,0$

✓ T : Fase fundamental del suelo $T_p = \frac{h_n}{c_t}$

- T : Periodo fundamental del suelo $h_n = 31,10$ m

- $T_p = 60$ (para estructuras de albañilería, muros estructurales y de ductilidad limitada).

$$T_x = T_y = \frac{31,10}{60} = 0,518 \text{ s}$$

- $T_x = T_y = 0,518 \text{ s} < T_p = 1,0$

- El dato de ampliación sísmico $C = 2,5$

- Debido a que $T_x = T_y < T_p$ ampliación de sismo será si el valor es igual a 2,5, se concluye que el valor obtenido para amplificación de sismo en ambas direcciones tanto en X como en Y es igual a 2,5.

✓ También se debe de contemplar lo siguiente:

$$\frac{C}{R} \geq 0,11$$

$$\frac{C}{R} = \frac{2,5}{7} = 0,357 \geq 0,11 \dots \text{oK}$$

f) Factor de disminución de esfuerzos sísmicos (R)

✓ Realizando la verificación correspondiente se observa una estructura de edificación dual de concreto armado en dos sentidos, tanto en la orientación X-X como en la dirección Y-Y, donde los esfuerzos cortantes de las paredes son más elevados que el 20% y mucho menores que el 70% del esfuerzo cortante con respecto a cimentación del edificio.

Tabla 19

Factor de coeficientes de disminución básicos

Sistemas Estructurales
Sistema Estructural

	Coeficiente básico de reducción R_0
Concreto Armado:	
Dual	7

Nota. Fuente Norma Técnica E.030

6.1.4.2. Evaluación de la masa (P)

Para cuantificar la masa, se suman el peso total de la estructura, su peso permanente y la proporción de carga viva o sobrecarga.

Dado que el edificio considerado está clasificado como de tipo (C), se absorberá el 25% de la carga viva.

Tabla 20

Información C.M. y C.V.

Casos de carga	Peso (ton)
100	

Nota. Fuente Software Etabs 2016

$$P = 6,166.60 \text{ Ton}$$

6.1.4.3. Energía cortante en la cimentación

- $Z_3 = 0,35$
- $U = 1,00$
- $S_3 = 1,20$
- $C = 2,5$
- $R_x = R_y = R_0 \cdot I_a \cdot I_p = 7.00$

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P = \frac{0,35 \cdot 1,0 \cdot 2,5 \cdot 1,0}{7.00} \cdot 6166.60$$

$$V = 770.83 \text{ ton}$$

6.1.4.4. Formas de vibración

Las formas de vibración se encuentran en diferentes direcciones se consideran cuando su peso efectivo representa al menos el 90% del peso total; sin embargo, en la dirección de análisis se considerarán al menos los tres primeros modos principales.

Para la edificación actual, se tienen en cuenta con tres niveles de vibración por piso, lo que da como resultado un dato 36 niveles de periodo de vibración.

Figura 38

Configurar modos de vibración

Modal Case Data

General

Modal Case Name: Modal

Modal Case Sub Type: Eigen

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: 100%CM+25%CV

P-Delta/Nonlinear Stiffness

Use Preset P-Delta Settings

Use Nonlinear Case (Loads at End of Case NOT Included)

Nonlinear Case:

Loads Applied

Advanced Load Data Does NOT Exist

Other Parameters

Maximum Number of Modes: 36

Minimum Number of Modes: 20

Frequency Shift (Center): 0 cyc/sec

Cutoff Frequency (Radius): 0 cyc/sec

Convergence Tolerance: 1E-09

Allow Auto Frequency Shifting

OK Cancel

Nota. Fuente Software Etabs 2016

6.1.4.5. Aceleración espectral

Figura 39

Aceleración del espectro

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

Donde:

- Z: Factor zona $Z_3 = 0,35$
- U: Factor de uso (Categoría de las edificaciones) $U = 1,00$
- C: Factor de amplificación sísmica $C = 2,5$
- S: Factor de suelo $S_3 = 1,20$
- R: Coeficiente de reducción sísmica $R_x = R_y = 7$
- g: Gravedad $g = 9.71 \text{ m/s}^2$
- T: Periodo de vibración de la estructura

Nota. Fuente Norma Técnica E.030

$$S_{ax} = S_{ay} = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

Tabla 21

Espec. A.D.

C	T (s)	Sa (X)	Sa (Y)
2.500	0.00	1.4715	1.4715
2.500	0.02	1.4715	1.4715
2.500	0.04	1.4715	1.4715
2.500	0.06	1.4715	1.4715
2.500	0.08	1.4715	1.4715
2.500	0.10	1.4715	1.4715
2.500	0.12	1.4715	1.4715
2.500	0.14	1.4715	1.4715
2.500	0.16	1.4715	1.4715
2.500	0.18	1.4715	1.4715
2.500	0.20	1.4715	1.4715
2.500	0.25	1.4715	1.4715

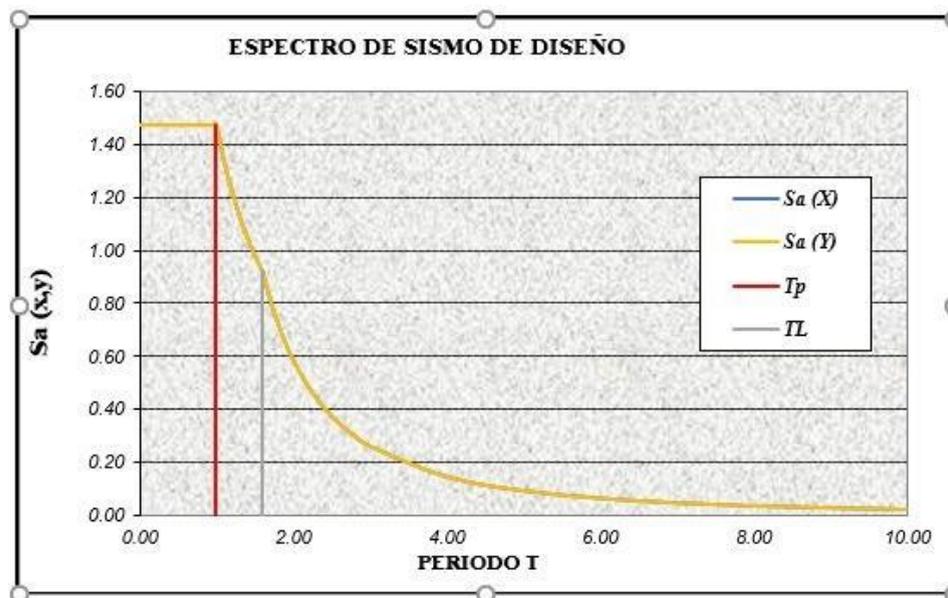
2.500	0.30	1.4715	1.4715
2.500	0.35	1.4715	1.4715
2.500	0.40	1.4715	1.4715
2.500	0.45	1.4715	1.4715
2.500	0.50	1.4715	1.4715
2.500	0.55	1.4715	1.4715
2.500	0.60	1.4715	1.4715
2.500	0.65	1.4715	1.4715
2.500	0.70	1.4715	1.4715
2.500	0.75	1.4715	1.4715
2.500	0.80	1.4715	1.4715
2.500	0.85	1.4715	1.4715
2.500	0.90	1.4715	1.4715
2.500	0.95	1.4715	1.4715
2.500	1.00	1.4715	1.4715
2.273	1.10	1.3377	1.3377
2.083	1.20	1.2263	1.2263
1.923	1.30	1.1319	1.1319
1.786	1.40	1.0511	1.0511
1.667	1.50	0.9810	0.9810
1.563	1.60	0.9197	0.9197
1.384	1.70	0.8147	0.8147
1.235	1.80	0.7267	0.7267
1.108	1.90	0.6522	0.6522
1.000	2.00	0.5886	0.5886
0.826	2.20	0.4864	0.4864
0.694	2.40	0.4088	0.4088

0.592	2.60	0.3483	0.3483
0.510	2.80	0.3003	0.3003
0.444	3.00	0.2616	0.2616
0.250	4.00	0.1472	0.1472
0.160	5.00	0.0942	0.0942
0.111	6.00	0.0654	0.0654
0.082	7.00	0.0480	0.0480
0.063	8.00	0.0368	0.0368
0.049	9.00	0.0291	0.0291
0.040	10.00	0.0235	0.0235

Nota. Desarrollado por los tesistas

Figura 40

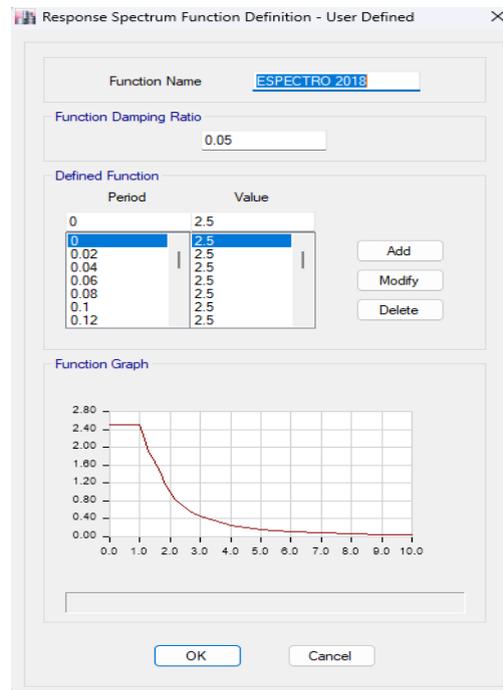
Espectro de aceleración



Nota. Desarrollado por los tesistas

Figura 41

Espectro del modelo

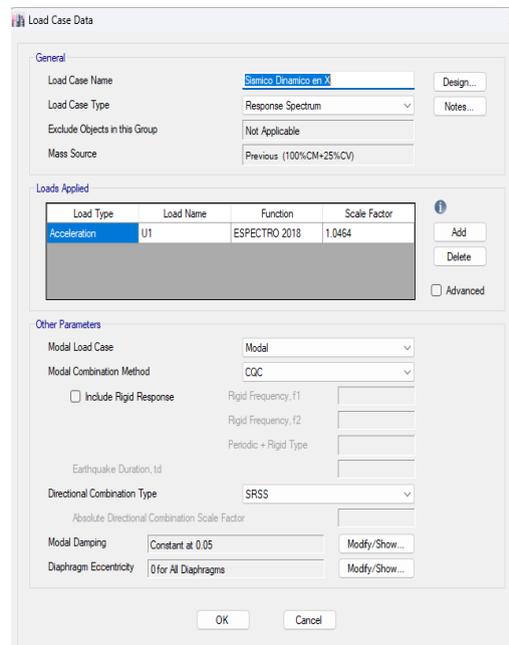


Nota. Fuente Software Etabs 2016

6.1.4.6. Pesos de sismo por aceleramiento

Figura 42

A.D. en X



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 43*A.D. en Y*

Load Case Data

General

Load Case Name: Sismo Dinamico en Y [Design...]

Load Case Type: Response Spectrum [Notes...]

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (100%CM+25%CV)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	ESPECTRO 2018	0.7848

[Add] [Delete] [Advanced]

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: []

Rigid Frequency, f2: []

Periodic + Rigid Type: []

Earthquake Duration, t_d: []

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor: []

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Nota. Fuente Software Etabs 2016**6.1.4.7. Desplazamientos laterales relativos admisibles****Figura 44***Otorgamiento derivas control en X*

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: Deriva en X

Combination Type: Linear Add

Notes: [Modify/Show Notes...]

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Sismo Dinamico en X	3.3469

[Add] [Delete]

[OK] [Cancel]

Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 45

Otorgamiento derivas control en Y

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: Deriva en Y

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Sismico Dinamico en Y	4.4625

Add

Delete

OK Cancel

Nota. Fuente Software Etabs 2016

6.1.4.8. Identificación de sismos dinámicos en XX y YY

Figura 46

combinación 25% C.V. de la edificación y 100% C.M.

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: PESO: 100%CM+25%CV

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Dead	1
Live	0.25

Add

Delete

OK Cancel

Nota. Fuente Software Etabs 2016

6.1.5. IDENTIFICACIÓN DE LAS IRREGULARIDADES SEGÚN PATRÓN PERUANO E.030

Después de completar seguimos verificando los resultados del modelamiento estructural, como desplazamientos, periodos, en el análisis sísmico dinámico.

6.1.5.1. Irregularidad de altura según norma E. 030

a) Irregularidad de rigidez - piso blando:

Tabla 22

Comprobación anomalías de R.S. en "X"

Piso Blando en X-X (0.75)						
Table: Story Stiffness			Irregularidad de Rigidez			
Story	Stiffness x	Rigidez lateral de entrepiso (ki)	70% x ki	Irregularidad	80% x (promedio ki)	Irregularidad
		tonf/m	tonf/m		tonf/m	
tanque elevado	12705.986	12705.986	8894.1902	no existe	10164.7888	no existe
10° piso	74036.909	61330.923	42931.6461	no existe	29614.7636	no existe
9° piso	125146.214	51109.305	35776.5135	si existe	33372.3237	si existe
8° piso	154455.762	29309.548	20516.6836	si existe	37799.9403	si existe
7° piso	172004.082	17548.32	12283.824	no existe	26124.5795	si existe
6° piso	184447.113	12443.031	8710.1217	no existe	15813.5731	si existe
5° piso	195509.808	11062.695	7743.8865	no existe	10947.7456	no existe
4° piso	208647.885	13138.077	9196.6539	no existe	9771.6808	no existe
3° piso	227845.995	19198.11	13438.677	no existe	11573.0352	no existe
2° piso	255501.812	27655.817	19359.0719	no existe	15997.8677	no existe
1° piso	282049.82	26548.008				

Nota. Desarrollado por los tesistas

Tabla 23*Comprobación anomalías R.S. en "Y"*

Piso Blando en Y-Y (0.75)						
Table: Story Stiffness			Irregularidad de Rigidez			
Story	Stiffness y	Rigidez	70% x ki	Irregularidad	80% x	Irregularidad
		lateral de			(promedio	
	tonf/m	tonf/m	tonf/m	No/Si	tonf	No/Si
Tanque elevado	8995.484	8995.484	6296.839	NO existe	5037.471	NO existe
10° Piso	58009.13	49013.646	34309.552	NO existe	16242.556	NO existe
9° Piso	101295.681	43286.551	30300.586	SI existe	18908.527	NO existe
8° Piso	129979.17	28683.489	20078.442	NO existe	22583.621	SI existe
7° Piso	150975.844	20996.674	14697.672	NO existe	17353.787	SI existe
6° Piso	168196.584	17220.74	12054.518	NO existe	12488.169	NO existe
5° Piso	183660.449	15463.865	10824.706	NO existe	10020.505	NO existe
4° Piso	199652.92	15992.471	11194.73	NO existe	9086.388	NO existe
3° Piso	222126.009	22473.089	15731.162	NO existe	10066.826	NO existe
2° Piso	251961.555	29835.546	20884.882	NO existe	12749.54	NO existe
1° Piso	287288.179	35326.624				

Nota. Desarrollado por los tesisistas

Realizada las verificaciones, la edificación no muestra irregularidades por piso blando, lo que corresponde a una estimación de valor de:

$$I_a = 1$$

b) Desigualdades de resistencia - piso débil:

Tabla 24*Evaluación de irregularidades de P. endeble en "X"*

Piso Débil en X-X (0.75)

Table: Story Stiffness			Irregularidades de Resistencia	
Story	Shear x	Resistencia de Entrepiso (ri)	80% x ri	Irregularidad
	tonf	tonf/m	tonf/m	No/Si
Tanque elevado	9.539	9.539	7.6312	NO existe
10° Piso	75.8323	75.8323	60.6658	NO existe
9° Piso	151.8801	151.8801	121.5041	NO existe
8° Piso	218.6852	218.6852	174.9482	NO existe
7° Piso	277.1993	277.1993	221.7594	NO existe
6° Piso	327.8672	327.8672	262.2938	NO existe
5° Piso	370.8733	370.8733	296.6986	NO existe
4° Piso	406.1565	406.1565	324.9252	NO existe
3° Piso	433.4499	433.4499	346.7599	NO existe
2° Piso	452.532	452.532	362.0256	NO existe
1° Piso	463.4632	463.4632		

Nota. Desarrollado por los tesistas

Tabla 25

Evaluación de irregularidades de P. endeble en "Y"

Piso Débil EN X-X (0.75)				
Table: Story Stiffness			Irregularidades de Resistencia	
Story	Shear X	Resistencia de Entrepiso (Ri)	80% x Ri	Irregularidad
	tonf	tonf/m	tonf/m	No/Si
Tanque elevado	9.539	9.539	7.6312	NO existe
10° Piso	75.8323	75.8323	60.6658	NO existe
9° Piso	151.8801	151.8801	121.5041	NO existe

8° Piso	218.6852	218.6852	174.9482	NO existe
7° Piso	277.1993	277.1993	221.7594	NO existe
6° Piso	327.8672	327.8672	262.2938	NO existe
5° Piso	370.8733	370.8733	296.6986	NO existe
4° Piso	406.1565	406.1565	324.9252	NO existe
3° Piso	433.4499	433.4499	346.7599	NO existe
2° Piso	452.532	452.532	362.0256	NO existe
1° Piso	463.4632	463.4632		

Nota. Desarrollado por los tesisistas

De la verificación la edificación En los pisos 1 y 2, el sistema estructural es discontinuo, mientras que en los demás pisos es típico. Se puede inferir que no hay irregularidades en los pisos débiles, lo que significa que por lo general le corresponde el valor de:

$$I_a = 1$$

c) Desigualdades de masa o peso:

Tabla 26

Justificación de irregularidades en peso

Irregularidad Estructural en Altura				
Table: Story Forces			Irregularidad de Masa o Peso (0.90)	
Story	P	Peso/nivel	1.5 x Peso/nivel	Irregularidad
	tonf	tonf	tonf	No/Si
Tanque elevado	64.918	64.918		
10° Piso	458.4575	393.5395		
9° Piso	929.2815	470.824	706.236	NO existe
8° Piso	1400.1055	470.824	706.236	NO existe
7° Piso	1870.9294	470.8239	706.2359	NO existe

6° Piso	2341.7534	470.824	706.236	NO existe
5° Piso	2812.5774	470.824	706.236	NO existe
4° Piso	3283.4014	470.824	706.236	NO existe
3° Piso	3754.2254	470.824	706.236	NO existe
2° Piso	4230.1074	475.882	713.823	NO existe
1° Piso	4746.3555	516.2481	774.3722	NO existe
Sótano 01	5425.8409	679.4854		
Sótano 02	6166.6046	740.7637		
		4746.3555		

Nota. Desarrollado por los tesisistas

Realizada la comprobación se determina que la edificación no muestra anomalías en su masa o peso, por lo que se ajusta a la norma, una estimación de valor de:

$$I_a = 1$$

d) Irregularidad geométrica vertical:

De la verificación la edificación en los pisos 1 y 2, el sistema estructural es discontinuo, mientras que en los demás pisos es típico. Se puede inferir que no se tiene irregularidad geométrica vertical, lo que significa que su valor normal es:

$$I_a = 1$$

e) Discontinuidad de los sistemas resistentes:

De la verificación la edificación en los pisos 1 y 2, el sistema estructural es discontinuo, mientras que en los demás pisos es típico. Se puede inferir que los sistemas resistentes no muestran irregularidades, lo que indica que su valor normal es de:

$$I_a = 1$$

6.1.5.2. Desigualdad de planta según la norma E. 030

a) Irregularidad torsional:

Tabla 27*Evaluación alteración tor. sísmica "X"*

Torsión en X-X				
Table: Diafragma Deriva máxima/media			I. Torsional	I. Torsional Extrema
Story	Desviación Máxima	Relación	alteración	alteración
			>1.3	>1.5
10° Piso	0.0023	1.186	NO existe	NO existe
9° Piso	0.0027	1.201	NO existe	NO existe
8° Piso	0.0032	1.218	NO existe	NO existe
7° Piso	0.0037	1.235	NO existe	NO existe
6° Piso	0.0042	1.249	NO existe	NO existe
5° Piso	0.0045	1.26	NO existe	NO existe
4° Piso	0.0046	1.27	NO existe	NO existe
3° Piso	0.0046	1.276	NO existe	NO existe
2° Piso	0.0042	1.28	NO existe	NO existe
1° Piso	0.0031	1.266	NO existe	NO existe

Nota. Desarrollado por los tesistas

Tabla 28*Evaluación alteración tor. sísmica "Y"*

Torsión EN Y-Y				
TABLE: Diafragma Deriva máxima/media			I. Torsional	I. Torsional Extrema
Story	Desviación Máxima	Ratio	Irregularidad	Irregularidad
			>1.3	>1.5
10° Piso	0.003	1.021	NO existe	NO existe
9° Piso	0.0034	1.008	NO existe	NO existe
8° Piso	0.0038	1	NO existe	NO existe
7° Piso	0.0041	1.005	NO existe	NO existe

6° Piso	0.0044	1.01	NO existe	NO existe
5° Piso	0.0046	1.014	NO existe	NO existe
4° Piso	0.0047	1.02	NO existe	NO existe
3° Piso	0.0046	1.03	NO existe	NO existe
2° Piso	0.0042	1.046	NO existe	NO existe
1° Piso	0.0031	1.08	NO existe	NO existe

Nota. Desarrollado por los testistas

Tabla 29

Límites distorsión entrepiso

Tabla N° 11	
Límites para la Distorsión del Entrepiso	
Material Predominante	
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 Técnica E.030

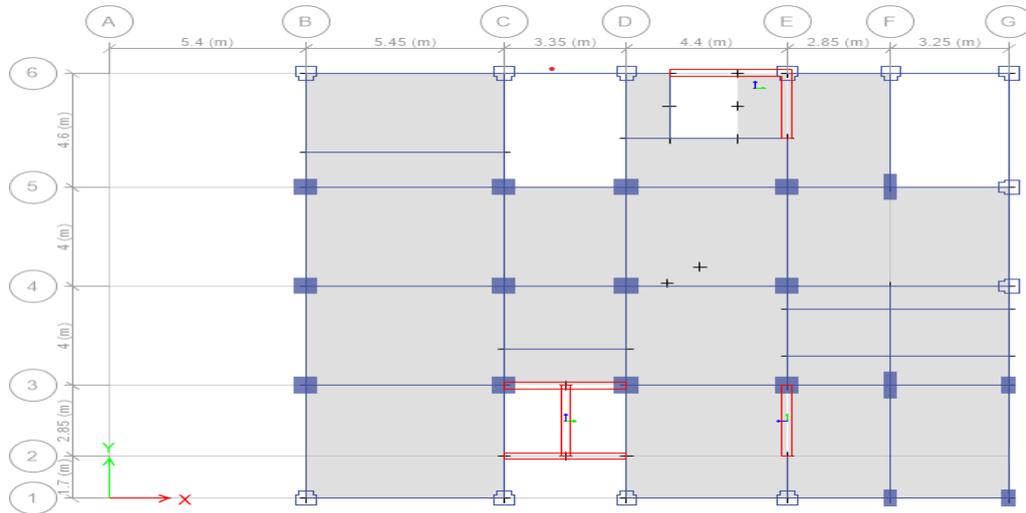
Realizada las verificaciones se determina que la edificación no muestra irregularidades torsionales, lo que normalmente le corresponde a un equivalente igual a:

$$I_p = 1,00$$

b) Irregularidad por esquinas entrantes:

Figura 47

Verificar las irregularidades en las esquinas entrantes



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Tabla 30

Verificación de la irregularidad esquinas entrantes

Irregularidad Esquinas Entrantes (0.90)					
Esquina Entrante	Longitud Total en (X)	Esquinas Entrantes (X)	Longitud Total en (Y)	Esquinas Entrantes (Y)	Irregularidad
	m	m	m	m	No/Si
Tragaluz de 3.35m x 4.60m	19.3	3.35	17.15	4.6	NO existe
Tragaluz de 3.25m x 4.60m	19.3	3.25	17.15	4.6	NO existe
Tragaluz de 3.35m x 1.70m	19.3	3.35	17.15	1.7	NO existe

Nota. Desarrollado por los tesisistas

La vista en planta de nuestra construcción no contiene esquinas entrantes debido a las diferencias de tamaño, por lo que suele corresponder a una estimación de valor de:

$$I_p = 1,00$$

c) Irregularidad por discontinuidad de diafragma:

Actualmente, el proyecto no presenta aberturas significativas en las losas, y estas aberturas son constantes desde el piso 3, lo que significa que no hay irregularidades por discontinuidad de diafragma. Por lo tanto, se espera que el valor del proyecto sea aproximadamente:

$$I_p = 1,00$$

d) Irregularidad por sistemas no paralelos:

El presente proyecto debido a que su geometría no presenta irregularidades en sistemas no paralelos, su valor normalmente se estima en:

$$I_p = 1,00$$

Se ha comprobado que la altura y la planta de nuestro edificio son regulares tras verificar diversas irregularidades en la altura y la planta, así como terremotos dinámicos "X" e "Y". El coeficiente de reducción sísmica (R) debe calcularse seleccionando el valor más bajo entre los numerosos valores obtenidos:

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p = 7 \times 1 \times 1 = 7.00$$

6.1.6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DINÁMICO

a) Participación modal de masas con los modos de vibración principales en la edificación

Tabla 31

Masas participativas en los modos de vibración

Modos Vibrantes				
TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
Caso	Modo	Periodo	UX	UY
Modo	1	0.639	0.0015	0.7214
Modo	2	0.593	0.4645	0.0004
Modo	3	0.510	0.2666	0.0010
Modo	4	0.180	0.0005	0.1282
Modo	5	0.174	0.0636	0.0002

Modo	6	0.150	0.0591	0.0030
Modo	7	0.090	0.0010	0.0281
Modo	8	0.088	0.0183	0.0088
Modo	9	0.077	0.0203	0.0030
Modo	10	0.058	0.0001	0.0129
Modo	11	0.055	0.0086	0.0029
Modo	12	0.050	0.0087	0.0014
Modo	13	0.043	0.0004	0.0046
Modo	14	0.041	0.0001	0.0019
Modo	15	0.038	0.0055	0.0012
Modo	16	0.035	0.0027	0.0022
Modo	17	0.032	0.0000	0.0023
Modo	18	0.029	0.0028	0.0004
Modo	19	0.028	0.0011	0.0013
Modo	20	0.026	0.0001	0.0011
Modo	21	0.024	0.0014	0.0000
Modo	22	0.023	0.0000	0.0009
Modo	23	0.023	0.0005	0.0000
Modo	24	0.022	0.0000	0.0005
Modo	25	0.020	0.0007	0.0000
Modo	26	0.020	0.0000	0.0002
Modo	27	0.020	0.0001	0.0000
Modo	28	0.020	0.0000	0.0004
Modo	29	0.018	0.0001	0.0000
Modo	30	0.018	0.0000	0.0000
Modo	31	0.018	0.0002	0.0000
Modo	32	0.018	0.0000	0.0001

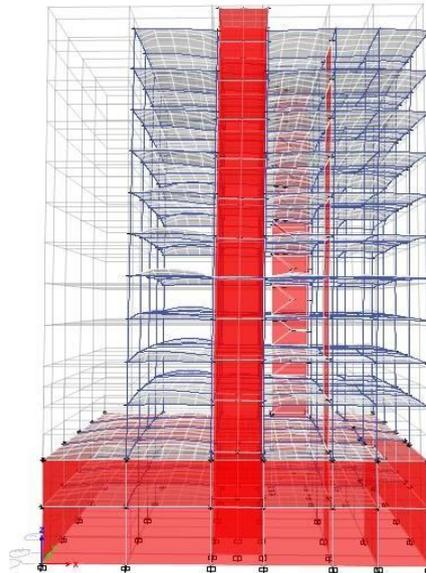
Modo	33	0.017	0.0000	0.0000
Modo	34	0.017	0.0001	0.0000
Modo	35	0.016	0.0000	0.0000
Modo	36	0.013	0.0000	0.0000

Nota. Desarrollado por los tesisistas

- ✓ El primer modo de vibración en el eje "X" es de traslación, teniendo un resultado de 0.639 s.
- ✓ El primer modo de vibración en el eje "Y" es de traslación, teniendo un resultado de 0.593 s.
- ✓ El primer modo de vibración en el eje "Z" es de traslación, teniendo un resultado de 0.510 s.

Figura 48

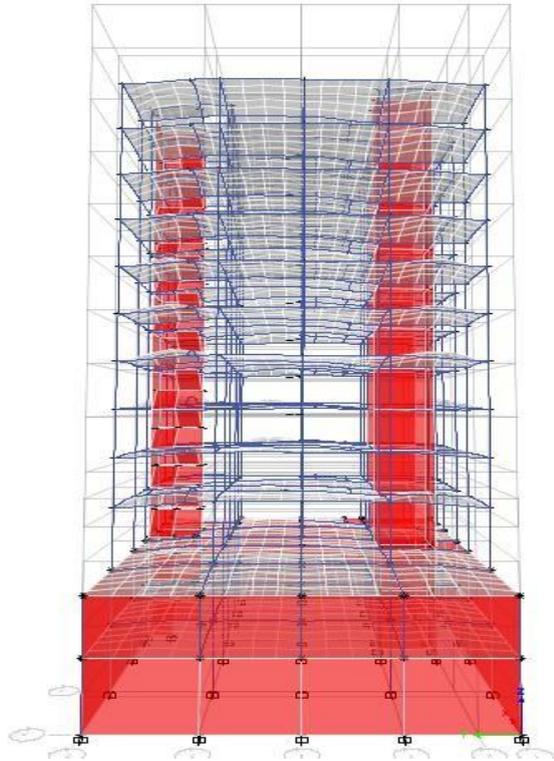
M. desplazamiento "X"



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 49

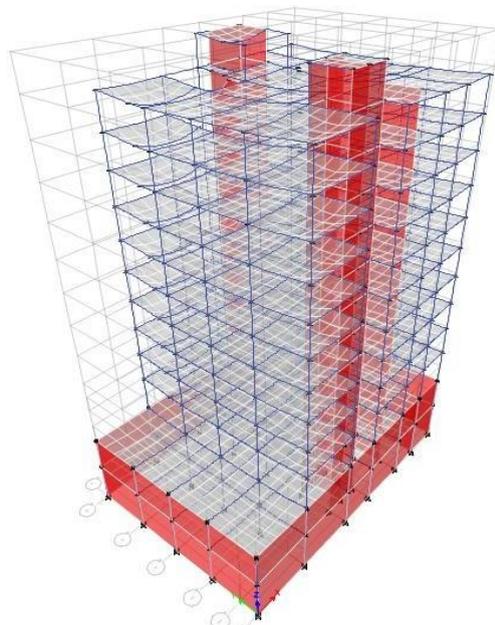
M. desplazamiento "Y"



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 50

M. desplazamiento "Z"



Nota. Fuente Software Etabs 2016

b) Desplazamientos laterales máximos

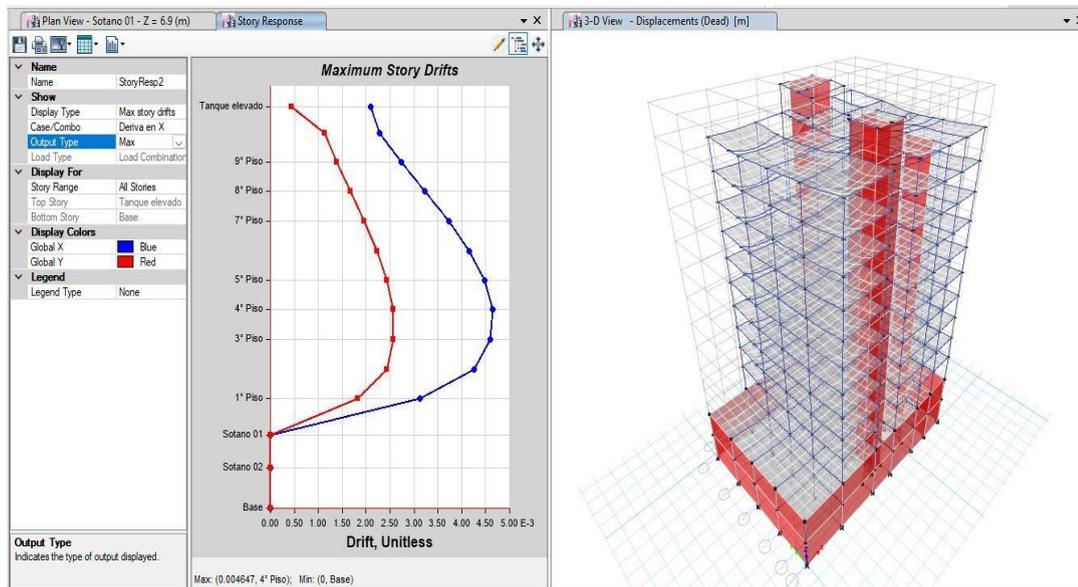
Tabla 32*Máximo D.L. "X"*

Deriva X-X						
Table: Story Drifts						
Story	Direction	Drift	Desplazamiento Relativo (cm)	Desplazamiento cm	Cumple/No cumple > 0.007	
Tanque elevado	X	0.0021	0.504	11.148	CUMPLE	
10° Piso	X	0.00228	0.638	10.643	CUMPLE	
9° Piso	X	0.00273	0.765	10.006	CUMPLE	
8° Piso	X	0.00323	0.906	9.241	CUMPLE	
7° Piso	X	0.00373	1.045	8.335	CUMPLE	
6° Piso	X	0.00416	1.165	7.291	CUMPLE	
5° Piso	X	0.00448	1.255	6.126	CUMPLE	
4° Piso	X	0.00465	1.301	4.871	CUMPLE	
3° Piso	X	0.0046	1.287	3.57	CUMPLE	
2° Piso	X	0.00425	1.19	2.282	CUMPLE	
1° Piso	X	0.00312	1.092	1.092	CUMPLE	

Nota. Desarrollado por los tesisistas

Figura 51

Desplazamiento máximo "X"



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Tabla 33

Máximo D.L. "Y"

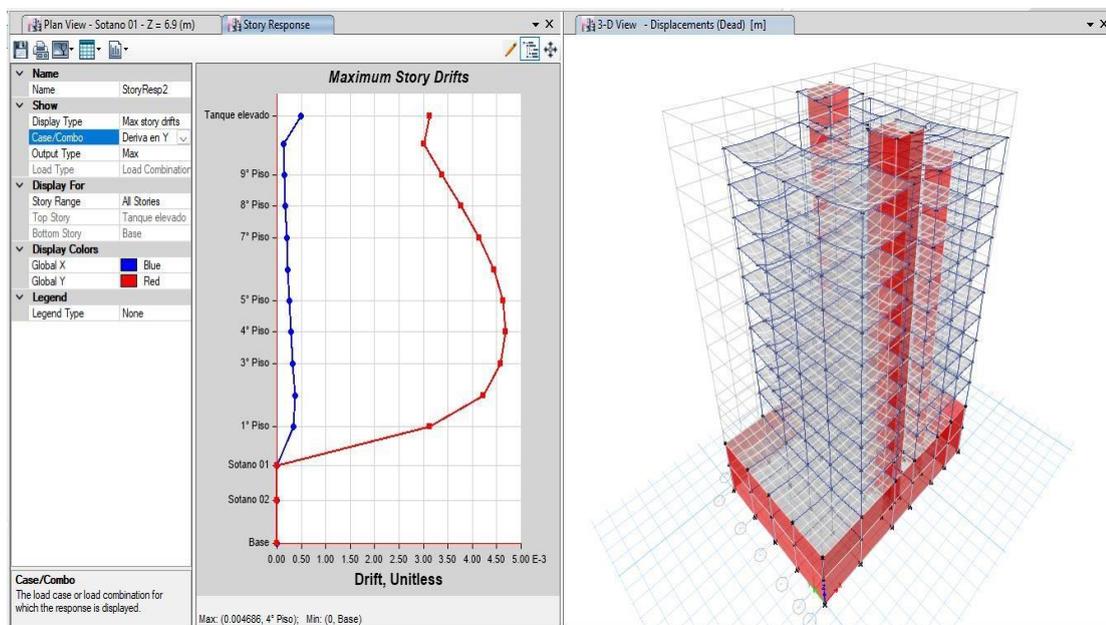
Deriva Y-Y					
Table: Story Drifts					
Story	Drift	Label	Desplazamiento Relativo (cm)	Desplazamiento	Cumple/No cumple
				cm	> 0.007
Tanque elevado	0.003118	105	0.748	12.164	CUMPLE
10° Piso	0.003005	16	0.841	11.416	CUMPLE
9° Piso	0.003382	162	0.947	10.575	CUMPLE
8° Piso	0.003758	162	1.052	9.628	CUMPLE
7° Piso	0.004142	111	1.16	8.575	CUMPLE
6° Piso	0.004443	111	1.244	7.416	CUMPLE
5° Piso	0.004633	111	1.297	6.172	CUMPLE

4° Piso	0.004686	111	1.312	4.874	CUMPLE
3° Piso	0.004576	111	1.281	3.562	CUMPLE
2° Piso	0.00423	167	1.184	2.281	CUMPLE
1° Piso	0.003133	167	1.097	1.097	CUMPLE

Nota. Desarrollado por los tesisistas

Figura 52

Desplazamiento máximo "Y"



Nota. Fuente Software Etabs 2016

- Se aprecia que para el sismo en el sentido "X" se tiene un resultado de traslación máximo lateral de 0.00465 en el piso 4, de tal manera se cumple con el control siendo este valor menor al valor indicado en la tabla 11 del R.N.E – E.030, el cual se encuentra en la tabla 29.
- Se aprecia que en el sentido "Y" se consigue un valor de desplazamiento máximo lateral de 0.00486 en el piso 4, de tal manera se cumple con el control siendo este valor menor al valor indicado en la tabla 11 del R.N.E – E.030, el cual se encuentra en la tabla 29.

c) Desplazamientos laterales máximos

Tabla 34*Desplazamientos adyacentes máximos en ambas direcciones*

	Cortante Estático	Cortante Dinámico	FE
X	711.953	463.463	1.229
Y	711.953	555.759	1.025

Nota. Desarrollado por los tesisistas

El artículo 29.4.1 establece que el cortante mecánico en edificios regulares no debe ser inferior al 80% del valor determinado en el artículo 25, y no debe ser inferior al 90% en estructuras irregulares. Este requisito debe confirmarse.

Si se cumple el análisis con los diferentes valores máximos que son establecidos en el reglamento, la estructura se construye según la Norma E.030.

CAPÍTULO VII ANÁLISIS DINAMICO CON INTERACCIÓN SUELO – ESTRUCTURA

7.1. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Para el presente cálculo del modelo dinámico de la edificación, se debe de tener en cuenta las diferentes características, así como las del suelo.

7.1.1. CARACTERÍSTICAS - EDIFICACIÓN

- Resistencia a la compresión del concreto $f'_c = 2800 \text{ Ton/m}^2$
- Módulo de elasticidad del concreto $E_c = 2509980 \text{ Ton/m}^2$
- Coeficiente de Poisson del concreto $\mu_c = 0.2$
- Losa de techo aligerada de espesor $e = 0.25$
- Platea de cimentación con dimensiones $26 \text{ m} \times 18 \text{ m} \times 1.15 \text{ m}$
- Profundidad de desplante Mayor a 1.8 m

7.1.2. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

- Tipo de suelo arena arcillosa de baja plasticidad
- Módulo de elasticidad del suelo $E_s = 20 \text{ MPa} \text{ ó } 2000 \text{ Ton.m}^2$
- Densidad del suelo $\rho_s = 0.1 \text{ T. s}^2/\text{m}^4$
- Coeficiente de Poisson del suelo $\mu_c = 0.35$
- Capacidad portante del suelo $q_a = 1.94 \text{ kg/cm}^2$
- Metrado de cargas, pesos por piso:

Tabla 35

Reparto de peso por pisos

NIVEL	PESO (Ton)
Tanque elevado	64.92
10° Piso	393.54
9° Piso	470.82
8° Piso	470.82
7° Piso	470.82
6° Piso	470.82
5° Piso	470.82

4° Piso	470.82
3° Piso	470.82
2° Piso	475.88
1° Piso	516.25
Sótano 01	679.49
Sótano 02	740.76
TOTAL	6166.6046

Nota. Desarrollado por los tesistas

7.1.3. DETERMINACIÓN DE LA MASA DE LA PLATEA

Los pesos rotacionales en relación con los ejes de contacto con el suelo-plata y los pesos traslacionales en relación con los ejes centroidales se denominan X', Y' y Z'. Se calcula con las siguientes formulas.

$$M_t = M_x = M_y = M_z = \frac{2.4 * 26 * 18 * 1.15}{9.81} = 131.67 \text{ (T. s}^2\text{/m)}$$

$$M_{\varphi x'} = 131.67 * \left(\frac{1.15^2}{2}\right) + \frac{131.67 * 18^2}{12} = 3598.62 \text{ (T. s}^2\text{/m)}$$

$$M_{\varphi y'} = 131.67 * \left(\frac{1.15^2}{2}\right) + \frac{131.67 * 26^2}{12} = 7460.93 \text{ (T. s}^2\text{/m)}$$

$$M_{\varphi z'} = \frac{131.67(26^2 + 18^2)}{12} = 10972.48 \text{ (T. s}^2\text{/m)}$$

Tabla 36

Masas platea

M_x	M_y	M_z	$M_{\varphi x'}$	$M_{\varphi y'}$	$M_{\varphi z'}$
(T. s ² /m)					
131.67	131.67	131.67	3598.62	7460.93	10972.48

Nota. Desarrollado por los tesistas

7.1.4. CÁLCULOS DEL COEFICIENTE DE RIGIDEZ

7.1.4.1. PATRÓN DINÁMICO BARKAN – SAVINOV

Para el presente cálculo de acuerdo con la tabla 2. Del (Villarreal, 2017) Asumimos un:

$$C_o = 0.8 \text{ Kg/cm}^2$$

Calculamos las dimensiones de la presión estática del suelo de la platea "p":

$$\rho = \frac{6,166.60 + 2.4 * 26 * 18 * 1.15}{26 * 18} = 15.94 \left(\frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} \right)$$

Se procede a calcular D_o por la siguiente formula:

$$D_o = \frac{1 - \mu}{1 - 0.5\mu} * C_o = \frac{1 - 0.35}{1 - 0.5 * 0.35} (800) = 630.30 \left(\frac{\text{Ton}}{\text{m}^3} \right)$$

Ahora se procede al cálculo de los coeficientes $M_x, M_z, M_{\varphi x}, M_{\varphi z}$ por la siguiente formula:

$$C_x = D_o * \left[1 + \frac{2(a+b)}{\Delta * A} \right] * \sqrt{\frac{\rho}{\rho_o}}$$

$$C_x = 630.30 * \left[1 + \frac{2(26+18)}{1 * 468} \right] * \sqrt{\frac{15.94}{2}} = 2,113.78 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$$

$$C_z = C_o * \left[1 + \frac{2(a+b)}{\Delta * A} \right] * \sqrt{\frac{\rho}{\rho_o}}$$

$$C_z = 800 * \left[1 + \frac{2(26+18)}{1 * 468} \right] * \sqrt{\frac{15.94}{2}} = 2,682.88 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$$

$$C_{\varphi x} = C_o * \left[1 + \frac{2(a+3b)}{\Delta * A} \right] * \sqrt{\frac{\rho}{\rho_o}}$$

$$C_{\varphi x} = 800 * \left[1 + \frac{2(26+3*18)}{1 * 468} \right] * \sqrt{\frac{15.94}{2}} = 3,030.30 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$$

$$C_{\varphi y} = C_o * \left[1 + \frac{2(b+3a)}{\Delta * A} \right] * \sqrt{\frac{\rho}{\rho_o}}$$

$$C_{\varphi y} = 800 * \left[1 + \frac{2(18+3*26)}{1 * 468} \right] * \sqrt{\frac{15.94}{2}} = 3,184.71 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$$

Ahora se determina los factores de rigidez $K_x, K_y, K_z, K_{\varphi x}, K_{\varphi y}$ con las siguientes formulas:

$$K_x = K_y = C_x * A = 2113.78 * 26 * 18 = 989,249.27 \left(\frac{T}{m}\right)$$

$$K_z = C_z * A = 2,682.88 * 26 * 18 = 1,255,585.61 \left(\frac{T}{m}\right)$$

$$K_{\varphi x} = C_{\varphi x} * I_x = 3,030.30 * \frac{26 * 18^3}{12} = 38,290,844.63 \text{ (T.m)}$$

$$K_{\varphi y} = C_{\varphi y} * I_y = 3,184.71 * \frac{18 * 26^3}{12} = 83,961,642.10 \text{ (T.m)}$$

7.1.4.2. PATRÓN DINÁMICO NORMA RUSA

Calculamos el factor de presión flexible uniforme con la siguiente formula:

$$C_z = b_o * E * \left(1 + \sqrt{\frac{A_{10}}{A}}\right) = 1.2 * 2000 * \left(1 + \sqrt{\frac{10}{468}}\right) = 2750.82 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$$

✓ Si $b_o = 1.2$ (Arenas arcillosas)

✓ Si $A_{10} = 10 \text{ m}^2$

Luego determinamos Los coeficientes de compresión elástica no uniforme, desplazamiento elástico no uniforme y desplazamiento elástico uniforme se calcularon utilizando las siguientes formulas:

$$C_x = 0.7 * C_z = 0.7 * 2750.823 = 1925.58 \left(\frac{T}{\text{m}^3}\right)$$

$$C_{\varphi x} = C_{\varphi y} = 2 * C_z = 2 * 2750.823 = 5501.65 \left(\frac{T}{\text{m}^3}\right)$$

$$C_{\varphi z} = C_z = 2750.82 \left(\frac{T}{\text{m}^3}\right)$$

Calculamos los coeficientes de rigidez con las siguientes formulas:

$$K_x = K_y = C_x * A = 1925.58 * 468 = 901,169.68 \left(\frac{T}{m}\right)$$

$$K_z = C_z * A = 2750.82 * 468 = 1,287,385.26 \left(\frac{T}{m}\right)$$

$$K_{\varphi x} = C_{\varphi x} * I_x = 5501.65 * \frac{26 * 18^3}{12} = 69,518,804.11 \text{ (Ton.m)}$$

$$K_{\varphi y} = C_{\varphi y} * I_y = 5501.65 * \frac{18 * 26^3}{12} = 145,045,406.10 \text{ (Ton. m)}$$

Las características de la amortiguación relativa de las vibraciones verticales pueden calcularse mediante la fórmula siguiente. β_z :

$$K_{\varphi z} = C_{\varphi z} * I_z = 2750.82 * \left(\frac{18 * 26^3}{12} + \frac{26 * 18^3}{12} \right) = 107,282,105.10 \text{ (Ton. m)}$$

$$\beta_z = 2 * \sqrt{\frac{E}{C_z * p_m}} = 2 * \sqrt{\frac{2000}{2750.82 * 19.4}} = 0.387$$

Donde:

$$p_m = 1 * 1.94 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) = 19.4 \left(\frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} \right)$$

Luego calculamos las amortiguaciones de vibraciones relativas rotacionales y verticales con las siguientes formulas:

$$\beta_x = 0.6 * \beta_z = 0.6 * 0.387 = 0.232$$

$$\beta_{\varphi x} = \beta_{\varphi y} = 0.5 * \beta_z = 0.5 * 0.387 = 0.194$$

$$\beta_{\varphi z} = 0.3 * \beta_z = 0.3 * 0.387 = 0.116$$

Posteriormente calculamos las propiedades de amortiguación mediante las siguientes ecuaciones:

$$B_x = B_y = 2 * \beta_x * \sqrt{K_x * M_x} = 2 * 0.232 * \sqrt{901,169.68 * 131.67}$$

$$B_x = B_y = 5,061.05 \text{ (T. s}^2\text{/m)}$$

$$B_z = 2 * \beta_z * \sqrt{K_z * M_z} = 2 * 0.387 * \sqrt{1,287,385.26 * 131.670}$$

$$B_z = 10,081.84 \text{ (T. s}^2\text{/m)}$$

$$B_{\varphi x} = 2 * \beta_{\varphi x} * \sqrt{K_{\varphi x} * M_{\varphi x}^F} = 2 * 0.194 * \sqrt{69,518,804.11 * 3598.62}$$

$$B_{\varphi x} = 193,656.32 \text{ (T. s}^2\text{/m)}$$

$$B_{\varphi y} = 2 * \beta_{\varphi y} * \sqrt{K_{\varphi y} * M_{\varphi y}^F} = 2 * 0.194 * \sqrt{145,045,406.10 * 7460.93}$$

$$B_{\varphi y} = 402,773.79 \text{ (T. s}^2\text{/m)}$$

$$B_{\varphi z} = 2 * \beta_{\varphi z} * \sqrt{K_{\varphi z} * M_{\varphi z}^F} = 2 * 0.116 * \sqrt{107,282,105.10 * 10972.48}$$

$$B_{\varphi z} = 252,046.12 \text{ (T. s}^2\text{/m)}$$

En las presentes tablas se muestra factores rígidos y las características de amortiguación para los dos patrones dinámicos.

Tabla 37

Factores de Rigidez

Modelo dinámico	K_x (T/m)	K_y (T/m)	K_z (T/m)	$K_{\varphi x}$ (T/m)	$K_{\varphi y}$ (T/m)	$K_{\varphi z}$ (T/m)
Barkan	989,249.27	989,249.27	1,255,585.61	38,290,844.63	83,961,642.10	-
Norma Rusa	901,169.68	901,169.68	1,287,385.26	69,518,804.11	145,045,406.10	107,282,105.10

Nota. Desarrollado por los tesisistas

Tabla 38

Coef. amortiguamiento

Modelo dinámico	B_x (T. s²/m)	B_y (T. s²/m)	B_z (T. s²/m)	$B_{\varphi x}$ (T. s²/m)	$B_{\varphi y}$ (T. s²/m)	$B_{\varphi z}$ (T. s²/m)
Norma Rusa	5,061.05	5,061.05	10,081.84	193,656.32	402,773.79	252,046.12

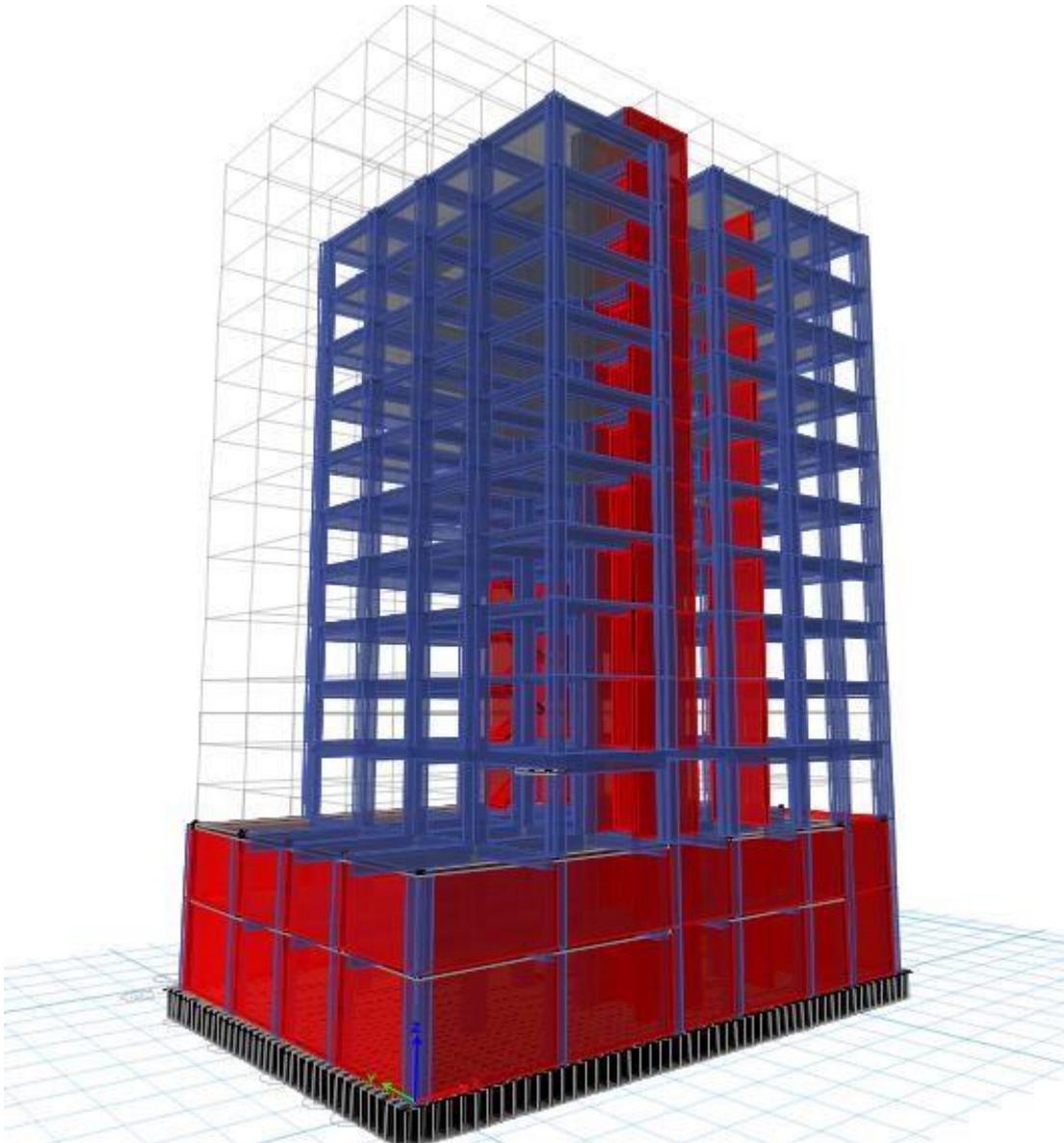
Nota. Desarrollado por los tesisistas

7.1.5. ASIGNACIÓN DE PUNTO EN EL CENTRO DE LA PLATEA

Ubicación del núcleo de la platea en un punto, donde se colocarán los pesos que se calcularon anteriormente; luego, se le asignará un resorte con los factores rígidos calculados, estas serán repartidas en el área de la platea.

Figura 53

Vista 3D Platea cimentación

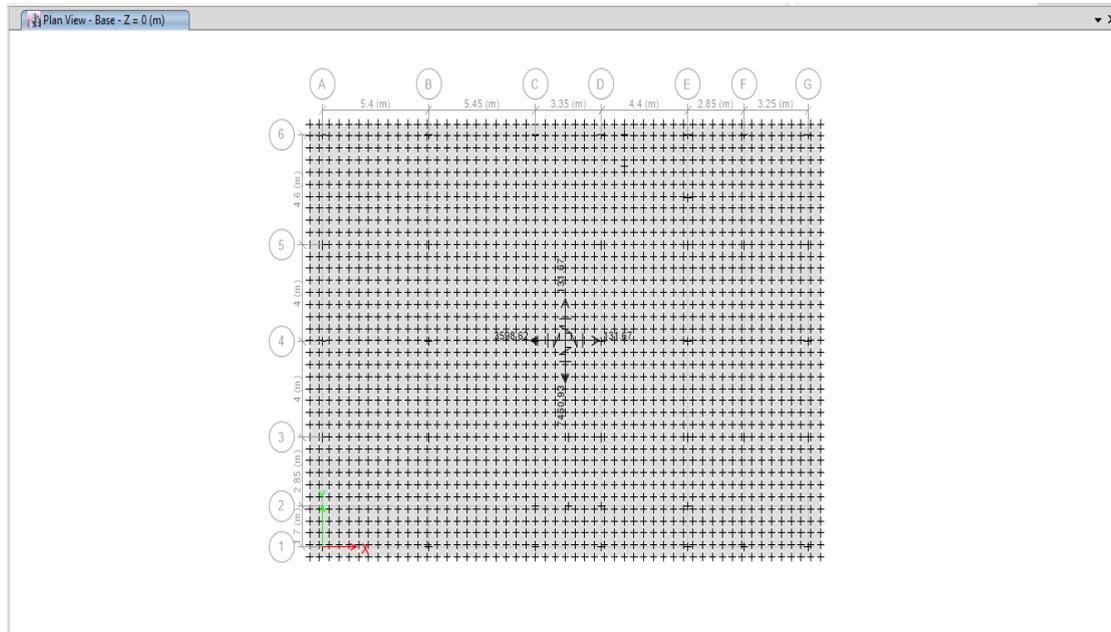


Nota. Fuente Software Etabs 2016

7.1.5.1. PATRÓN DINÁMICO BARKAN – SAVINOV

Figura 54

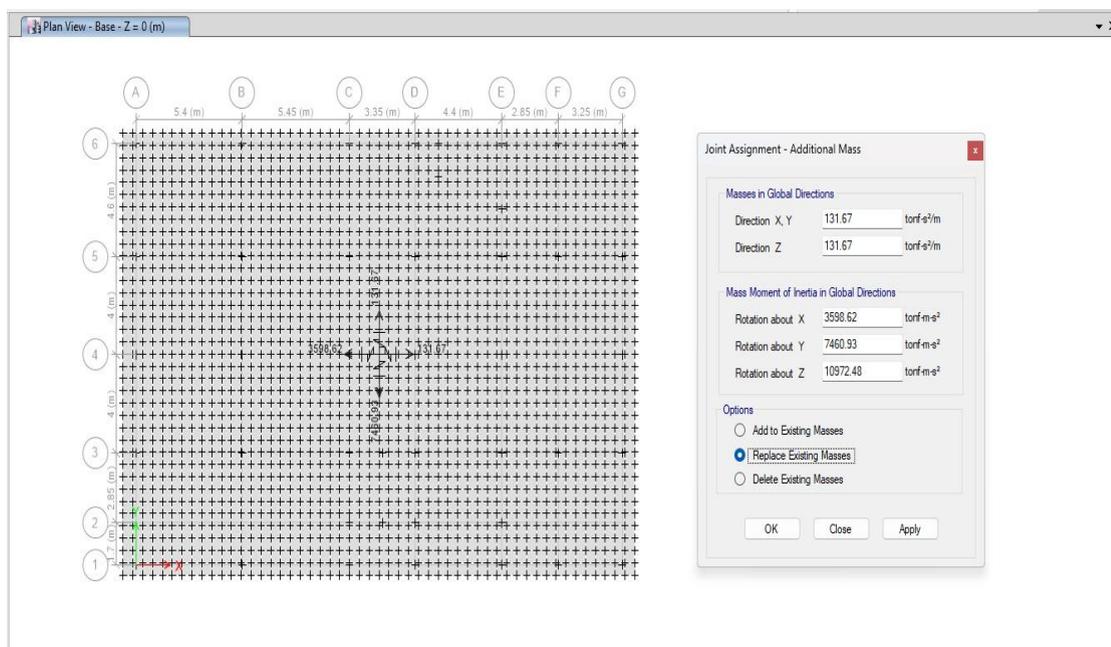
Otorgamiento resorte centro de platea



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 55

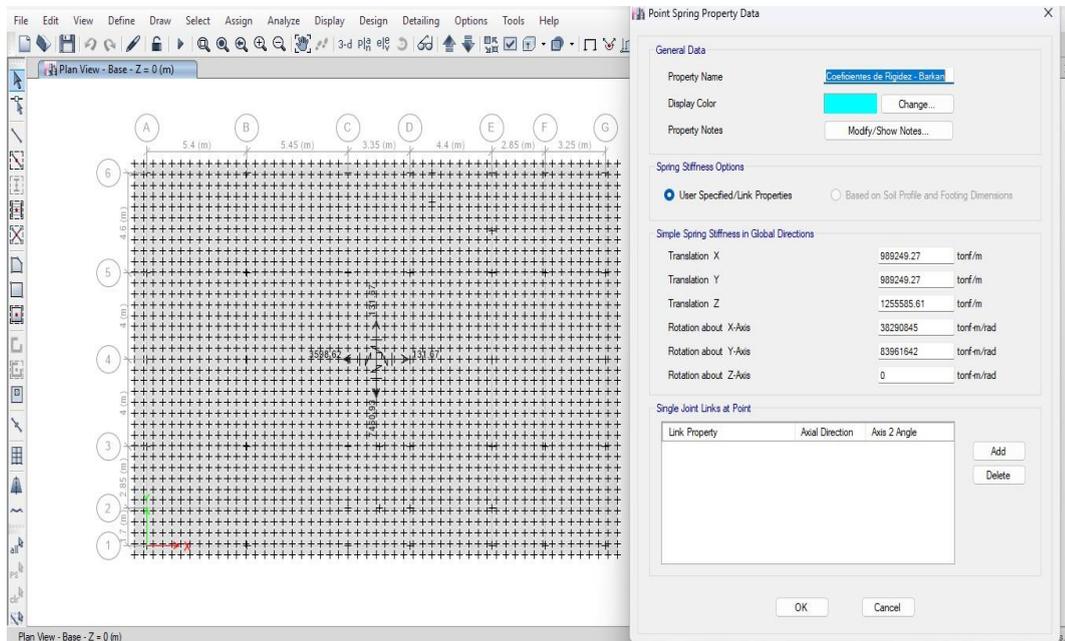
Asignación masas calculadas



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 56

Coeficientes de rigidez asignados calculados

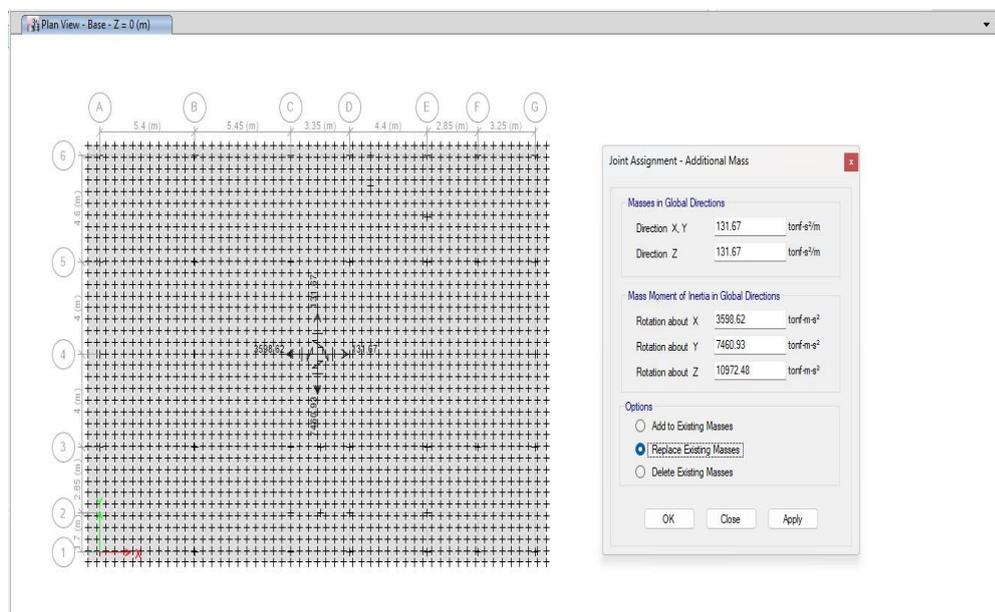


Nota. Fuente Software Etabs 2016

7.1.5.2. PATRON DINÁMICO NORMA RUSA

Figura 57

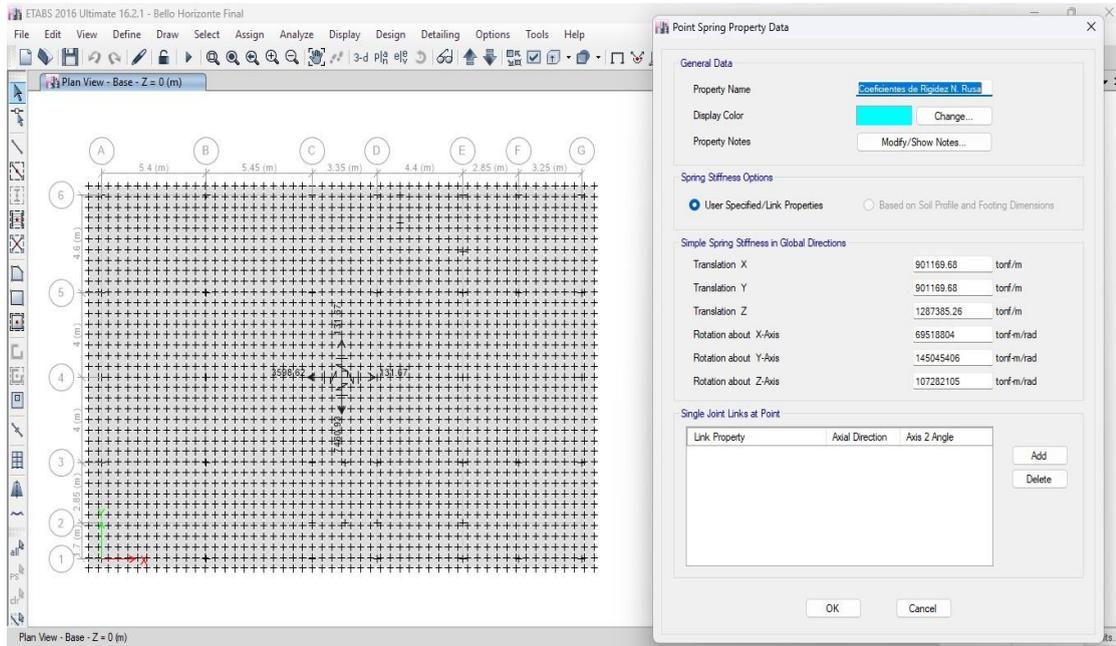
Asignación resorte centro de platea



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 58

Coefficientes rigidez asignados calculados



Nota. Fuente Software Etabs 2016

CAPÍTULO VIII ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

8.1. PERIODO DE VIBRACIÓN

De acuerdo a lo que se visualiza en la tabla 39 de una comparación entre los periodos de los modelos utilizados y esta a su vez se encuentra como se muestra en la imagen 59, los periodos se han incrementado en los patrones Barkan y Norma Rusa, cabe recordar que en estos dos se ha considerado la flexibilidad del suelo, en el modo 1 se puede visualizar la incrementación del periodo, se observa que el modelo empotrado tiene una frecuencia de 0.639 s, el patrón Barkan tiene una frecuencia de 0.674 s y el patrón de la Norma Rusa, una frecuencia de 0.667 s.

Tabla 39

Comparar períodos de modelos utilizados

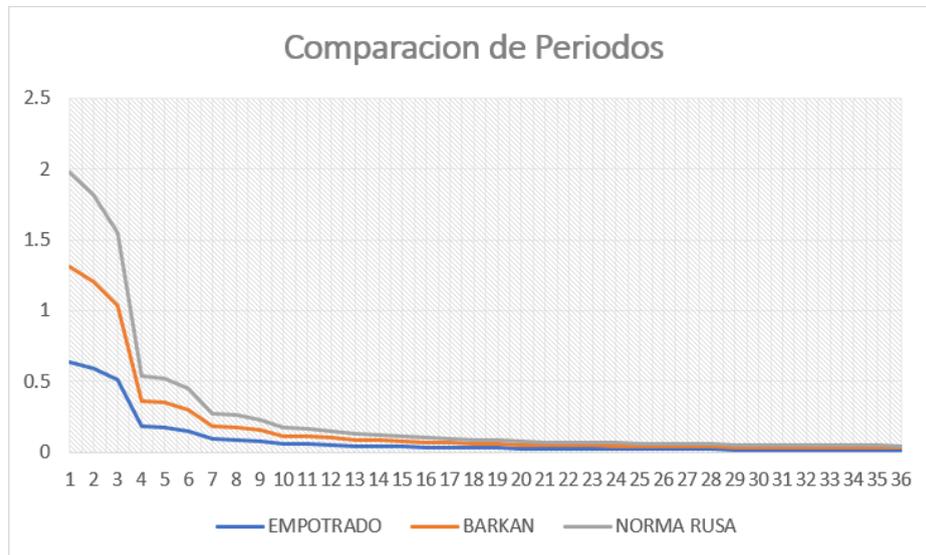
Modo	Comparación de Periodos		
	Empotrado	Barkan	Norma Rusa
1	0.639	0.674	0.667
2	0.593	0.612	0.608
3	0.51	0.522	0.52
4	0.18	0.18	0.18
5	0.174	0.174	0.174
6	0.15	0.15	0.15
7	0.09	0.09	0.09
8	0.088	0.088	0.088
9	0.077	0.077	0.077
10	0.058	0.058	0.058
11	0.055	0.055	0.055
12	0.05	0.05	0.05
13	0.043	0.043	0.043
14	0.041	0.041	0.041
15	0.038	0.038	0.038
16	0.035	0.035	0.035

17	0.032	0.032	0.032
18	0.029	0.029	0.029
19	0.028	0.028	0.028
20	0.026	0.026	0.026
21	0.024	0.024	0.024
22	0.023	0.023	0.023
23	0.023	0.023	0.023
24	0.022	0.022	0.022
25	0.02	0.02	0.02
26	0.02	0.02	0.02
27	0.02	0.02	0.02
28	0.02	0.02	0.02
29	0.018	0.018	0.018
30	0.018	0.018	0.018
31	0.018	0.018	0.018
32	0.018	0.018	0.018
33	0.017	0.017	0.017
34	0.017	0.017	0.017
35	0.016	0.016	0.016
36	0.013	0.015	0.015

Nota. Desarrollado por los tesistas

Figura 59

Comparación de intervalos de tiempo con los modelos utilizados



Nota. Desarrollado por los tesisistas

8.2. DESPLAZAMIENTOS

a) MODELO DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO

Se observa máximo desplazamiento 11.148 cm sentido de "X", 11.945 cm en sentido de "Y"

Tabla 40

Des. modelo empotramiento perfecto

sentido "X X"		Sentido "Y Y"	
Pisos	Desplazamiento (cm)	Pisos	Desplazamiento (cm)
Tanque elevado	11.148	Tanque elevado	11.945
10°	10.643	10°	11.197
9°	10.006	9°	10.355
8°	9.241	8°	9.408
7°	8.335	7°	8.356
6°	7.291	6°	7.196

5°	6.126	5°	5.952
4°	4.871	4°	4.655
3°	3.570	3°	3.343
2°	2.282	2°	2.062
1°	1.092	1°	0.877

Nota. Desarrollado por los tesisistas

b) PATRÓN DINÁMICO BARKAN – SAVINOV

Se observa una traslación máxima de 12.684 cm en el sentido "X" y de 13.604 cm en el sentido "Y".

Tabla 41

Desplazamientos Barkan – Savinov

Sentido "X X"		Sentido "Y Y"	
Pisos	Desplazamiento (cm)	Pisos	Desplazamiento (cm)
Tanque elevado	12.684	Tanque elevado	13.604
10°	12.067	10°	12.735
9°	11.300	9°	11.753
8°	10.399	8°	10.667
7°	9.349	7°	9.474
6°	8.154	6°	8.174
5°	6.833	5°	6.792
4°	5.421	4°	5.359
3°	3.964	3°	3.914
2°	2.528	2°	2.505
1°	1.207	1°	1.202

Nota. Desarrollado por los tesisistas

c) PATRÓN DINÁMICO NORMA RUSA

Se observa una traslación máxima de 12.416 cm en el sentido "X" y de 13.311 cm en el sentido "Y"

Tabla 42

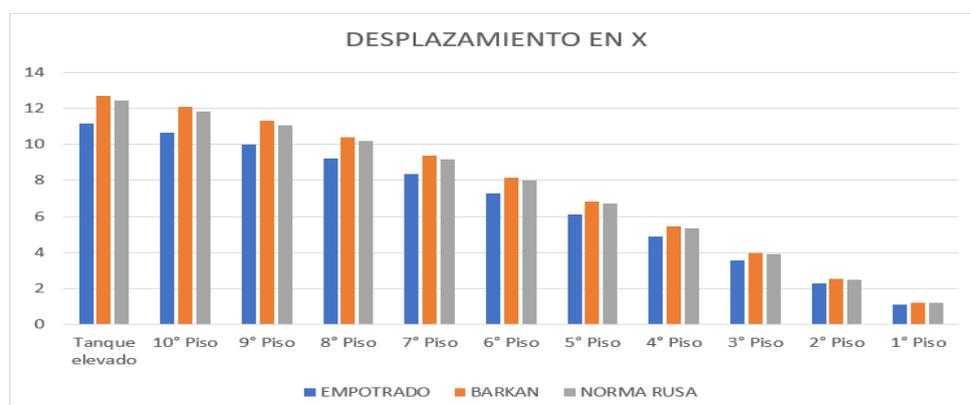
Desplazamientos modelo dinámico Norma Rusa

Sentido "X X"		Sentido "YY"	
Pisos	Desplazamiento (cm)	Pisos	Desplazamiento (cm)
Tanque elevado	12.416	Tanque elevado	13.311
10°	11.820	10°	12.467
9°	11.078	9°	11.514
8°	10.201	8°	10.457
7°	9.178	7°	9.293
6°	8.009	6°	8.022
5°	6.715	5°	6.668
4°	5.330	4°	5.262
3°	3.899	3°	3.844
2°	2.488	2°	2.461
1°	1.188	1°	1.181

Nota. Desarrollado por los tesisistas

Figura 60

Comparación de periodos con los modelos utilizados en "X".

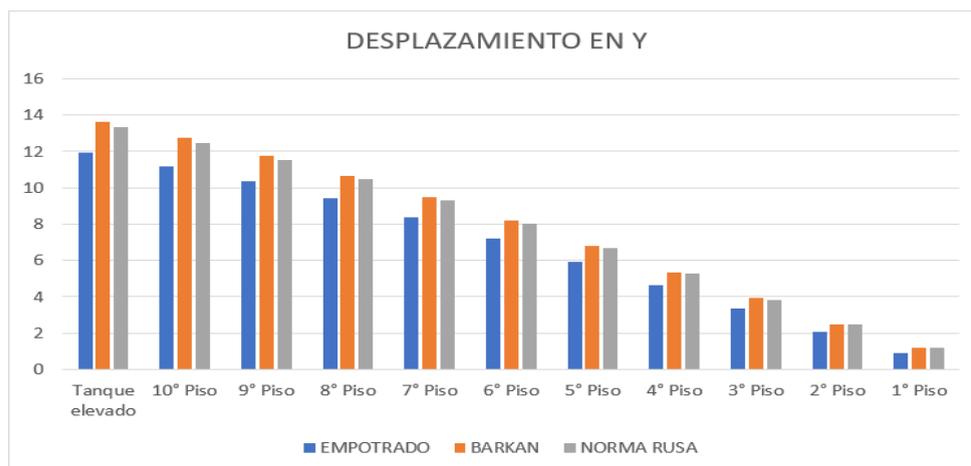


Nota. Desarrollado por los tesisistas

Los desplazamientos en X se muestran en la figura 60, de los diferentes modelos utilizados, teniendo mayor desplazamiento el modelo Barkan a comparación del modelo Empotrado y el modelo de la Norma Rusa.

Figura 61

Comparaciones entre periodos utilizados en "Y"



Nota. Desarrollado por los tesisistas

La figura 61 muestra los cambios en Y, de los diferentes modelos utilizados, teniendo mayor desplazamiento el modelo Barkan a comparación del modelo Empotrado y Norma Rusa.

8.3. COMPARACIÓN DE DISTORSIONES

a) MODELO DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO

Tabla 43

Distorsión en "X" patrón empotrado

Dirección X-X			
Table: Story Drifts			
Story	Drift	Lim 0.007	Cumple
Tanque elevado	0.00210	0.007	Si
10°	0.00228	0.007	Si
9°	0.00273	0.007	Si

8°	0.00323	0.007	Si
7°	0.00373	0.007	Si
6°	0.00416	0.007	Si
5°	0.00448	0.007	Si
4°	0.00465	0.007	Si
3°	0.00460	0.007	Si
2°	0.00425	0.007	Si
1°	0.00312	0.007	Si

Nota. Desarrollado por los tesisistas

Tabla 44

Distorsión en "Y" modelo empotrado

Dirección Y-Y			
Table: Story Drifts			
Story	Drift	Lim 0.007	Cumple
Tanque elevado	0.00312	0.007	Si
10°	0.00301	0.007	Si
9°	0.00338	0.007	Si
8°	0.00376	0.007	Si
7°	0.00414	0.007	Si
6°	0.00444	0.007	Si
5°	0.00463	0.007	Si
4°	0.00469	0.007	Si
3°	0.00458	0.007	Si
2°	0.00423	0.007	Si
1°	0.00313	0.007	Si

Nota. Desarrollado por los tesisistas

La distorsión máxima, como indican las tablas 43 y 44, se encuentra en el cuarto piso y es de 0,00448 en la dirección X y de 0,00469 en la dirección Y. Al examinar las distorsiones en las direcciones X e Y, se comprueba que están dentro del máximo permitido por la norma E.030, que es de 0,007.

b) PATRÓN DINÁMICO BARKAN – SAVINOV

Tabla 45

Distorsión en "X" patrón dinámico BARKAN

Dirección X-X			
Table: Story Drifts			
Story	Drift	Lim 0.007	Cumple
Tanque elevado	0.00257	0.007	Si
10°	0.00274	0.007	Si
9°	0.00322	0.007	Si
8°	0.00375	0.007	Si
7°	0.00427	0.007	Si
6°	0.00472	0.007	Si
5°	0.00505	0.007	Si
4°	0.00520	0.007	Si
3°	0.00513	0.007	Si
2°	0.00472	0.007	Si
1°	0.00345	0.007	Si

Nota. Desarrollado por los tesisistas

Tabla 46

Distorsión en "Y" patrón dinámico BARKAN

Dirección Y-Y			
Table: Story Drifts			

Story	Drift	Lim 0.007	Cumple
Tanque elevado	0.00362	0.007	Si
10°	0.00351	0.007	Si
9°	0.00388	0.007	Si
8°	0.00426	0.007	Si
7°	0.00464	0.007	Si
6°	0.00494	0.007	Si
5°	0.00512	0.007	Si
4°	0.00516	0.007	Si
3°	0.00503	0.007	Si
2°	0.00465	0.007	Si
1°	0.00344	0.007	Si

Nota. Desarrollado por los tesisistas

Se aprecia en la tabla 45 y 46 que la distorsión máxima se da en el 4° piso con una distorsión de 0.00520 en sentido X y 0.00512 en sentido Y, y realizando un control de las distorsiones en los sentidos X y Y, estas cumplen con la distorsión máxima permitida según el patrón peruano E.030, la cual es de 0.007.

c) MODELO DINÁMICO NORMA RUSA

Tabla 47

Distorsión en "X" patrón dinámico N.R.

Dirección X-X			
Table: Story Drifts			
Story	Drift	Lim 0.007	Cumple
Tanque elevado	0.00248	0.007	Si
10°	0.00265	0.007	Si
9°	0.00313	0.007	Si

8°	0.00366	0.007	Si
7°	0.00417	0.007	Si
6°	0.00462	0.007	Si
5°	0.00495	0.007	Si
4°	0.00511	0.007	Si
3°	0.00504	0.007	Si
2°	0.00464	0.007	Si
1°	0.00340	0.007	Si

Nota. Desarrollado por los tesisistas

Tabla 48

Distorsión en "Y" patrón dinámico N.R.

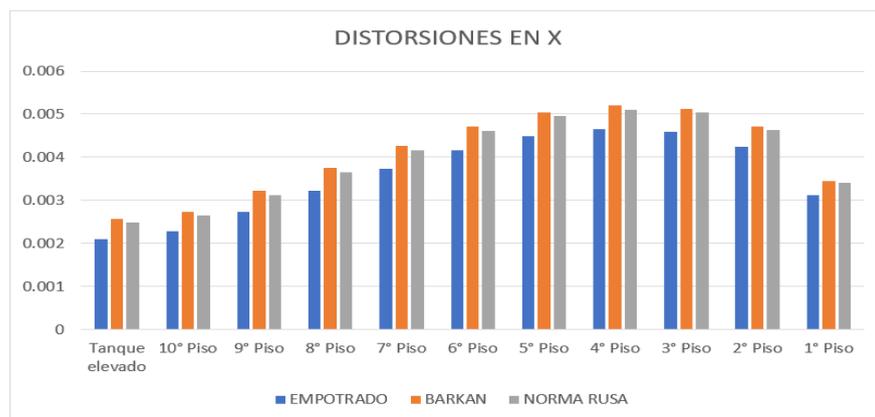
Dirección Y-Y			
Table: Story Drifts			
Story	Drift	Lim 0.007	Cumple
Tanque elevado	0.00352	0.007	Si
10°	0.00340	0.007	Si
9°	0.00378	0.007	Si
8°	0.00416	0.007	Si
7°	0.00454	0.007	Si
6°	0.00484	0.007	Si
5°	0.00502	0.007	Si
4°	0.00506	0.007	Si
3°	0.00494	0.007	Si
2°	0.00457	0.007	Si
1°	0.00338	0.007	Si

Nota. Desarrollado por los tesisistas

Las tablas 47 y 48 demuestran que la distorsión máxima se encuentra en el cuarto piso, donde es de 0,00511 en la dirección X y de 0,00506 en la dirección Y. Al examinar las distorsiones en ambas direcciones, se comprueba que están dentro del máximo permitido por la norma E.030, que es de 0,007.

Figura 62

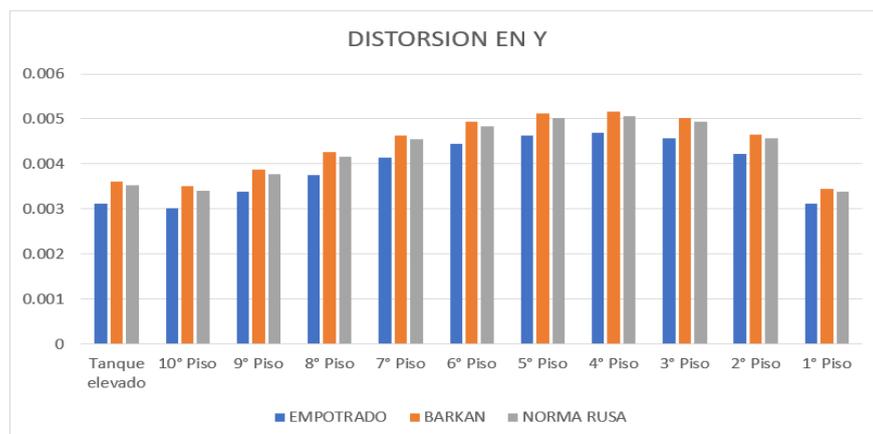
Comparación de distorsiones con los modelos utilizados en "X"



Nota. Desarrollado por los tesisistas

Figura 63

Comparación de distorsiones con los modelos utilizados en "Y"



Nota. Desarrollado por los tesisistas

Como se aprecia en la figura 62 y 63 se observa las distorsiones en X y Y, de los diferentes modelos utilizados, teniendo una mayor distorsión en X y Y el modelo Barkan a comparación del modelo Empotrado y el modelo de la Norma Rusa.

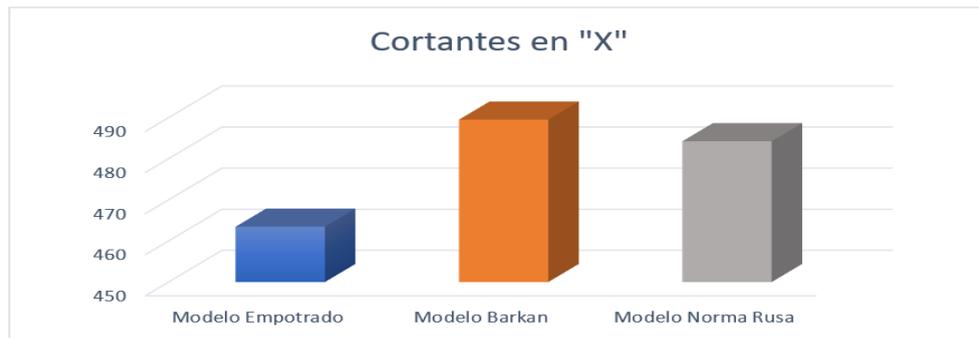
8.4. COMPARATIVO F.C.

Se realiza el comparativo de resultados de fuerzas cortantes de los modelos analizados.

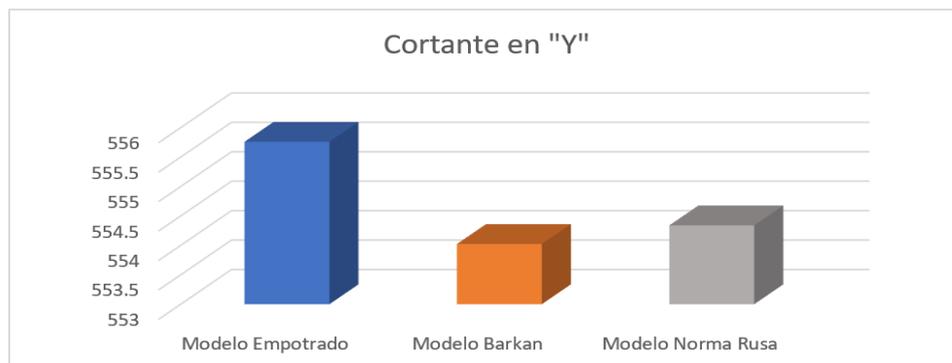
Tabla 49*Cortantes de los patrones dinámicos analizados*

Dirección	Modelo Empotrado	Modelo Barkan	Modelo Norma Rusa
	(tonf)	(tonf)	(tonf)
X	463.4632	489.5136	484.2614
Y	555.7586	554.0225	554.3393

Nota. Desarrollado por los tesisistas

Figura 64*Comparación de las fuerzas cortantes con los patrones utilizados en "X"*

Nota. Desarrollado por los tesisistas En la figura 64 se aprecia un incremento de F.C. en la dirección X (modelo Barkan) y el modelo de la N.R.

Figura 65*Comparación de las fuerzas cortantes con los patrones utilizados en "Y"*

Nota. Desarrollado por los tesisistas

En la figura 65 se aprecia un declive de F.C. en dirección Y (patrón Barkan) y el patrón de la Norma Rusa.

8.5. COMPARATIVO MOMENTOS

Se realiza el comparativo de resultados de momentos de los modelos analizados.

Tabla 50

Comparativo de Momentos

Dirección	Modelo Empotrado (tonf)	Modelo Barkan (tonf)	Modelo Norma Rusa (tonf)
X	468.6993	346.0116	371.7405
Y	448.3551	329.5101	354.5755

Nota. Desarrollado por los tesisistas

Figura 66

Comparación de momentos con los modelos utilizados en "X"



Nota. Desarrollado por los tesisistas En la figura 66 se aprecia una reducción de momentos en la dirección X en los modelamientos Barkan y Norma Rusa, a comparación del modelo empotrado.

Figura 67

Comparación de momentos con los modelos utilizados en "Y"



Nota. Desarrollado por los tesisistas

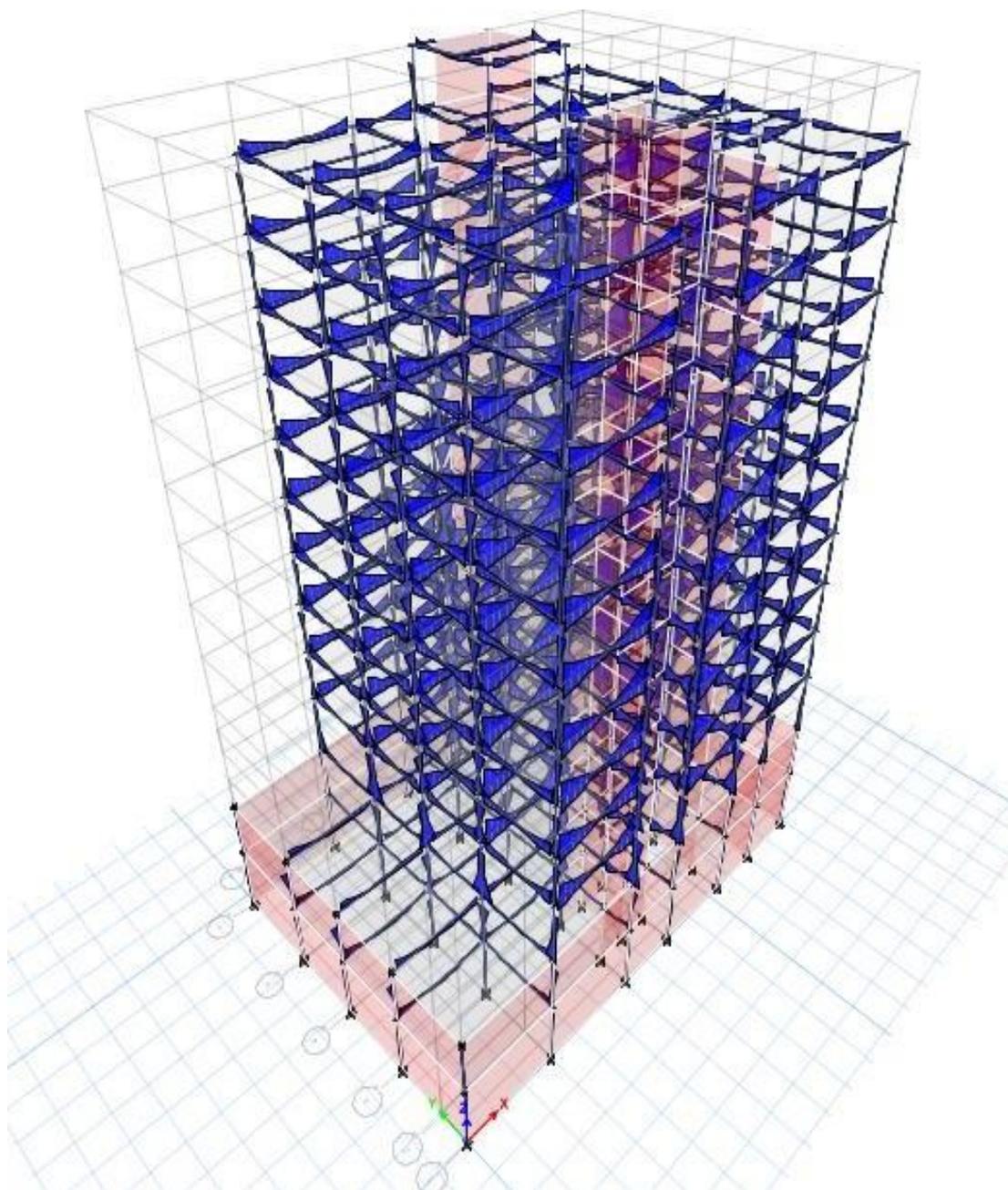
En la figura 67 se logra visualizar un alza de momentos en la dirección Y en los modelamientos Barkan y Norma Rusa.

CAPÍTULO IX RESULTADOS DEL ANÁLISIS DINÁMICO ESTRUCTURAL

9.1. ANÁLISIS DINÁMICO EMPOTRADO EN LA BASE

Figura 68

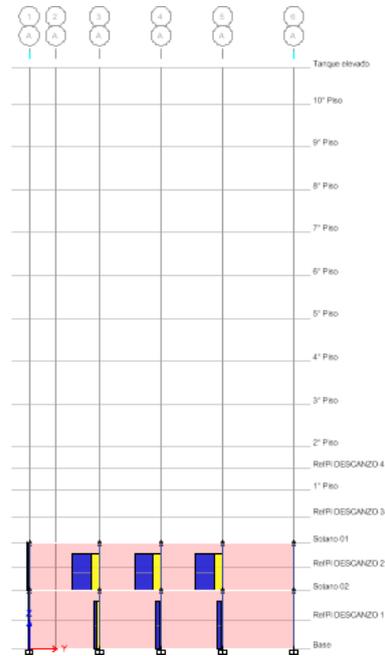
Momentos de columnas, vigas y placas en la edificación.



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 69

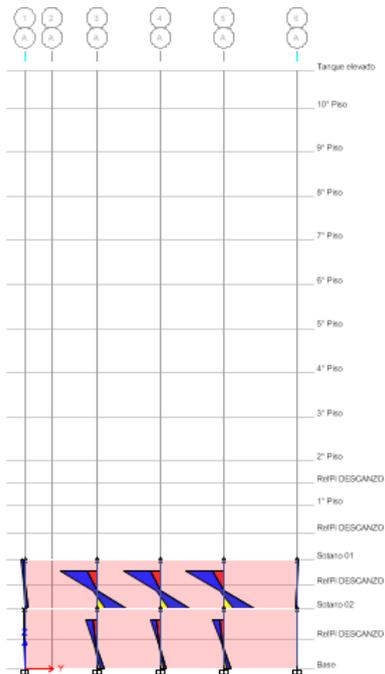
Diagrama de fuerzas cortantes en columnas y placas (elevación del Eje 6-6).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 70

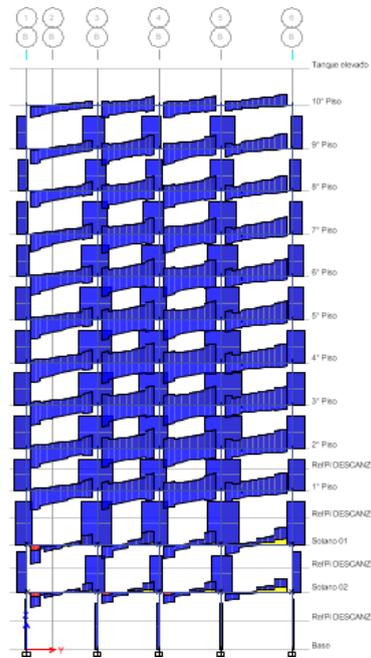
Diagrama de momentos en columnas y placas (elevación del Eje 6-6).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 71

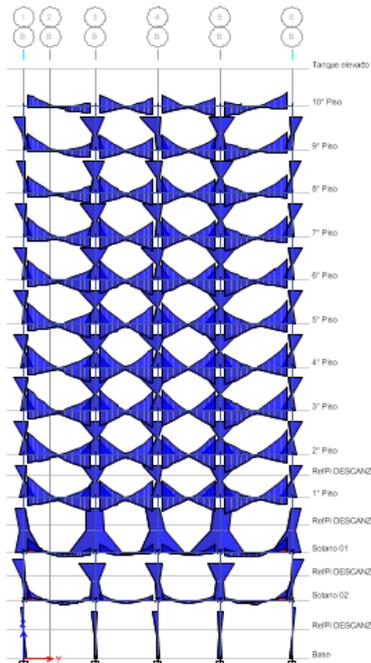
Diagrama F.C. columnas -vigas - placas (elevación del Eje 5-5).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 72

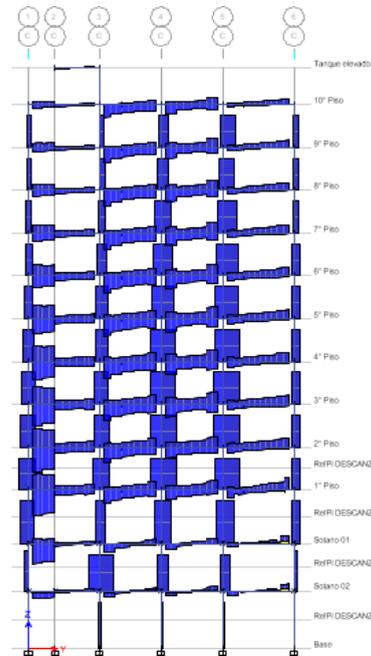
Diagrama de momentos en columnas, vigas y placas (elevación del Eje 5-5).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 73

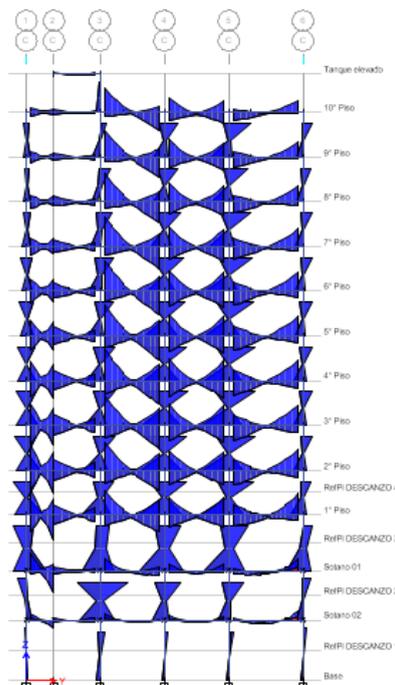
Diagrama F.C. columnas -vigas - placas (elevación del Eje 4-4).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 74

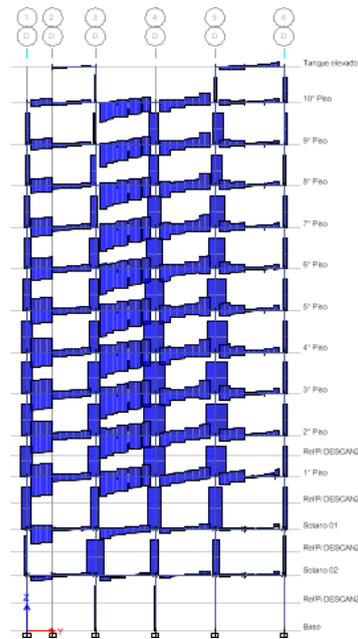
Diagrama de momentos en columnas, vigas y placas (elevación del Eje 4-4).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 75

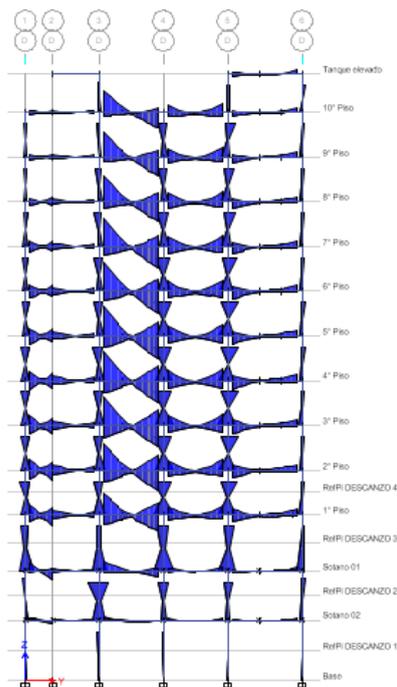
Diagrama F.C. columnas -vigas - placas (elevación del Eje 3-3).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 76

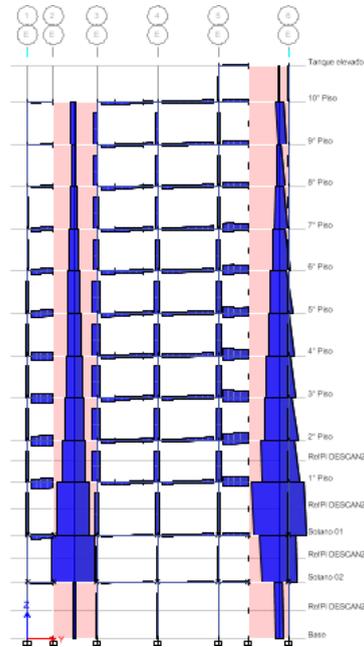
Diagrama de momentos en columnas, vigas y placas (elevación del Eje 3-3).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 77

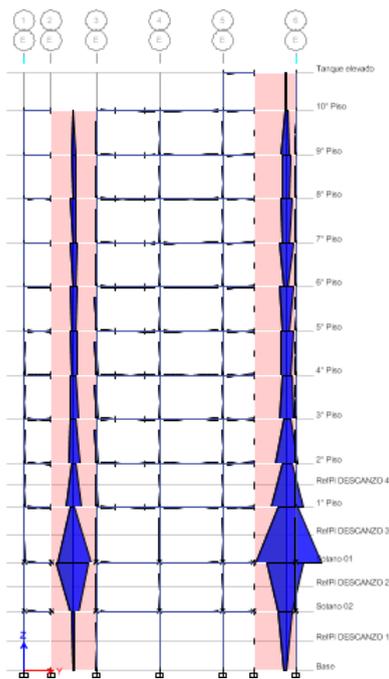
Diagrama F.C. columnas -vigas - placas (elevación del Eje 2-2).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 78

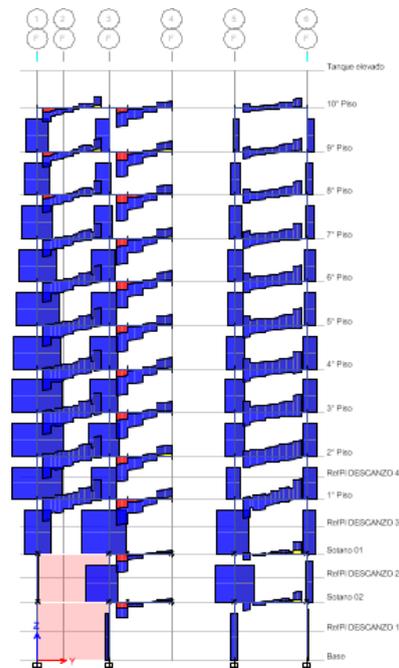
Diagrama de momentos en columnas, vigas y placas (elevación del Eje 2-2).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 79

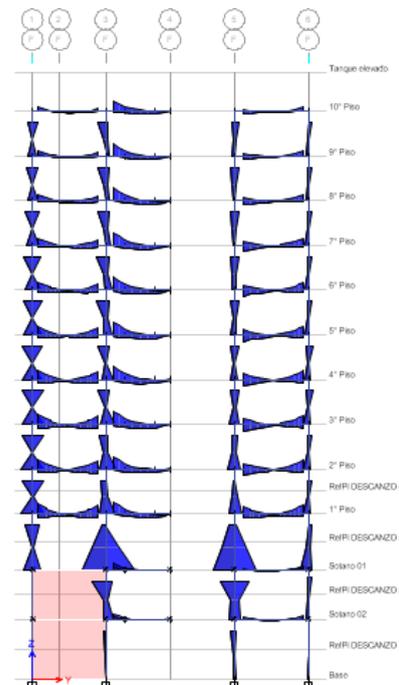
Diagrama F.C. columnas -vigas - placas (elevación del Eje 1-1).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 80

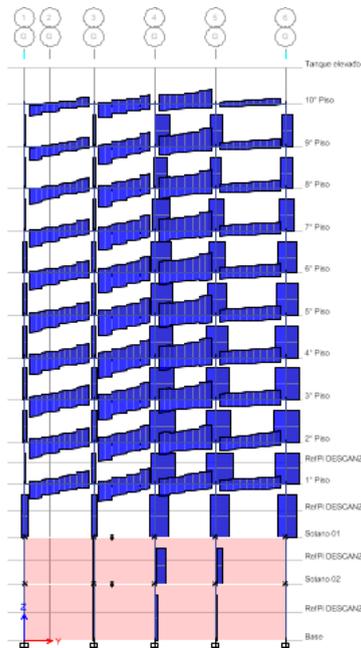
Diagrama de momentos en columnas, vigas y placas (elevación del Eje 1-1).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 81

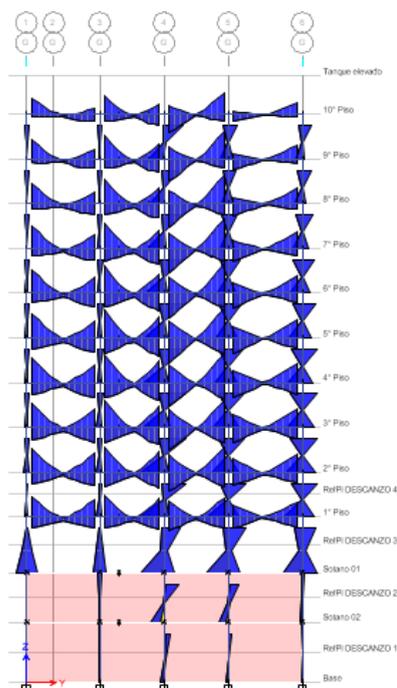
Diagrama F.C. columnas -vigas - placas (elevación del Eje A-A).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 82

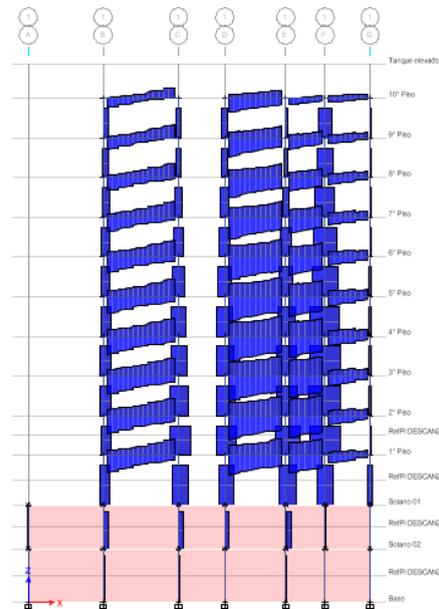
Diagrama de momentos en columnas, vigas y placas (elevación del Eje A-A).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 83

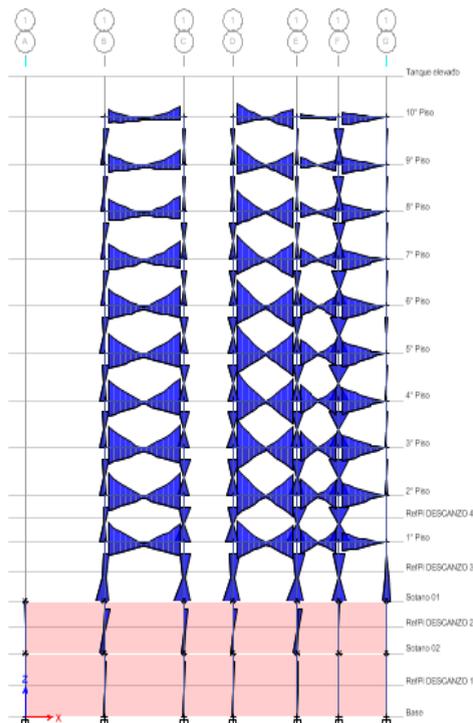
Diagrama F.C. columnas -vigas - placas (elevación del Eje B-B).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 84

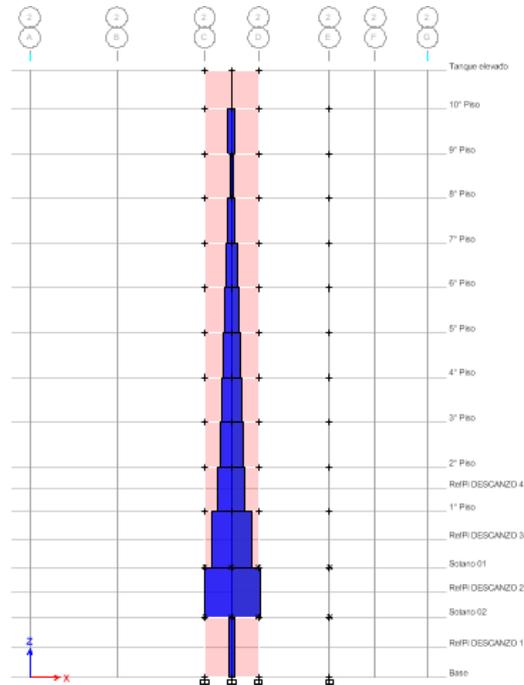
Diagrama de momentos en columnas, vigas y placas (elevación del Eje B-B).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 85

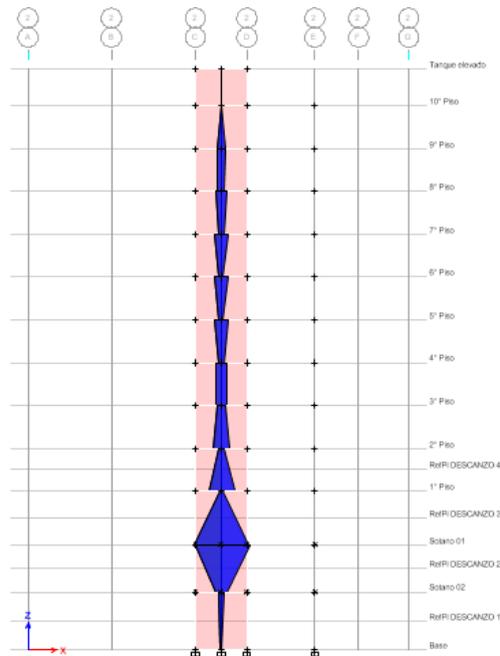
Diagrama F.C. columnas -vigas - placas (elevación del Eje C-C).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 86

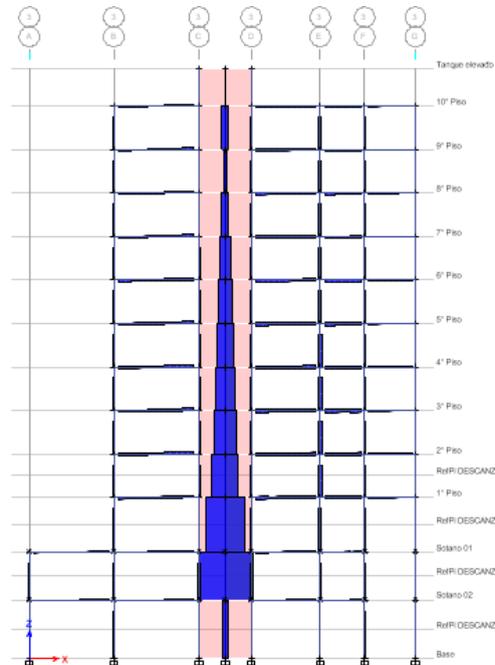
Diagrama de momentos en columnas, vigas y placas (elevación del Eje C-C).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 87

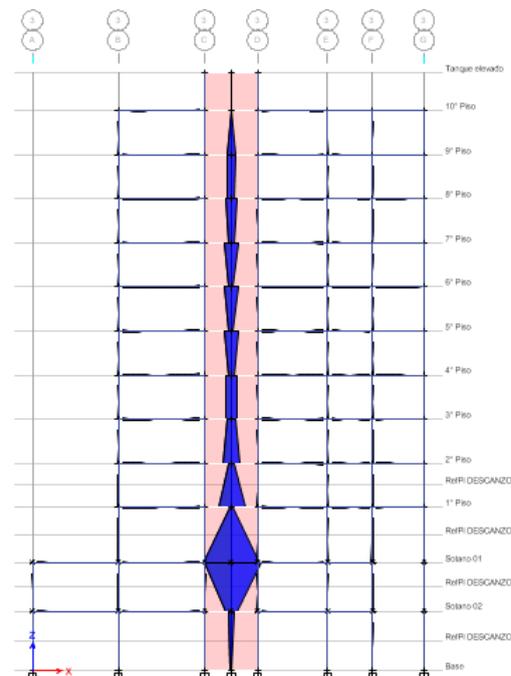
Diagrama F.C. columnas -vigas - placas (elevación del Eje D-D).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 88

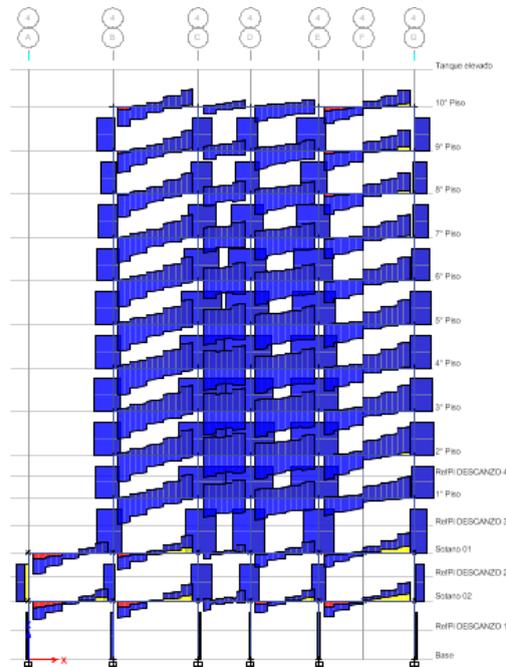
Diagrama de momentos en columnas, vigas y placas (elevación del Eje D-D).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 89

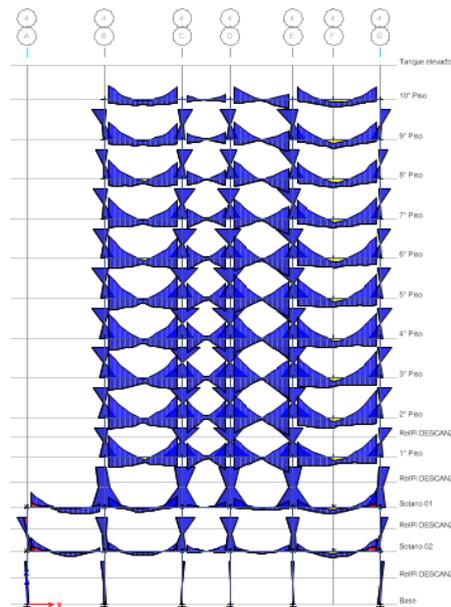
Diagrama F.C. columnas -vigas - placas (elevación del Eje E-E).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 90

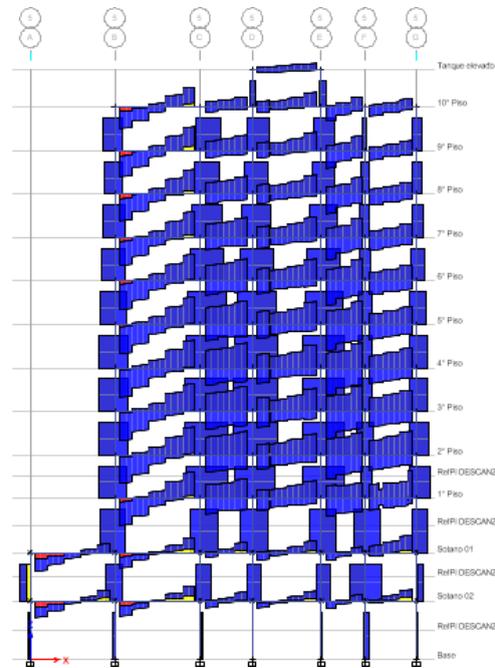
Diagrama de momentos en columnas, vigas y placas (elevación del Eje E-E).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 91

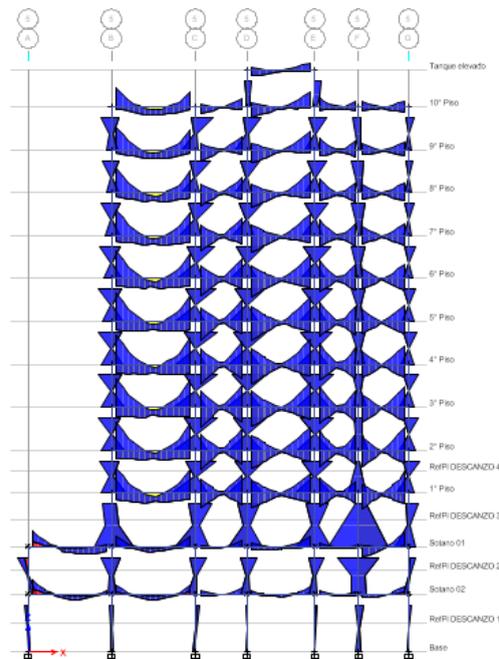
Diagrama F.C. columnas -vigas - placas (elevación del Eje F-F).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 92

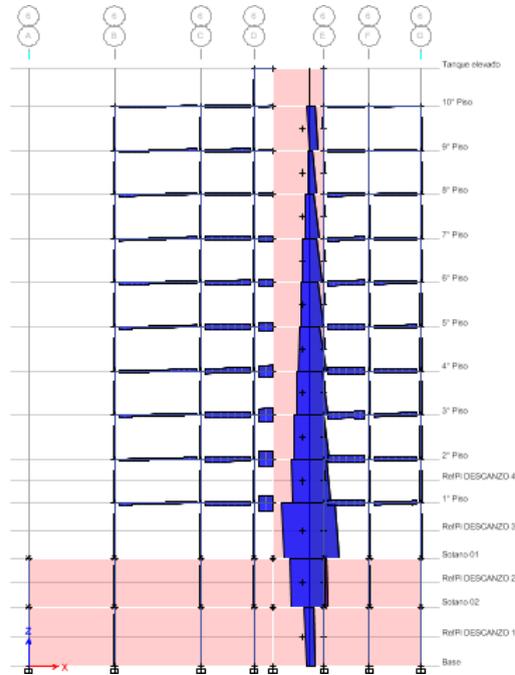
Diagrama de momentos en columnas, vigas y placas (elevación del Eje F-F).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 93

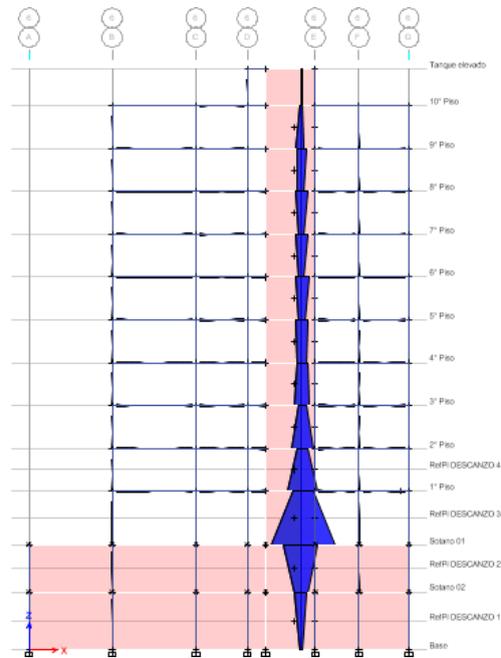
Diagrama F.C. columnas -vigas - placas (elevación del Eje G-G).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

Figura 94

Diagrama de momentos en columnas, vigas y placas (elevación del Eje G-G).



Nota. Fuente Software Etabs 2016

CAPÍTULO X DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

10.1. ANÁLISIS Y DISEÑO DE COLUMNAS

1). DISEÑO POR FLEXOCOMPRESION

a. DATOS DE DISEÑO

Codigo =	COLUM. C28 ENTRE LOS EJES 5 - C		Descrp. =	Cuadrada	
b =	65.00	cm	A colum. =	4225.00	cm ²
d =	65.00	cm	As min =	42.25	cm ²
factor =	1.00		As max =	253.50	cm ²
h =	3.10	m	f _c =	280.00	kg/cm ²
rec. =	5.00	cm	f _y =	4200.00	kg/cm ²

Area de Acero en Columna			
Esquinas		Laterales	
4 φ 1"	20.28 cm ²	16 φ 3/4"	45.60 cm ²

As Total = 65.88 cm²

As min 1% 42.25 cm ²	<	1.56% 65.88 cm ²	<	As max 6% 253.50 cm ²
---------------------------------------	---	-----------------------------------	---	--

Cumple

b. CARGAS ACTUANTES EN LA COLUMNA

1° Piso
2.8

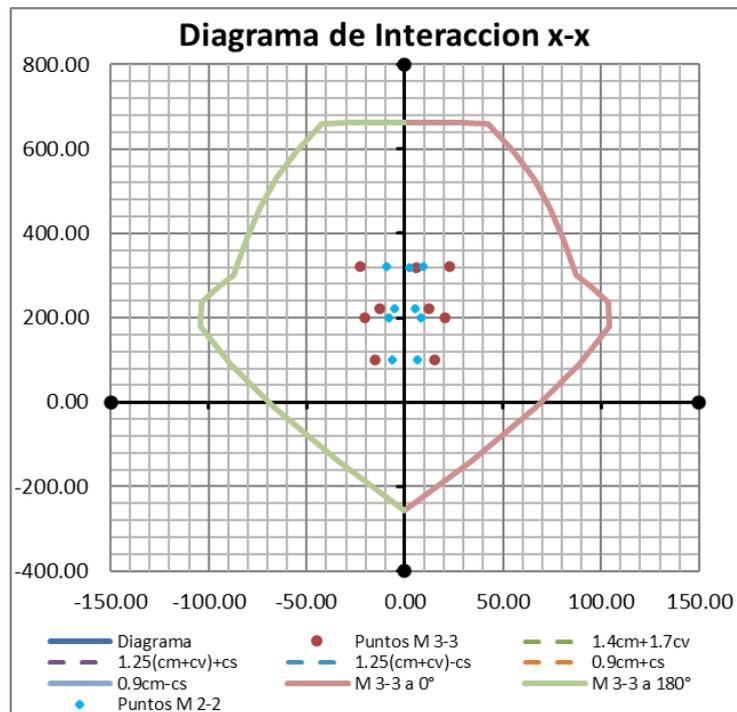
RESULTADOS DE LA COLUMNA C28 ENTRE LOS EJES 5 - C										
TABLE: Column Forces										
Story	Column	Load Case/Combo	Station (m)	P (tonf)	V2 (tonf)	V3 (tonf)	T (tonf-m)	M2 (tonf-m)	M3 (tonf-m)	
1° Piso	C28	Dead	0	-166.3903	2.5707	0.5926	-0.0262	1.2084	3.0312	
1° Piso	C28	Live	0	-50.3597	0.8622	0.2146	-0.0123	0.3871	1.0892	
1° Piso	C28	SISMO EN X-X Max	0	49.8311	10.066	3.678	1.1536	7.349	17.6929	
1° Piso	C28	SISMO EN Y-Y Max	0	13.6039	1.8345	9.4023	0.1369	19.9339	2.828	

c. COMBINACIONES DE DISEÑO

		SISMO						
		Combinaciones de Diseño	DIRECCION X-X			DIRECCION Y-Y		
			P (tonf)	M2 (tonf-m)	M3 (tonf-m)	P (tonf)	M2 (tonf-m)	M3 (tonf-m)
POSITIVO	1.4CM+1.7CV	318.56	2.35	6.10	318.56	2.35	6.10	
	1.25(CM+CV)+S	320.77	9.34	22.84	284.54	21.93	7.98	
	1.25(CM+CV)-S	221.11	-5.35	-12.54	257.33	-17.94	2.32	
	0.9CM+S	199.58	8.44	20.42	163.36	21.02	5.56	
	0.9CM-S	99.92	-6.26	-14.96	136.15	-18.85	-0.10	
NEGATIVO	1.25(CM+CV)+S	320.77	-9.34	-22.84	284.54	-21.93	-7.98	
	1.25(CM+CV)-S	221.11	5.35	12.54	257.33	17.94	-2.32	
	0.9CM+S	199.58	-8.44	-20.42	163.36	-21.02	-5.56	
	0.9CM-S	99.92	6.26	14.96	136.15	18.85	0.10	

Figura 95

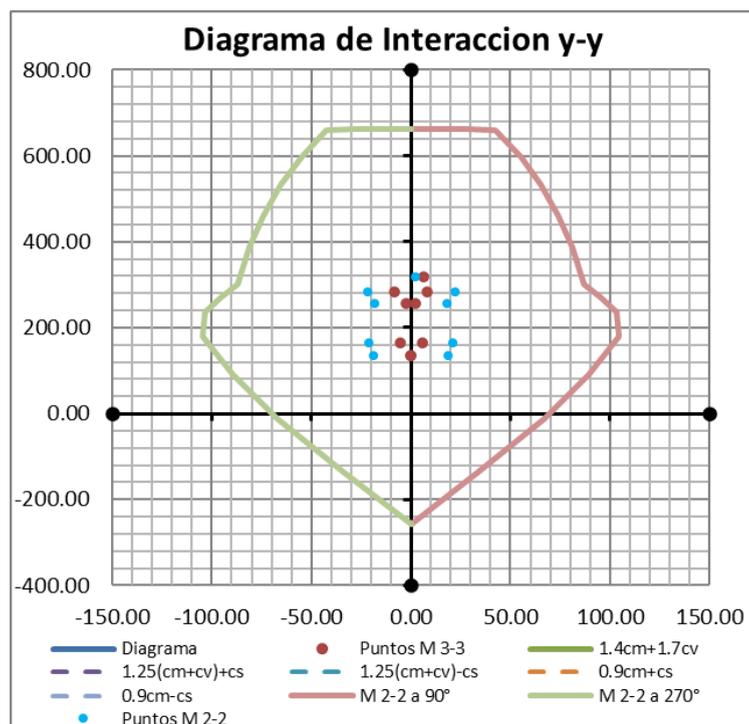
D.I. X - X.



Nota. Desarrollado por los tesistas

Figura 96

D.I. Y - Y.



Nota. Desarrollado por los tesistas

Requisitos para columnas de edificios con Sistema Resistente a fuerzas laterales de Sistema Dual Tipo I

La longitud L_0 no debe ser menor que el mayor entre: 65.00 cm = zona de confinamiento

- Si : Una sexta parte de la luz libre del elemento:

$$\frac{\text{Luz libre}}{6} = 48.00 \text{ cm}$$

- Si : La mayor dimension de la seccion transversal del elemento:

$$65.00 \text{ cm}$$

- Si : 500 mm

$$50.00 \text{ cm}$$

El espaciamiento S_0 no debe exceder al menor entre: 10.00 cm = separacion entre estribos en la zona de confinamiento

- Si : 8 veces el diametro de la barra longitudinal confinada de menor diametro

$$8 \cdot \phi = 20.32$$

- Si : La mitad de la menor dimension de la seccion transversal del elemento

$$32.50 \text{ cm}$$

- Si : 100 mm

$$10.00 \text{ cm}$$

Fuera de la longitud L_0 , en todo el elemento la separacion de los estribos, no sera mayor que la requerida por fuerza cortante ni de 300 mm

$$150.0 \text{ cm} = \text{fuera de la zona de confinamiento}$$

$$30.00 \text{ cm} > 25.00 \text{ cm} = \text{separacion de estribos fuera de la zona de confinamiento}$$

El espaciamiento en el nudo no debe exceder de 150 mm

$$150.0 \text{ cm} > 10.00 \text{ cm} = \text{separacion de estribos en el nudo}$$

e. Distribucion final de los estribos en la viga

$$\text{Estrib. } \phi \ 3/8" \quad 6.5 @ 0.10 \text{ m ; } R_{to} @ 0.25 \text{ m}$$

Verificacion de: $V_u \leq \phi V_c$ en la zona de confinamiento

$$V_u \leq \phi V_n = V_u \leq \phi (V_c + V_s) = V_u \leq \phi \left(V_c + \frac{(A_s \cdot f_y \cdot d)}{s} \right)$$

$$14357.13 \text{ kg} \leq 0.85 \left(364604 \text{ kg} + 53507.40 \text{ kg} \right)$$

$$14357.13 \text{ kg} \leq 355394 \text{ kg}$$

10.2. ANÁLISIS Y DISEÑO DE VIGAS

1. DISEÑO POR FLEXION

a. Datos de Diseño

$$H = 0.70 \text{ m}$$

$$L_n = 4.90 \text{ m}$$

$$M(-)_{izq} = 24219.84 \text{ kg-m}$$

$$M(+)_izq = 12389.68 \text{ kg-m}$$

Descrp= Eje 6, entre B - C
2°, 3°, 4°, 5°, 6° Piso

$$B = 0.35 \text{ m}$$

$$f_c = 280.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$M(-)_{cen} = 1208.64 \text{ kg-m}$$

$$M(+)_cen = 5637.50 \text{ kg-m}$$

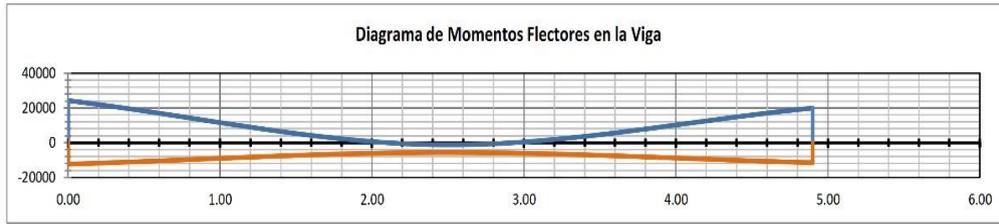
$$\text{Viga} = 35 \times 70$$

$$\text{rec} = 0.08 \text{ m}$$

$$f_y = 4200.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$M(-)_{der} = 19913.01 \text{ kg-m}$$

$$M(+)_der = 11515.51 \text{ kg-m}$$



b. Cálculos previos

Peralte efectivo de la viga	Factor de eje neutro y profundidad
$d = 0.62 \text{ m}$	$\beta l = 0.85$
Area de acero minima O1:	Area de acero minima O2:
$A_{s \text{ min}} = \rho_{\text{min}} \cdot b_w \cdot d = 7.23 \text{ cm}^2$	$A_{s \text{ min}} = \rho_{\text{min}} \cdot b_w \cdot d = 6.05 \text{ cm}^2$
Area de acero maximo	Area de acero balanceado
$A_{s \text{ max}} = \rho_{\text{max}} \cdot b \cdot d = 46.1125 \text{ cm}^2$	$A_{s \text{ bal}} = \rho_b \cdot b \cdot d = 61.4833 \text{ cm}^2$

Cuantia Balanceada

$$\rho_b = \frac{0.85 \cdot f_c \cdot \beta l}{f_y} \cdot \frac{6000}{(f_y + 6000)} = 0.028333333$$

Cuantia Minima O1

$$\frac{14.00}{f_y} = 0.00333$$

Cuantia Minima O1

$$0.70 \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{f_y} = 0.00279$$

Cuantia Maxima	Cuantia Recomendada	Cuantia para deflexion
$0.75 \cdot \rho_b = 0.02125000$	$0.50 \cdot \rho_b = 0.01416667$	$0.19 \cdot \rho_b = 0.00538333$

c. Cálculo de las areas de acero requeridas

Apoyo izquierdo de la viga	Parte central de la viga	Apoyo derecho de la viga
$A_{s \text{ min}} = 7.23 \text{ cm}^2$	$A_{s \text{ min}} = 7.23 \text{ cm}^2$	$A_{s \text{ min}} = 7.23 \text{ cm}^2$
$\rho_{\text{min}} = 0.00333333$	$\rho_{\text{min}} = 0.00333333$	$\rho_{\text{min}} = 0.00333333$
$\rho_{\text{max}} = 0.02125000$	$\rho_{\text{max}} = 0.02125000$	$\rho_{\text{max}} = 0.02125000$
$M_u = 2421984 \text{ kg-cm}$	$M_u = 120864 \text{ kg-cm}$	$M_u = 1991301 \text{ kg-cm}$
$w_{\text{sup}} = 0.07476759288$	$w_{\text{sup}} = 0.00360573693$	$w_{\text{sup}} = 0.06095888117$
$w_{\text{inf}} = 0.03740182395$	$w_{\text{inf}} = 0.01682804786$	$w_{\text{inf}} = 0.03470889593$
$\rho_{\text{sup}} = 0.00498451$	$\rho_{\text{sup}} = 0.00024038$	$\rho_{\text{sup}} = 0.00406393$
Cumple la ρ_{sup}	No Cumple la ρ_{sup}	Cumple la ρ_{sup}
$A_{s \text{ sup}} = 10.82 \text{ cm}^2$	$A_{s \text{ sup}} = 7.23 \text{ cm}^2$	$A_{s \text{ sup}} = 8.82 \text{ cm}^2$
$\rho_{\text{inf}} = 0.00249345$	$\rho_{\text{inf}} = 0.00112187$	$\rho_{\text{inf}} = 0.00231393$
No Cumple la ρ_{inf}	No Cumple la ρ_{inf}	No Cumple la ρ_{inf}
$A_{s \text{ inf}} = 7.23 \text{ cm}^2$	$A_{s \text{ inf}} = 7.23 \text{ cm}^2$	$A_{s \text{ inf}} = 7.23 \text{ cm}^2$
Distribucion del acero continuo	Distribucion del acero continuo	Distribucion del acero continuo
4 ϕ 3/4" +	4 ϕ 3/4"	4 ϕ 3/4" +
Distribucion de los bastones	Distribucion de los bastones	Distribucion de los bastones
$A_{s \text{ sup}} = 11.40 \text{ cm}^2$	$A_{s \text{ sup}} = 11.40 \text{ cm}^2$	$A_{s \text{ sup}} = 11.40 \text{ cm}^2$
Cumple	Cumple	Cumple

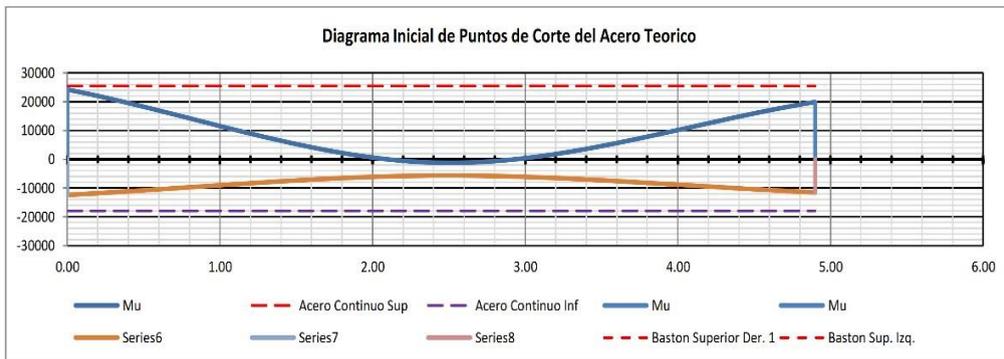
Distribucion del acero continuo 4 ϕ 5/8"	Distribucion del acero continuo 4 ϕ 5/8"	Distribucion del acero continuo 4 ϕ 5/8"
Distribucion de los bastones	Distribucion de los bastones	Distribucion de los bastones
As inf = 7.92 cm ²	As inf = 7.92 cm ²	As inf = 7.92 cm ²
Cumple	Cumple	Cumple

Requisitos de Diseño de vigas en Sistema Dual Tipo I				
Refuerzo longitudinal en vigas (Muros y Sistema Dual Tipo I)				
En cada extremo de la viga		En toda la viga		
Mn(+) >= Mn(-) / 3		Mn(+) y Mn(-)	>= Mn max / 4	
Extremo Izq.	Extremo Der.	Cumple	Cumple	

d. Análisis del momento resistente por el acero distribuido

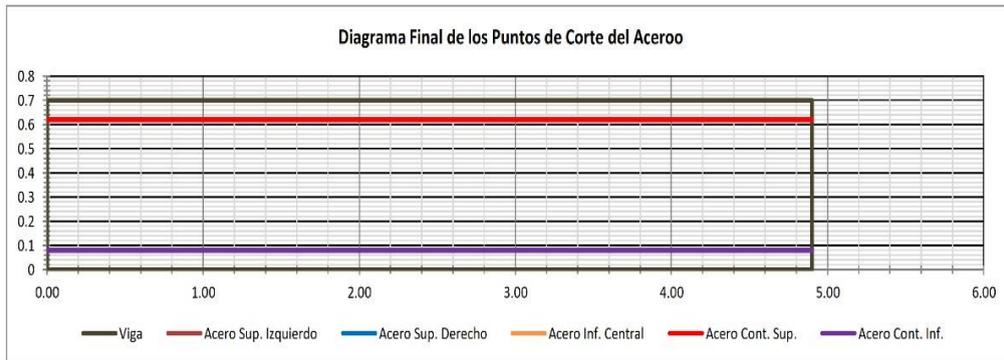
Banillas de Acero	Acero Continuo sup. 4 ϕ 3/4"	Acero Continuo inf. 4 ϕ 5/8"	4 ϕ 3/4"	4 ϕ 3/4"	4 ϕ 3/4"
As =	11.40 cm ²	7.92 cm ²	11.40 cm ²	11.40 cm ²	11.40 cm ²
As min =	6.05 cm ²	6.05 cm ²	6.05 cm ²	6.05 cm ²	6.05 cm ²
Condicion:	No se verifica	No se verifica	Cumple	Cumple	Cumple
ρ =	0.00525346	0.00364977	0.00525346	0.00525346	0.00525346
ρ_{max} =	0.02125000	0.02125000	0.02125000	0.02125000	0.02125000
Condicion:	No se verifica	No se verifica	Cumple la ρ	Cumple la ρ	Cumple la ρ
a =	5.75 cm	3.99 cm	5.75 cm	5.75 cm	5.75 cm
Mn =	28309.55 kg-m	19959.52 kg-m	28309.55 kg-m	28309.55 kg-m	28309.55 kg-m
MR= ϕ Mn =	25478.60 kg-m	17963.57 kg-m	25478.60 kg-m	25478.60 kg-m	25478.60 kg-m

e. Análisis de los puntos teoricos para el corte de acero en bastones



Longitud del baston izquierdo	Longitud del baston central	Longitud del baston derecho
Hasta el punto teorico	Entre los puntos teoricos	Hasta el punto teorico
Ld 3/4" = 72.00 cm	Ld 3/4" = 72.00 cm	Ld 3/4" = 72.00 cm
Ld max = 72.00 cm	Ld max = 72.00 cm	Ld max = 72.00 cm
1.2 veces diametro de la banilla	1.2 veces diametro de la banilla	1.2 veces diametro de la banilla
1.2 ϕ 3/4" = 22.92 cm	1.2 ϕ 3/4" = 22.92 cm	1.2 ϕ 3/4" = 22.92 cm
1.2 ϕ max = 22.92 cm	1.2 ϕ max = 22.92 cm	1.2 ϕ max = 22.92 cm

Elegimos el mayor de 12ϕ y d	<u>Peralte efectivo "d"</u>	Elegimos el mayor de 12ϕ y d
$Lc' = 62.00 \text{ cm}$	$d = 62.00 \text{ cm}$	$Lc' = 62.00 \text{ cm}$
<u>Punto de corte teorico izquierdo desde la cara de la columna</u>	<u>Punto de corte teorico central izq.</u>	<u>Punto de corte teorico derecho desde la cara de la columna</u>
$P \text{ izq.} =$	$P \text{ c izq.} =$	$P \text{ der.} =$
	$P \text{ c der.} =$	



<u>Verificacion de la longitud de corte</u>	<u>Verificacion de la longitud de corte</u>	<u>Verificacion de la longitud de corte</u>
$Inc\text{rem} =$	$Inc\text{rem} =$	$Inc\text{rem} =$
$L\text{corte} =$	$L\text{corte} =$	$L\text{corte} =$
$L\text{d max} =$	$L\text{d max} =$	$L\text{d max} =$
Cumple	Cumple	Cumple
$L\text{baston} =$	$L\text{baston} =$	$L\text{baston} =$

f. Análisis de la longitud de desarro con gancho estandar

<u>Longitud Columna Izquierda</u>	<u>Peralte de la viga</u>	<u>Longitud Columna Derecha</u>
$L\text{col izq} = 0.55 \text{ m}$	$d = 0.62 \text{ m}$	$L\text{col der} = 0.55 \text{ m}$
<u>Longitud de desarrollo izquierdo Acero Continuo</u>	<u>Gancho Iqz. 12ϕ</u>	<u>Longitud de desarrollo derecho Acero Continuo</u>
$L\text{d } 3/4' = 72.00 \text{ cm}$	$L\text{d } 3/4' = 22.92$	$L\text{d } 3/4' = 72.00 \text{ cm}$
Incrementar Gancho	<u>Gancho Der. 12ϕ</u>	Incrementar Gancho
Bastones	<u>Gancho Iqz. 12ϕ</u>	Bastones
Cumple	<u>Gancho Der. 12ϕ</u>	Cumple
<u>Verificacion de la longitud de corte Acero Continuo</u>		<u>Verificacion de la longitud de corte Acero Continuo</u>
$L \text{ baston} = L\text{d} + \text{Gancho} = 0.72 \text{ m}$		$L \text{ baston} = L\text{d} + \text{Gancho} = 0.72 \text{ m}$
$L\text{d} = 0.49 \text{ m}$ Cumple		$L\text{d} = 0.49 \text{ m}$ Cumple
$\text{Gancho} = 0.23 \text{ m}$		$\text{Gancho} = 0.23 \text{ m}$
Bastones		Bastones
$L \text{ baston} = L\text{d} + \text{Gancho} =$		$L \text{ baston} = L\text{d} + \text{Gancho} =$
$L\text{d} =$ Cumple		$L\text{d} =$ Cumple
$\text{Gancho} =$		$\text{Gancho} =$

2. DISEÑO POR CORTANTE

a. Diagrama de fuerzas cortantes para el diseño de la viga

Cortante en la cara de la columna

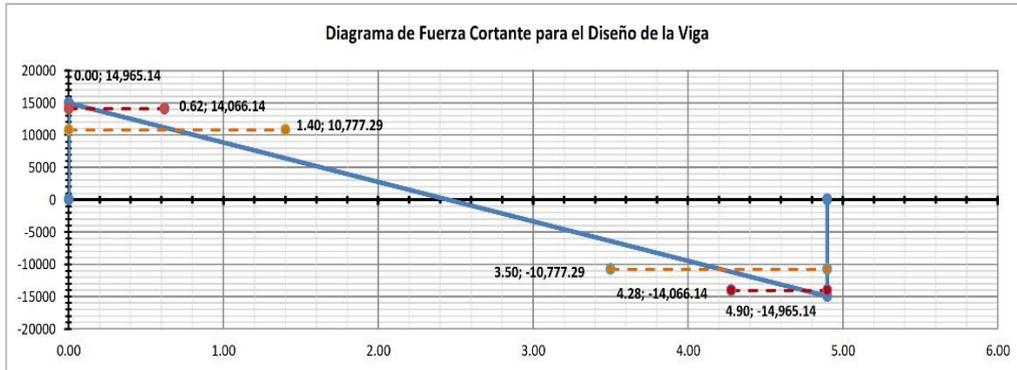
$$V_u = 14965.14 \text{ kg}$$

Cortante en la zona de confinamiento

$$V_u = 14066.14 \text{ kg}$$

Cortante fuera de la zona de confinar

$$V_u' = 10777.29 \text{ kg}$$



Resistencia del concreto al cortante

$$V_c = 0.53 * b * d * \sqrt{f_c} = 19244.85 \text{ kg}$$

Distancia del punto de apoyo hasta la cara de la columna

$$L_{vc} = -0.275 \text{ m}$$

Cortante a la distancia "d" de la cara del apoyo

$$V_u = 14066.14 \text{ kg}$$

Distancia de la cara de la columna hasta la Cortante

$$L_{dc} = 0.620 \text{ m}$$

El corte que debe ser resistido por el acero es:

$$V_s = (V_u / \phi) - V_c = -2696.45 \text{ kg}$$

La separacion para estribos vertivales, sera:

$$\phi A_v = \phi 3/8"$$

$$A_v = 1.42 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{A_v * f_y * d}{V_s} = -137.13 \text{ cm} \dots\dots\dots (1)$$

Requisitos para vigas de edificios con Sistema Resistente a fuerzas laterales de Sistema Dual Tipo I (Elementos en Flexion - Vigas)

En ambos extremos de la viga

- $S_1 : d / 4$, pero no es necesario que el espaciamento sea menor de 150 mm :

$$d / 4 = 15.50 \text{ cm}$$

- $S_1 : 10$ veces el diametro de la barra longitudinal confinada de menor diametro

$$10 * D * \phi 5/8" = 15.90 \text{ cm}$$

Se toma el menor valor

- $S_1 : 24$ veces el diametro de la barra del estribo cerrado de confinamiento

$$10 * D * \phi 3/8" = 22.80 \text{ cm}$$

$$S = 15.50 \text{ cm}$$

- $S_1 : 300$ mm

$$30.00 \text{ cm}$$

A lo largo de la longitud de la viga

- A no mas de 0.5 del peralte efectivo

$$S = 0.5 * d = 31.00 \text{ cm}$$

e. Distribucion final de los estribos en la viga

$$\text{Estrib. } \phi 3/8" : 1 @ 0.05 \text{ m} ; 10 @ 0.15 \text{ m} ; Rto @ 0.3 \text{ m}$$

Verificación de: $V_u \leq \phi V_n$ en la zona de confinamiento $S = 15.50 \text{ cm}$

$$V_u \leq \phi V_n = V_u \leq \phi (V_c + V_s) = V_u \leq \phi \left(V_c + \frac{(A_s \cdot f_y \cdot d)}{S} \right)$$

$$14066.14 \text{ kg} \leq 0.85 \left(19244.85 \text{ kg} + 23856.00 \text{ kg} \right)$$

$$14066.14 \text{ kg} \leq 36635.73 \text{ kg}$$

Cumple

Verificación de: $V_u \leq \phi V_n$ en la fuera de la zona de confinamiento $S = 31.00 \text{ cm}$

$$V_u \leq \phi V_n = V_u \leq \phi (V_c + V_s) = V_u \leq \phi \left(V_c + \frac{(A_s \cdot f_y \cdot d)}{S} \right)$$

$$10777.29 \text{ kg} \leq 0.85 \left(19244.85 \text{ kg} + 11928.00 \text{ kg} \right)$$

$$10777.29 \text{ kg} \leq 26496.93 \text{ kg}$$

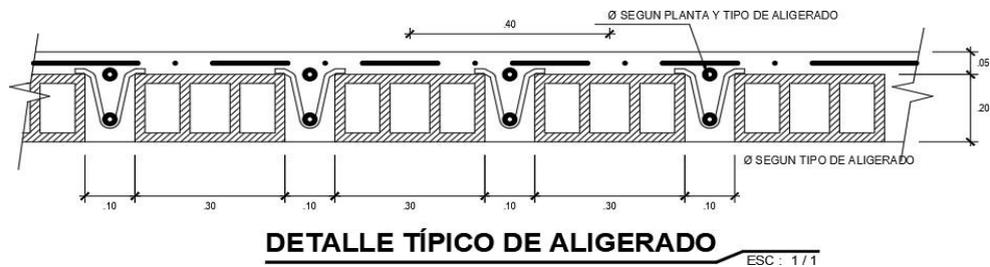
Cumple

10.3. DISEÑO DE LOSA ALIGERADA

Vamos a tomar una vigueta con las siguientes dimensiones:

Figura 97

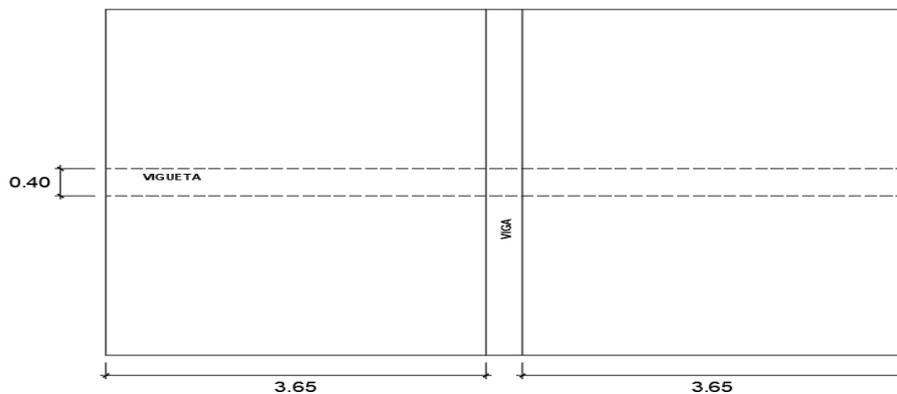
Detalle típico de losa aligerada unidireccional



Nota. Elaborado por los autores

Figura 98

Esquema de detalle de vigueta en losa aligerada unidireccional



Nota. Desarrollado por los testistas

Utilizaremos una losa con espesor, $H = 25 \text{ cm}$

✓ **Metrado de cargas**

Carga Muerta (CM)

$$\text{Peso propio} = 0.30 \text{ Ton/m}^2 * 0.40 \text{ m} = 0.12 \text{ Ton/m}$$

$$\text{Piso terminado} = 0.10 \text{ Ton/m}^2 * 0.40 \text{ m} = 0.04 \text{ Ton/m}$$

$$\text{Tabiquería móvil} = 0.15 \text{ Ton/m}^2 * 0.40 \text{ m} = 0.06 \text{ Ton/m}$$

$$\text{Peso propio del ladrillo} = 0.086 \text{ Ton/m}^2 * 0.40 \text{ m} = 0.034 \text{ Ton/m}$$

$$\mathbf{CM = 0.254 \text{ Ton/m}}$$

Carga Viva (CV)

$$\text{Peso propio} = 0.20 \text{ Ton/m}^2 * 0.40 \text{ m} = 0.08 \text{ Ton/m}$$

$$\mathbf{CV = 0.08 \text{ Ton/m}}$$

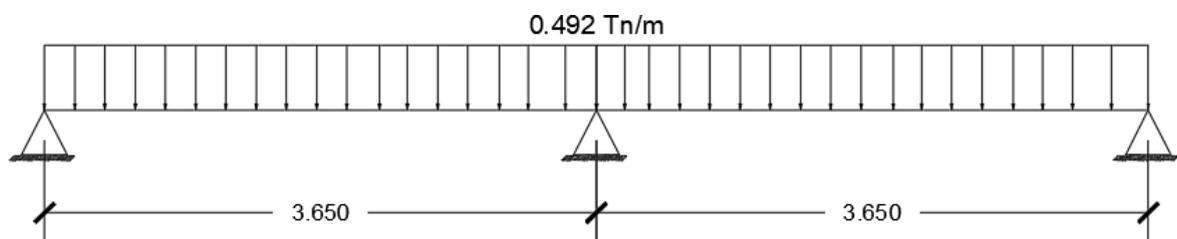
Carga Última (W_U)

$$W_U = 1.4 * 0.254 \text{ Ton/m} + 1.7 * 0.08 \text{ Ton/m} = \mathbf{0.492 \text{ Ton/m}^2}$$

✓ Para el diseño se tomará como referencia la norma ACI: Diagrama de Momentos Flectores.

Figura 99

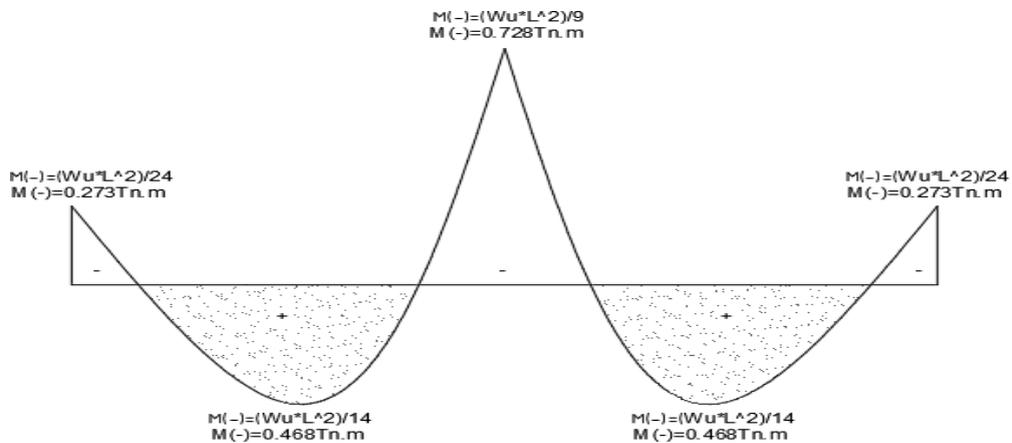
Diagrama carga distribuida sobre losa en dos tramos



Nota. Desarrollado por los tesisistas

Figura 100

Momentos flectores en la losa aligerada de dos tramos

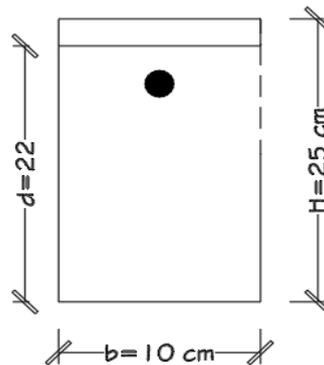


Nota. Desarrollado por los tesisistas

- ✓ Determinamos el acero negativo en la parte central: $M(-) = 0.728 \text{ Tn.m}$

Figura 101

Viga unidireccional para cálculo de acero negativo en la parte central



Nota. Desarrollado por los tesisistas

$$a = 20\% * "d"$$

$$a = 4.4 \text{ cm}$$

Calculamos área de acero

$$A_s = \frac{M_u * 10^5}{\phi * f_Y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{0.728 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(22 - \frac{4.4}{2}\right)}$$

$$A_s = 0.973 \text{ cm}^2$$

Verificación de "a"

$$a = \frac{A_s * f_y}{\beta * f'_c * b_w}$$

$$a = \frac{0.973 * 4200}{0.85 * 280 * 10}$$

$$a = 1.72 \text{ cm}$$

Calculamos área de acero requerido

$$A_s = \frac{M_u * 10^5}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{0.728 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(22 - \frac{1.72}{2}\right)}$$

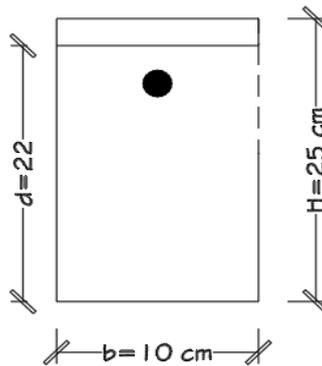
$$A_s = 0.91 \text{ cm}^2$$

La sección de varilla propuesta será de $2\phi 3/8'' = 1.42 \text{ cm}^2 \dots \text{OK}$

✓ Determinamos el acero negativo en la parte izquierda: $M(-) = 0.273 \text{ Tn.m}$

Figura 102

Viga unidireccional para cálculo de acero negativo en la parte izquierda



Nota. Desarrollado por los tesistas

$$a = 20\% * "d"$$

$$a = 4.4 \text{ cm}$$

Calculamos área de acero

$$A_s = \frac{M_u * 10^3}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{0.728 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(22 - \frac{4.4}{2}\right)}$$

$$A_s = 0.36 \text{ cm}^2$$

Verificación de "a"

$$a = \frac{A_s * f_y}{\beta * f'_c * b_w}$$

$$a = \frac{0.36 * 4200}{0.85 * 280 * 10}$$

$$a = 0.64 \text{ cm}$$

Calculamos área de acero requerido

$$A_s = \frac{M_u * 10^5}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{0.273 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(22 - \frac{0.64}{2}\right)}$$

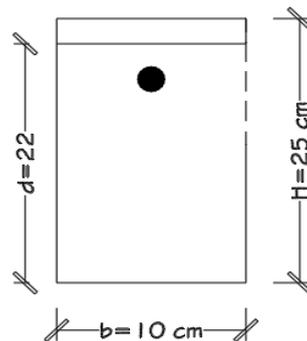
$$A_s = 0.33 \text{ cm}^2$$

La sección de varilla propuesta será de 1Ø3/8" = 0.71 cm² ... OK

✓ Determinamos el acero negativo en la parte derecha: $M(-) = 0.273 \text{ Tn. m}$

Figura 103

Viga unidireccional para cálculo de acero negativo en la parte derecha



Nota. Desarrollado por los tesistas

$$a = 20\% * "d"$$

$$A_s = \frac{M_u * 10^5}{\phi * f_Y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{0.728 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(22 - \frac{4.4}{2}\right)}$$

$$A_s = 0.36 \text{ cm}^2$$

$$a = 4.4 \text{ cm}$$

Calculamos área de acero

Verificación de "a"

Nota. Desarrollado por los tesisistas

$$a = 20\% * "d"$$

$$A_s = \frac{M_u * 10^5}{\phi * f_Y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{0.728 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(22 - \frac{4.4}{2}\right)}$$

$$A_s = 0.36 \text{ cm}^2$$

Nota. Desarrollado por los tesisistas

$$a = 20\% * "d"$$

$$A_s = \frac{M_u * 10^5}{\phi * f_Y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{0.728 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(22 - \frac{4.4}{2}\right)}$$

$$A_s = 0.36 \text{ cm}^2$$

$a =$

$a =$

Nota. Desarrollado por los tesisistas

$$a = 20\% * "d"$$

$$\beta \frac{A_s * f_y}{* 4200} = \frac{f'_c * b_w * 0.36}{0.85 * 280 * 10}$$

$$A_s = \frac{M_u * 10^5}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{0.728 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(22 - \frac{4.4}{2}\right)}$$

$$A_s = 0.36 \text{ cm}^2$$

Nota. Desarrollado por los tesisistas

$$a = 20\% * "d"$$

$$A_s = \frac{M_u * 10^5}{\phi * f_Y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{0.728 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(22 - \frac{4.4}{2}\right)}$$

$$A_s = 0.36 \text{ cm}^2$$

Nota. Desarrollado por los tesistas

$$a = 20\% * "d"$$

$$A_s = \frac{M_u * 10^5}{\phi * f_Y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{0.728 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(22 - \frac{4.4}{2}\right)}$$

$$A_s = 0.36 \text{ cm}^2$$

Nota. Desarrollado por los tesistas

$$a = 20\% * "d"$$

$$A_s = \frac{M_u * 10^5}{\phi * f_Y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{0.728 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(22 - \frac{4.4}{2}\right)}$$

$$A_s = 0.36 \text{ cm}^2$$

Nota. Desarrollado por los tesistas

$$a = 20\% * "d"$$

✓ Determinamos el acero positivo en la parte izquierda: $M(+)$ = 0.468 Tn. m

Figura 104

Viga unidireccional para cálculo de acero positivo en la parte izquierda

$$A_s = \frac{M_u * 10^5}{\phi * f_Y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{0.728 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(22 - \frac{4.4}{2}\right)}$$

$$A_s = 0.36 \text{ cm}^2$$

Nota. Desarrollado por los tesisistas

$$a = 20\% * "d"$$

$$A_s = \frac{M_u * 10^5}{\phi * f_Y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{0.468 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(22 - \frac{4.4}{2}\right)}$$

$$A_s = 0.63 \text{ cm}^2$$

$$a = 4.4 \text{ cm}$$

Calculamos área de acero

Verificación de "a"

$$A_s = \frac{M_u * 10^5}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{0.468 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(22 - \frac{4.4}{2}\right)}$$

$$A_s = 0.63 \text{ cm}^2$$

$a =$

$a =$

$$\beta \frac{A_s * f_y}{f_c * b_w} = 0.63$$

$$* 4200$$

$$* 0.85 * 280 * 10$$

$$A_s = \frac{M_u * 10^5}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{0.468 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(22 - \frac{4.4}{2}\right)}$$

$$A_s = 0.63 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \frac{M_u * 10^5}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{0.468 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(22 - \frac{4.4}{2}\right)}$$

$$A_s = 0.63 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \frac{M_u * 10^5}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{0.468 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(22 - \frac{4.4}{2}\right)}$$

$$A_s = 0.63 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \frac{M_u * 10^5}{\phi * f_Y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{0.468 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(22 - \frac{4.4}{2}\right)}$$

$$A_s = 0.63 \text{ cm}^2$$

✓ Determinamos el acero positivo en la parte derecha: $M(+)$ = 0.468 Tn. m

Figura 105

Viga unidireccional para cálculo de acero positivo en la parte derecha

Nota. Desarrollado por los tesisistas

$$A_s = \frac{M_u * 10^5}{\phi * f_Y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{0.468 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(22 - \frac{4.4}{2}\right)}$$

$$A_s = 0.63 \text{ cm}^2$$

$$a = 20\% * "d"$$

$$a = 4.4 \text{ cm}$$

Calculamos área de acero

$$A_S = \frac{M_u * 10^5}{\phi * f_Y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_S = \frac{0.468 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(22 - \frac{4.4}{2}\right)}$$

$$A_S = 0.63 \text{ cm}^2$$

Verificación de "a"

$$a = \frac{A_S * f_y}{\beta * f'_c * b_w}$$

$$a = \frac{0.63 * 4200}{0.85 * 280 * 10}$$

$$a = 1.11 \text{ cm}$$

Calculamos área de acero requerido

$$A_S = \frac{M_u * 10^5}{\phi * f_Y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_S = \frac{0.468 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(22 - \frac{1.11}{2}\right)}$$

$$A_S = 0.58 \text{ cm}^2$$

La sección de varilla propuesta será de 1Ø3/8" = 0.71 cm² ... OK

✓ Realizamos la verificación de acero mínimo

$$A_{Smin} = \frac{0.7 * \sqrt{f'_c}}{f_y} * b * d$$

$$A_{Smin} = \frac{0.7 * \sqrt{280}}{4200} * 10 * 22$$

$$A_{Smin} = 0.61 \text{ ... OK}$$

✓ Verificación del acero máximo

$$A_{Smax} = c * b * d$$

$$c = 0.75 * fb$$

$$fb = \frac{\beta * 0.85 * f'c}{fy} * \left(\frac{6000}{6000 + fy} \right)$$

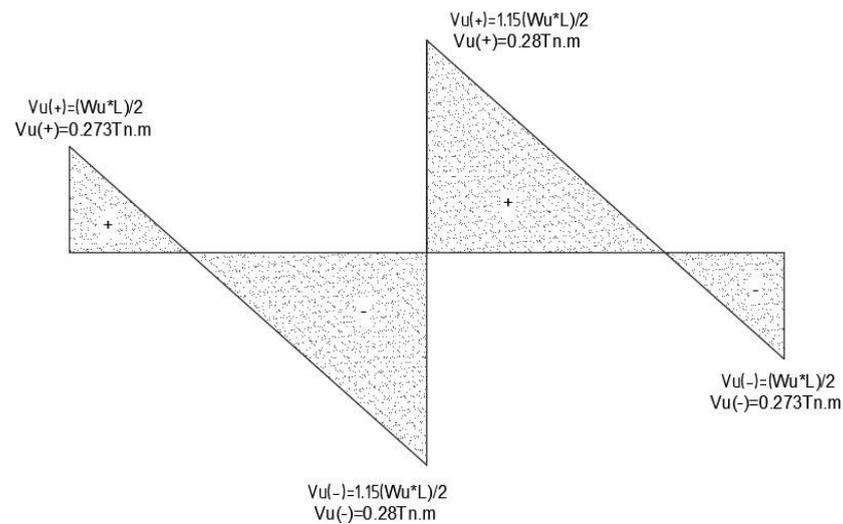
$$A_{Smax} = 0.75 * \frac{\beta * 0.85 * f'c}{fy} * b * d$$

$$A_{Smax} = 0.75 * \left(\frac{0.85 * 0.85 * 280}{4200} \right) * \left(\frac{6000}{6000 + 4200} \right) * 10 * 22$$

$$A_{Smin} = 4.68 \dots \text{OK}$$

Figura 106

Diagrama de fuerzas cortantes para vigueta en la losa



Nota. Desarrollado por los tesisistas

✓ Verificación de cortante máxima

$$V_u \leq \phi * V_c$$

$$V_u = 1.15 * \frac{W_u * L}{2}$$

$$V_u = 1.15 * \frac{0.492 * 3.65}{2}$$

$$V_u = 1.03 \text{ Ton} = 1032.59 \text{ kg}$$

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_c = 0.53 * \sqrt{280} * 10 * 22$$

$$V_c = 1951.09 \text{ kg}$$

$$V_u = 1032.59 \text{ kg} \leq V_c = 1951.09 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

✓ Acero de temperatura

$$A_{S_{\min}} = 0.0018 * b * t$$

$$A_{S_{\min}} = 0.0018 * 100 * 5$$

$$A_{S_{\min}} = 0.90 \text{ cm}^2$$

La sección de varilla propuesta será de $2 \text{ } \varnothing 8 \text{ mm} = 1.00 \text{ cm}^2$

✓ Separación de acero de temperatura

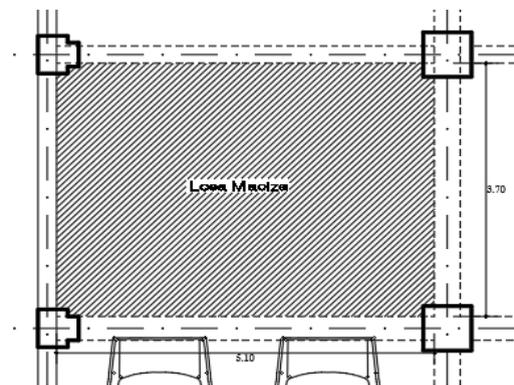
$$S * 50 \text{ m} = 0.25 \text{ cm}$$

La separación de la varilla propuesta será de $2 \text{ } \varnothing 8 \text{ mm} @ 25 \text{ cm}$

10.4. DISEÑO DE LOSA MACIZA

Figura 107

Losa Maciza



Nota. Desarrollado por los tesistas

Datos:

$$A \quad : \quad 3.70 \text{ m}$$

$$B \quad : \quad 5.10 \text{ m}$$

✓ **PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSA MACIZA**

$$h_f = h = \frac{\text{Perimetro}}{180} = \frac{2 * 5.10 * 3.70}{180} = 0.21 \text{ m}$$

Losa maciza con altura de: $h = 0.20 \text{ m}$

✓ METRADO DE CARGAS

$$\text{Peso propio} = 2400 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} * 1 * 1 * 0.20 = 480 \text{ kgf}$$

$$\text{Piso terminado} = 100 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} * 1 * 1 = 100 \text{ kgf}$$

$$\text{Tabiquería} = 200 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} * 1 * 1 = 200 \text{ kgf}$$

$$\text{La C.M. por "m}^2\text{": } W_D = 780 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{La C.V. por "m}^2\text{": } W_L = 200 \text{ kg/m}^2$$

Amplificación de cargas W_D y W_L .

$$W_{DU} = 1.4 * W_D = 1092 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{LU} = 1.7 * W_L = 340 \text{ kg/m}^2$$

$$W_U = 1.4 * W_D + 1.7 * W_L = 1432 \text{ kg/m}^2$$

✓ ANÁLISIS ESTRUCTURAL

$$m = \frac{3.70}{5.10} = 0.725 \text{ para el diseño la losa se considera empotrada en los 4 lados.}$$

Según la tabla 13.1 del R.N.E, los Coef. para momentos (-) W_u son:

$$C_a : 0.0715$$

$$C_b : 0.0195$$

Según la tabla 13.2 del R.N.E, los Coef. para momentos (+) por carga muerta W_{ud} son:

$$C_a : 0.0290$$

$$C_b : 0.0080$$

Según la tabla 13.3 del R.N.E, los Coef. para momentos (-) por carga viva W_{ul} son:

$$C_a : 0.0470$$

$$C_b : 0.0130$$

Realizamos los calculos de los Momentos (-) a W_u :

$M_{a(-)} = C_a * W_u * A^2$ $M_{a(-)} = 0.0715 * 1432 * 3.7^2$ $M_{a(-)} = 1401.69 \text{ kgf.m}$	$M_{b(-)} = C_b * W_u * B^2$ $M_{b(-)} = 0.0195 * 1432 * 5.1^2$ $M_{b(-)} = 726.30 \text{ kgf.m}$
--	---

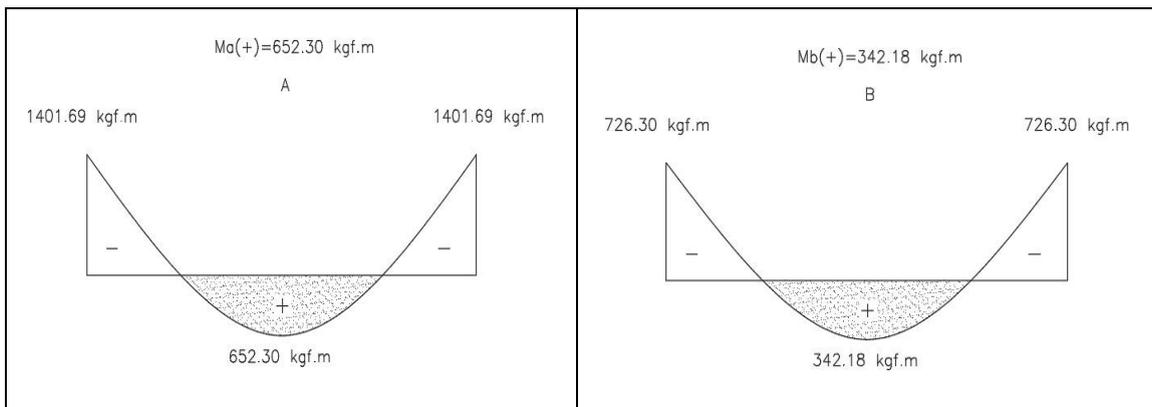
Calculamos los momentos positivos de carga muerta W_{ud} :

$M_{a(+)} = C_a * W_{DU} * A^2$ $M_{a(+)} = 0.0290 * 1092 * 3.7^2$ $M_{a(+)} = 433.53 \text{ kgf.m}$	$M_{b(+)} = C_b * W_{DU} * B^2$ $M_{b(+)} = 0.0080 * 1092 * 5.1^2$ $M_{b(+)} = 227.22 \text{ kgf.m}$
--	--

Calculamos momentos (-) por carga viva W_{ul} :

$M_{a(+)} = C_a * W_{LU} * A^2$ $M_{a(+)} = 0.0470 * 340 * 3.7^2$ $M_{a(+)} = 218.77 \text{ kgf.m}$	$M_{b(+)} = C_b * W_{LU} * B^2$ $M_{b(+)} = 0.0130 * 340 * 5.1^2$ $M_{b(+)} = 114.96 \text{ kgf.m}$
---	---

Resumen de sumatoria de momentos:



✓ DISEÑO POR FLEXIÓN

Calcular el tamaño del acero para momentos negativos

Se procesa y halla "a" con la siguiente formula:

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * M_u * 10^5}{\phi * \beta * f'_c * b_w}}$$

$$a = 16 - \sqrt{16^2 - \frac{2 * 726.30 * 100}{0.90 * 0.85 * 210 * 100}}$$

$$a = 0.92 \text{ cm}$$

Área de acero requerida

$$A_s = \frac{M_u * 10^5}{\emptyset * f_Y * (d - \frac{a}{2})}$$

$$A_s = \frac{726.30 * 100}{0.9 * 4200 * (16 - \frac{0.29}{2})}$$

$$A_s = 1.21 \text{ cm}^2$$

La sección de varilla propuesta será de 1/2" = 1.27 cm²

Cálculo de acero para momentos positivos (acero inferior)

Procedemos a encontrar el valor de "a" con la siguiente formula:

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * M_u * 10^5}{\emptyset * \beta * f'_c * b_w}}$$

$$a = 16 - \sqrt{16^2 - \frac{2 * 342.18 * 100}{0.90 * 0.85 * 210 * 100}}$$

$$a = 0.13 \text{ cm}$$

Área de acero requerida

$$A_s = \frac{M_u * 10^5}{\emptyset * f_Y * (d - \frac{a}{2})}$$

$$A_s = \frac{342.18 * 100}{0.9 * 4200 * (16 - \frac{0.13}{2})}$$

$$A_s = 0.57 \text{ cm}^2$$

✓ DISEÑO POR FLEXIÓN

$$A_{smin} = 0.0018 * b * h$$

$$A_{smin} = 0.0018 * 100 * 20$$

$$A_{smin} = 3.60 \text{ cm}^2$$

$A_{smin} \leq A_s$ No cumple! tomamos el acero minimo

La sección de varilla que se prop one será de 3/8" = 0.71 cm²

$$e = \frac{A_b}{A_s} * 100$$

$$e = \frac{0.71 \text{ cm}^2}{3.6 \text{ cm}^2} * 100 = 19.72$$

$$e = 20 \text{ cm}$$

✓ DISEÑO POR CORTE

En caso de que, si la fuerza cortante supera la capacidad del concreto, será necesario aumentar el peralte de la losa.

$$V_u = b * L * q_u$$

$$V_u = 1.00 \text{ m} * 2.47 \text{ m} * 3.537 \text{ Tonf/m}^2$$

$$V_u = 8.736 \text{ Tonf}$$

Esfuerzo cortante del concreto

$$V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b_w * d$$

$$V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 100 * 16 = 10445.384 \text{ kgf}$$

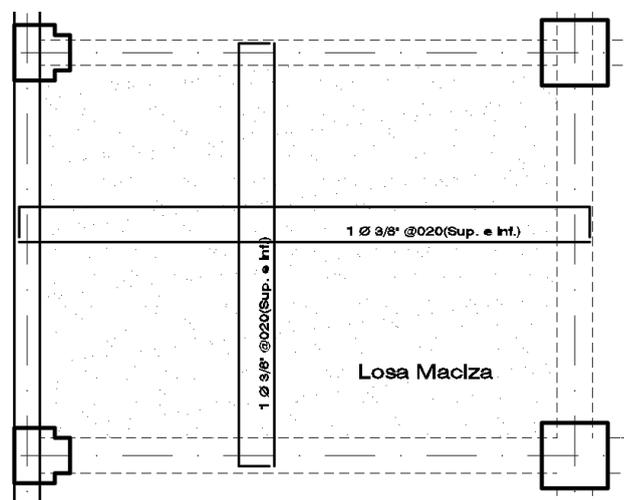
$$V_c = 10.45 \text{ Tonf}$$

$$V_u \leq V_c$$

$$8.736 \text{ Tonf} \leq 10.45 \text{ Tonf} \text{ CONFORME!}$$

Figura 108

Acero en Losa Maciza



Nota. Desarrollado por los tesistas

10.5. DISEÑO DE LA PLATEA DE CIMENTACIÓN

Ensayo de suelo

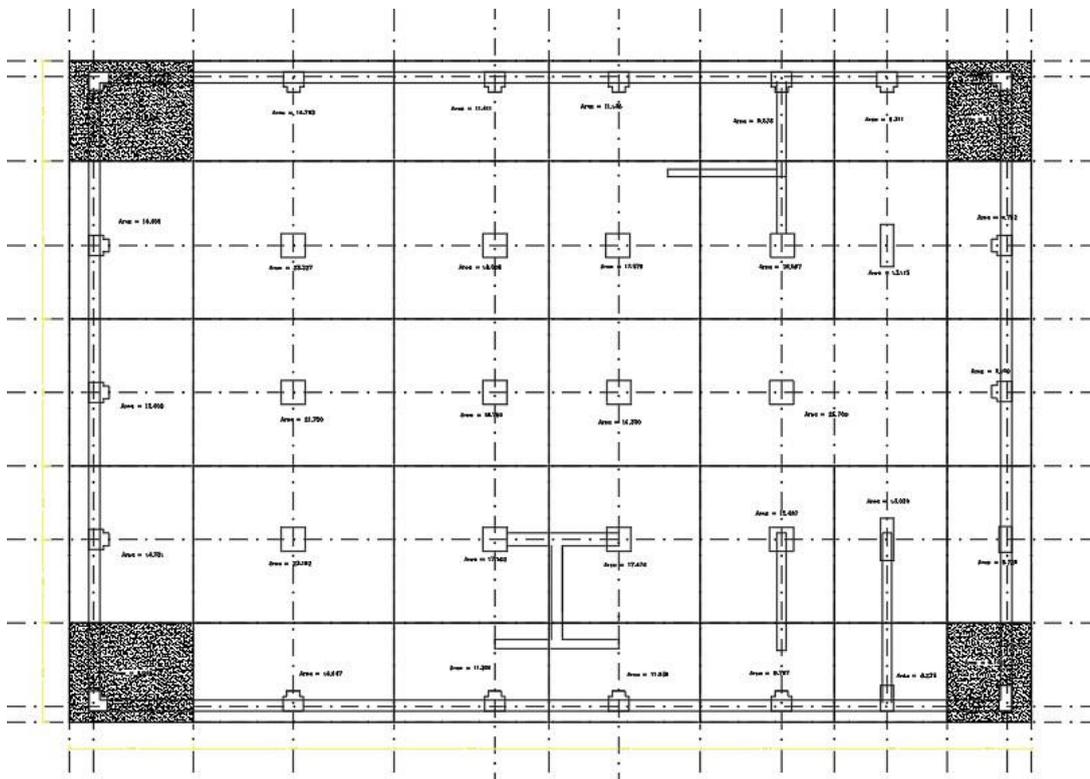
q_a : 1.94 kg/cm²

K : 2400 T/m³

En cada nivel (metrado aproximado), es considerado peso 1 tonelada por metro cuadrado para el diseño de cargas.).

Figura 109

Áreas tributarias.



Nota. Desarrollado por los tesistas

Tabla 51

Metrado de cargas por área tributaria

N° de Pisos	ANCHO	LARGO	PESO(Tn/m ³)	P (Tn.m)
2	2.725	3.35	1	18.258
2	4.3	3.35	1	28.810
2	4	3.35	1	26.800

2	4.275	3.35	1	28.643
2	2.7	3.35	1	18.090
12	2.725	5.425	1	177.398
12	4.3	5.425	1	279.930
12	4	5.425	1	260.400
12	4.275	5.425	1	278.303
12	2.7	5.425	1	175.770
12	2.725	4.1875	1	136.931
12	4.3	4.1875	1	216.075
12	4	4.1875	1	201.000
12	4.275	4.1875	1	214.819
12	2.7	4.1875	1	135.675
12	2.725	4.0875	1	133.661
12	4.3	4.0875	1	210.915
12	4	4.0875	1	196.200
12	4.275	4.0875	1	209.689
12	2.7	4.0875	1	132.435
12	2.725	3.625	1	118.538
12	4.3	3.625	1	187.050
12	4	6.675	1	320.400
12	4.275	3.625	1	185.963
12	2.7	3.625	1	117.450
12	2.725	3.05	1	99.735
12	4.3	3.05	1	157.380
12	4.275	3.05	1	156.465

12	2.7	3.05	1	98.820
12	2.725	2.275	1	74.393
12	4.3	2.275	1	117.390
12	4	2.275	1	109.200
12	4.275	2.275	1	116.708
12	2.7	2.275	1	73.710
			Vu =	320.400

Nota. Desarrollado por los tesistas

10.5.1. ESPESOR DE LA PLATEA

Efecto de corte por punzonamiento

$$V_u = 320.4 \text{ Ton}$$

$$V_C = 0.53 * \sqrt{f_c} * b_c * d$$

$V_C =$ F. C. permisible por Punzonamiento

$$b_o = 4d + 240 \text{ (cm)}$$

$b_o =$ Perimetro

$$V_C = V_U$$

$$320,400 \text{ kg} = 0.53 * \sqrt{210} * 4d + 240$$

$$d = 105 \text{ cm}$$

Espesor:

$$t = d + \text{recu.} + \text{diam. varilla}/2$$

$$t = 105 + 7.5\text{cm} + \frac{2.5}{2} = 115 \text{ cm}$$

$$t = 115 \text{ cm (espesor de la platea)}$$

10.5.2. FRANJAS DE CIMENTACIÓN

Tabla 52

Franjas de cimentación

ANCHO	Eje	LARGO	Eje	$\frac{(b+1)^2}{(2b)^2}$		K_S	K_S	λ_{m-1}	λ_{m-1}	$\frac{1.75}{\lambda}$			
				Y	X					Y	X	Y	X
2.725	Y	3.35	X	0.47	0.42	1121.17	1011.67	0.246	0.240	7.11	7.29		
4.3	Y	3.35	X	0.38	0.42	911.52	1011.67	0.234	0.240	7.49	7.29		
4	Y	3.35	X	0.39	0.42	937.50	1011.67	0.235	0.240	7.43	7.29		
4.275	Y	3.35	X	0.38	0.42	913.53	1011.67	0.234	0.240	7.48	7.29		
2.7	Y	3.35	X	0.47	0.42	1126.75	1011.67	0.247	0.240	7.10	7.29		
2.725	Y	5.425	X	0.47	0.35	1121.17	841.59	0.246	0.229	7.11	7.64		
4.3	Y	5.425	X	0.38	0.35	911.52	841.59	0.234	0.229	7.49	7.64		
4	Y	5.425	X	0.39	0.35	937.50	841.59	0.235	0.229	7.43	7.64		
4.275	Y	5.425	X	0.38	0.35	913.53	841.59	0.234	0.229	7.48	7.64		
2.7	Y	5.425	X	0.47	0.35	1126.75	841.59	0.247	0.229	7.10	7.64		
2.725	Y	4.1875	X	0.47	0.38	1121.17	920.78	0.246	0.234	7.11	7.47		
4.3	Y	4.1875	X	0.38	0.38	911.52	920.78	0.234	0.234	7.49	7.47		
4	Y	4.1875	X	0.39	0.38	937.50	920.78	0.235	0.234	7.43	7.47		
4.275	Y	4.1875	X	0.38	0.38	913.53	920.78	0.234	0.234	7.48	7.47		
2.7	Y	4.1875	X	0.47	0.38	1126.75	920.78	0.247	0.234	7.10	7.47		
2.725	Y	4.0875	X	0.47	0.39	1121.17	929.49	0.246	0.235	7.11	7.45		
4.3	Y	4.0875	X	0.38	0.39	911.52	929.49	0.234	0.235	7.49	7.45		
4	Y	4.0875	X	0.39	0.39	937.50	929.49	0.235	0.235	7.43	7.45		
4.275	Y	4.0875	X	0.38	0.39	913.53	929.49	0.234	0.235	7.48	7.45		
2.7	Y	4.0875	X	0.47	0.39	1126.75	929.49	0.247	0.235	7.10	7.45		
2.725	Y	3.625	X	0.47	0.41	1121.17	976.69	0.246	0.238	7.11	7.36		

4.3	Y	3.625	X	0.38	0.41	911.52	976.69	0.234	0.238	7.49	7.36
4	Y	6.675	X	0.39	0.33	937.50	793.24	0.235	0.226	7.43	7.75
4.275	Y	3.625	X	0.38	0.41	913.53	976.69	0.234	0.238	7.48	7.36
2.7	Y	3.625	X	0.47	0.41	1126.75	976.69	0.247	0.238	7.10	7.36
2.725	Y	3.05	X	0.47	0.44	1121.17	1057.94	0.246	0.243	7.11	7.21
4.3	Y	3.05	X	0.38	0.44	911.52	1057.94	0.234	0.243	7.49	7.21
4.275	Y	3.05	X	0.38	0.44	913.53	1057.94	0.234	0.243	7.48	7.21
2.7	Y	3.05	X	0.47	0.44	1126.75	1057.94	0.247	0.243	7.10	7.21
2.725	Y	2.275	X	0.47	0.52	1121.17	1243.40	0.246	0.253	7.11	6.93
4.3	Y	2.275	X	0.38	0.52	911.52	1243.40	0.234	0.253	7.49	6.93
4	Y	2.275	X	0.39	0.52	937.50	1243.40	0.235	0.253	7.43	6.93
4.275	Y	2.275	X	0.38	0.52	913.53	1243.40	0.234	0.253	7.48	6.93
2.7	Y	2.275	X	0.47	0.52	1126.75	1243.40	0.247	0.253	7.10	6.93

Nota. Desarrollado por los tesistas

Dirección X: $l=6.68 \text{ m} < 7.75$

Dirección Y: $l=4.30 \text{ m} < 7.49$

En ambas direcciones cumple con:

$$l < \frac{1.75}{\lambda}, \text{ El método rígido es viable}$$

10.5.3. CÁLCULO DE LAS PRESIONES DE CONTACTO

Tabla 53

Cálculo de presiones de contacto

P (Ton)	X(m)	P x	P (Ton)	Y (m)	Py
18.258			18.258	17.575	320.9
28.810			28.810	12.975	373.8
26.800			26.800	8.975	240.5

28.643			28.643	4.975	142.5
18.090			18.090		
177.398	6.05	1073.3	177.398	17.575	3117.8
279.930	6.05	1693.6	279.930	12.975	3632.1
260.400	6.05	1575.4	260.400	8.975	2337.1
278.303	6.05	1683.7	278.303	4.975	1384.6
175.770	6.05	1063.4	175.770		
136.931	11.5	1574.7	136.931	17.575	2406.6
216.075	11.5	2484.9	216.075	12.975	2803.6
201.000	11.5	2311.5	201.000	8.975	1804.0
214.819	11.5	2470.4	214.819	4.975	1068.7
135.675	11.5	1560.3	135.675		
133.661	14.85	1984.9	133.661	17.575	2349.1
210.915	14.85	3132.1	210.915	12.975	2736.6
196.200	14.85	2913.6	196.200	8.975	1760.9
209.689	14.85	3113.9	209.689	4.975	1043.2
132.435	14.85	1966.7	132.435		
118.538	19.25	2281.8	118.538	17.575	2083.3
187.050	19.25	3600.7	187.050	12.975	2427.0
320.400	19.25	6167.7	320.400	8.975	2875.6
185.963	19.25	3579.8	185.963	4.975	925.2
117.450	19.25	2260.9	117.450		
99.735	22.1	2204.1	99.735	17.575	1752.8
157.380	22.1	3478.1	157.380	12.975	2042.0
156.465	22.1	3457.9	156.465	8.975	1404.3

98.820	22.1	2183.9	98.820		
74.393	25.35	1885.8	74.393	17.575	1307.4
117.390	25.35	2975.8	117.390	12.975	1523.1
109.200	25.35	2768.2	109.200	8.975	980.1
116.708	25.35	2958.5	116.708	4.975	580.6
73.710	25.35	1868.5	73.710		

Nota. Desarrollado por los tesistas

Tabla 54

Resumen de centro de rigidez, centro de gravedad y excentricidad

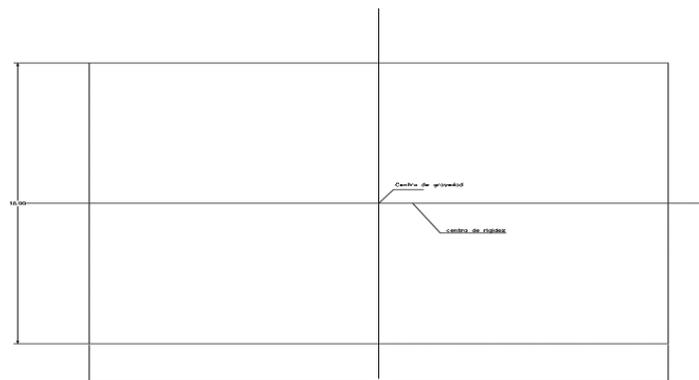
Centro de rigidez	Centro de gravedad	excentricidad
14.42	13	1.42
9.06	9	0.06

Nota. Desarrollado por los tesistas

10.5.4. DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN ACTUANTE

Figura 110

Centro de rigidez, centro de gravedad



Nota. Desarrollado por los tesistas

$$Q = 5013 \text{ Ton}$$

$$A = 26 \times 18 \text{ m} = 468 \text{ m}^2$$

$$M_Y = Q_X e_X = 5013 \times 1.42 = 7118.46 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_X = Q_X e_Y = 5013 \times 0.06 = 300.78 \text{ T} - \text{m}$$

$$I_Y = 18 \times 26^3 / 12 = 26364 \text{ m}^4$$

$$I_X = 26 \times 18^3 / 12 = 12636 \text{ m}^4$$

$$q = \frac{Q}{A} \pm \frac{M_X Y}{I_X} \pm \frac{M_Y X}{I_Y}$$

$$q = \frac{5013}{468} \pm \frac{300.78}{12636} \pm \frac{7118.46}{26364}$$

$$q = 10.71 \pm 0.024Y \pm 0.270X$$

$$q_{\max} = 10.71 + 0.024(9.06) + 0.270(14.42) = 14.82 \text{ T/m}^2$$

Peso de la platea: (Peso/Area)

$$\frac{26 \times 18 \times 1.15 \times 2.4 \text{ T/m}^3}{26 \times 18} = 2.76 \text{ T/m}^2$$

Primer piso S/C: 0.25 T/m²

La tabiquería del primer piso: 0.15 T/m²

Total: 17.98 T/m²

Capacidad Portante: $q_a = 19.4 \text{ kg/cm}^2 > 17.98 \text{ T/m}^2$ CONFORME OK!

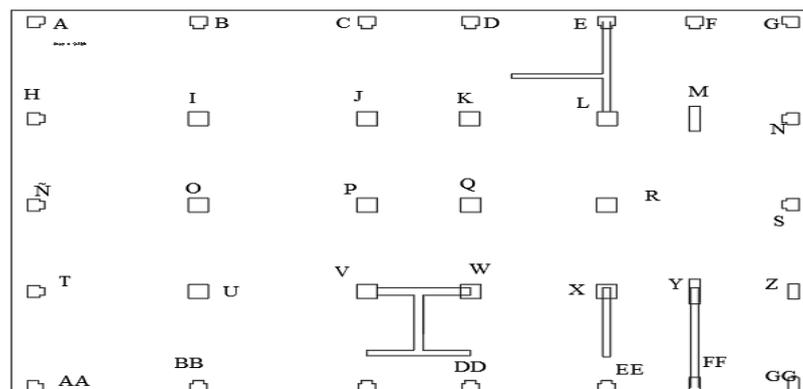


Tabla 55*Cálculo de esfuerzos sobre el suelo por punto*

PUNTO	Q/A	X	0.27X	Y	0.025Y	q(T/M2)
A	10.71	-13.00	-3.51	-8.60	-0.22	6.99
H	10.71	-13.00	-3.51	-4.00	-0.10	7.10
Ñ	10.71	-13.00	-3.51		0.00	7.20
T	10.71	-13.00	-3.51	-4.00	-0.10	7.10
AA	10.71	-7.13	-1.92	-8.98	-0.22	8.56
B	10.71	-7.13	-1.92	-8.60	-0.22	8.57
I	10.71	-7.13	-1.92	-4.00	-0.10	8.69
O	10.71	-7.13	-1.92		0.00	8.79
U	10.71	-7.13	-1.92	-4.00	-0.10	8.69
BB	10.71	-7.13	-1.92	-8.98	-0.22	8.56
C	10.71	-1.68	-0.45	-4.00	-0.10	10.16
J	10.71	-1.68	-0.45	-8.60	-0.22	10.04
P	10.71	-1.68	-0.45		0.00	10.26
V	10.71	-1.68	-0.45	-4.00	-0.10	10.16
CC	10.71	-1.68	-0.45	-8.98	-0.22	10.03

Nota. Desarrollado por los tesisistas**Tabla 56***Cálculo de esfuerzos sobre el suelo por punto*

PUNTO	Q/A	X	0.27X	Y	0.025Y	q(T/M2)
D	10.71	1.68	0.45	8.60	0.22	11.38
K	10.71	1.68	0.45	4.00	0.10	11.26
Q	10.71	1.68	0.45		0.00	11.16
W	10.71	1.68	0.45	4.00	0.10	11.26

DD	10.71	1.68	0.45	8.98	0.22	11.39
E	10.71	6.08	1.64	8.60	0.22	12.57
L	10.71	6.08	1.64	4.00	0.10	12.45
R	10.71	6.08	1.64		0.00	12.35
X	10.71	6.08	1.64	4.00	0.10	12.45
EE	10.71	6.08	1.64	8.98	0.22	12.57
F	10.71	8.93	2.41	8.60	0.22	13.33
M	10.71	8.93	2.41	4.00	0.10	13.22
Y	10.71	8.93	2.41	4.00	0.10	13.22
FF	10.71	8.93	2.41	8.98	0.22	13.34
G	10.71	12.83	3.46	8.60	0.22	14.39
N	10.71	12.83	3.46	4.00		14.17
S	10.71	12.83	3.46			14.17
Z	10.71	12.83	3.46	4.00		14.17
GG	10.71	12.83	3.46	8.98		14.17

Nota. Desarrollado por los tesistas

10.5.5. PRESIÓN PROMEDIO POR FRANJA

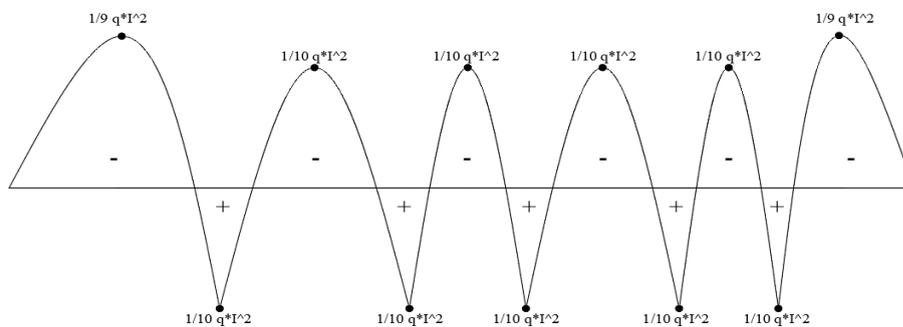
Tabla 57

Calculo presión promedio por franja

FRANJA	$q(T/M^2)$	$l (m)$	$1/9 q \cdot l^2$	$1/10 q \cdot l^2$
1	10.69	3.35	13.33	11.99
2	10.64	5.425	34.78	31.30
3	10.69	4.1875	20.82	18.74
4	10.64	4.0875	19.75	17.77

5	11.37	3.625	16.60	14.94
6	7.77	3.05	8.03	7.23
7	8.57	2.275	4.93	4.43
8	10.10	2.7	8.18	7.36
9	11.38	4.275	23.11	20.80
10	12.57	4	22.35	20.11
11	13.34	4.3	27.41	24.66
12	14.28	2.725	11.78	10.60

Nota. Desarrollado por los tesistas



10.5.6. DISEÑO POR FLEXIÓN

Evaluación altura de platea:

$$f_s = 0.4f_y = 0.4(4200) = 1680 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 0.4f'_c = 0.4(210) = 94.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{\text{Modulo de elasticidad del acero}}{\text{Modulo de elasticidad del concreto}}$$

$$n = \frac{2.1 \times 10^7}{2.1 \times 10^6} = 9$$

$$k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{n * f_c}} = \frac{1}{1 + \frac{1680}{9(94.5)}} = 0.336$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 0.888$$

$$K = \frac{1}{2} f_c k j = \frac{1}{2} (94.5)(0.336)(0.888) = 14.10$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$M_{\max} = 27.4 \times 10^5$$

$$d_{\minimo} = \sqrt{\frac{M}{Kb}} = 50 \text{ cm}$$

Espesor mínimo:

$$t = d_{\minimo} + \text{recubrimiento} + \text{diam. de varilla}/2$$

$$t = 50 + 7.5 + 2.5/2$$

$$t = 59 \text{ cm} < t = 115 \text{ cm (CONFORME)}$$

El método de cargas de servicio se utilizó para diseñar.

Acero de refuerzo:

$$j = 0.888$$

$$f_s = 1680 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = M / (f_s * j * d)$$

$$A_{s_{\min}} = 0.23d$$

Valores de "d":

Recub. superior: 5cm

Recub. inferior: 7.5cm

Refuerzo Superior:

$$115 - 5 - 2.54/2 = 108.73$$

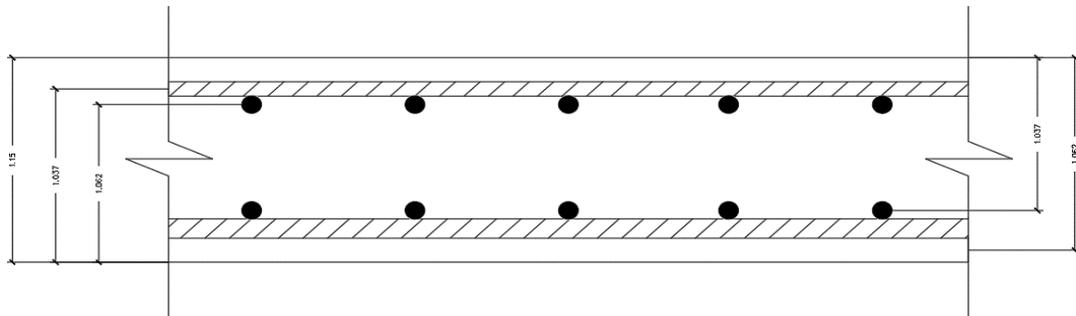
$$115 - 5 - 2.54 - 2.54/2 = 106.19$$

Refuerzo Inferior:

$$115 - 7.5 - 2.54/2 = 106.23$$

$$115 - 7.5 - 2.54 - 2.54/2 = 103.69$$

Valores de "d" platea de cimentación



Los refuerzos en la longitud vista se descubren por el exterior y los transversales por la parte inferior, el recorte mostrado es tomado de la parte más prolongada, en este caso en la dirección "X".

Tabla 58

Cálculo de acero mínimo

FRANJA	Coefficiente de momento	d (cm)	M (T-m/m)	As (min)
1	1/9 (-)	108.73	13.33	25.01
	1/10 (-)	108.73	11.99	25.01
	1/10 (-)	108.73	11.99	25.01
	1/10 (+)	106.19	11.99	24.42
	1/10 (+)	106.19	11.99	24.42
	1/9 (+)	106.19	13.33	24.42
2	1/9 (-)	108.73	34.78	25.01
	1/10 (-)	108.73	31.30	25.01
	1/10 (-)	108.73	31.30	25.01
	1/10 (+)	106.19	31.30	24.42
	1/10 (+)	106.19	31.30	24.42
	1/9 (+)	106.19	34.78	24.42
3	1/9 (-)	108.73	20.82	25.01

	1/10 (-)	108.73	18.74	25.01
	1/10 (-)	108.73	18.74	25.01
	1/10 (+)	106.19	18.74	24.42
	1/10 (+)	106.19	18.74	24.42
	1/9 (+)	106.19	20.82	24.42
	1/9 (-)	108.73	19.75	25.01
	1/10 (-)	108.73	17.77	25.01
	1/10 (-)	108.73	17.77	25.01
4	1/10 (+)	106.19	17.77	24.42
	1/10 (+)	106.19	17.77	24.42
	1/9 (+)	106.19	19.75	24.42
	1/9 (-)	108.73	16.60	25.01
	1/10 (-)	108.73	14.94	25.01
	1/10 (-)	108.73	14.94	25.01
5	1/10 (+)	106.19	14.94	24.42
	1/10 (+)	106.19	14.94	24.42
	1/9 (+)	106.19	16.60	24.42
	1/9 (-)	106.23	8.03	24.43
	1/10 (-)	106.23	7.23	24.43
6	1/10 (+)	103.69	7.23	23.85
	1/9 (+)	103.69	8.03	23.85
	1/9 (-)	106.23	4.93	24.43
7	1/10 (-)	106.23	4.43	24.43
	1/10 (+)	103.69	4.43	23.85

	1/9 (+)	103.69	4.93	23.85
	1/9 (-)	106.23	8.18	24.43
8	1/10 (-)	106.23	7.36	24.43
	1/10 (+)	103.69	7.36	23.85
	1/9 (+)	103.69	8.18	23.85
	1/9 (-)	106.23	23.11	24.43
9	1/10 (-)	106.23	20.80	24.43
	1/10 (+)	103.69	20.80	23.85
	1/9 (+)	103.69	23.11	23.85
	1/9 (-)	106.23	22.35	24.43
10	1/10 (-)	106.23	20.11	24.43
	1/10 (+)	103.69	20.11	23.85
	1/9 (+)	103.69	22.35	23.85
	1/9 (-)	106.23	27.41	24.43
11	1/10 (-)	106.23	24.66	24.43
	1/10 (+)	103.69	24.66	23.85
	1/9 (+)	103.69	27.41	23.85
	1/9 (-)	106.23	11.78	24.43
12	1/10 (-)	106.23	10.60	24.43
	1/10 (+)	103.69	10.60	23.85
	1/9 (+)	103.69	11.78	23.85
	1/9 (-)	106.23	11.78	24.43

Nota. Desarrollado por los tesistas

Tabla 59*Cálculo de espaciamentos del acero*

FRANJA	As (min)	s (cm) \emptyset 1" @	s (cm) \emptyset 1" @
	25.01	20.27	20.00
	25.01	20.27	20.00
1.00	25.01	20.27	20.00
	24.42	20.76	20.00
	24.42	20.76	20.00
	24.42	20.76	20.00
	25.01	20.27	20.00
	25.01	20.27	20.00
2.00	25.01	20.27	20.00
	24.42	20.76	20.00
	24.42	20.76	20.00
	24.42	20.76	20.00
	25.01	20.27	20.00
	25.01	20.27	20.00
3.00	25.01	20.27	20.00
	24.42	20.76	20.00
	24.42	20.76	20.00
	24.42	20.76	20.00
	25.01	20.27	20.00
	25.01	20.27	20.00
4.00	25.01	20.27	20.00
	24.42	20.76	20.00

	24.42	20.76	20.00
	24.42	20.76	20.00
	25.01	20.27	20.00
	25.01	20.27	20.00
5.00	25.01	20.27	20.00
	24.42	20.76	20.00
	24.42	20.76	20.00
	24.42	20.76	20.00
	24.43	20.75	20.00
	24.43	20.75	20.00
6.00	23.85	21.26	20.00
	23.85	21.26	20.00
	24.43	20.75	20.00
	24.43	20.75	20.00
7.00	23.85	21.26	20.00
	23.85	21.26	20.00
	24.43	20.75	20.00
	24.43	20.75	20.00
8.00	23.85	21.26	20.00
	23.85	21.26	20.00
	24.43	20.75	20.00
	24.43	20.75	20.00
9.00	23.85	21.26	20.00
	23.85	21.26	20.00

	24.43	20.75	20.00
10.00	24.43	20.75	20.00
	23.85	21.26	20.00
	23.85	21.26	20.00
11.00	24.43	20.75	20.00
	24.43	20.75	20.00
	23.85	21.26	20.00
	23.85	21.26	20.00
12.00	24.43	20.75	20.00
	24.43	20.75	20.00
	23.85	21.26	20.00
	23.85	21.26	20.00

Nota. Desarrollado por los tesistas

10.5.7. VERIFICACIÓN DE LA FUERZA CORTANTE

$$V_u = 1.0 q' \frac{l}{2} \text{ fuerza cortante actuante}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 103.69 \text{ cm (el mas pequeño de los valores)}$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_c = 0.9 \sqrt{f'_c} b d \text{ fuerza cortante permisible}$$

$$V_c = 0.9 \sqrt{210} \times 100 \times 103.69 = 43575.715$$

$$V_c = 43.58 \text{ Tn}$$

Tabla 60

Verificación de la norma

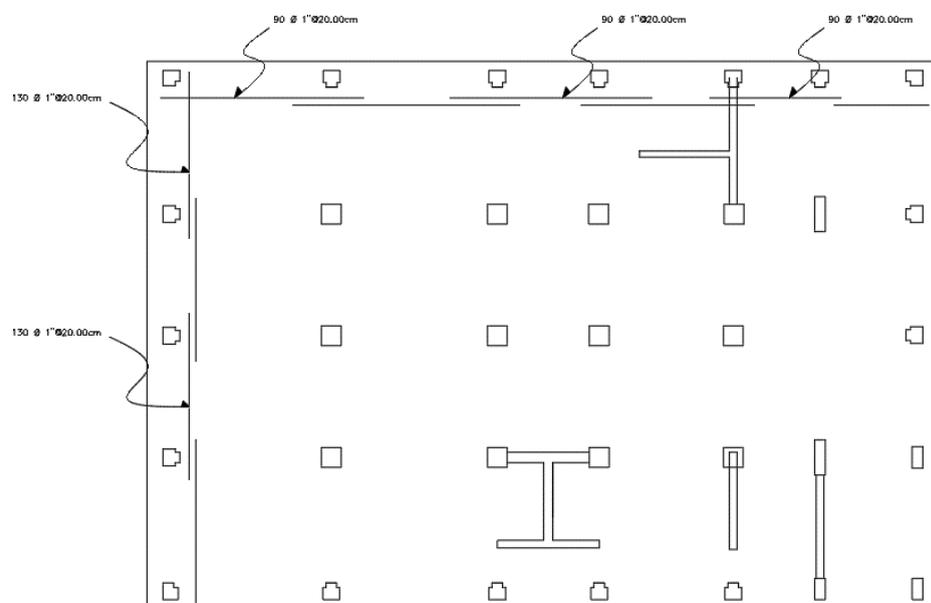
FRANJA	q(T/M2)	l (m)	Vu (Ton)
--------	---------	-------	----------

1	10.69	3.35	35.80
2	10.64	5.43	57.70
3	10.69	4.19	44.75
4	10.64	4.09	43.48
5	11.37	3.63	41.21
6	7.77	3.05	23.71
7	8.57	2.28	19.49
8	10.10	2.70	27.26
9	11.38	4.28	48.66
10	12.57	4.00	50.28
11	13.34	4.30	57.36
12	14.28	2.73	38.91

Nota. Desarrollado por los testistas

$$V_{u_{max}} = 19.49 \text{ Ton} < V_c = 43.58 \text{ Ton} \dots\dots\dots \text{CONFORME}$$

10.5.8. ACERO DE REFUERZO



10.6. DISEÑO DE ESCALERA

Datos:

$$f'c : 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y : 4200 \text{ T/m}^3$$

$$s/c : 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$CP : 0.18 \text{ m}$$

$$P : 0.25 \text{ m}$$

$$B : 1.20 \text{ m}$$

✓ Dimensionamiento

Espesor de la escalera:

$$\frac{L_n}{25} = 0.10 < t = 0.11 < \frac{L_n}{20} = 0.12$$

Usaremos: $t = 0.15 \text{ m}$

Calculamos el valor de $\cos\theta$:

$$\cos\theta = \frac{P}{(P^2 + CP^2)^{1/2}} = 0.8115$$

Calculamos el valor de h_m :

$$h_m = h_o + \frac{CP}{2} = \frac{t}{\cos\theta} + \frac{CP}{2}$$

$$h_m = 0.2748 \text{ m}$$

✓ Dimensionamiento

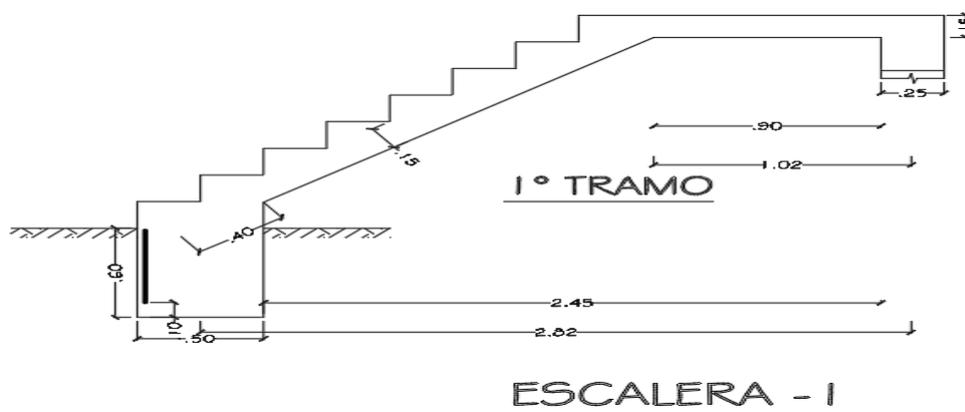


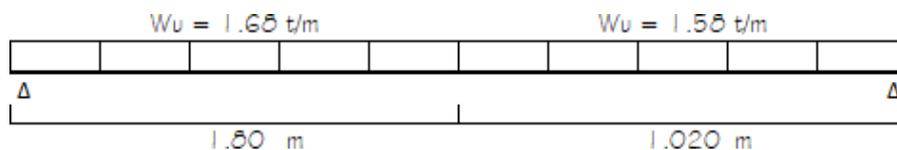
Tabla 61*Metrado de Cargas*

Tramo Inclinado	Tramo Horizontal
Carga muerta:	
P.P. = 0.7915 t/m	P.P. = 0.7200 t/m
Acabados = 0.1200 t/m	Acabados = 0.1200 t/m
—————	—————
Wd = 0.9115 t/m	Wd = 0.8400 t/m
Carga muerta:	
Sobre carga = 0.2400 t/m	Sobre carga = 0.2400
WI = 0.2400 t/m	WI = 0.2400
Carga muerta:	
Wu = 1.4 Wd + 1.7 WI	Wu = 1.4 Wd + 1.7 WI
Wu = 1.684 t/m	Wu = 1.584 t/m

Nota. Desarrollado por los tesistas

Figura 111

Diagrama de carga distribuida en la escalera



Nota. Desarrollado por los tesisistas

- ✓ Análisis de esfuerzos en la escalera

Momento ultimo:

$$R_a = 2.356 \text{ Tn (Reac. en el apoyo)}$$

$$x_i = 1.399M \text{ (Dis. al cortante cero)}$$

$$+M_u = 1.648 \text{ Tn (Momento ultimo)}$$

Momento de diseño en la escalera:

$$+M_{\text{diseño}} = 0.9 * 1.648 = 1.483 \text{ tn. m}$$

Cortante ultimo:

$$R_a = 2.356 \text{ Tn (Reac. de apoyo derecho)}$$

$$R_b = 2.291 \text{ Tn (Reac. de apoyo izquierdo)}$$

Cortante máximo:

$$V_{\text{max}} = 2.356 \text{ Tn}$$

- ✓ Diseño

$$A_{S \text{ temperatura}} = 0.0018 * bt = 2.7 \text{ cm}^2$$

$$a = 2 \text{ cm}^2 \rightarrow A_s = \frac{1.483 * 10^5}{0.9 * 4200 * 12.365} = 3.17 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow \emptyset 1/2" @ 0.40$$

$$A_s = \frac{A_s}{2} = 1.59 \text{ cm}^2 < A_{S \text{ temperatura}} = 2.7 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow \emptyset 1/2" @ 0.45$$

CONCLUSIONES

- Se concluye que, de los resultados obtenidos al realizar el análisis con la base empotrada versus el modelo de Interacción Suelo – Estructura, los periodos fundamentales, el desplazamiento en las direcciones X y Y, las distorsiones (Derivas), los esfuerzos cortantes en la base, los elementos estructurales, sufren un impacto en el resultado de cada uno de ellos.
- El estudio concluye que se observa un aumento de los periodos fundamentales (T_x y T_y) cuando se realiza un análisis I.S.E. utilizando modelamientos dinámicos, tipo Barkan y la norma rusa. Este aumento contrasta con los resultados de un análisis que parte del supuesto de una base de empotramiento sin defectos.
 - Se visualiza en el caso de los periodos (T_x), el modelo empotrado muestra un periodo de 0.593 segundos, mientras que el modelo Barkan registra 0.612 segundos y el modelo Norma Rusa presenta 0.608 segundos.
 - Asimismo, para los periodos (T_y), el modelo empotrado revela un periodo de 0.639 segundos, mientras que el modelo Barkan indica 0.674 segundos y el modelo Norma Rusa muestra 0.667 segundos.
- La inferencia realizada es que se muestra un aumento de los desplazamientos de los sentidos (X e Y) al analizar la relación entre el suelo y los modelamientos dinámicos Barkan y Norma Rusa, cuyos resultados, supone un empotramiento impecable en la base contrastan con este aumento.
 - Como resultado, los desplazamientos máximos entre piso en (X), el modelo empotrado presenta 11.148 cm., mientras que el modelo Barkan se basa en 12.684 cm. y en el modelo Norma Rusa es de 12.416 cm.
 - Se obtiene que, los desplazamientos máximos de entre piso en (Y), el modelo empotrado presenta 11.945 cm., mientras que Barkan da 13.604 cm. y Norma Rusa da 13.311 cm.
- Se observó un aumento de las distorsiones (máximas derivas) en los sentidos “X” e “Y” al analizar la relación entre el suelo y los modelamientos dinámicos Barkan y Norma Rusa. Este aumento es contrario a los resultados de una investigación que suponía un empotramiento impecable en la base.
 - Se ha observado que en el cuarto piso es donde se encuentran las mayores derivas en la dirección (X). El modelo Barkan registra 0,00520, el modelo Norma Rusa muestra 0,00511, y el modelo empotrado muestra una deriva de 0,00465.

- Además, el modelo empotrado muestra un desplazamiento de 0,00469 para los desplazamientos máximos entre plantas en la dirección (Y), mientras que los modelos Barkan y Norma Rusa muestran 0,00516 y 0,00506, respectivamente.
- El análisis concluye que se observa una disminución de los esfuerzos cortantes en la base (V_x y V_y) cuando se examina la interacción entre el suelo y los modelos dinámicos (Barkan y Norma Rusa). Este resultado contradice el de un estudio basado en la hipótesis de empotramiento perfecto en el cimiento.
 - Se observa que el modelo empotrado registra 463,4632 tonf para los esfuerzos de corte en la base, dirección (X), pero los modelos Barkan y Norma Rusa registran 489,5136 y 484,2614 tonf, respectivamente.
 - Asimismo, el modelo Russian Standard sugiere 554,3393 tonf, el modelo Barkan indica 554,0225 tonf, y el modelo empotrado revela 555,7586 tonf para las fuerzas de cizallamiento de la base en la dirección (Y)..
- En base a los esfuerzos cortantes en la base descritos anteriormente, se puede concluir que el sistema estructural de este edificio está categorizado como un Sistema Dual Tipo 1. Esto se debe a que los esfuerzos de corte por la base de las placas en ambas direcciones (X e Y) son superiores al 60,00% e inferiores al 80,00% en todos los modelos examinados.
 - Se observa que, para el modelo empotrado, el cortante en las placas es de 343,6504 tonf, es decir, el 74,18 % del cortante principal de 463,4632 tonf, en el caso de esfuerzos de corte de las placas en la base, en el sentido (X). El esfuerzo cortante en las placas es de 334,3892 tonf en la dirección (Y), lo que supone el 60,168 % del esfuerzo cortante principal de 555,7586 tonf.
 - Los esfuerzos de corte de las placas en la base en el sentido (X) en el modelo Barkan son de 342,6288 tonf, es decir, el 69,994 % del cortante principal de 489,5136 tonf. El esfuerzo cortante en las placas es de 335,0546 tonf en la dirección (Y), es decir, el 60,477 % del esfuerzo cortante principal de 554,0225 tonf.
 - Los esfuerzos de corte de las placas en la base en el sentido (X) en el modelo Russian Standard son de 342,7141 tonf, es decir, el 70,77 % del cortante principal de 484,2614 tonf. El esfuerzo cortante en las placas en la dirección (Y) es de 334,7704 tonf, es decir, el 60,391 % del esfuerzo cortante principal de 554,3393 tonf.
 - Estos resultados respaldan la clasificación del sistema estructural como un Sistema Dual Tipo 1, ya que las fuerzas cortantes en las placas cumplen con los criterios definidos (superiores al 60.00 % y menores al 80 %).

RECOMENDACIONES

- Para acelerar la modelización, el diseño de un edificio multifamiliar de 10 niveles, se debería utilizar un plano arquitectónico como punto de partida de un proyecto de I.S.E.
- Se sugiere que, en función de los resultados del estudio, elementos como pilares y vigas de los pisos superiores puedan optimizarse al construir los elementos estructurales utilizando los resultados de la I.S.E. Es crucial recordar que el proceso de modelización y diseño puede llevar más tiempo.
- Se dispone realizar un mejor estudio de mecánica de suelos previo de completar un estudio dinámico utilizando cualquiera de los modelos descritos anteriormente, ya que esto es crucial.
- Se aconseja que, al llevar a cabo un análisis dinámico con los modelos Barkan o Norma Rusa en una edificación sin sótanos, las derivas resultantes podrían aumentar. En este sentido, se debe tener en cuenta que la deriva máxima permitida según la E060 del RNE es de 0.007.
- Se sugiere que la norma E060 del RNE debería incorporar los modelos dinámicos como parte integral de un análisis, porque en base a las respuestas logradas en esta investigación están más alineados con la realidad.
- Se aconseja considerar la existencia de diversos sistemas estructurales, tipos de cimentación y suelos variados. Se propone ampliar la investigación realizando un análisis sísmico que contemple la interacción suelo-estructura con cada uno de ellos, para comprender el comportamiento en cada caso específico.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Abanto, R., Cisneros, L., Gomez, G., Diaz, C., & Rojas, P. (2020). Propuesta preliminar de metodo de analisis de interaccion suelo-estructura para suelos peruanos. [Trabajo de investigacion de Bachiller, Pontificia Universidad Catolica del Perú]. Repositorio de Tesis PUCP. <https://hdl.handle.net/20.500.12404/18127>
- Aguila, C. T., & Villareal, G. A. (2021). NTERACCION SUELO-ESTRUCTURAY SU INFLUENCIA EN LA RESPUESTA SISMICA DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO. Revista Internacional del Ingenieríade Estructuras, 426-471. <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/riie/article/view/2336/1775>
- American Concrete Institute. (2015). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14). https://civilshare.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/07/aci_318s_14_en_espanol.pdf
- Araca, F. , Gomez, L., Cahui, A., & Martin G. (2020). Influencia de la interacción suelo-estructura en el comportamiento de las viviendas aporticadas con zapatas aisladas en la ciudad de Juliaca. Revista Científica de la UCSA, 7(2), 70-81. https://doi.org/http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-87522020000200070&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Arancibia A., D. (2020). Estudio del efecto de la interacción suelo-estructura en edificios bajos de albañilería. [Memoria de Grado, Universidad de Chile]. Repositorio Academico de la Universidad de Chile. <https://doi.org/https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/177340>
- Arquiñego, J., & Velasquez, N. (2020). Evaluación de la interacción suelo - estructura en una edificación de 4 pisos, en el distrito de Cercado de Lima. [Trabajo de investigación, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio Institucional UTP. https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3473/Jack%20Arqui%C3%B1ego_Nelson%20Velasquez_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Autmix. (2023, marzo 15). ¿Cómo funciona el esfuerzo cortante en fluidos? . Obtenido de autmix. <https://autmix.com/blog/como-funciona-el-esfuerzo-cortante-en-fluidos>
- Barros, L. M., & Peñafiel, M. J. (2019). Analisis comparativo economico - estructural entre un sistema aporticado, un sistema aporticado con muros estructurales y un sistema de paredes portantes, en un edificio de 10 pisos. [Trabajo de titulación, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital EPN. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10314/3/CD-6143.pdf>
- Bustamante, J. (2021). Comparación de los métodos de cálculo de interacción suelo estructura con la NTP E-0.30.2018, al determinar la respuesta estructural de la Torre II de la Clínica Limatambo S.A.C Cajamarca. [Tesis de licenciatura,

- Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC.
<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4452/Tesis%20completa%20Bustamante.pdf;jsessionid=1FA7B6BF775575BE9AFB4E73339564B8?sequence=4>
- Calderin, F., Almenarez, D., & Boada, D. (2020). Consideración del fenómeno interacción suelo-estructura en edificio prefabricado. *Ciencia en su PC*, 1(4), 79-94. <https://www.redalyc.org/journal/1813/181366194007/html/>
- Castro, C., & Pérez, G. (2020). Análisis de la interacción suelo - estructura estática para una edificación regular de hormigón armado y 3 tipos de suelos. Ecuador. [Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional de la UPS.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18193>
- Cieza, H., & Godoy, J. (2023). Influencia de la interacción sísmica suelo-estructura de una vivienda multifamiliar de muros estructurales de 10 niveles con sótano, Trujillo 2023. Trujillo. [Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio académico de la UPN.
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/35564/Cieza%20Herrera%20Henry%20-%20Godoy%20Custodio%20Jhoni%20Enrique.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias. (2019). Recomendaciones y Consejos.
https://www.cne.go.cr/reduccion_riesgo/informacion_educativa/recomentaciones_consejos/sismo.aspx
- Domínguez, M. (2014). Períodos de vibración de las edificaciones. *Revista ingeniería y arquitectura*, 8(2), 1-13. Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas. <https://www.redalyc.org/pdf/1939/193932724001.pdf>
- Falcon, N. E. (2024). valuación de la Respuesta Sísmica de un Edificio Aporticado Considerando Interacción Suelo Estructura. *SciELO Preprints*.
<https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/view/8016/14974>
- Fernandez L., A., Fernandez L., I., & Cobelo C., W. (2023). Influencia de la interacción suelo-estructura estática en edificio de 100 metros de altura. *Revista Ingeniería y Desarrollo*, 41(2), 213-232.
<https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9026845>
- Ferrovial. (2024). ¿Qué son las cimentaciones?.
<https://www.ferrovial.com/es/stem/cimentaciones/>
- Figueroa, H. (2017, marzo 21). *cursos-edu.blogspot.com*. *cursos-edu.blogspot.com*:
<https://cursos-edu.blogspot.com/2017/03/platea-de-cimentacion-consideraciones.html>
- Hervas, D. M. (2020). Influencia de la respuesta estructural en una edificación de 5 pisos de hormigón reforzado resistente a momentos, mediante la interacción suelo - estructura variando el tipo de cimentación, en suelos tipo D. MANABÍ.

- [Proyecto de Titulación, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio Institucional de la UNESUM.
<https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2725?mode=full>
- Ingeniería y Consultoría Bernadó (INCOBER). (2020, abril 26). Tipos de estructuras en construcción. <https://incober.es/blog/tipos-de-estructuras-en-construccion/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20son%20las%20estructuras%20en,de%20apoyo%20para%20soportar%20cargas>.
- Jain, N. (2023, mayo 17). ideascale. ideascale. <https://ideascale.com/es/blogs/que-es-la-investigacion-cuantitativa/>
- Jaramillo, Y. L., & Sarmiento, P. N. (2023). Evaluación de la influencia de la interacción suelo - estructura en la respuesta sísmica de edificación una tipo comercial en Ecuador. GUAYAQUIL. [Proyecto de Pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Repositorio institucional de la ESPL. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/59581>
- Jines, R. M. (2017). Interacción sísmica suelo - estructura en edificaciones de sistema dual en la ciudad de Moquegua. TACNA. [Tesis de Pregrado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Institucional de la UPT. <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/412/Jines-Cabezas-Ruth-Mercedes.pdf?sequence=1>
- Neivor. (2022). ¿Qué es una vivienda multifamiliar y qué tipos existen? <https://blog.neivor.com/vivienda-multifamiliar-que-es-y-caracteristicas>
- Olivo, S. (2020). "Influencia de la interacción suelo – estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 10 pisos aplicando el software ETABS, Lima – 2020. Lima. Universidad Cesar Vallejo. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/66214/Olivo_CS-L-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ortega, C. (2024). questionpro. questionpro. <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-aplicada/>
- Pinto, F. J., & Ledezma, C. (2019). Interacción suelo-estructura en edificios de gran altura con subterráneos en Santiago, Chile. *Obras y proyectos*, (25), 66-75. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-28132019000100066>
- Procon. (2019, septiembre 28). Procon. <https://www.procon.com.mx/tipos-suelo-construir/>
- Puente, D., Vilcamich, E., Castro, J., Andrade, J., & Cuadros, L. (2023). Interacción suelo-estructura en un edificio con sótanos: consideraciones para el análisis sísmico. [Trabajo de investigación de Bachiller, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional de la PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/26315>
- Quispe, B., Carcausto, E., & Villarreal, G. (2024). Análisis y diseño sísmico de una edificación multifamiliar de diez niveles y dos sótanos aplicando la interacción suelo-estructura con un sistema dual y platea de cimentación. Memoria

- Investigaciones en Ingeniería, 26(2024), 158–187.
<https://doi.org/10.36561/ING.26.10>
- Quispillo, K. A. (2022). Análisis comparativo de la respuesta estructural y del nivel de desempeño de una edificación de hormigón armado, considerando dos opciones: base rígida e interacción suelo-estructura. [Trabajo experimental de grado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional de la UTA.
<https://doi.org/https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/34107>
- Romero, E. C., & Almache, L. M. (2022). Evaluación estructural de la iglesia patrimonial El Tambo considerando base rígida e Interacción dinámica suelo estructura. Polo del Conocimiento, 7(12), 3-23.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9227615>
- Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO). (2020). Norma E.020 Cargas.
<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-barranca/concreto-i/norma-e020-cargas-rne/17645736>
- Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO). (2020). Norma E.030 Diseño Sismo Resistente. Reglamento Nacional de Edificaciones. (1a ed.).
<https://drive.google.com/file/d/1W14N6JldWPN8wUZSqWZnUphg6C559bi-/view>
- Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO). (2020). Norma E.050 suelos y cimentación. Reglamento Nacional de Edificaciones. (1a ed.).
<https://drive.google.com/file/d/1XdLUkwUqDXsulQgSbFsJ-J9BTt4u3Hp5/view>
- Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO). (2020). Norma E.060 Concreto armado. Reglamento Nacional de Edificaciones. (1a ed.). <https://es.slideshare.net/slideshow/norma-e060-concreto-armado-250779524/250779524>
- Servosis. (2020, junio 29). Servosis. <https://www.servosis.com/el-modulo-de-young-o-modulo-de-elasticidad-longitudinal/>
- Stewart, L. (2024). atlasti. <https://atlasti.com/es/research-hub/investigacion-descriptiva>
- Valle, G. (2021). Análisis del comportamiento de la cimentación de una vivienda multifamiliar aplicando la interacción suelo - estructura en Chachapoyas, 2021. [Tesis de Grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional de UCV.
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/68334/Valle_VG R-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Velaña. (2022). Diseño sismorresistente de una estructura mixta de 4 niveles, con interacción suelo estructura y diagonales rigidizadoras, para uso administrativo, enfocado a un suelo con características tipo E. Ecuador.

[Proyecto de titulación, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio institucional de la UNESUM.

<https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3486>

Villarreal Castro, G. (2020). Interacción suelo estructura en edificaciones con zapatas aisladas. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 25(3), 311-332. <https://ia801900.us.archive.org/34/items/articulo-13-interaccion-suelo-estructura/Art%C3%ADculo%2013%20Interacci%C3%B3n%20Suelo%20Estructura.pdf>

Villarreal Castro, G., Cerna Vasquez, M., & Espinoza Torres, C. (2021). Interaccion Sismica Suelo-Estructura en edificaciones con muros de ductilidad limitada sobre plateas de cimentacion. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 26(1), 153-178.

<https://doi.org/https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/riie/article/view/1967>

Villarreal, G. C. (2017). Interaccion sismica suelo-estructura en edificaciones con plateas de cimentacion. Editora & Imprenta Grafica Norte S.R.L.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

"DISEÑO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE DIEZ NIVELES Y DOS SÓTANOS APLICANDO LA INTERACCIÓN SUELO – ESTRUCTURA CON UN SISTEMA DUAL Y PLATEA DE CIMENTACIÓN"						
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Independiente			Diseño metodológico:
¿Cómo afecta el análisis y diseño sísmico de un edificio multifamiliar de diez pisos con dos sótanos mediante la aplicación de la Interacción Suelo Estructura, utilizando un sistema dual y una platea de cimentación, en comparación con el modelo de empotramiento perfecto en la base, teniendo en	Determinar el diseño sísmico de un edificio multifamiliar de diez pisos con dos sótanos mediante la aplicación de la Interacción Suelo Estructura, utilizando un sistema dual y una platea de cimentación, en comparación con un modelo	Con respecto a la evaluación y elaboración sísmica de una edificación multifamiliar de diez pisos y dos sótanos, utilizando la correlación dinámica entre el suelo y la estructura con un sistema Dual y una platea de cimentación, y tomando en consideración las propiedades del grado de flexibilidad del suelo, es posible que los desplazamientos de la edificación y los efectos	Modelo de Interacción Suelo – Estructura	Consideraciones de Modelamiento	✓ Características de la edificación ✓ Características del suelo ✓ Determinación de la masa de la platea ✓ Cálculos del coeficiente de rigidez ✓ Asignación de punto en el centro de la platea	Descriptivo Tipo de investigación Aplicada Enfoque de investigación Cuantitativo Diseño muestral: Población

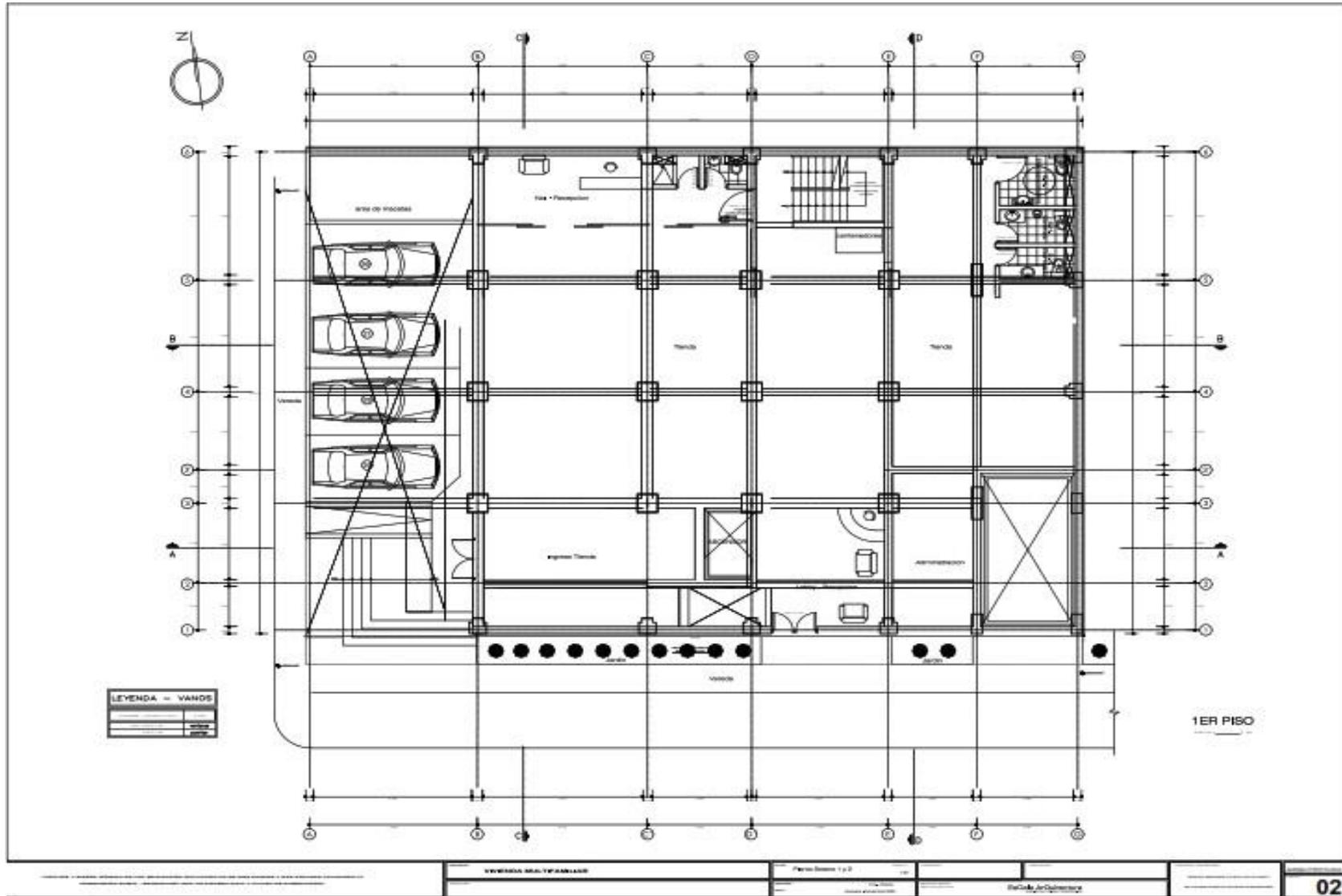
<p>cuenta las propiedades del suelo?</p>	<p>empotramiento perfecto en la base.</p>	<p>internos en los diversos componentes estructurales puedan experimentar aumentos o reducciones. Este fenómeno se traduce en resultados que se asemejan más a la realidad, considerando la influencia dinámica del suelo en la respuesta estructural durante eventos sísmicos.</p>	<p>Suelos de construcción de la zona de Arequipa</p> <p>Muestra</p> <p>Plano de arquitectura de una construcción multifamiliar</p> <p>Técnicas de recolección de datos:</p>
--	---	---	---

<p>Problemas específicos</p>	<p>Objetivos específicos</p>	<p>Hipótesis específicas</p>	<p>Dependiente</p>	<p>Consideraciones de diseño</p>	<p> ✓ Predimensionamiento de elementos estructurales ✓ Metrado de cargas </p>	<p> • Investigación sobre estudio del terreno, para la obtención de las propiedades del suelo. </p>
<p>A. ¿Cómo afectan las propiedades del suelo en el análisis sísmico de un edificio multifamiliar de diez pisos y dos sótanos al aplicar la interacción suelo-estructura con un</p>	<p>A. Identificar el impacto de las propiedades del suelo en el análisis sísmico de un edificio multifamiliar de diez pisos y dos</p>	<p>A. Dado el impacto de las características del suelo en la evaluación sísmica de una construcción multifamiliar que consta de diez pisos y dos sótanos al aplicar la</p>	<p>Diseño en una edificación multifamiliar</p>	<p>Consideraciones de diseño</p>	<p> ✓ Predimensionamiento de elementos estructurales ✓ Metrado de cargas </p>	<p> • Investigación sobre estudio del terreno, para la obtención de las propiedades del suelo. </p>

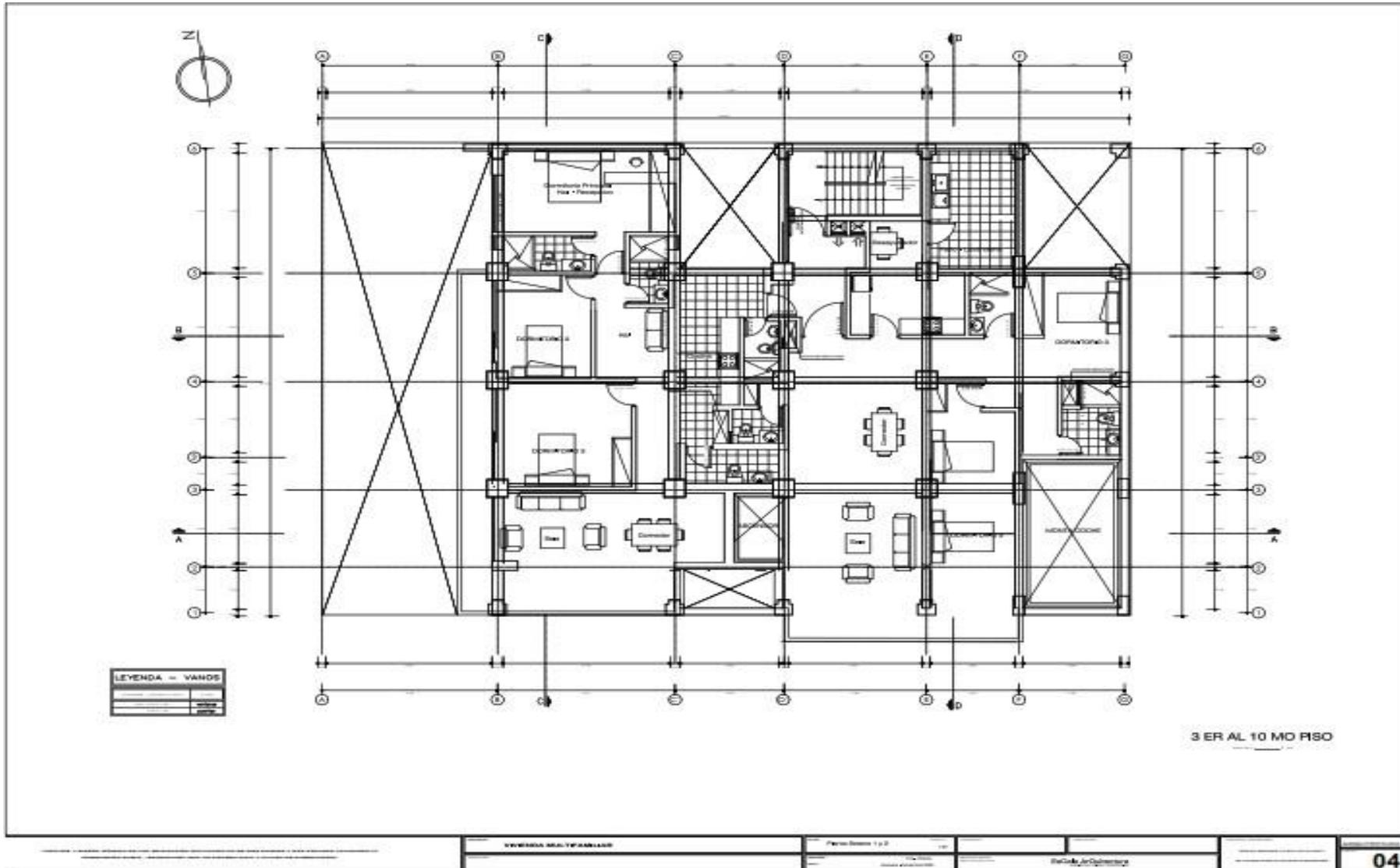
<p>sistema dual y una platea de cimentación?</p> <p>B. ¿Cuál es la variabilidad en el desplazamiento de la estructura en un análisis sísmico de un edificio residencial de diez pisos y dos sótanos al aplicar la interacción suelo-estructura con un sistema dual y una platea de cimentación?</p>	<p>sótanos al aplicar la interacción suelo-estructura con un sistema dual y una platea de cimentación.</p> <p>B. Determinar la variabilidad en el desplazamiento de la estructura en un análisis sísmico de un edificio residencial de diez pisos y dos sótanos al aplicar la interacción suelo-estructura con un sistema dual y una platea de cimentación.</p>	<p>interacción suelo-estructura mediante un sistema dual y una platea de cimentación, es probable que exista una reducción en la magnitud de la cortante basal.</p> <p>B. Dado el movimiento de la estructura en la evaluación sísmica de una construcción multifamiliar que consta de diez pisos y dos sótanos aplicando la interacción suelo-estructura con un sistema dual y platea de cimentación, es probable que haya un aumento en el desplazamiento de la construcción.</p>		<p>✓ Modelamiento o estructural en planta y 3D</p> <p>✓ Metrado de peso propio de la estructura</p> <p>✓ Evaluación de fuerzas estáticas equivalentes</p> <p>✓ Evaluación dinámica modal espectral</p> <p>✓ Estructuración de la edificación</p> <p>✓ Identificación de</p>	<p>• Modelos de relación entre suelo y estructura, para obtener resultados numéricos para continuar con esta investigación.</p> <p>• Software estructural, para modelar, analizar y diseñar una estructura multifamiliar, de la cual obtendremos conclusiones del comportamiento estructural.</p>
<p>C. ¿En qué grado se modifican los esfuerzos internos de los elementos estructurales en un análisis sísmico de un edificio multifamiliar de diez pisos y dos sótanos al utilizar la interacción suelo estructura con un</p>	<p>C. Establecer el grado de</p>		<p>Análisis estructural</p>		

<p>sistema dual y platea de cimentación, en comparación con un modelo que asume empotramiento perfecto en la base?</p>	<p>modificación de los esfuerzos internos de los elementos estructurales en un análisis sísmico de un edificio multifamiliar de diez pisos y dos sótanos al utilizar la interacción suelo-estructura con un sistema dual y platea de cimentación, en comparación con un modelo que asume empotramiento perfecto en la base.</p>	<p>C. Dado los esfuerzos internos de los componentes estructurales durante el análisis y diseño sísmico de una construcción multifamiliar que consta de diez pisos y dos sótanos implementando la interacción entre el suelo y la estructura con un sistema dual y una platea de cimentación, es probable que los elementos estructurales experimenten una variación en los esfuerzos internos, así como en su diseño, esto en comparación con el modelo de anclaje perfecto en la base.</p>	<p>Diseño de elementos estructurales</p>	<p>irregularidad es ✓ Análisis dinámico estructural ✓ Análisis y diseño de columnas ✓ Análisis y diseño de vigas ✓ Diseño de losa aligerada ✓ Diseño de losa maciza ✓ Diseño de la platea de cimentación Diseño de escalera</p>	<p>• Normas y reglamentos, que nos hará tener un óptimo trabajo.</p>
--	---	--	--	--	--

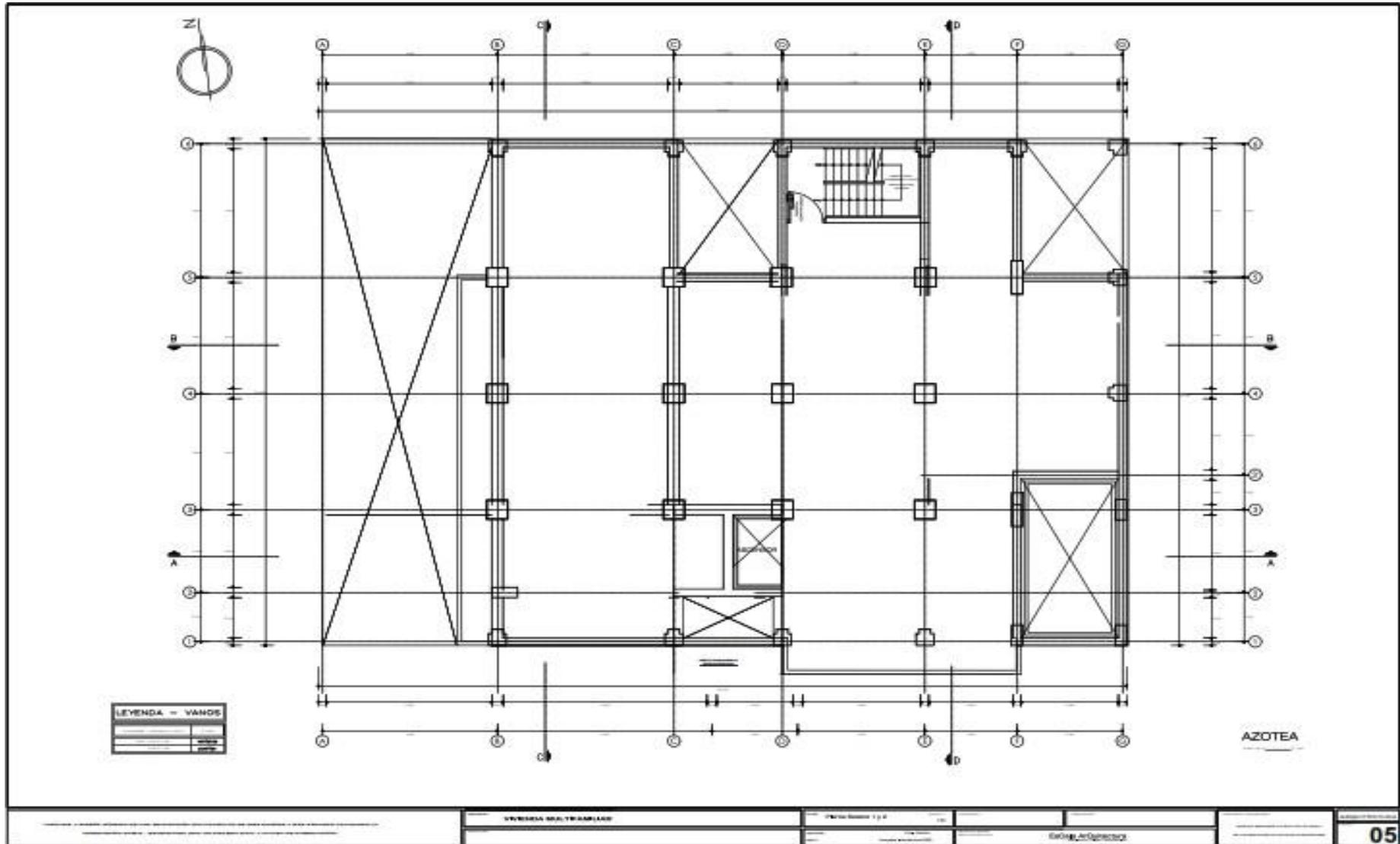
Primer piso



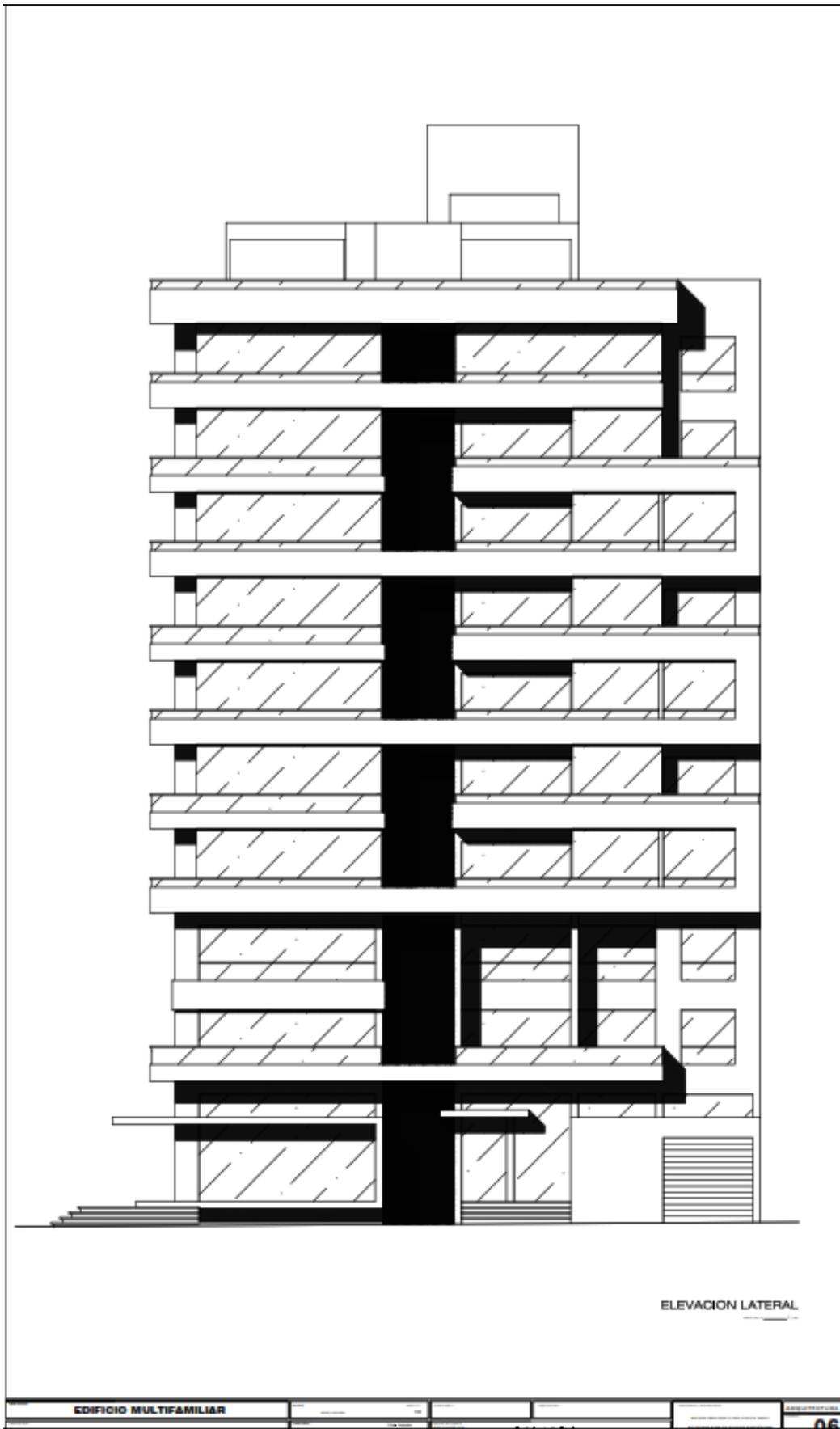
Piso 3 al 10 piso



Piso azotea



Elevación



Anexo 3. Estudio de suelos



PAREDES EJECUTORES SAC
 RUC: 20600276388
 Ingeniería, Consultoría y Control de Calidad

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MECÁNICO				
Alfaro - 02				
PROYECTO: "ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE DIEZ NIVELES Y DOS SÓTANOS APLICANDO LA INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA CON UN SISTEMA DUAL Y PLATEA DE CIMENTACIÓN"				
SOLICITA: BLADIMIR ROMAN QUISPE RODRIGUEZ - EDSON BRUNER CARCAUSTO VEGA				
CALICATA: C 1-1			MUESTRA RECEPCIONADA: 10/08/2023	
UBICACIÓN: YURA - AREQUIPA			FECHA DE EMISIÓN: 17/08/2023	
			CODIGO INTERNO: RAP-GRAN-0126.2023	

Tamaño ASTM	Peso	% Retenido	% Retenido	% Que Pasa
Ø	(mm)	Parcial	Acumulado	
3"	76.20			100.00%
2"	50.80		0.00%	100.00%
1 1/2"	38.10		0.00%	100.00%
1"	25.400		0.00%	100.00%
3/4"	19.050	10.00	0.80%	99.20%
1/2"	12.700			
3/8"	9.525	32.40	3.48%	96.52%
1/4"	6.350			
Nº 4	4.750	65.60	0.66%	99.34%
Nº 8	2.360			
Nº 10	2.000	107.00	0.32%	99.68%
Nº 16	1.180			
Nº 20	0.840	210.00	8.87%	90.81%
Nº 30	0.600	178.00	7.45%	83.36%
Nº 40	0.425	238.00	10.09%	73.27%
Nº 100	0.149	1085.00	45.00%	28.27%
Nº 200	0.074	172.00	7.26%	21.01%
MANEJA		65.60	4.04%	95.96%
PESO INICIAL		2368.80 gr		

CURVA GRANULOMÉTRICA

COMPOSICIÓN	
GRASA	8.35%
ARENA	87.72%
FINOS	4.04%

CLASIFICACIÓN	
SUCS	SP
GRUPO	A-1-1

Nota: Esta actividad se reprodujo sin autorización de Paredes Ejecutores Laboratorio. Paredes Ejecutores Laboratorio no se hace responsable de la mala interpretación de los resultados.

Ing. Rodrigo Paredes Lazo
 JEFE DE LABORATORIO
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 212737



PAREDES EJECUTORES SAC
RUC: 20000276388

Ingeniería, Consultoría y Control de Calidad

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MECÁNICO																																																																																																													
ACTIVO 42																																																																																																													
PROYECTO:	*ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE DIEZ NIVELES Y DOS BÓTANOS APLICANDO LA INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA CON UN SISTEMA DUAL Y PLATEA DE CIMENTACIÓN*																																																																																																												
SOLICITA:	BLADIMIR ROMAN QUISPE RODRIGUEZ - EDSON BRUNER CARCAUSTO VEGA																																																																																																												
CALICATA:	C 1-1	MUESTRA RECEPCIONADA:	10/08/2023																																																																																																										
UBICACIÓN:	YURA - AREQUIPA	FECHA DE EMISION:	17/08/2023																																																																																																										
		CODIGO INTERNO:	RAP-GRAN-0125.2023																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th>Tamices ASTM</th> <th>Peso Retenido</th> <th>% Retenido Parcial</th> <th>% Retenido Acumulado</th> <th>% Que Pasa</th> </tr> <tr> <th>Ø (mm)</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3"</td><td>76.20</td><td></td><td></td><td>100.00%</td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.80</td><td></td><td>0.00%</td><td>100.00%</td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>38.10</td><td></td><td>0.00%</td><td>100.00%</td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.40</td><td></td><td>0.00%</td><td>100.00%</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19.00</td><td>18.00</td><td>0.80%</td><td>99.20%</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>12.70</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.525</td><td>82.40</td><td>3.48%</td><td>96.52%</td></tr> <tr><td>1/4"</td><td>6.350</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nº 4</td><td>4.750</td><td>95.90</td><td>3.05%</td><td>91.77%</td></tr> <tr><td>Nº 8</td><td>2.360</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nº 10</td><td>2.000</td><td>197.00</td><td>8.32%</td><td>83.45%</td></tr> <tr><td>Nº 16</td><td>1.180</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nº 20</td><td>0.840</td><td>210.00</td><td>8.87%</td><td>74.58%</td></tr> <tr><td>Nº 30</td><td>0.600</td><td>178.00</td><td>7.43%</td><td>67.15%</td></tr> <tr><td>Nº 40</td><td>0.425</td><td>250.00</td><td>10.02%</td><td>57.13%</td></tr> <tr><td>Nº 100</td><td>0.149</td><td>1085.00</td><td>45.80%</td><td>11.31%</td></tr> <tr><td>Nº 200</td><td>0.074</td><td>172.00</td><td>7.26%</td><td>4.05%</td></tr> <tr><td>MANEJA</td><td>85.80</td><td></td><td>4.04%</td><td>0.00%</td></tr> <tr><td>PESO INICIAL</td><td>2366.80</td><td>gr</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>					Tamices ASTM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Ø (mm)					3"	76.20			100.00%	2"	50.80		0.00%	100.00%	1 1/2"	38.10		0.00%	100.00%	1"	25.40		0.00%	100.00%	3/4"	19.00	18.00	0.80%	99.20%	1/2"	12.70				3/8"	9.525	82.40	3.48%	96.52%	1/4"	6.350				Nº 4	4.750	95.90	3.05%	91.77%	Nº 8	2.360				Nº 10	2.000	197.00	8.32%	83.45%	Nº 16	1.180				Nº 20	0.840	210.00	8.87%	74.58%	Nº 30	0.600	178.00	7.43%	67.15%	Nº 40	0.425	250.00	10.02%	57.13%	Nº 100	0.149	1085.00	45.80%	11.31%	Nº 200	0.074	172.00	7.26%	4.05%	MANEJA	85.80		4.04%	0.00%	PESO INICIAL	2366.80	gr		
Tamices ASTM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa																																																																																																									
Ø (mm)																																																																																																													
3"	76.20			100.00%																																																																																																									
2"	50.80		0.00%	100.00%																																																																																																									
1 1/2"	38.10		0.00%	100.00%																																																																																																									
1"	25.40		0.00%	100.00%																																																																																																									
3/4"	19.00	18.00	0.80%	99.20%																																																																																																									
1/2"	12.70																																																																																																												
3/8"	9.525	82.40	3.48%	96.52%																																																																																																									
1/4"	6.350																																																																																																												
Nº 4	4.750	95.90	3.05%	91.77%																																																																																																									
Nº 8	2.360																																																																																																												
Nº 10	2.000	197.00	8.32%	83.45%																																																																																																									
Nº 16	1.180																																																																																																												
Nº 20	0.840	210.00	8.87%	74.58%																																																																																																									
Nº 30	0.600	178.00	7.43%	67.15%																																																																																																									
Nº 40	0.425	250.00	10.02%	57.13%																																																																																																									
Nº 100	0.149	1085.00	45.80%	11.31%																																																																																																									
Nº 200	0.074	172.00	7.26%	4.05%																																																																																																									
MANEJA	85.80		4.04%	0.00%																																																																																																									
PESO INICIAL	2366.80	gr																																																																																																											
<p>CURVA GRANULOMÉTRICA</p>																																																																																																													
<table border="1" style="width: 60%; margin: auto; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #0070C0; color: white;">ANÁLISIS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>GRAVA</td> <td>8.32%</td> </tr> <tr> <td>ARENA</td> <td>87.72%</td> </tr> <tr> <td>FINO</td> <td>4.04%</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 60%; margin: auto; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #0070C0; color: white;">CLASIFICACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SUELO</td> <td>SP</td> </tr> <tr> <td>EXTRU</td> <td>A-1-1</td> </tr> </tbody> </table>					ANÁLISIS		GRAVA	8.32%	ARENA	87.72%	FINO	4.04%	CLASIFICACIÓN		SUELO	SP	EXTRU	A-1-1																																																																																											
ANÁLISIS																																																																																																													
GRAVA	8.32%																																																																																																												
ARENA	87.72%																																																																																																												
FINO	4.04%																																																																																																												
CLASIFICACIÓN																																																																																																													
SUELO	SP																																																																																																												
EXTRU	A-1-1																																																																																																												
<p>Nota: Esta es válida su reproducción sin autorización de Paredes Ejecutores Laboratorio. Paredes Ejecutores Laboratorio no se hace responsable de su mala interpretación de los resultados.</p>																																																																																																													

Ing. Rodrigo Paredes Lazo
 JEFE DE LABORATORIO
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 212737

Urb. Los Olmos B-1, J. L. B. y Rivero - Arequipa.
 Telf: 959611510 / 973802536 / 993478541
 E-mail: paredes.ejecutores@gmail.com



PAREDES EJECUTORES SAC

RUC: 20000276388

Ingeniería, Consultoría y Control de Calidad

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MECÁNICO																																																																																																																																																	
N° M P - 02																																																																																																																																																	
PROYECTO: *ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE DIEZ NIVELES Y DOS SÓTANOS APLICANDO LA INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA CON UN SISTEMA DUAL Y PLATEA DE CIMENTACIÓN*																																																																																																																																																	
SOLICITA: BLADIMIR ROMAN QUISPE RODRIGUEZ - EDSON BRUNER CARCAUSTO VEGA																																																																																																																																																	
CALICATA: C 1-2				MUESTRA RECEPCIONADA: 10/08/2023																																																																																																																																													
UBICACIÓN: YURA - AREQUIPA				FECHA DE EMISIÓN: 17/08/2023																																																																																																																																													
				CODIGO INTERNO: RAP-GRAN-01-26-2023																																																																																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th>Tamaño ASTM</th> <th>Ø</th> <th>(mm)</th> <th>Peso Retenido</th> <th>% Retenido Parcial</th> <th>% Retenido Ajustado</th> <th>% Que Pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2"</td><td></td><td>75.20</td><td></td><td></td><td></td><td>100.00%</td></tr> <tr><td>2"</td><td></td><td>50.80</td><td></td><td></td><td>0.00%</td><td>100.00%</td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td></td><td>38.10</td><td></td><td></td><td>0.00%</td><td>100.00%</td></tr> <tr><td>1"</td><td></td><td>25.400</td><td></td><td></td><td>0.00%</td><td>100.00%</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td></td><td>19.050</td><td>18.00</td><td>0.80%</td><td>0.80%</td><td>99.20%</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td></td><td>12.700</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3/8"</td><td></td><td>9.525</td><td>82.40</td><td>3.48%</td><td>4.28%</td><td>95.72%</td></tr> <tr><td>1/4"</td><td></td><td>6.350</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N° 4</td><td></td><td>4.750</td><td>93.60</td><td>3.95%</td><td>8.23%</td><td>91.77%</td></tr> <tr><td>N° 8</td><td></td><td>2.360</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N° 10</td><td></td><td>2.000</td><td>107.00</td><td>4.32%</td><td>12.55%</td><td>87.45%</td></tr> <tr><td>N° 18</td><td></td><td>1.180</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N° 20</td><td></td><td>0.840</td><td>210.00</td><td>8.87%</td><td>21.41%</td><td>78.59%</td></tr> <tr><td>N° 30</td><td></td><td>0.600</td><td>178.00</td><td>7.43%</td><td>28.84%</td><td>71.16%</td></tr> <tr><td>N° 40</td><td></td><td>0.425</td><td>238.00</td><td>10.05%</td><td>42.89%</td><td>57.11%</td></tr> <tr><td>N° 100</td><td></td><td>0.148</td><td>1085.00</td><td>45.80%</td><td>88.69%</td><td>11.31%</td></tr> <tr><td>N° 200</td><td></td><td>0.074</td><td>172.00</td><td>7.28%</td><td>95.96%</td><td>4.04%</td></tr> <tr><td>MANEJA</td><td></td><td></td><td>95.90</td><td>4.04%</td><td>100.00%</td><td>0.00%</td></tr> <tr><td>PESO INICIAL</td><td></td><td></td><td>2300.00 [g]</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>						Tamaño ASTM	Ø	(mm)	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Ajustado	% Que Pasa	2"		75.20				100.00%	2"		50.80			0.00%	100.00%	1 1/2"		38.10			0.00%	100.00%	1"		25.400			0.00%	100.00%	3/4"		19.050	18.00	0.80%	0.80%	99.20%	1/2"		12.700					3/8"		9.525	82.40	3.48%	4.28%	95.72%	1/4"		6.350					N° 4		4.750	93.60	3.95%	8.23%	91.77%	N° 8		2.360					N° 10		2.000	107.00	4.32%	12.55%	87.45%	N° 18		1.180					N° 20		0.840	210.00	8.87%	21.41%	78.59%	N° 30		0.600	178.00	7.43%	28.84%	71.16%	N° 40		0.425	238.00	10.05%	42.89%	57.11%	N° 100		0.148	1085.00	45.80%	88.69%	11.31%	N° 200		0.074	172.00	7.28%	95.96%	4.04%	MANEJA			95.90	4.04%	100.00%	0.00%	PESO INICIAL			2300.00 [g]			
Tamaño ASTM	Ø	(mm)	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Ajustado	% Que Pasa																																																																																																																																											
2"		75.20				100.00%																																																																																																																																											
2"		50.80			0.00%	100.00%																																																																																																																																											
1 1/2"		38.10			0.00%	100.00%																																																																																																																																											
1"		25.400			0.00%	100.00%																																																																																																																																											
3/4"		19.050	18.00	0.80%	0.80%	99.20%																																																																																																																																											
1/2"		12.700																																																																																																																																															
3/8"		9.525	82.40	3.48%	4.28%	95.72%																																																																																																																																											
1/4"		6.350																																																																																																																																															
N° 4		4.750	93.60	3.95%	8.23%	91.77%																																																																																																																																											
N° 8		2.360																																																																																																																																															
N° 10		2.000	107.00	4.32%	12.55%	87.45%																																																																																																																																											
N° 18		1.180																																																																																																																																															
N° 20		0.840	210.00	8.87%	21.41%	78.59%																																																																																																																																											
N° 30		0.600	178.00	7.43%	28.84%	71.16%																																																																																																																																											
N° 40		0.425	238.00	10.05%	42.89%	57.11%																																																																																																																																											
N° 100		0.148	1085.00	45.80%	88.69%	11.31%																																																																																																																																											
N° 200		0.074	172.00	7.28%	95.96%	4.04%																																																																																																																																											
MANEJA			95.90	4.04%	100.00%	0.00%																																																																																																																																											
PESO INICIAL			2300.00 [g]																																																																																																																																														
<p>CURVA GRANULOMÉTRICA</p>																																																																																																																																																	
<table border="1" style="width: 60%; margin: auto; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th colspan="2">GRANULOMETRÍA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>GRAVA</td><td>8.23%</td></tr> <tr><td>ARENA</td><td>87.76%</td></tr> <tr><td>FINO</td><td>4.01%</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 60%; margin: auto; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th colspan="2">CLASIFICACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>SUCS</td><td>GP</td></tr> <tr><td>USOSTO</td><td>A-1-a</td></tr> </tbody> </table>						GRANULOMETRÍA		GRAVA	8.23%	ARENA	87.76%	FINO	4.01%	CLASIFICACIÓN		SUCS	GP	USOSTO	A-1-a																																																																																																																														
GRANULOMETRÍA																																																																																																																																																	
GRAVA	8.23%																																																																																																																																																
ARENA	87.76%																																																																																																																																																
FINO	4.01%																																																																																																																																																
CLASIFICACIÓN																																																																																																																																																	
SUCS	GP																																																																																																																																																
USOSTO	A-1-a																																																																																																																																																
<p>Nota: Este informe es propiedad de Paredes Ejecutores Laboratorio. Paredes Ejecutores Laboratorio no se hace responsable de la mala interpretación de los resultados.</p>																																																																																																																																																	

Ing. Rodrigo Paredes Lazo
 JEFE DE LABORATORIO
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 212737



PAREDES EJECUTORES SAC

RUC: 20600276388

Ingeniería, Consultoría y Control de Calidad

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

ASTM D - 2216

PROYECTO: "ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE DIEZ NIVELES Y DOS SÓTANOS APLICANDO LA INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA CON UN SISTEMA DUAL Y PLATEA DE CIMENTACIÓN"

SOLICITA: BLADIMIR ROMAN QUISPE RODRIGUEZ - EDSON BRUNER CARCAUSTO VEGA

MUESTRA RECEPCIONADA: 10/08/2023

CALICATA: C-1 FECHA DE EMISION: 17/08/2023

UBICACIÓN: YURA - AREQUIPA CODIGO INTERNO: PAR-CHUM-018.2023

ESTRATO: 1 PROFUNDIDAD: 1.10 m

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA N°	1	2		
PESO DEL TARRO (grs)	150.00	150.00		
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	2500.00	2500.00		
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	2362.00	2364.00		
PESO DEL AGUA (grs)	148.00	136.00		
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	2202.0	2214.0		
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	6.72	6.14		
HUMEDAD PROMEDIO			6.43	



Nota:

Esta prohibida su reproducción sin autorización de Paredes Ejecutores Laboratorio.
Paredes Ejecutores Laboratorio no se hace responsable de la mala interpretación de los resultados.

R.P.
Ing. Rodrigo Paredes Lazo
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL
C.I.P 212737

Urb. Los Olmos B-1, J. L. B. y Rivero - Arequipa.
Telf: 959611510 / 973802536 / 993478541
E-mail: paredes.ejecutores@gmail.com



PAREDES EJECUTORES SAC

RUC: 20600276388

Ingeniería, Consultoría y Control de Calidad

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

ASTM D - 2275

PROYECTO: "ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE DIEZ NIVELES Y DOS SÓTANOS APLICANDO LA INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA CON UN SISTEMA DUAL Y PLATEA DE CIMENTACIÓN"

SOLICITA: BLADIMIR ROMAN CURSPE RODRIGUEZ - EDSON BRUNER CARCAUSTO VEGA

MUESTRA RECEPCIONADA: 10/09/2023

CALICATA: C-1 FECHA DE EMISIÓN: 17/08/2023

UBICACIÓN: YURA - AREQUIPA CÓDIGO INTERNO: PAR-CHUM-019-2023

ESTRATO: 2 PROFUNDIDAD: 1.00 m

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA N°	1	2		
PESO DEL TARRO (grs)	160.00	160.00		
PESO DEL TARRO+MUESTRA HÚMEDA	2300.00	2500.00		
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	2315.00	2316.00		
PESO DEL AGUA (grs)	185.00	184.00		
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	2166.0	2196.0		
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	8.55	8.49		
HUMEDAD PROMEDIO	8.52			



Nota:

Esa prohibida su reproducción sin autorización de Paredes Ejecutores Laboratorio.
Paredes Ejecutores Laboratorio no se hace responsable de la mala interpretación de los resultados.

R. Paredes
Ing. Rodrigo Paredes Lazo
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 212737

Urb. Los Olmos B-1, J. L. B. y Rivero - Arequipa.
Telf: 959611510 / 973802536 / 993478541
E-mail: paredes.ejecutores@gmail.com

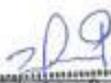


PAREDES EJECUTORES SAC

RUC: 20600276388

Ingeniería, Consultoría y Control de Calidad

ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG										
ASTM D-4318										
PROYECTO:	"ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE DIEZ NIVELES Y DOS SÓTANOS APLICANDO LA INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA CON UN SISTEMA DUAL Y PLATEA DE CIMENTACIÓN"									
SOLICITA:	BLADIMIR ROMAN QUISPE RODRIGUEZ - EDSON BRUNER CARCAUSTO VEGA									
	MUESTRA RECEPCIONADA:	10/06/2023								
CALICATA:	C-1-1	FECHA DE EMISION:	17/08/2023							
UBICACIÓN:	YURA - AREQUIPA	CODIGO INTERNO:	PAR-LIM-125							
LIMITE LIQUIDO										
CAPSULA	7	9	11	21						
PESO DECAPSULA grs										
PESO DEL SUELO HUMEDO + CAPSULA grs										
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA grs										
PESO DEL AGUA grs										
PESO DEL SUELO SECO grs										
% DE HUMEDAD										
NUMERO DE GOLPES										
LIMITE PLASTICO										
CAPSULA										
PESO DE CAPSULA grs										
PESO DEL SUELO HUMEDO + CAPSULA grs										
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA grs										
PESO DEL AGUA grs										
PESO DEL SUELO SECO grs										
% DE HUMEDAD										
% PROMEDIO										
GRAFICA NUMERO DE GOLPES VS HUMEDAD										
		<table border="1"> <tr> <td>Limite Liquido (%)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Limite Plastico (%)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Indice de Plasticidad Ip (%)</td> <td></td> </tr> </table>			Limite Liquido (%)		Limite Plastico (%)		Indice de Plasticidad Ip (%)	
Limite Liquido (%)										
Limite Plastico (%)										
Indice de Plasticidad Ip (%)										
<p>Nota: Esta prohibida su reproducción sin autorización de Paredes Ejecutores Laboratorio. Paredes Ejecutores Laboratorio no se hace responsable de la mala interpretación de los resultados.</p>										


Ing. Rodrigo Paredes Lazo
 JEFE DE LABORATORIO
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 212737

Urb. Los Olmos B-1, J. L. B. y Rivero - Arequipa.
 Telf: 959611510 / 973802536 / 993478541
 E-mail: paredes.ejecutores@gmail.com



PAREDES EJECUTORES SAC

RUC: 20600276388

Ingeniería, Consultoría y Control de Calidad

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LOS TIPOS DEL SUELO

NTP 338.152, NTP 338.177, NTP 338.178

PROYECTO:	"ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE DIEZ NIVELES Y DOS SÓTANOS APLICANDO LA INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA CON UN SISTEMA DUAL Y PLATEA DE CIMENTACIÓN"		
SOLICITA :	BLADIMIR ROMAN QUISPE RODRIGUEZ - EDSON BRUNER CARCAUSTO VEGA		
MATERIAL :	C-1	MUESTRA RECEPCIONADA:	10/08/2023
UBICACIÓN:	Yura - Arequipa	FECHA DE EMISIÓN :	17/08/2023
		CODIGO INTERNO:	PAR:QUIMSU-183.2023

MUESTRA	Sólidos Disueltos		Sulfatos (SO ₄ ⁻²)		Cloruros (Cl.)	
	C-1 h=0.00 m a 2.10 m	0.07543%	754.3 ppm	0.00951%	95.1 ppm	0.02678%



OBSERVACIONES:

Es una muestra no salina. El contenido de sales disueltas no será mayor a 5000 ppm.

El contenido de sulfatos será menor de 600 ppm.

El contenido de Cloruros será menor de 1000 ppm.

NOTA:

Esta prohíbe la reproducción del certificado sin autorización de Paredes Ejecutores Laboratorio.

Paredes Ejecutores Laboratorio no se responsabiliza de la mala interpretación de los resultados.

R. Paredes Lazo
 Ing. Rodrigo Paredes Lazo
 JEFE DE LABORATORIO
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 212737

Urb. Los Olmos B-1, J. L. B. y Rívero - Arequipa.

Tel: 959611510 / 973802536 / 993478541

E-mail: paredes.ejecutores@gmail.com



PAREDES EJECUTORES SAC

RUC: 20600276388

Ingeniería, Consultoría y Control de Calidad

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

(ASTM D-3080) (ASHTO T-236)

PROYECTO: ANALISIS Y DISEÑO SISMICO DE UNA EDIFICACION MULTIFAMILIAR DE DIEZ NIVELES Y DOS SOTANOS APLICANDO LA INTERACCION SUELO - ESTRUCTURA CON UN SISTEMA DUAL Y PLATEA DE CIMENTACION

SOLICITA: BLADIMIR ROMAN GUSPE RODRIGUEZ - EDSON BRUNER CARCAUSTO VEGA

MUESTRA RECEPCIONADA: 10/08/2023

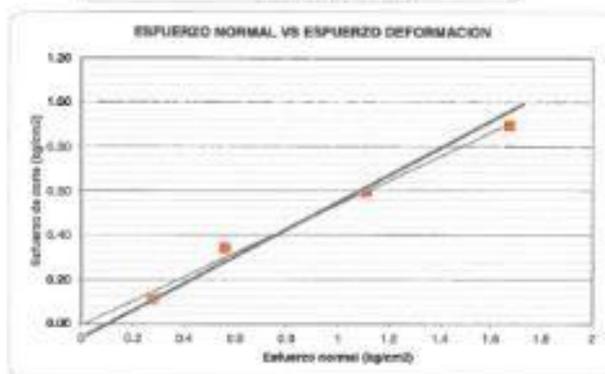
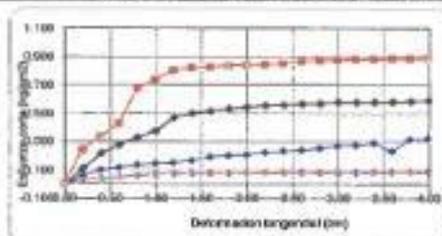
FECHA DE EMISION: 17/08/2023

FECHA DE EMISION: 17/08/2023

CODIGO INTERNO: PAR-CD-0183-2023

UBICACION: Yura - Arequipa

TANGENCIAL T (mm)	σ (kg/cm ²)			
	0.025	0.050	0.111	0.167
	T (kg/cm ²)			
0.20	0.099	0.095	0.093	0.091
0.20	0.098	0.095	0.109	0.043
0.40	0.037	0.059	0.207	0.308
0.60	0.048	0.116	0.208	0.428
0.80	0.061	0.136	0.191	0.505
1.00	0.067	0.140	0.208	0.704
1.20	0.073	0.158	0.250	0.804
1.40	0.073	0.160	0.300	0.800
1.60	0.078	0.168	0.315	0.807
1.80	0.078	0.201	0.332	0.808
2.00	0.080	0.207	0.348	0.840
2.20	0.080	0.204	0.354	0.840
2.40	0.080	0.202	0.317	0.862
2.60	0.081	0.208	0.388	0.860
2.80	0.081	0.203	0.287	0.812
3.00	0.081	0.206	0.277	0.818
3.20	0.082	0.212	0.277	0.800
3.40	0.083	0.288	0.277	0.801
3.60	0.085	0.218	0.280	0.806
3.80	0.085	0.214	0.284	0.866
4.00	0.088	0.220	0.288	0.868
4.20	0.089	0.220	0.288	0.890
4.40	0.091	0.208	0.391	0.891
4.60	0.093	0.240	0.383	0.892
4.80	0.096	0.240	0.383	0.894
5.00	0.111	0.240	0.383	0.894



Angulo de Rozamiento interno	$\phi = 27.1$
Coeficiente efectiva	$C = 0.0 \text{ kg/cm}^2$

Ing. Rodrigo Paredes Lazo
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 212737