

**UNIVERSIDAD NACIONAL “HERMILIO VALDIZAN” DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**

E.A.P. DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE UNA EDIFICACIÓN
CONSIDERANDO SU CIMENTACIÓN RÍGIDA Y FLEXIBLE PARA
UN SUELO DE CAPACIDAD PORTANTE INTERMEDIA”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

TESISTA: TALENAS QUISPE, Raúl Walther

ASESOR: Ing. Moisés E. Torres Ramírez

**HUÁNUCO - PERÚ
AGOSTO 2017**

DEDICATORIA

A todas las personas que me apoyaron para la realización de esta tesis, en especial a Dios y mis familiares, que con su ayuda constante hoy en día cumpla gran parte de mis sueños, como muestra de mi gratitud se les dedico.

AGREDECIMIENTOS

A los amigos (colegas y docentes) que fui conociendo durante toda esta etapa investigativa, que me apoyaron brindándome parte de su tiempo de forma incondicional, entre ellos de forma especial al Dr. Romer Iván Lobon Dávila, al M.Sc. Erasmo Alejandro Fernández Sixto y al Bachiller en Ingeniería Luis Rizabal.

El tesista.

RESUMEN

En el presente proyecto de investigación que es del tipo aplicada, pretendo realizar el análisis comparativo de uno de los edificios que forma parte de la “Residencial San Francisco II” (Torre 5 – Edificio con Sistema de Muros Estructurales sobre una platea de cimentación) – Huánuco, tomando en cuenta la rigidez y flexibilidad para la cimentación (la diferenciación de la condición rígida, flexible para la cimentación se hará tomando en cuenta los criterios de la “Teoría de la Viga Flotante” y la de “Interacción con un Medio Elástico”), los cuales se modelaran y analizaran a través del “Método de Winkler Modificado”, para un suelo que se encuentra dentro del rango de capacidad portante intermedia (1.5 kg/cm a 3.0 kg/cm² – de acuerdo a la Norma Sismoresistente del RNE pertenece a un Suelo Intermedio: perfil “S2”), partiendo de la premisa que toda estructura de Concreto Armado debe cumplir con las exigencias del Reglamento Nacional de Edificaciones (entre ellas tenemos las Normas “E-030/Diseño Sismoresistente” y la “E-060/Concreto Armado”). Todo esto se desarrollará en los siguientes capítulos:

El Primer Capítulo, trata del Marco Teórico donde se aprecia los antecedentes y Formulación del Problema, Objetivos, Justificación y Limitaciones de la investigación; así mismo las Hipótesis, Variables, los Indicadores, la Población y Muestra.

El Segundo Capítulo, trata del Marco Metodológico, en el cual se desarrolla el Nivel y Tipo de Investigación, Técnicas de Recolección y Tratamiento de Datos.

El Tercer Capítulo, trata de la Discusión de Resultados, en base a las fuerzas internas de los elementos estructurales verticales y horizontales resistentes (siendo de mayor importancia las placas por ser un Sistema de Muros Estructurales, en el que la resistencia sísmica está dada

predominantemente por estos al resistir más del 70% de la fuerza cortante en la base); así mismo, se compara las Derivas de Entrepiso para las diferentes condiciones

Finalmente, a través de la aplicación del programa ETABS V.16 se desarrollaran diversos puntos como requisitos estructurales, Centros de Rigidez y Masa, Análisis Sísmico Modal Espectral de la Edificación, criterios del modelamiento estructural y análisis de los elementos estructurales verticales resistentes, para los diferentes condiciones (Cimentación Rígida, Flexible e Intermedio), poniendo en comparación los criterios de la “Teoría de la Viga Flotante” y la de “Interacción con un Medio Elástico”, obteniendo así importantes conclusiones y recomendaciones los que nos llevara a ver la importancia de la investigación tratada.

SUMMARY

In this research project that is of the application type, I intend to carry out the comparative analysis of one of the buildings that forms part of the "San Francisco II Residential" (Tower 5 - Building with Structural Wall System on a foundation plate) - Huánuco, taking into account the rigidity and flexibility for the foundation (the differentiation of the rigid, flexible condition for the foundation will be done taking into account the criteria of "The Floating Beam Theory" and the "Interaction with an Elastic Medium"), Which will be modeled and analyzed through the "Modified Winkler Method", for a soil that is within the range of intermediate bearing capacity (1.5 kg / cm to 3.0 kg / cm² - according to the RNE Seismoresistant Standard Belongs to an Intermediate Soil: profile "S2"), starting from the premise that any structure of Armed Concrete must comply with the requirements of the National Building Regulations (E-030 / Seismoresistant Design "and" E-060 / Armed Concrete "). All this will be developed in the following chapters:

The First Chapter, deals with the Theoretical Framework where the antecedents and Formulation of the Problem, Objectives, Justification and Limitations of the investigation are appreciated; As well as Hypotheses, Variables, Indicators, Population and Sample.

The Second Chapter deals with the Methodological Framework, in which the Level and Type of Research, Data Collection and Processing Techniques are developed.

The third chapter deals with the Results Discussion, based on the internal forces of the structural elements vertical and horizontal resistant (being of greater importance the plates for being a System of Structural Walls, in which the seismic resistance is given predominantly by These by resisting more than 70% of the shear force at the base); Likewise, the Mezzanine Drifts are compared for the different conditions

Finally, through the application of the ETABS V.16 program, various points will be developed, such as structural requirements, Rigidity and Mass Centers, Spectral Modular Earthquake Analysis, Structural Modeling Criteria and Analysis of Resistant Vertical Structural Elements for Different conditions (Rigid, Flexible and Intermediate Foundation), comparing the criteria of "Floating Beam Theory" and "Interaction with Elastic Medium", obtaining important conclusions and recommendations that will lead us to see the importance Of the investigation.

ÍNDICE

RESUMEN	4
SUMMARY	6
ÍNDICE	8
INDICE DE TABLAS.....	11
INDICE DE FIGURAS.....	14
INTRODUCCIÓN	17
CAPITULO I:.....	19
MARCO TEÓRICO	19
I.1.- FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
I.1.1.- REVISIÓN DE ESTUDIOS REALIZADOS	20
I.1.1.1.- INTERNACIONALES:.....	20
I.1.1.2.- NACIONALES:.....	31
I.1.1.3.- LOCALES:	34
I.1.2.- CONCEPTOS FUNDAMENTALES.....	41
I.1.2.1.- SISTEMA DE MUROS ESTRUCTURALES:	41
I.1.2.2.- LOSA DE CIMENTACIÓN O PLATEA DE CIMENTACIÓN:.....	42
I.1.2.3.- EL MÉTODO DEL COEFICIENTE DE BALASTO:	44
I.1.2.4.- MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS:.....	47
I.1.2.5.- TEORÍA DE LA VIGA FLOTANTE:	44
I.1.2.6.- CRITERIO DE INTERACCIÓN CON UN MEDIO ELÁSTICO:.....	52
I.1.2.7.- METODO PSEUDO ACOPLADOS:.....	53
I.2.- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	54
I.3.- OBJETIVOS	55
I.3.1.- OBJETIVO GENERAL	55
I.3.2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS	55
I.4.- JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	56
I.5.- LIMITACIONES Y ALCANCES	57
I.6.- HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN (Hi)	58
I.7.- SISTEMA DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES.....	59

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE UNA EDIFICACIÓN CONSIDERANDO SU CIMENTACIÓN RÍGIDA Y FLEXIBLE PARA UN SUELO DE CAPACIDAD PORTANTE INTERMEDIA”

I.7.1.- VARIABLE INDEPENDIENTE:	59
I.7.2.- VARIABLE DEPENDIENTE:	59
I.8.- DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES.....	59
I.9.- UNIVERSO/POBLACION Y MUESTRA	59
I.9.1.- DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO/POBLACIÓN:	59
I.9.2.- SELECCIÓN DE LA MUESTRA:	59
CAPITULO II.....	54
MARCO METODOLÓGICO.....	61
II.1. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	62
II.2. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN	62
II.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	62
II.4. METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	62
II.4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	62
II.4.1.1.- UBICACIÓN GEOGRÁFICA:.....	62
II.4.1.2.- LINDEROS COLINDANTES:	63
II.4.1.3.- ÁREA Y PERÍMETRO.....	63
II.4.1.4.- ARQUITECTURA	63
II.4.1.5.- ESTRUCTURA	64
II.4.1.6.- DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA DEL MÓDULO TIPO II	64
II.4.2.- CRITERIOS GENERALES DE ANÁLISIS EN CONCRETO ARMADO	65
II.4.2.1.- NORMAS EMPLEADAS.....	65
II.4.2.2.- ANÁLISIS POR CARGAS DE GRAVEDAD	66
II.4.2.3.- ANÁLISIS SÍSMICO.....	119
II.4.2.3.1.- CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS DEL MODELO.....	119
II.4.2.3.2.- PARAMETROS Y REQUISITOS GENERALES DEL ANÁLISIS SÍSMICO.....	120
II.4.2.3.3.- EXCENTRICIDAD ACCIDENTAL.....	125
II.4.2.3.4.- DEFINICIÓN DEL ESPECTRO DE DISEÑO.....	126
II.4.2.3.5.- CALCULO DE CORTANTE ESTATICO EN LA BASE	128
II.4.2.3.6.- CALCULO Y VERIFICACIÓN DEL CORTANTE DINÁMICO EN LA BASE	131
II.4.2.3.7.- VERIFICACIÓN DE LA MASA PARTICIPATIVA	134

II.4.2.3.8.- RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS.....	138
CAPITULO III.....	148
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	148
III.1. RESUMEN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS DERIVAS DE ENTREPISO	149
III.2. RESUMEN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS FUERZAS INTERNAS	158
CONCLUSIONES.....	175
SUGERENCIAS	179
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	181
ANEXOS	183

INDICE DE TABLAS

TABLA 01: Intervalos de Variación del Factor de Amortiguamiento para Vigas.....	51
TABLA 02: Valores de N para cimentaciones según su rigidez.....	53
TABLA 03: Matriz de Operacionalización de las Variables, Dimensiones e Indicadores.....	59
TABLA 04: Relación de Perfiles de Suelos y Capacidad Portante.....	65
TABLA 05: Criterio de la Viga Flotante.....	67
TABLA 06: Criterio de Interacción con un Medio Elástico.....	68
TABLA 07: Espesores a Analizar según Criterio.....	68
TABLA 08: Obtención del Peralte “d” (cm) para cada elemento estructural (columnas y placas del primer piso)	74
TABLA 09: Obtención del Peralte “d” (cm) por el Método de la Viga Flotante	76
TABLA 10: Características De Los Materiales de Concreto Armado y Acero Corrugado.....	79
TABLA 11: Metrado de Cargas en Losa Maciza Típica	80
TABLA 12: Metrado de Cargas en Losa Aligerada Típica	80
TABLA 13: Metrado de Cargas en Losa Aligerada - Azotea	80
TABLA 14: Especificaciones Técnicas de Tanques Eternit	82
TABLA 15: Metrado de Escalera – Tramo inclinado	82
TABLA 16: Calculo del Coeficiente de Balasto para el Método Pseudo-Acoplado.....	116
TABLA 17: Zonificación Sísmica.....	121
TABLA 18: Calculo del Factor Suelo “S” y Períodos “ T_p ” y “ T_L ”.....	122
TABLA 19: Categoría de las Edificaciones y Factor “U”.....	123
TABLA 20: Calculo del Coeficiente Básico de Reducción Sísmico.....	124
TABLA 21: Calculo de Excentricidades.....	126
TABLA 22: Desplazamientos y Derivas Máximas de Entrepiso.....	139
TABLA 23: Fuerzas Internas en las “PLACAS, COLUMNA Y VIGAS” / Dirección de Análisis X-X	139

TABLA 24: Fuerzas Internas en las “PLACAS, COLUMNA Y VIGAS” / Dirección de Análisis Y-Y	140
TABLA 25: Desplazamientos y Derivas Máximas de Entrepiso.....	140
TABLA 26: Fuerzas Internas en las “PLACAS, COLUMNA Y VIGAS” / Dirección de Análisis X-X	141
TABLA 27: Fuerzas Internas en las “PLACAS, COLUMNA Y VIGAS” / Dirección de Análisis Y-Y	141
TABLA 28: Desplazamientos y Derivas Máximas de Entrepiso.....	142
TABLA 29: Fuerzas Internas en las “PLACAS, COLUMNA Y VIGAS” / Dirección de Análisis X-X	142
TABLA 30: Fuerzas Internas en las “PLACAS, COLUMNA Y VIGAS” / Dirección de Análisis Y-Y	143
TABLA 31: Desplazamientos y Derivas Máximas de Entrepiso.....	143
TABLA 32: Fuerzas Internas en las “PLACAS, COLUMNA Y VIGAS” / Dirección de Análisis X-X	144
TABLA 33: Fuerzas Internas en las “PLACAS, COLUMNA Y VIGAS” / Dirección de Análisis Y-Y	144
TABLA 34: Desplazamientos y Derivas Máximas de Entrepiso.....	145
TABLA 35: Fuerzas Internas en las “PLACAS, COLUMNA Y VIGAS” / Dirección de Análisis X-X	145
TABLA 36: Fuerzas Internas en las “PLACAS, COLUMNA Y VIGAS” / Dirección de Análisis Y-Y	146
TABLA 37: Desplazamientos y Derivas Máximas de Entrepiso.....	146
TABLA 38: Fuerzas Internas en las “PLACAS, COLUMNA Y VIGAS” / Dirección de Análisis X-X	147
TABLA 39: Fuerzas Internas en las “PLACAS, COLUMNA Y VIGAS” / Dirección de Análisis Y-Y	147
TABLA 40: Resumen de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “X”	149
TABLA 41: Resumen de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “Y”	151
TABLA 42: Resumen de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “X”	152
TABLA 43: Resumen de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “Y”	154
TABLA 44: Resumen de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “X”	155
TABLA 45: Resumen de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “Y”	157
TABLA 46: Resumen de Fuerzas Axiales en las Placas, Colum. y Vigas para la Dirección X-X...	158
TABLA 47: Resumen de Fuerzas Cortantes en las Placas, Colum. y Vigas para la Dirección X-X159	
TABLA 48: Resumen de Momento Flector en las Placas, Colum. y Vigas para la Dirección X-X...159	
TABLA 49: Resumen de Fuerzas Axiales en las Placas y Columnas para la Dirección Y-Y.....	160
TABLA 50: Resumen de Fuerzas Cortantes en las Placas, Colum. y Vigas para la Dirección Y-Y160	

TABLA 51: Resumen de Momento Flector en las Placas, Colum. y Vigas para la Dirección Y-Y...	160
TABLA 52: Resumen de Fuerzas Axiales en las Placas, Colum. y Vigas para la Dirección X-X...	161
TABLA 53: Resumen de Fuerzas Cortantes en las Placas, Colum. y Vigas para la Dirección X-X	161
TABLA 54: Resumen de Momento Flector en las Placas, Colum. y Vigas para la Dirección X-X...	162
TABLA 55: Resumen de Fuerzas Axiales en las Placas y Columnas para la Dirección Y-Y.....	162
TABLA 56: Resumen de Fuerzas Cortantes en las Placas, Colum. y Vigas para la Dirección Y-Y	163
TABLA 57: Resumen de Momento Flector en las Placas, Colum. y Vigas para la Dirección Y-Y...	163
TABLA 58: Resumen de Fuerzas Axiales en las Placas, Colum. y Vigas para la Dirección X-X...	164
TABLA 59: Resumen de Fuerzas Cortantes en las Placas, Colum. y Vigas para la Dirección X-X	164
TABLA 60: Resumen de Momento Flector en las Placas, Colum. y Vigas para la Dirección X-X...	164
TABLA 61: Resumen de Fuerzas Axiales en las Placas y Columnas para la Dirección Y-Y.....	165
TABLA 62: Resumen de Fuerzas Cortantes en las Placas, Colum. y Vigas para la Dirección Y-Y	165
TABLA 63: Resumen de Momento Flector en las Placas, Colum. y Vigas para la Dirección Y-Y...	166

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 01: Variación del Módulo de Corte en Función de la Deformación Angular	23
FIGURA 02: Relación entre las Velocidades para Distintos Valores del Módulo de Poisson.....	24
FIGURA 03: Esquema del Ensayo Geofísico de Crosshole para medir la Velocidad de Onda de Corte.....	25
FIGURA 04: Esquema del Ensayo Geofísico de Downhole para medir la Velocidad de Onda de Corte.....	25
FIGURA 05: Edificación con Sistema Estructural Dual.....	42
FIGURA 06: Platea de Cimentación.....	44
FIGURA 07: Modelo de Viga Sobre Fundación Elástica.....	46
FIGURA 08: Aplicación del MEF en Elementos Volumétricos.....	48
FIGURA 09: Momento y Asiento de una Zapata Combinada Según su Rigidez.....	50
FIGURA 10: Variación del Módulo de Balasto para una Fundación con el Modelo Pseudo-Acoplado.....	54
FIGURA 11: Asignación de nomenclatura a los Elementos Estructurales Verticales de la Edificación.....	69
FIGURA 12: Área de Punzonamiento para las Columnas “C-1 y C-5”.....	70
FIGURA 13: Área de Punzonamiento para las Columnas “C-2, C-3, C-4, C-10, C-11, C-12, C-13”.....	71
FIGURA 14: Área de Punzonamiento para las Columnas “C-6, C-7, C-8, C-9”.....	71
FIGURA 15: Área de Punzonamiento para la Placa “PL-05”.....	72
FIGURA 16: Área de Punzonamiento para las Placas “PL-02 y PL-04”.....	72
FIGURA 17: Área de Punzonamiento para la Placa “PL-3”.....	73
FIGURA 18: Área de Punzonamiento para la Placa “PL-1”.....	73
FIGURA 19: Definición de las Grillas de Referencia para los Ejes de Modelamiento en Tres Dimensiones	84
FIGURA 20: Generación de Grillas en el ETABS V.16 de acuerdo a los datos Proporcionados en el Programa	85
FIGURA 21: Definición de Material en el ETABS V.16 de Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	86
FIGURA 22: Definición de Material en el ETABS V.16 de Concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$	87
FIGURA 23: Definición de Material en el ETABS V.16 “RIGIDO” ($f'c=210 \text{ kg/cm}^2$).....	88
FIGURA 24: Definición de Material en el ETABS V.16 “FLEXIBLE” ($f'c=210 \text{ kg/cm}^2$).....	89
FIGURA 25: COLUMNA DE SECCIÓN 0.25 m x 0.80 m ($f'c=210 \text{ kg/cm}^2$).....	90
FIGURA 26: COLUMNA DE SECCIÓN 0.30 m x 0.80 m ($f'c=210 \text{ kg/cm}^2$).....	91
FIGURA 27: COLUMNA DE SECCIÓN 0.30 m x 0.80 m ($f'c=280 \text{ kg/cm}^2$).....	92
FIGURA 28: COLUMNA EN “L” CON ESPESOR = 0.25 m ($f'c=210 \text{ kg/cm}^2$).....	93

FIGURA 29: COLUMNA EN “L” CON ESPESOR = 0.30 m ($f'c=210$ kg/cm ²).....	94
FIGURA 30: COLUMNA EN “L” CON ESPESOR = 0.30 m ($f'c=280$ kg/cm ²).....	95
FIGURA 31: VIGA PERALTADA DE SECCIÓN 0.25 m x 0.50 m ($f'c=210$ kg/cm ²).....	96
FIGURA 32: VIGA PERALTADA DE SECCIÓN 0.30 m x 0.50 m ($f'c=210$ kg/cm ²).....	97
FIGURA 33: VIGA CHATA DE SECCIÓN 0.25 m x 0.25 m ($f'c=210$ kg/cm ²).....	98
FIGURA 34: VIGA CHATA DE SECCIÓN 0.30 m x 0.25 m ($f'c=210$ kg/cm ²).....	99
FIGURA 35: VIGA CHATA DE SECCIÓN 0.45 m x 0.25 m ($f'c=210$ kg/cm ²).....	100
FIGURA 36: VIGA CHATA DE SECCIÓN 0.50 m x 0.25 m ($f'c=210$ kg/cm ²).....	101
FIGURA 37: VIGA CHATA DE SECCIÓN 0.25 m x 0.20 m ($f'c=210$ kg/cm ²).....	102
FIGURA 38: VIGA CHATA DE SECCIÓN 0.25 m x 0.20 m ($f'c=210$ kg/cm ²).....	103
FIGURA 39: PLACA E = 0.20 m ($f'c= 280$ kg/cm ²).....	104
FIGURA 40: PLACA E = 0.20 m ($f'c= 210$ kg/cm ²).....	105
FIGURA 41: PLACA E = 0.25 m ($f'c= 210$ kg/cm ²).....	106
FIGURA 42: PLACA E = 0.30 m ($f'c= 280$ kg/cm ²).....	107
FIGURA 43: PLACA E = 0.30 m ($f'c= 280$ kg/cm ²).....	108
FIGURA 44: LOSA ALIGERADA E= 0.25 m ($f'c=210$ kg/cm ²).....	109
FIGURA 45: LOSA MACIZA E= 0.20 m ($f'c=210$ kg/cm ²).....	110
FIGURA 46: LOSA MACIZA E= 0.205 m ($f'c=210$ kg/cm ²).....	111
FIGURA 47: Liberación de Restricciones en los puntos de Apoyo.....	112
FIGURA 48: PLATEA E = 0.57 m (“CONDICIÓN RÍGIDA”).....	113
FIGURA 49: Disgregado del Elemento Shell (Platea) en Etabs V16 y Restricciones de los Nudos Generados.....	114
FIGURA 50: Variación del Módulo de Balasto en la Platea de Cimentación por el Modelo Pseudo Acoplado.....	115
FIGURA 51: Asignación de “Springs” (Resortes) en los Áreas generadas por la disgregación de la Platea de Cimentación en el programa Etabs V16.....	117
FIGURA 52: Modelado Final para la Condición Rígida – Etabs V16.....	118
FIGURA 53: Espectro de Diseño para las direcciones principales X y Y.....	127
FIGURA 54: Definición del Patron de Carga Sísmica Estática.....	130
FIGURA 55: Tabla que nos da el Cortante en la Base.....	130
FIGURA 56: Masa Participativa en el Análisis Modal.....	134
FIGURA 57: Masa Participativa en el Análisis Modal.....	135
FIGURA 58: Masa Participativa en el Análisis Modal.....	135

FIGURA 59: Masa Participativa en el Análisis Modal.....	136
FIGURA 59: Masa Participativa en el Análisis Modal.....	136
FIGURA 60: Masa Participativa en el Análisis Modal.....	137
FIGURA 61: Gráfica de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “X”	150
FIGURA 62: Gráfica de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “Y”	151
FIGURA 63: Gráfica de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “X”	153
FIGURA 64: Gráfica de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “Y”	154
FIGURA 65: Gráfica de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “X”	156
FIGURA 66: Gráfica de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “Y”	157
FIGURA 67: Gráfica de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “X”	174
FIGURA 68: Gráfica de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “Y”	175

INTRODUCCIÓN

Siendo la ciudad de Huánuco un futuro en lo referente a inversiones de proyectos, tanto para nuevas y existentes empresas nacionales e internacionales, así como la descentralización de algunas Oficinas de Instituciones del Estado (LA SUNAT, EL PODER JUDICIAL, EL MINISTERIO PÚBLICO, etc.); razón por la cual, como parte de las inversiones y de las oficinas antes mencionadas nos conlleva a la construcción de nuevas Edificaciones, las cuales frente a la congestión urbana que atraviesa actualmente la ciudad, debido a muchos factores demográficos y otros, obliga a un crecimiento en forma vertical (claro está que este crecimiento está yendo de muy poco a más, que en futuro será de mucha importancia) a través de edificaciones de mediana envergadura (actualmente en la misma ciudad nos encontramos con ello) entre los cuales están: La Residencial San Francisco I (Edificio de 7 pisos más sótano), la Residencial San Francisco II (Edificio de 9 pisos más sótano) y otros; por ende, nos involucraremos durante el desarrollo de esta investigación a tratar sobre el adecuado Modelamiento (Método de Winkler modificado) y Análisis de una Edificación de mediana envergadura (la Residencial San Francisco II será parte de nuestro objeto de estudio, el cual posee una subestructura conocida como Platea de Cimentación), con Capacidad Portante que se encuentra dentro de un Suelo Intermedio, la cual abunda mucho en nuestra ciudad (de acuerdo a el RNE, norma E030 ítem 2.3.1. Perfiles de Suelo), así como la aplicación durante el análisis del edificio con métodos de análisis matricial de estructuras (AME) y análisis por el método de elementos finitos (MEF), que involucran una gran cantidad de cálculos numéricos, por la cual será imprescindible la utilización de uno de los software comerciales y muy utilizados en este campo de las estructuras, el ETABS V.16.

En vista de todos los alcances dados en esta parte de la introducción, es necesario aclarar que esta investigación tiene como fin dar a conocer la importancia que se tiene al momento de considerar la flexibilidad o la Rigidez de la Cimentación de una Edificación, a través de una comparación de las Fuerzas Internas (fuerza axial, fuerza cortante y momento flector) en elementos verticales resistentes y los Desplazamientos (derivados de entrepisos) del Análisis Dinámico por Combinación Modal (en las direcciones principales X-X y Y-Y), cuya cimentación se encuentra sobre un suelo intermedio.

CAPITULO I:

MARCO TEÓRICO

I.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

I.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

I.3. OBJETIVOS

I.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

I.5. LIMITACIONES Y ALCANCES

I.6. HIPÓTESIS

I.7. SISTEMA DE VARIABLES – DIMENSIONES E INDICADORES

I.8. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES.

I.9. UNIVERSO/POBLACIÓN Y MUESTRA

I.1.- FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

I.1.1.- REVISIÓN DE ESTUDIOS REALIZADOS

I.1.1.1.- INTERNACIONALES:

❖ **Garza, L. (Primera Edición)** ^[1], en su publicación del libro “Diseño de Estructuras de Cimentación” donde en el capítulo 6 “Losas de Cimentación” nos hace hincapié de las siguientes recomendaciones:

- El centro de gravedad de la losa debe ser muy cercano al punto de aplicación de la resultante de las cargas de tal manera que no se produzcan excentricidades que impliquen volcamientos permanentes de la estructura. En caso de que esto no se pueda cumplir, deben considerarse los efectos de las deformaciones diferenciales a largo plazo.
- En general debe evitarse el diseño de losas muy alargadas en las cuales se generen momentos muy altos, y para disminuir los momentos se pueden hacer articulaciones.
- Las viviendas de interés social, que generalmente tienen luces pequeñas (usualmente de 3m), se pueden cimentar en losas macizas de poco espesor (desde 7 u 8 cm), ya que la rigidez de la edificación se obtiene mediante muros y no por el espesor de la losa. De esta manera se puede aprovechar la losa de cimentación como placa de piso. Para este caso, tan común en viviendas hasta dos pisos, pueden utilizarse mallas electrosoldadas como acero de refuerzo.
- El uso de losas de cimentación como apoyo para edificios con sistemas estructurales de pantallas de concreto como sistema de resistencia sísmica requiere, al contrario que en el caso de las viviendas descritas en el párrafo anterior, una rigidez

considerable, tal que permite asegurar un empotramiento suficiente para conseguir un control de derivas adecuado.

- ❖ **Freiré, M.** ^[2], La bibliografía sobre el tema apunta a que no todos los terrenos admiten una modelización igualmente satisfactoria con el método del Coeficiente de Balasto.

Dentro de los tipos de suelos excluidos de la aplicación de métodos lineales se encuentran las arcillas normalmente consolidadas. Labor fundamental del técnico será, por tanto, discernir en qué situación el modelo resulta aplicable y cuándo no lo es.

Terzaghi aproximó la variación del asiento ocurrido en las zapatas a partir del experimentado por una placa de carga cuadrada de 30 cm -si bien las dimensiones fueron expresadas en pies en la formulación original, se han reescrito adaptadas al Sistema Internacional- como:

$$s_c = s_{30} \cdot \frac{b_c}{30} \quad (\text{arcillas duras})$$

$$s_c = s_{30} \left(\frac{2 \cdot b_c}{b_c + 30} \right)^2 \quad (\text{arenas})$$

Donde S_{30} es el asiento experimentado por la placa de 30 cm, S_c es el asiento del cimiento y b_c es el ancho del cimiento. De acuerdo con la ecuación inicial, y dado que la presión transmitida es constante, es inmediato obtener:

$$k_c = k_{30} \cdot \frac{30}{b_c} \quad (\text{arcillas duras})$$

$$k_c = k_{30} \left(\frac{b_c + 30}{2 \cdot b_c} \right)^2 \quad (\text{arenas})$$

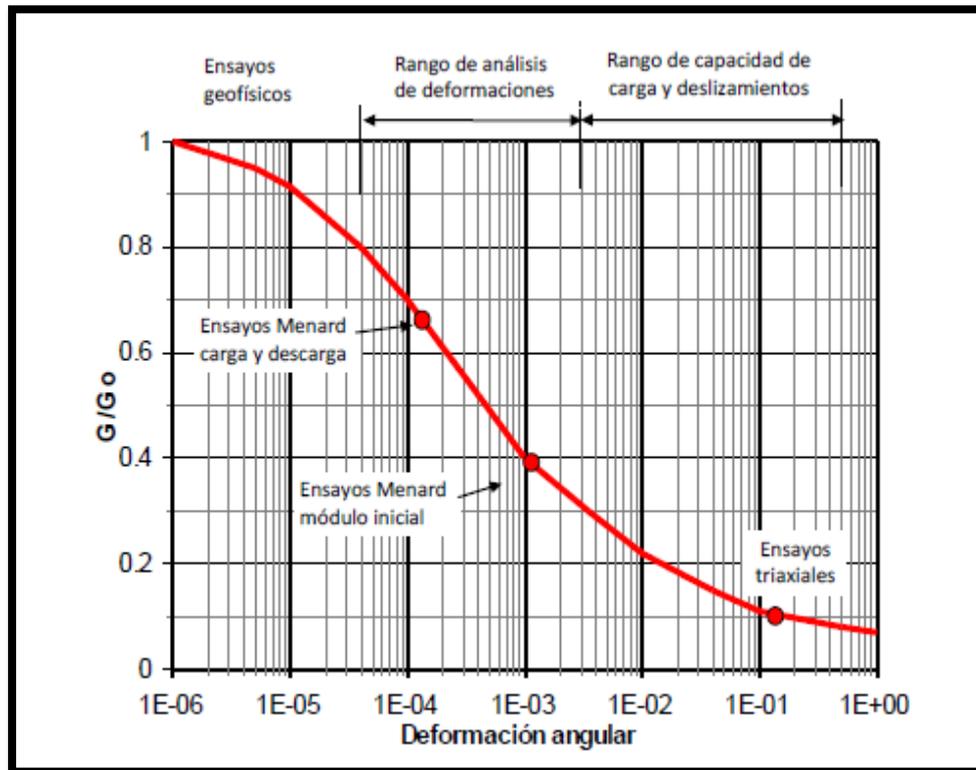
Que son las ecuaciones clásicas propuestas por Terzaghi en 1955 [3], y que se recogen en [4] para zapatas o cimentaciones corrida, donde k_{30} es el valor del balasto para placa de 30 cm y k_c es el correspondiente al cimiento.

❖ **Leoni, A.** ^[5], en cuya publicación de mención “Parametrización de Suelos” nos da los siguientes aportes:

2.4.- MÓDULO DE CORTE

En ella se aprecia que para determinar el módulo de corte inicial “Go” hay que recurrir a los ensayos geofísicos midiendo la velocidad de onda de corte “Vs”. Se nota además que para otras metodologías de estudio como ser el “Presiómetro de Menard” los valores del módulo de corte se ubican en el orden del 65% al 40% del valor de Go, mientras que los valores de “G” que se obtienen con extracción de muestras y ejecución de ensayos triaxiales, por el manipuleo de la muestra al extraerla, al recortarla y al colocarle los cabezales de carga, se generan alteraciones y falsos contactos que derivan en valores del orden del 10 % de Go.

FIGURA 01: Variación del Módulo de Corte En Función de la Deformación Angular



Fuente: Parametrización de Suelos. Ing. Augusto, José

2.4.4.- Velocidad de onda de corte

Las dos diferentes ondas que vimos (V_s y V_p), tienen distintas velocidades de propagación dentro de la masa del suelo. Las ondas de compresión o ondas “P” se trasladan con una velocidad dada por:

$$V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2.G}{\rho}} = \sqrt{\frac{E.(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}}$$

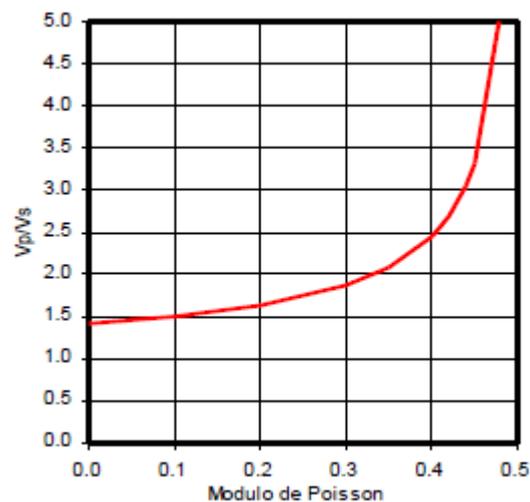
Mientras que las ondas de corte se trasladan según:

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{2 \cdot (1 + \nu) \cdot \rho}}$$

Que nos permite obtener:

$$\frac{V_p}{V_s} = \sqrt{\frac{2 \cdot (1 - \nu)}{1 - 2 \cdot \nu}}$$

FIGURA 02: Relación entre las Velocidades para Distintos Valores del Módulo de Poisson

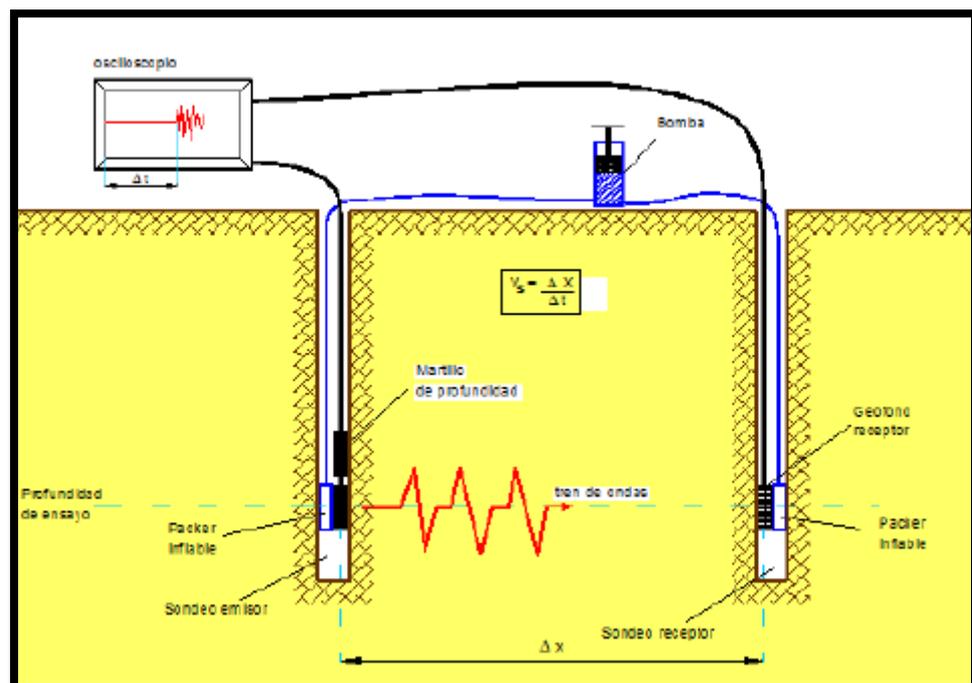


Fuente: Parametrización de Suelos. Ing. Augusto, José

La velocidad de la onda de corte “V_s” en los suelos y en las rocas son de gran utilidad para solucionar problemas de cargas dinámicas sobre estos elementos. La velocidad de onda se mide en m/seg y para medirlo en el terreno se utilizan los denominados “Ensayos Geofísicos” que consisten en emitir una onda vibratoria en el terreno y medir mediante geófonos instalados en profundidad a distancias conocidas, los distintos tiempos de llegada de la onda emitida.

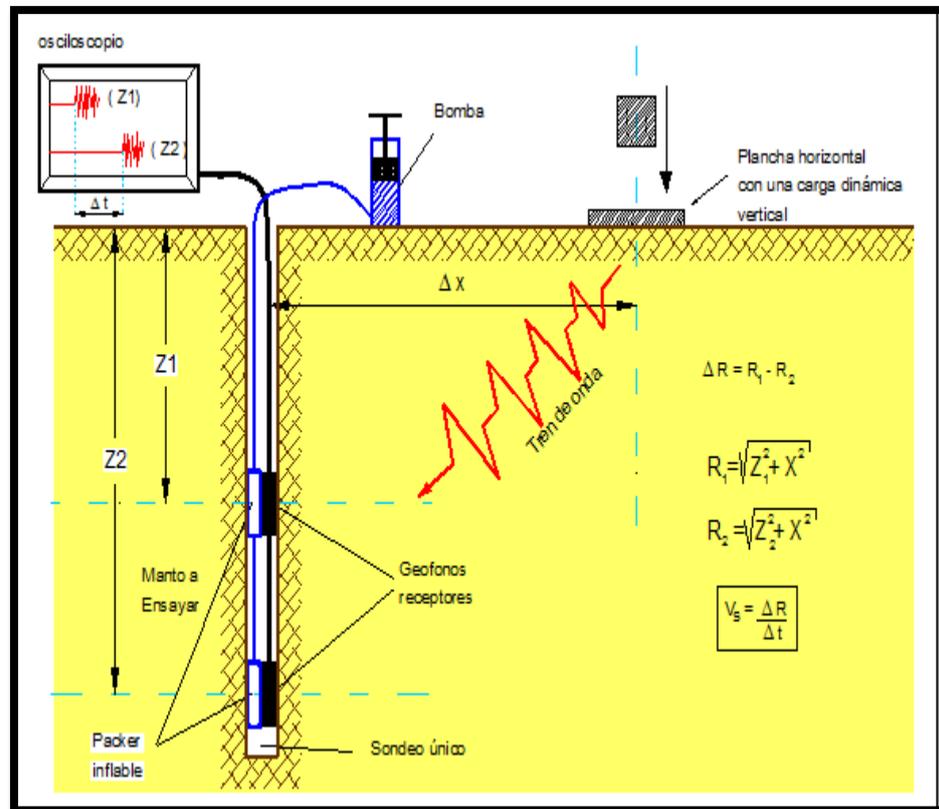
Dentro de este tipo de ensayos los más divulgados son el “Crosshole” y el “Downhole”, los mismos se detallan en los gráficos que se muestran en las figuras N° 2.22 y 2.23. En estos ensayos la diferencia de velocidades entre V_s y V_p , indicada en el párrafo anterior, se subsana por la diferente energía que transmite cada una de ellas. Como se manifestó anteriormente las ondas de corte, por la energía que transmiten, son magnificadas en forma notoria en los osciloscopios en comparación con las ondas de compresión.

FIGURA 03: Esquema del Ensayo Geofísico de Crosshole para medir la Velocidad de Onda de Corte



Fuente: Parametrización de Suelos. Ing. Augusto, José

FIGURA 04: Esquema del Ensayo Geofísico de Downhole para medir la velocidad de Onda de Corte.



Fuente: Parametrización de Suelos. Ing. Augusto, José

A partir de la velocidad de la onda de corte en el terreno, podemos calcular el módulo de corte inicial, mediante la aplicación de la siguiente relación matemática:

$$G_i = \rho_T \cdot V_s^2$$

En la que:

$$\rho_T = \frac{\gamma_T}{g}$$

Es la densidad másica del suelos que resulta del cociente entre la densidad total “ γ_t ” y la aceleración de la gravedad $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Este Módulo de Corte Inicial tiene aplicación en numerosos problemas de ingeniería civil y se relaciona con el módulo elástico de Young’s mediante la siguiente ecuación:

$$Ei = 2.Gi.(1 + \nu)$$

Un de estas relaciones que nos brinda la bibliografía, es la que presenta Imai y Tonouchi 1982, en el manual (MIL-HDBK-1007/3).

$$Vs = 98,1.N_{60}^{0,32} \text{ (m/s)}$$

2.6.- COEFICIENTE DE BALASTO VERTICAL

2.6.2.- Coeficiente de balasto vertical en suelos finos

Para los suelos preconsolidados, saturados o no, sometido a niveles de tensiones alejados de las tensiones de rotura, los valores del coeficiente de Poisson “ ν ” se ubican en el entorno de $0,2 < \nu < 0,4$ por lo tanto la ecuación 2.51 se puede resumir en la siguiente:

$$k\nu_1 = 1,2 \frac{E}{B_1}$$

A partir de estas relaciones podemos determinar el valor de “ k ” para una base cuadrada que llamaremos “ $k_{cuadrada}$ ” en la que reemplazamos el valor de $B_1 = 0,30 \text{ m}$ por las dimensiones reales de la base ($B \neq 30 \text{ cm}$).

$$k_{cuadrada} = 1,2 \frac{E}{B}$$

Podemos utilizar también el valor del módulo unitario para calcular el valor de “k” para una base cuadrada, para ello igualamos en “E” las ecuaciones 2.52 y la 2.53 y nos quedará:

$$k_{cuadrada} = kv_1 \cdot \frac{B_1}{B}$$

2.6.2.1.- OBTENCIÓN INDIRECTA DEL COEFICIENTE DE BALASTO VERTICAL

Teniendo en cuenta la formulación detallada en los párrafos precedentes, podemos operar con ellas para obtener en forma indirecta, un valor aproximado del Módulo de Balasto unitario kv1 (ecuación 2.52). Para ello deberemos tener en cuenta que éste parámetro es utilizado para la determinación de deformaciones de los suelos que son sometidos a un estado de tensiones, por lo tanto para la evaluación del módulo elástico “Es” tomaremos un valor del coeficiente de seguridad de Fs = 1,5 en la ecuación 2.48, que combinado con un valor de B1 = 0,30 m, nos dan una ecuación que nos permite obtener valores aproximados del módulo de balasto unitario vertical, calculado para un valor del ensayo SPT ejecutado con una energía del 60 % de la energía teórica:

$$Es = 48 \cdot (N_{60})^{0,64} \left[1 - \left(\frac{1}{Fs} \right)^{(0,15+0,004 \cdot N_{60})} \right]$$

$$k_1 = 1,2 \frac{Es}{B_1} = 1,2 \frac{48 \cdot (N_{60})^{0,64} \left[1 - \left(\frac{1}{1,5} \right)^{(0,15+0,004 \cdot N_{60})} \right]}{0,30m}$$

$$k_{1v} = 19,2 \times (N_{60})^{0,64} \times \left[1 - \left(\frac{1}{1,5} \right)^{(0,15+0,004 \cdot N_{60})} \right] \quad (\text{kg/cm}^3)$$

COEFICIENTE DE BALASTO PARA BASES CUADRADAS

Cuando se trata de **suelos cohesivos**, apoyado en la superficie, el valor de k para una base cuadrada de ancho B , puede ser estimado a partir de la siguiente expresión:

$$k_{cuadrada} = k_{v1} \times \frac{0.30 \text{ m}}{B(m)}$$

Donde “ B ” se expresa en cm y “ k_{v1} ” representa el valor obtenido con un ensayo de plato de carga de 30 cm de lado.

Cuando la base se apoya a una profundidad “ D ”, se podrá utilizar la siguiente expresión:

$$k_{cuadrada} = k_{v1} \times \frac{0.30}{B}$$

COEFICIENTE DE BALASTO PARA BASES RECTANGULARES

Si tenemos una base rectangular de lados $B \times L$, donde $L > B$, para conocer el valor del coeficiente de balasto tendremos primero que determinar el valor de “ k ” para una base cuadrada de lado “ B ” con la aplicación de la ecuación 2.95 y luego multiplicar este valor por la relación de lados dada en la ecuación 2.96.

$$k_{rectangular} = k_{cuadrada} \times \left(\frac{L + 0.5B}{1.5L} \right)$$

- ❖ **Muzás, F.** [6], en cuya publicación titulada “Considerations Regarding the Selection of Coefficients of Subgrade Reaction” nos hace el siguiente alcance:

Para el coeficiente de balasto $k_{b,l}$ a utilizar en cimentaciones rectangulares de ancho b y de longitud l , Terzaghi propuso la relación:

$$k_{b,l} = \frac{2}{3} k_b \left(1 + \frac{b}{2l} \right)$$

En esta ecuación $k_{b,l}$ y k_b se expresan en las mismas unidades, debiendo venir las longitudes b y l en la misma dimensión. Puede verse que cuando la longitud l es muy grande, el cociente $b/2l$ tiende a cero y por tanto el coeficiente de balasto es igual de la placa cuadrada de lado b dividido por 1,5.

Refundiendo todas las expresiones se obtiene:

$$E_c = k_{b,l} \cdot b = \frac{100}{3} \cdot q_u \cdot \left(1 + \frac{b}{2l} \right)$$

(...) Si no se conoce el valor de q_u y en cambio se dispone del valor N obtenido en el ensayo de penetración estándar SPT, puede utilizarse, en primera aproximación, la relación dada por Terzaghi entre este parámetro y el valor de la resistencia a compresión simple:

$$q_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = N / 8 \quad \text{o bien} \quad q_u \text{ (t/m}^2\text{)} = 1,25 N$$

I.1.1.2.- NACIONALES:

❖ **Cerna, M y colaborador (2008)** [7], en su investigación realizada sobre el tema de “Interacción Sísmica Suelo – Estructura en Edificaciones con Muros de Ductilidad Limitada sobre Plateas de Cimentación” nos hace referencia que ya realizado y ejecutado los objetivos generales y específicos de la investigación, durante el análisis y modelado de la estructura, mediante los modelos de interacción suelo – estructura con platea de cimentación para una edificación con muros de ductilidad limitada, se afirma que:

La interacción suelo estructura nos permite realizar un estudio más preciso, del comportamiento del suelo de fundación con la edificación frente a eventos sísmicos reales, demostrando que el suelo permite una mejor distribución de esfuerzos en todos los elementos estructurales de la edificación, y la disipación de cierto porcentaje de energía inducida por un sismo.

A continuación, se presenta, las conclusiones específicas que nos llevaron a la conclusión final anteriormente descrita:

- Considerar la interacción suelo-platea-superestructura, refleja de manera más aproximada el comportamiento real de una estructura y proporciona resultados más aproximados, lo cual fue discutido y aprobado en la conferencia internacional de Geotecnia realizada en St. Petersburgo (2005).
- El contacto dinámico que logra el suelo de fundación con la estructura nos permite obtener resultados que describen el verdadero comportamiento de éste frente a un evento sísmico. Los parámetros indicados en el estudio de mecánica de suelo de un

proyecto, no se toman en cuenta, ya que en un modelamiento común no se considera el estudio de la interacción suelo-estructura.

- La comparación de los resultados de cálculo obtenidos nos permite indicar que el mayor efecto de flexibilidad de la base de fundación se da en el modelo dinámico Barkan, pese a que este modelo restringe un grado de libertad que es la rotación en Z, siendo el modelo dinámico de la norma rusa, el que arroja un comportamiento intermedio entre el modelo convencional y el modelo Barkan.
- Mediante el uso de los modelos dinámicos de interacción suelo – estructura nos permite indicar, que la flexibilidad de la base de fundación influye directamente en la determinación de los parámetros de cálculo. El modelo considerando interacción suelo-estructura en comparación con un modelo empotrado permite que: En cuanto a el periodo de vibración notamos un incremento del período de la primera forma de vibración hasta 24.67%, los desplazamientos laterales máximos de entresijos aumenten un 35% (Estos desplazamientos cumplen con lo establecido en la Norma de Diseño Sismorresistente E030, dentro del límite para desplazamiento lateral de entresijos para un edificio de material de concreto armado de 0.007), se incrementaron los desplazamientos máximos del centro de masas en el eje OX hasta en 58.16 %, y en el eje OY hasta 53.12 %, las fuerzas axiales máximas disminuyan en un 46%, las fuerzas cortantes máximas disminuyan en un 42%, el momento flector disminuya en un 34%.
- **Galicía, W y colaborador (2007)** ^[8], realizaron la investigación de nombre “Interacción Sísmica Suelo – Estructura en edificaciones de Albañilería confinada con Plateas de Cimentación” nos dice que habiendo cumplido con los objetivos planteados en esta

investigación, durante la modelación de la edificación por el Método de Secciones Transformadas, con lo cual nos permitió analizar y elegir los modelos de interacción sísmica suelo-estructura con platea de cimentación para una edificación de albañilería confinada (Vivienda multifamiliar de 5 niveles) se concluye que:

La interacción suelo estructura nos permite determinar simultáneamente el comportamiento del suelo de fundación con la edificación frente a eventos sísmicos, demostrando que ante tal escenario el suelo coadyuva a una mejor distribución de esfuerzos en todos los elementos estructurales de la edificación, mediante la disipación de cierto porcentaje de energía inducida por un sismo.

Con ayuda de los modelos dinámicos de interacción suelo – estructura nos muestra que la flexibilidad de la base de fundación influye directamente en la determinación de los parámetros de cálculo. Este modelo en comparación con un modelo empotrado permite que:

- *Los desplazamientos laterales máximos de entrepisos aumenten un 40%. Estos desplazamientos cumplen con los límites para desplazamiento lateral de entrepisos permitidos para un edificio de albañilería según La Norma Peruana E030.*
- *Las fuerzas axiales máximas disminuyan en un 25%*
- *Las fuerzas cortantes máximas disminuyan en un 23%*
- *El momento flector disminuya en un 25%*
- *Las fuerzas cortantes en la base de la estructura aumenten en un 25%. Esta fuerza cortante supera el 90% del cortante estático obtenido del análisis; por otro lado, si el análisis hubiera sido por el Modelo empotrado, la fuerza cortante en la base de la*

estructura se encontraría por abajo del 90% del cortante estático, en este caso se tendrían que amplificar las fuerzas internas para su diseño.

I.1.1.3.- LOCALES:

- ❖ **Tuya, F. (2010)** ^[9], presento como tema de investigación “Caracterización del Suelo con fines de Zonificación Geotécnica de la Ciudad de Huánuco” en las cuales nos hace el alcance de las siguientes conclusiones y recomendaciones:
 - La geología de la ciudad de Huánuco está formada por rocas metamórficas, sedimentarias e ígneas, que en edad van desde el Neoproterozoico hasta el Cuaternario reciente. En general, en el área de estudio afloran depósitos inconsolidados, suelos de origen residual y/o transportado.
 - El nivel freático en la zona en estudio se ubica a una profundidad promedio de 9.70 m, en general este no afecta a las cimentaciones superficiales de las edificaciones. La excepción se produce en la zona B, donde este nivel alcanza incluso 1.8 m.
 - Los alcances y usos de los datos geotécnicos logrados son válidos para anteproyectos y de base para los estudios de Geotecnia en concordancia con el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E – 050.

- ❖ **Ruiz, M. (1997)** ^[10], en su investigación acerca de “Cimentaciones Superficiales sobre Suelos de Baja Capacidad Portante” concluye en lo siguiente:
 - Aunque el valor de K no indica un comportamiento real del suelo, los ensayos en modelos experimentales indican que los momentos y deformaciones calculados

usando la teoría clásica del módulo de reacción de la subrasante para una estructura son razonables y seguros, si la estructura es relativamente flexible.

- Es probable que una cimentación rígida esté sujeta a momentos flexionantes mayores que los correspondientes al análisis de losas con el módulo de reacción de la subrasante. En consecuencia, puede obtenerse una gran economía proyectando una cimentación flexible y una superestructura que pueda deformarse sin daño estructural tomando la forma correspondiente a la compresión del suelo.
- Es recomendable una estructura flexible de modo que se pueda adaptar a los asentamientos diferenciales por compresibilidad del suelo y así evitar los daños en los elementos estructurales, pero se tendrá en cuenta el grado de flexibilidad al estar relacionado con la distorsión admisible de cada elemento.
- Las construcciones flexibles se adaptan mejor a los edificios extensos y bajos en donde los pórticos estructurales son corrientemente ligeros.
- En el caso de grandes cargas con diversidad por zonas y variaciones erráticas de compresibilidad del suelo, el proyecto de una cimentación continua debe ser minuciosas y de acuerdo con el tipo de estructura que sustenta. En estructuras rígidas debe proyectarse la placa con gran resistencia y rigidez para obtener asentamiento prácticamente uniforme, la que requiere un alto costo en su construcción. En estructuras que puedan deformarse sin daños pueden proyectarse por economía placas flexibles.
- El grado de flexibilidad o rigidez de una cimentación no solo depende de las condiciones de carga o rigidez de la misma sino también de la geometría (tamaño), y del suelo de fundación la que está relacionada con el valor de “ λ ”.

- ❖ **Vela, A (1992)** ^[11], en su estudio investigativo de “Microzonificación Sísmica de Huánuco – Distrito de Huánuco” proponen una zonificación geotécnica de la ciudad de Huánuco de la siguiente manera:

ZONA A:

Esta zona incluye las áreas cercanas a la ladera de los cerros Puelles, Pomares y Jactay; los terrenos que pertenecen a las urbanizaciones San Miguel y los Carrizales. También pertenece a esta zona el área de reserva urbana ubicada a la margen izquierda del río Huancachupa cerca de la confluencia con el río Huallaga.

El perfil estratigráfico que caracteriza a esta zona está conformado superficialmente por depósitos de origen Fluvio-Aluvial, de consistencia semidura: constituidos por arcillas limosas (CL) de baja plasticidad, limo arenoso (ML) de ligera plasticidad y arcilla inorgánica (CH) de alta plasticidad, continuando estratos de arena limosa (SM) y luego arena con grava y boleos de consistencia dura y rígida.

Las capacidades de carga para cimentaciones superficiales recomendadas están entre 1.5 y 2.5 kg/cm². El nivel Freático está bastante profundo.

ZONA B:

Esta zona estaría comprendida por una franja que sigue el curso del río Huallaga por la margen izquierda, desde la urbanización Guardia Civil pasando por la ciudad hasta los terrenos de propiedad del Colegio Leoncio Prado. También se incluye en esta zona los terrenos pertenecientes al fundo “Tingo” que está ubicada a la margen derecha del río Higuera, hasta la confluencia con el río Huallaga.

Esta zona consiste en capas de suelo de origen Fluvio-Aluvial y tiene una potencia variable. Presenta superficies relativamente planas, de consistencia media a

semidura, constituidos por arcillas limosa (CL), limo inorgánico (ML), arena arcillosa (SC) y arena limosa (SM); continuando estratos de arena poco húmeda con grava suelta y boleos aislado de consistencia dura a rígida.

La capacidad de carga recomendable es de 1.5 kg/cm² para cimentaciones superficiales. El nivel freático en la zona del Fundo “Tingo” está a una profundidad promedio de 2.5 m. En las otras áreas el nivel freático está bastante profundo.

ZONA C:

Esta zona incluye las áreas de reserva industrial, de expansión urbana y la parte central de la ciudad. La variación de la pendiente del terreno es mínima, pudiendo considerarse plana.

Superficialmente esta zona está constituida por depósitos de arcilla limosa (CL), limo inorgánico (ML), arena limosa (SM), y arcilla (CH) de alta plasticidad, de origen fluvio – aluvial, de potencia variable y de consistencia media, compacto en estado seco. Luego continúa estratos de arena con grava suelta y boleos aislados, de consistencia dura y rígida.

Se recomienda una capacidad de carga de 1 kg/cm², para cimentaciones superficiales. El nivel freático está profundo.

ZONA D:

Esta zona es la más desfavorable, constituido por estratos sueltos conformados por clastos angulosos con matriz de arena limosa, donde se han presentado agrietamientos en los pisos de las viviendas, debido a que esta zona está asentada en material de huayco que cuando existen lluvias intensas y persistentes las presiones intersticiales y las fuerzas de filtración en el suelo van creciendo,

contrariamente los parámetros de cohesión y ángulo de fricción interna de dicha masa disminuyen en función de la humedad, por consiguiente la resistencia del suelo al esfuerzo cortante disminuye progresivamente hasta el punto de que es incapaz de equilibrar la estabilidad del terreno, luego como la presencia del agua es persistente, el suelo deslizado se moviliza cuesta abajo, provocando fallas en las construcciones, incluye las áreas del Pueblo Joven “Las Moras”, las urbanizaciones Primavera y las Flores; los asentamientos humanos La Florida, Leoncio Prado, Ignacio Arbulú, Pineda y San Felipe, ubicados en la dirección Norte de la ciudad.

Esta Zona tiene una pendiente ondulada y está constituido por depósitos de origen coluvial, formados por clastos angulosos con matriz de arena limosa de compacidad suelta. Esta zona está expuesta al huayco “Las Moras”. El nivel Freático está bastante profundo.

- ❖ **Cachay, W (1992)** ^[12], en su estudio investigativo de “Microzonificación Sísmica de Huánuco – Distrito de Amarilis” proponen una zonificación geotécnica de la ciudad de Huánuco de la siguiente manera:

ZONA A:

Delimitada aproximadamente por las Av. 11 de Enero y J.C. Mariátegui en la parte intermedia del AA.HH. Marginal San Luis, incluye las áreas cercanas a la ladera del cerro San Cristóbal.

El perfil estratigráfico que se caracteriza por estar conformado superficialmente por depósitos de origen coluvial, en los que se puede hallar pequeños estratos de grava angulosa de origen esquistoso que tienen como matriz arenas limosas (SN) y en raras

ocasiones estratos de limo arenoso (ML); en algunas partes de esta zona se pueden observar afloramientos rocosos los cuales por estar superficialmente, contribuyen a elevar la rigidez del lugar, el cual es concordante con la Geología de esta zona

Las capacidades de carga para cimentaciones superficiales recomendadas están entre 1.5 y 2.5 kg/cm². El nivel Freático no existe.

ZONA B:

Esta zona está delimitada por la margen derecha del curso del río Huallaga, incluye toda la Urb. Paucarbambilla, Zona Cero, AA.HH, J.C. Mariátegui, Urb. Daniel Alomía Robles, I.S.P. Marcos Duran Martel, Terrenos de la Sub Región Huallaga, Urb. Primavera, parte de la Urb. Los Pinos, Urb. Juan Gil, Urb. Sr. De Huayopampa y la Urb. Santa Zéfora.

Esta zona presenta capas de suelo de origen Fluvio-Aluvial, cuya parte superficial presenta suelos finos y tiene una potencia variable, con superficies relativamente planas, de consistencia media a semidura, constituidos por arcilla limosa (CL), limo inorgánico (ML), arena arcillosa (SC) y arena limosa (SM), en espesores que alcanzan hasta los 2 m, a continuación del suelo superficial podemos encontrar grava suelta y boleos de más de 30 cm de diámetro aislados; su consistencia de este estrato va de dura a rígida.

La capacidad de carga recomendable es de 1 a 1.5 kg/cm² para cimentaciones superficiales. El nivel freático en la zona de expansión es en promedio de hasta 3m, pudiendo ser menos conforme nos acercamos al río Huallaga. En las otras áreas el nivel freático está bastante profundo.

ZONA C:

Zona que incluye gran parte de Paucarbamba y parte del sector 1 del AA. HH. Marginal San Luis, limitando con los terrenos de la Sub. Estación de Electro Centro y en la zona de expansión incluye las Urb. Leoncio Prado, FONAVI II, Urb. Santa María, Urb. Los Portales de Mitopampa, y el fundo Miraflores hasta los límites con el distrito de la Esperanza. La variación de la pendiente del terreno en la zona de expansión es mínima, pudiendo considerarse plana.

Superficialmente esta zona está constituida por depósitos de arcilla limosa (CL), limo inorgánico (ML), arena lisa (SM), y arcilla (CH) de alta plasticidad, de potencias que van hasta los 9 m en la parte baja de San Luis, y hasta 7 m en la zona de expansión (Miraflores), su consistencia puede ser media, y compacto en estado seco. Luego continúa estratos de arena con grava suelta y boleos aislados, de consistencia dura y rígida.

Se recomienda una capacidad de carga de 1 kg/cm² para cimentaciones superficiales o similares, para cimentaciones superficiales. El nivel freático es inexistente en Paucarbamba, mientras que en la zona de expansión se puede hallar a partir de 3 m.

ZONA D:

Zona de alto riesgo por encontrarse en el cono de deyección del huayco de Llicua, incluye parte de la Urb. Leoncio Prado. **Es la más desfavorable.**

Esta zona tiene una pendiente ondulada y está constituido por depósitos de origen coluvial, formados por clastos angulosos de esquisto envueltos con matriz de arena

limosa presentan alguna compacidad en estado seco, mientras que en presencia de agua se disgregan fácilmente formando lodo.

El contenido de humedad es algo por la presencia de un pequeño riachuelo proveniente de la parte alta.

De acuerdo a los dos últimos antecedentes mencionados (de carácter investigativo) en donde se concluye que los suelos del distrito de Huánuco y Amarilis, se encuentran entre suelos intermedios y malos, características que es importante resaltar para fines de nuestra investigación.

I.1.2.- CONCEPTOS FUNDAMENTALES

I.1.2.1.- SISTEMA DE MUROS ESTRUCTURALES:

Sistema de muros de carga: es el sistema estructural que no dispone de un pórtico esencialmente completo y en el cual las cargas verticales son resistidas por muros de carga y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales.⁽¹³⁾

FIGURA 05: Edificación con Sistema de Muros Estructurales



Fuente: SlideShare. 2012. CD ROM en línea. Internet. 05 de Julio de 2012. Disponible:<http://es.slideshare.net/archieg/sistemas-estructurales-13553577>.

I.1.2.2.- LOSA DE CIMENTACIÓN O PLATEA DE CIMENTACIÓN:

Una placa de fundación es una losa armada en dos direcciones ortogonales, de grandes dimensiones, que sirve de cimiento a un grupo de columnas o muros, o soporta estructuras tales como silos, estanques de agua, depósitos, chimeneas, torres de alta tensión, etc.

En general, en las estructuras usuales de edificios, resulta más económico fundar las diferentes columnas y muros en bases aisladas o corridas, con armadura únicamente en la cara inferior las zapatas, como se detalla en los capítulos precedentes. En las placas, por el contrario, el volumen de concreto es considerable y por lo general se las arma junto a los bordes superior e inferior, especialmente en los siguientes casos: ⁽¹⁴⁾

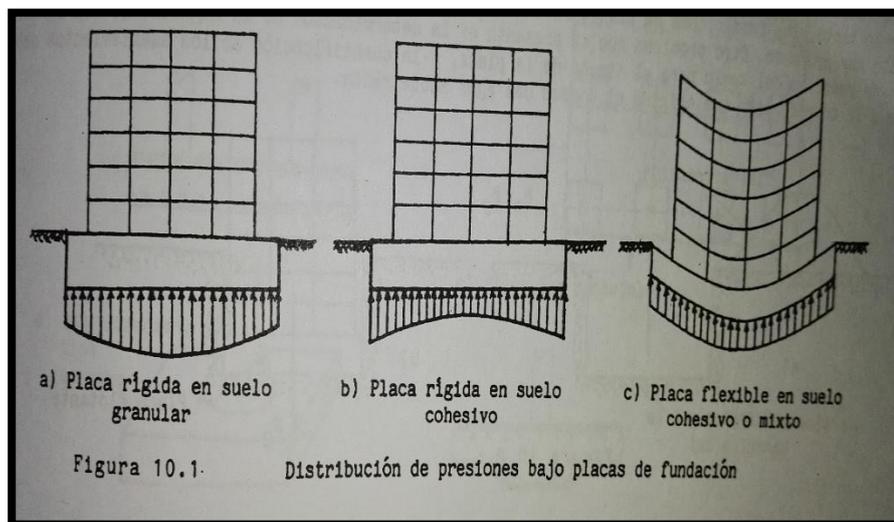
- Cuando el suelo de fundación ofrece una limitada capacidad portante.

- Para evitar la posibilidad de ascenso del nivel freático, con una subpresión que puede levantar las bases aisladas poco cargadas.
- Si existe la posibilidad de ascenso del nivel freático, con una subpresión que puede levantar las bases aisladas poco cargadas.
- Como apoyo de muros y columnas muy cargadas, cuya base independiente exigen un área en planta que supera el 50% del área del predio.

Desde el punto de vista estructural, las placas de fundación son similares a entrepisos invertidos, donde las cargas distribuidas resultan las reacciones del suelo, actuando de abajo hacia arriba, y las columnas y muros actúan como apoyos puntuales o lineales. ⁽¹⁴⁾

Cuando las condiciones del subsuelo lo exigen, las placas de fundación deben apoyarse sobre pilotes, con espesor suficiente para actuar simultáneamente como cabezales, enlazando los extremos superiores de los mismos. En forma similar al caso de las bases aisladas, la distribución de las presiones de contacto de las placas de fundación con el suelo se detalla en la figura 10.1 para el caso de placas rígidas o flexibles, apoyadas en terrenos de diferentes características. Para el diseño de placas de fundación, son asimismo aceptables las hipótesis simplificativas enumeradas para las bases aisladas. ⁽¹⁴⁾

FIGURA 06: Placa de Cimentación



Fuente: Suelos, Fundaciones y Muros. Dr. Fratelli M. Graciela

I.1.2.3.- EL MÉTODO DEL COEFICIENTE DE BALASTO:

EL MODELO DE WINKLER

El método de cálculo más utilizado para modelar la interacción entre estructuras de cimentación y terreno es el que supone el suelo equivalente a un número infinito de resortes elásticos, muelles o bielas biarticuladas, cuya rigidez denominada coeficiente de balasto (k_s), se corresponde con el cociente entre la presión de contacto (p) y el desplazamiento o asiento (δ):⁽¹⁷⁾

$$k_s = \frac{p}{\delta}$$

La denominación de balasto nace a partir del análisis de las traviesas del ferrocarril donde se utilizó por primera vez esta teoría. El balasto es la capa de grava que se tiende sobre la explanación de los ferrocarriles para asentar y sujetar las traviesas. A este modelo

de interacción se le conoce generalmente como modelo de Winkler debido al nombre de su creador, y tiene múltiples aplicaciones, no sólo en el campo de las cimentaciones, sino en cualquiera problema que pueda adaptarse a este modelo; por ejemplo, mediante la teoría del balasto se calcula la carga P que es capaz de soportar una espiga de acero anclada en una masa de concreto: ⁽¹⁷⁾

La aplicación de la teoría del coeficiente de balasto ha ganado aceptación en los últimos tiempos, en cuanto que permite una fácil asimilación del modelo de la interacción cimiento terreno dentro del cual se han implementado los métodos matriciales de cálculo. Como tal se incluyen bielas biarticuladas (muelles) en los nudos con la rigidez correspondiente al balasto (en elementos lineales mediante su discretización en varias barras cuyos nudos incluyen bielas; en elementos superficiales mediante un emparrillado de barras con las bielas en los nudos). ⁽¹⁷⁾

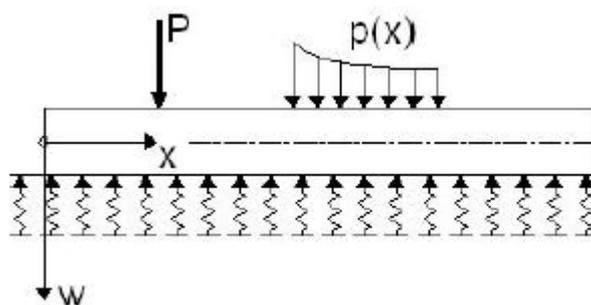
En el quehacer del cálculo y diseño de cimentaciones superficiales tiene aplicación la teoría de Winkler al dimensionamiento de elementos tales como vigas flotantes o de cimentación y losas de cimentación que trabajan sobre un corte horizontal de terreno, pero también para elementos tales como pantallas para excavaciones o tablestacas que trabajan sobre un corte vertical. Por lo que son útiles los coeficientes de balasto vertical y horizontal bajo el mismo concepto. ⁽¹⁷⁾

Incluimos aquí, como ejemplo, la ecuación diferencial que gobierna el comportamiento de la clásica solución de viga flotante o viga sobre fundación elástica, (Hahn J., 1994). ⁽¹⁷⁾

$$p - k \cdot w(x) = EI \cdot \frac{d^4 w}{dx^4}$$

El cual resulta por sumatoria de efectos en la dirección vertical de acuerdo a la Figura 2.1. La integración de esta ecuación permite obtener la deformada de la viga de cimentación.⁽¹⁷⁾

FIGURA 07: Modelo de Viga Sobre Fundación Elástica



Fuente: Métodos Analíticos y Numéricos Aplicados al Diseño de Cimentaciones Superficiales Considerando su Interacción con el Suelo – Berrocal, José C. 2013.

De esta manera, la reacción del terreno se considera proporcional a su desplazamiento vertical, igual que en un sistema de muelles, debido a que la losa o viga presenta una flexibilidad que puede ser comparable a la reacción del terreno.⁽¹⁷⁾

Este modelo es muy utilizado desde el punto de vista estructural, y se utiliza habitualmente para la consideración de la rigidez del apoyo en losas.⁽¹⁷⁾

Se debe acotar que el coeficiente de balasto no es un parámetro intrínseco del suelo, por lo que su valor no sólo depende del tipo de terreno sino también de la magnitud de la carga aplicada.⁽¹⁷⁾

I.1.2.4.- MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS:

El método de los elementos finitos es un procedimiento basado en técnicas computacionales, que puede ser usado para analizar estructuras y diferentes sistemas continuos. Es un método numérico versátil, y que es ampliamente aplicado para resolver problemas que cubren casi todo el espectro de análisis ingenieriles. Sus aplicaciones comunes, incluyen el comportamiento de sistemas estáticos, dinámicos y térmicos. Los avances en el hardware han facilitado y aumentado la eficiencia del software de elementos finitos, para la solución de sistemas complejos de ingeniería sobre computadores personales. ⁽¹⁶⁾

Los resultados obtenidos con el análisis de elementos finitos son raramente exactos. Sin embargo, una solución adecuada puede ser obtenida, si se usa un modelo apropiado de elementos finitos. ⁽¹⁶⁾

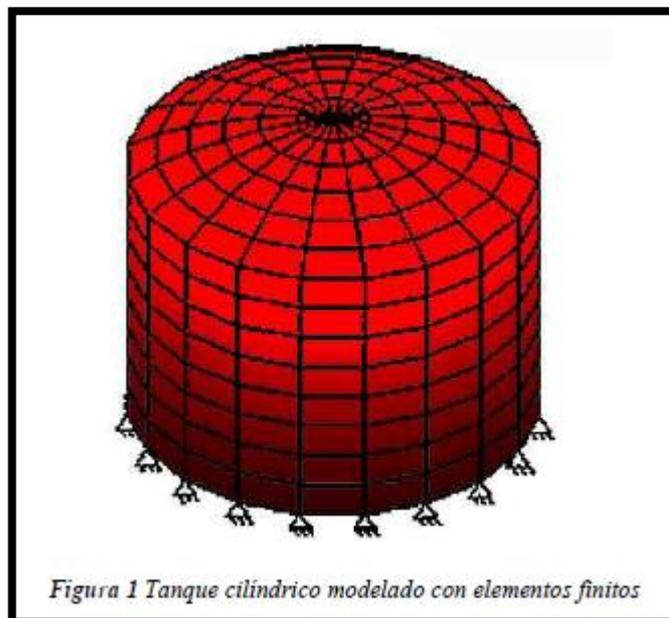
Si el objetivo del ingeniero es el desarrollo de código de elementos finitos, entonces una profunda comprensión de la teoría de elementos finitos es esencial. Si el objeto, es el uso del código de elementos finitos, entonces para el análisis es necesario tener: ⁽¹⁶⁾

1. Básica comprensión de los conceptos fundamentales del método de los elementos finitos
2. Práctica --- incluyendo el conocimiento de las capacidades y limitaciones --- en el programa computacional que va a ser usado

(...) La primera diferencia entre los métodos clásicos y los elementos finitos son la forma de ver la estructura y el consiguiente procedimiento de solución. Los métodos clásicos consideran la estructura como continuo, cuyo comportamiento es gobernado por

ecuaciones diferenciales parciales u ordinarias. El método de elementos finitos considera la estructura como el ensamble de un número finito de partículas pequeñas. El comportamiento de las partículas, y de toda la estructura, es obtenida por la formulación de un sistema algebraico de ecuaciones que puede ser solucionado por medio de un computador. Las partículas de tamaño finito son llamadas elementos finitos. Los puntos donde los elementos finitos se interconectados, son conocidos como nodos, y el procedimiento de selección de nodos es llamado discretización o modelización, ver Figura 1. (16)

FIGURA 08: Aplicación del MEF en Elementos Volumétricos



Fuente: Introducción al Método de los Elementos Finitos. Ing.

Cubillos, Alfonso

I.1.2.5.- TEORÍA DE LA VIGA FLOTANTE:

Toma en cuenta el comportamiento del elemento de cimentación y del suelo de manera simultánea para establecer relaciones más o menos simples que nos permitan cuantificar un valor asociado a su condición rígida o flexible. Para los casos de carga uniformemente repartida y carga puntual centrada, para que el cimiento rectangular resulte rígido debe cumplirse, (Olmos M, 2007):⁽¹⁷⁾

$$\frac{h}{L} \geq \sqrt[3]{\frac{Bk_s(L/B)}{2.03E}}$$

Donde h, L y B representan las dimensiones del elemento de cimentación, k_s el Coeficiente de balasto y E el módulo de deformabilidad del concreto.

El criterio que contempla la teoría de viga flotante se basa en la solución de la ecuación diferencial que gobierna la interacción de este elemento sobre una fundación modelo Winkler:

Resultando el parámetro

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{Bk_s}{4EI}}$$

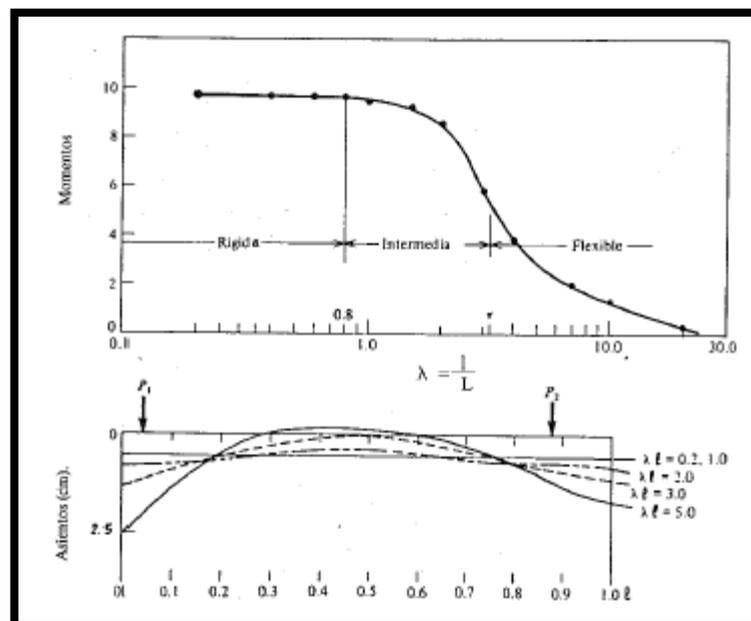
Que se denomina factor de amortiguación del conjunto suelo-cimiento, siendo su inversa la denominada longitud característica L que cuantifica el grado de rigidez y flexibilidad de acuerdo al valor que adopte; un valor mayorado implica una rigidez grande, por el contrario, un valor pequeño de la longitud característica significa la interacción entre un elemento deformable sobre suelo rígido lo que significa flexibilidad. A diferencia del

anterior, en la evaluación de este parámetro intervienen las propiedades del elemento de cimentación y el suelo de manera interdependiente. (17)

En la Figura 2.7 se muestra la reducción que presentan los momentos flectores en un elemento de cimentación continua al variar sustancialmente el factor de amortiguación. Ello tiene que ver con el peralte de la zapata que repercute en un incremento de asientos.

(17)

FIGURA 09: Momento y Asientos de una Zapata Combinada Según su Rigidez



e-

Fuente: Métodos Analíticos y Numéricos Aplicados al Diseño de Cimentaciones Superficiales Considerando su Interacción con el Suelo – Berrocal, José C. 2013.

Hetenyi (1946) desarrolló intervalos de variación del factor de amortiguación en función a la longitud del elemento de cimentación a efectos de determinar la distribución de presiones de contacto, su rigidez y flexibilidad, el que se resume en la tabla: (17)

TABLA 01: Intervalos de Variación del Factor de Amortiguamiento para Vigas

Intervalo λL	Identificación de la viga	Criterio para la distribución de la presión de contacto	
$\lambda L < \pi/4$	Viga rígida	Distribución lineal de la presión	$\frac{\pi/4}{\lambda} > L$ ó $L < \frac{\pi/4}{\lambda}$ ó $L < \frac{0,785}{\lambda}$
$\pi/4 \leq \lambda L \leq \pi$	Viga de flexibilidad intermedia	Determinarla como viga sobre fundación elástica	$L < \frac{\pi}{\lambda}$ ó $L < \frac{3,14}{\lambda}$
$\lambda L > \pi$	Viga flexible	Determinarla como viga sobre fundación elástica	$\frac{\pi}{\lambda} < L$ ó $L > \frac{\pi}{\lambda}$

Fuente: Métodos Analíticos y Numéricos Aplicados al Diseño de Cimentaciones Superficiales Considerando su Interacción con el Suelo – Berrocal, José C. 2013.

De acuerdo a lo deducido por Wolfer K.H. (1969) para el caso de cimentación combinada de ancho B, la cimentación se considerará rígida si es que:

$$\lambda L \leq \frac{\pi}{2}$$

Pudiendo asumirse una distribución lineal de presiones en la base. Igualmente considera como flexible cuando

$$\lambda L \geq 5.5$$

y las semi rígidas se ubican en el intervalo

$$1.57 < \lambda L < 5.5$$

Las cimentaciones continuas flexibles por lo general no presentan una deformación uniforme en toda su longitud por lo que tampoco podrán ser los asientos y tensiones generadas en dicha interfaz. ⁽¹⁷⁾

Criterio del Comité 436 del American Concrete Institute

El criterio refiere directamente en términos de la longitud característica. De acuerdo con este ente regulador la separación entre columnas soportadas por una fundación continua es determinante en la distribución de la presión de contacto suelo estructura. ⁽¹⁷⁾

Para el caso de una cimentación continua que soporta columnas si el promedio de luces adyacentes (en metros) es mayor que $1.75/\lambda$ dentro del diseño estructural debe considerarse la incidencia de la rigidez relativa cimentación suelo. ⁽¹⁷⁾

I.1.2.6.- CRITERIO DE INTERACCIÓN CON UN MEDIO ELÁSTICO:

En la bibliografía existen diversos estudios sobre la distribución de las presiones que un cimiento infinitamente rígido transmite al terreno, asimilando éste a un semiespacio elástico de Boussinesq de resistencia infinita. La rigidez en este caso supone que el asiento del cimiento es uniforme, habiendo estudiado, en particular, los casos de cimentación circular, cimentación rectangular y cimentación en faja indefinida. ⁽²⁵⁾

Por su parte Borowicka estudió la distribución de presiones en el caso de cimentaciones de rigidez no infinita, presentando sus resultados en función de un coeficiente de rigidez de la cimentación y otro coeficiente de rigidez del terreno de cimentación, definiendo con ambos un módulo de rigidez del conjunto. ⁽²⁵⁾

En la bibliografía existen también estudios más recientes, como el de Grasshoff (1973) en el que se comparan los resultados que se obtienen, respecto a distribución de presiones y la ley de momentos flectores utilizando, por un lado, la teoría del coeficiente de balasto y, por otro, estudiando la interacción suelo – cimiento. ⁽²⁵⁾

“Grobhoff (1987), recomienda el parámetro K_{st} , dado por la siguiente ecuación:”⁽²⁴⁾

$$K_{st} = \frac{E_c}{E_s} \left(\frac{d}{l} \right)^3, \quad \begin{cases} = 1 \rightarrow \text{cimentación rígida} \\ = 0.1 \rightarrow \text{cimentación elástica} \\ = 0.01 \rightarrow \text{cimentación flexible} \end{cases}$$

Por consenso entre diversos autores y por experiencia en campo se ha convenido en categorizar a las cimentaciones en función al criterio de rigidez de acuerdo a la siguiente tabla, (Rodriguez et al, 1980).⁽¹⁷⁾ (donde $N = 1/ K_{st}$)

TABLA 02: Valores de N para cimentaciones según su rigidez

	l	N
Cimentación rígida	$\leq L$	1
Cimentación semirígida	$L - 2,5 L$	3-5
Cimentación semiflexible	$2,5 L - 5,0 L$	5-30
Cimentación flexible	$> 5,5 L$	> 30

Fuente: Métodos Analíticos y Numéricos Aplicados al Diseño de Cimentaciones Superficiales Considerando su Interacción con el Suelo – Berrocal, José C. 2013.

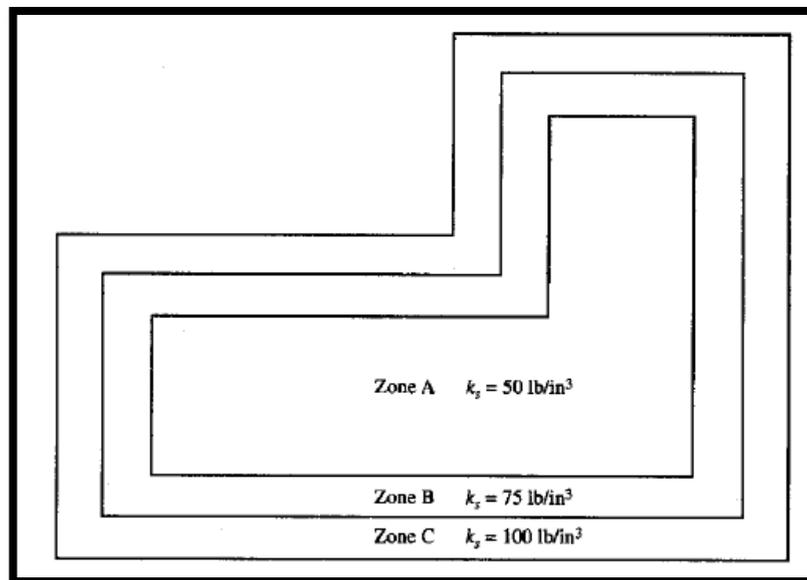
I.1.2.7.- METODO PSEUDO ACOPLADOS:

Divide el elemento de cimentación en distintas zonas a las que varía su coeficiente de balasto. El balasto se hace mayor en las zonas extremas, por ejemplo, el doble del valor en el contorno que en la zona central. También el ancho de las zonas se hace disminuir al acercarse a los extremos, todo ello con el objeto de aumentar las tensiones en los bordes

de las cimentaciones ya que en otros estudios pudieron observar que el modelo de Winkler obtiene tensiones más bajas que las constatadas con otros métodos en dichos puntos. (18)

Se muestra la figura que ilustra el método Pseudo Acoplado.

FIGURA 10: Variación del Módulo de Balasto para una Fundación con el Modelo Pseudo Acoplado



Fuente: Foundation Design: Principles and Practices – Coduto, Donald P. 2001.

I.2.- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es importante considerar la flexibilidad o rigidez de la cimentación? ¿En qué casos?

¿Existen métodos de análisis que consideran la rigidez y flexibilidad de la cimentación?

¿Existen criterios para poder determinar si una Cimentación es Rígida o Flexible?

¿Qué consideraciones se debe tener al momento de modelar la cimentación por el Método de Winkler?

¿En cuánto varían los resultados de las fuerzas internas en los elementos verticales y horizontales resistentes si consideramos una cimentación rígida o flexible para diferentes teorías que definen estas propiedades?

¿En cuánto varían los resultados de las derivas de entrepiso si consideramos una cimentación rígida o flexible para diferentes teorías que definen estas propiedades?

I.3.- OBJETIVOS

I.3.1.- OBJETIVO GENERAL

- ✓ Comparar los Análisis Dinámicos por Combinación Modal Espectral de las Fuerzas Internas de los elementos verticales resistentes y las Derivas de Entrepiso en las dos Direcciones Principales (X y Y) de la Superestructura, considerando una Cimentación Rígida y otra Flexible de la Torre 5 del Edificio Residencial San Francisco II – Huánuco, para los criterios de la “Teoría de Viga Flotante” y de “Interacción con un Medio Elástico”.

I.3.2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Modelar y Analizar los resultados obtenidos de la Superestructura considerando una Cimentación Rígida y Flexible (Condición Rígida y Condición) a partir de los criterios de la

- “Teoría de Viga Flotante” y de “Interacción con un Medio Elástico”, para un Edificio con Sistema de Muros Estructurales sobre una Platea de Cimentación (Torre 5).
- ✓ Determinar los resultados de las Fuerzas Internas (Fuerza Axial, Fuerza Cortante y Momento Flector) para los elementos verticales resistentes para las dos “Condiciones” obtenidos de los criterios de la “Teoría de Viga Flotante” y de “Interacción con un Medio Elástico”, en un suelo de capacidad portante intermedia.
 - ✓ Determinar los desplazamientos máximos (Derivas de Entrepiso) de los 9 niveles de la edificación para las diferentes condiciones propuestas (CONDICIÓN RÍGIDA Y FLEXIBLE), obtenidos de los criterios de la “Teoría de Viga Flotante” y de “Interacción con un Medio Elástico”, en un suelo de capacidad portante intermedia.
 - ✓ Definir el Mejor Criterio entre la “Teoría de Viga Flotante” y la de “Interacción con un Medio Elástico”, para poder considerar adecuadamente una Cimentación Rígida o Flexible.

I.4.- JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La flexibilidad o rigidez de la cimentación, es muy importante considerarla en los suelos ya sea de baja, media o alta capacidad portante, o también por los asentamientos diferenciales que pueden presentarse y otros aspectos; así mismo, esta no nos exime la posibilidad de su importancia de considerarla en los suelos de capacidad portante intermedia, ya que según el Reglamento Nacional de Edificaciones esta no nos limita o indica en qué casos considerar la flexibilidad o la Rigidez de la cimentación para el Análisis Dinámico Modal Espectral; por ende, el considerar adecuadamente esta característica de la cimentación nos permite obtener un modelamiento y análisis más realista-representativa en este caso de la edificación, en las que los

resultados reflejen las fuerzas y desplazamientos reales para un diseño estructural confiable y seguro.

Debido a la existencia de poderosos programas de cómputo, como es el caso del ETABS V.16, el cual nos permite modelar y analizar edificaciones (tanto la subestructura y la superestructura recíprocamente), mediante técnicas de modelamiento simple y sofisticado; habiendo para ello, elegido una Edificación con Sistema de Muros Estructurales sobre una Platea de Cimentación.

I.5.- LIMITACIONES Y ALCANCES

- ✓ Debido a la gran variedad de los sistemas estructurales y la envergadura que actualmente se tiene, esto hará imposible la generalización de los resultados a obtener; por ende, esta investigación se enfocará en el Edificio Residencial San Francisco II – Torre 5 (Modulo II) – Sistema de Muros Estructurales de 9 pisos, sobre una platea de cimentación.
- ✓ Otro aspecto concerniente es la aplicación en un suelo de capacidad portante intermedia (encontrándose dentro del rango de 1.2 kg/cm² a 3.0 kg/cm²) en la ciudad de Huánuco, ya que estos existen en grandes sectores de nuestra ciudad, y por su amplitud nos apoyaremos en algunas tesis de Zonificación Geotecnia.
- ✓ La existencia de varios criterios y/o teorías para definir la Rigidez o Flexibilidad de una Cimentación, cuyos resultados no concuerdan poniendo en duda así su confiabilidad.
- ✓ Desconocimiento de los diferentes Métodos de análisis Flexibles-Rígidos en plateas de cimentación (adecuado uso del Método Winkler), pues no se encuentra en algún curso de nuestra malla curricular de la Facultad; así mismo, el poco conocimiento del Método de Elementos Finitos, así como su aplicación en el software Etabs V.16.

I.6.- HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN (Hi)

Hi: “Existe diferencias máximas de (+/-) 10% en las fuerzas internas de los elementos estructurales verticales y de (+)10% en las Derivas de Entrepiso, del Análisis Comparativo entre un Modelamiento que considera su Cimentación Rígida y otro Flexible para los criterios de la *Teoría de Viga Flotante* y de *Interacción con un Medio Elástico*”

Ho: “Existe diferencias máximas mas allá del 10% en las fuerzas internas de los elementos estructurales verticales y de más del 10% en las Derivas de Entrepiso, del Análisis Comparativo entre un Modelamiento que considera su Cimentación Rígida y otro Flexible para los criterios de la *Teoría de Viga Flotante* y de *Interacción con un Medio Elástico*”

I.7.- SISTEMA DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES

I.7.1.- VARIABLE INDEPENDIENTE:

- CIMENTACIÓN RÍGIDA
- CIMENTACIÓN FLEXIBLE

I.7.2.- VARIABLE DEPENDIENTE:

- FUERZAS AXIALES EN PLACAS Y COLUMNAS
- FUERZAS CORTANTES EN PLACAS Y COLUMNAS
- MOMENTOS FLECTORES EN PLACAS Y COLUMNAS
- DERIVAS DE ENTREPISO

I.8.- DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES

TABLA 03: Matriz de Operacionalización de las Variables, Dimensiones e Indicadores

DIMENSIONES	SUB-DIMENSIONES	PARAMETROS	INDICADORES	UNIDADES
VARIABLE INDEPENDIENTE: Factor de Amortiguamiento " λ " - (Teoría de la Viga Flotante)	CIMENTACIÓN RÍGIDA Y FLEXIBLE	Propiedades Elásticas de la Platea	"Ec", "Gc" y "Vc"	Tn/m2, Tn/m2 y adimensional
VARIABLE INDEPENDIENTE: Parametro "N de Rígidez" - (Criterio de Interacción con un Medio Elástico)	CIMENTACIÓN RÍGIDA Y FLEXIBLE	Propiedades Elásticas de la Platea	"Ec", "Gc" y "Vc"	Tn/m2, Tn/m2 y adimensional
VARIABLE DEPENDIENTE: ANÁLISIS DE LA EDIFICACIÓN	ANÁLISIS DINÁMICO POR COMBINACIÓN MODAL ESPECTRAL	FUERZAS INTERNAS EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES (Placas)	Axial	Tn
			Cortante	Tn
			Momento Flector	Tnmx
		DESPLAZAMIENTOS LATERALES DE LOS PISOS	Derivas de Entrepiso	adimensional

Fuente: Propia

Leyenda:

Ec: Modulo de Elasticidad de la Platea de Cimentación

Gc: Modulo de Corte de la Platea de Cimentación

Vc: Modulo de Poisson de la Platea de Cimentación

I.9.- UNIVERSO/POBLACION Y MUESTRA

I.9.1.- DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO/POBLACIÓN:

UNIVERSO:

Torres 5 (edificio de 9 pisos) de la Residencial San Francisco II - Huánuco.

I.9.2.- SELECCIÓN DE LA MUESTRA:

El Método de muestreo empleado es el “No Probabilístico”, del tipo de “Muestreo Direccional”, el cual consiste que a criterio del investigador los elementos son elegidos sobre lo que él cree que pueden aportar al estudio; para los fines de la investigación está conformada por la fuerza axial, cortante y momento flector de los elementos verticales resistentes de la Edificación, así como las derivas de entrepiso.

CAPITULO II

MARCO METODOLÓGICO

II.1. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

II.2. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

II.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

II.4. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

II.1. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

El Nivel de Investigación que desarrollar es Descriptivo.

II.2. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

El Tipo de Investigación es Cuantitativo.

II.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El Diseño de la Investigación es del tipo No Experimental ya que se trata de la aplicación de normas y métodos para el Análisis Estructural de una Edificación a través de un software.

II.4. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

II.4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El Edificio que se someterá al análisis en esta tesis forma parte del conjunto Residencial San Francisco II ubicada en la ciudad de Huánuco, distrito de Huánuco, departamento de Huánuco. Esta Residencial está planificado y proyectado para albergar edificios de departamentos más área de estacionamientos con depósitos, sala de usos múltiples (sum) y área de parque y jardines, en un lote de terreno de 2 113.77m².

II.4.1.1.- UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

LUGAR: JR. DOS DE MAYO N° 1991 (Intersección de las calles Jr. Dos de Mayo y Jr. Alfonso Ugarte).

DISTRITO: Huánuco

PROVINCIA: Huánuco

DEPARTAMENTO: Huánuco

REGIÓN: Huánuco

II.4.1.2.- LINDEROS COLINDANTES:

LÍMITE LADO POSTERIOR (ingresando al fondo): Propiedad privada de terceros, con una longitud de 35.62mts.

LÍMITE LADO IZQUIERDO (ingresando al lado izquierdo): Propiedad privada de terceros, con una longitud de 57.71mts.

LÍMITE LADO DERECHO (ingresando al lado derecho): Vía pública Jr. Alfonso Ugarte, con una longitud de 56.95mts.

LÍMITE LADO FRONTAL (lado de ingreso): Vía pública Jr. Dos de Mayo, con una longitud de 38.07mts.

II.4.1.3.- ÁREA Y PERÍMETRO

ÁREA TOTAL DEL TERRENO: 2 113.77m²

LONGITUD PERIMETRAL: 188.53mts.

II.4.1.4.- ARQUITECTURA

El conjunto Residencial San Francisco II está conformado por nueve pisos de altura, el edificio cuenta con 96 departamentos, 63 estacionamientos, ascensor, escalera, cisterna, cuarto de basura y sistema contra incendios.

Los departamentos tienen un área de 97.01 m² y 92.01m² y todos los departamentos tienen 3 dormitorios, 2 baños, sala comedor, cocina y lavandería. Los departamentos del último piso (novenos) no tienen acceso a los aires.

II.4.1.5.- ESTRUCTURA

El proyecto se clasifica de la siguiente manera:

Bloque 1: Consiste en 4 Edificios de 9 niveles + sótano, los 4 edificios están conectados por la cimentación y por la losa de circulación y estacionamientos del nivel 0.00. (Torre 1, 2, 3 y 4).

Bloque 2: Consiste en 2 Edificios idénticos de 9 niveles (Torre 5 y 6).

De acuerdo a las características de las edificaciones se realizó el planteamiento estructural, correspondiente a un Sistema de Muros Estructurales (Sistema Estructural en la que las Placas en conjunto toman esfuerzos del Cortante Basal mayor al 80% del total).

Se ha estructurado las losas de techos en base a Losas Aligeradas y Losas Macizas.

De acuerdo a lo planteado en mi proyecto de tesis se reitera que el Edificio sometido a análisis es la Torre 5 – Modulo II, por ello se dará una breve descripción:

II.4.1.6.- DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL MÓDULO TIPO II

La estructura tiene planta rectangular y una configuración estructural regular. Se ha estructurado los elementos resistentes en función al control de derivas por sismo. Se ha provisto de muros de manera que controlen la generación de torsiones así como las derivas en los ejes X e Y (Ver Anexo N°01).

II.4.2.- CRITERIOS GENERALES DE ANÁLISIS EN CONCRETO ARMADO

II.4.2.1.- NORMAS EMPLEADAS

Para el Análisis Estructural del proyecto se ha empleado la normativa siguiente:

- RNE E.020 Cargas
- RNE E.030 Ingeniería Sismorresistente
- RNE E.050 Mecánica de Suelos
- RNE E.060 Concreto Armado

De acuerdo con las normas antes mencionadas haremos hincapié a la norma E030 ítem 2.3.1 del Reglamento Nacional de Edificaciones, en donde se puede observar en una tabla resumen, la definición de los perfiles de suelos, de donde delimitaremos la capacidad portante del suelo de perfil S2 “Suelo Intermedio”, que se usa como fines para la presente investigación:

TABLA 04: Relación de Perfiles de Suelos y Capacidad Portante

Tabla N° 2 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{S}_u
S ₀	> 1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma E030.

II.4.2.2.- ANÁLISIS POR CARGAS DE GRAVEDAD

II.4.2.2.1.- DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

En este segmento es importante aclarar que las dimensiones de los elementos estructurales de la superestructura (vigas, columnas, placas, losas macizas, losas aligeradas) fueron tomados tal y como muestra los planos de estructuras del expediente técnico de la “RESIDENCIAL SAN FRANCISCO II – TORRE 5”, pues estos no variarían para los fines de nuestras tres condiciones generadas (Rígida, Flexible e Intermedia) que presentaremos más adelante y para poder comparar resultados al considerar los dos criterios (“Teoría de la Viga Flotante” y el criterio de “Interacción con un Medio Elástico”); por otro lado, con respecto a la subestructura esta tiene mucha importancia para los fines que pretendemos, ya que en la “Condición Rígida” es mayor el peralte de la platea (“EI” tiende al $+\infty$), así mismo para la “Condición Flexible” el peralte de la platea es mucho menor a la anterior (“EI” tiende a 0), y por último la “Condición Intermedia” posee un peralte intermedio a las dos condiciones anteriormente mencionadas, por ello es importante modelar la sub estructura (dimensiones definidas según el expediente Largo=23.25 m y Ancho=9.925 m), cuya rigidez influirá en los resultados que pretendemos analizar.

DIMENSIONAMIENTO DE LA PLATEA DE CIMENTACIÓN:

La dimensión en planta de la platea estará limitada por los elementos estructurales perimetrales de la estructura, se tiene entonces:

$$L = 23.25 \text{ m}$$

$$B = 9.925 \text{ m}$$

Ya que los espesores definitivos se definirán de acuerdo a los criterios de la “Teoría de Viga Flotante” y de “Interacción con un Medio Elástico” (ítem “1.1.2. Conceptos Fundamentales” de la presente tesis):

TABLA 05: Criterio de la Viga Flotante

DIRECCIÓN	b (m)	Ks (kg/m3)	L máx (m)	λ (m)	t (m)	FRANJAS	
X-X	4.963	1671.36808	4.050	0.247	0.853	A	RÍGIDO
	4.963	1671.35184	4.050	0.617	0.251	B	INTERMEDIO
	4.963	1671.36808	4.050	1.358	0.088	C	FLEXIBLE
DIRECCIÓN	b (m)	Ks (kg/m3)	L máx (m)	λ (m)	t (m)	FRANJAS	
Y-Y	3.925	1808.7976	5.375	0.186	1.277	A-E	RÍGIDO
	3.925	1808.7976	5.375	0.465	0.376	C-E	INTERMEDIO
	3.925	1808.7976	5.375	1.023	0.132	D	FLEXIBLE

Fuente: Propia

TABLA 06: Criterio de Interacción con un Medio Elástico

DIRECCIÓN	N	t (m)	
X-X	1	0.4270	RÍGIDO
	5	0.2497	INTERMEDIO
	30	0.1374	FLEXIBLE
DIRECCIÓN	N	t (m)	
Y-Y	1	0.5667	RÍGIDO
	5	0.3314	INTERMEDIO
	30	0.1824	FLEXIBLE

Fuente: Propia

En Resumen se toman las condiciones más críticas para ambos criterios, las cuales se someterán a análisis, y estas son:

TABLA 07: Espesores a Analizar según Criterio

ESPESOR DE LA PLATEA "t" - (m)		
CONDICIÓN	"VIGA FLOTANTE" - "CASO I"	"INTERACCIÓN MEDIO ELÁSTICO" - "CASO II"
RÍGIDO	1.277	0.567
FLEXIBLE	0.088	0.137
INTERMEDIO	0.376	0.3314

Fuente: Propia

A fin de contrastar de que la Norma E-060 nos conlleva siempre a dimensionar una Cimentación Rígida, al cumplir el Criterio de Corte por Flexión y Corte por Punzonamiento, presentaremos el predimensionamiento tal como se muestra en el libro de CIMENTACIONES DE CONCRETO ARMADO EN EDIFICACIONES (ACI) – CAPITULO VIII del Ing. Eduardo Gamio, que lo hace a través del efecto de corte por punzonamiento, partiendo de la siguiente igualdad:

$$V_u = V_C$$

Dónde:

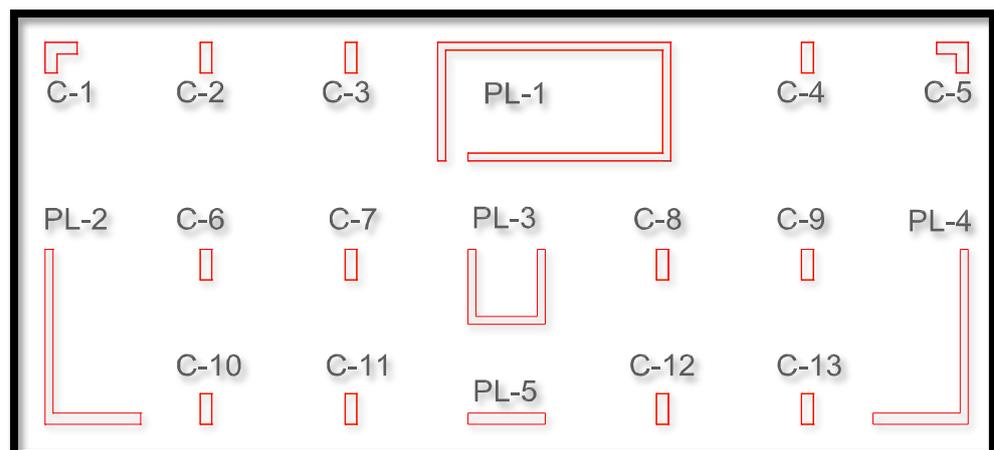
V_C : Fuerza cortante permisible por punzonamiento.

$$V_C = 0.53 \sqrt{f'_c} b d$$

V_u : Fuerza ultima de corte (por fines de predimensionamiento este sera igual a la carga de servicio que recibe)

Por fines de un mejor entendimiento asignaremos nomenclaturas a los diferentes elementos estructurales verticales de la siguiente forma:

FIGURA 11: Asignación de nomenclatura a los Elementos Estructurales Verticales de la Edificación



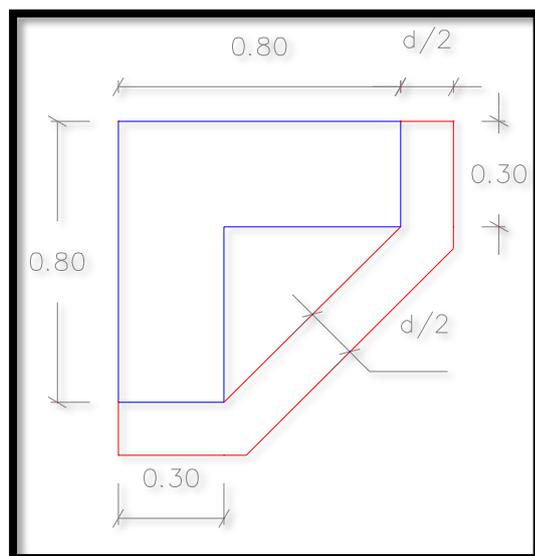
Fuente: Propia

A continuación se presentaran las áreas de punzonamiento que se producen en las intersecciones de columnas o placas con la platea de cimentación:

LEYENDA:

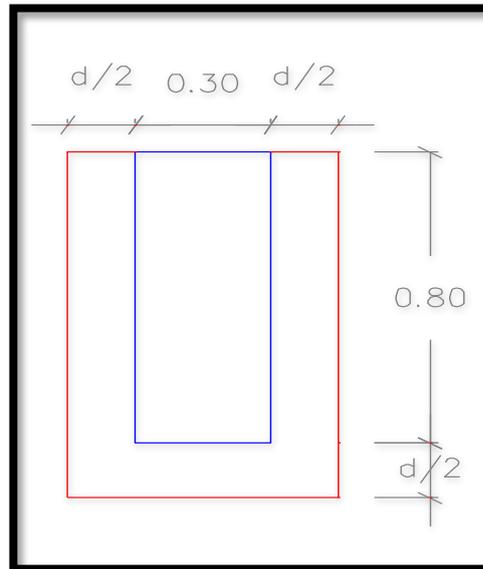
-  Trazo del Elemento Estructural Vertical
-  Trazo del Área de Punzonamiento: intersección del Elemento Estructural Vertical y la Platea de Cimentación

FIGURA 12: Área de Punzonamiento para las Columnas “C-1 y C-5”



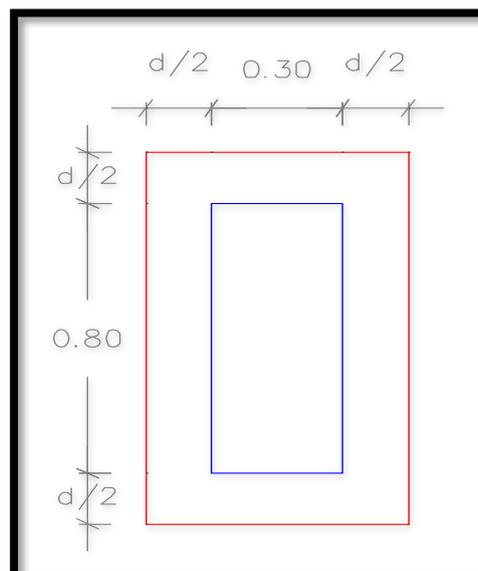
Fuente: Propia

FIGURA 13: Área de Punzonamiento para las Columnas “C-2, C-3, C-4, C-10, C-11, C-12, C-13”



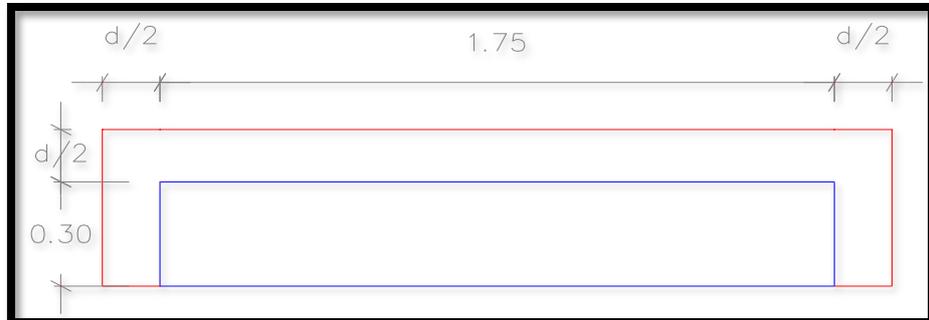
Fuente: Propia

FIGURA 14: Área de Punzonamiento para las Columnas “C-6, C-7, C-8, C-9”



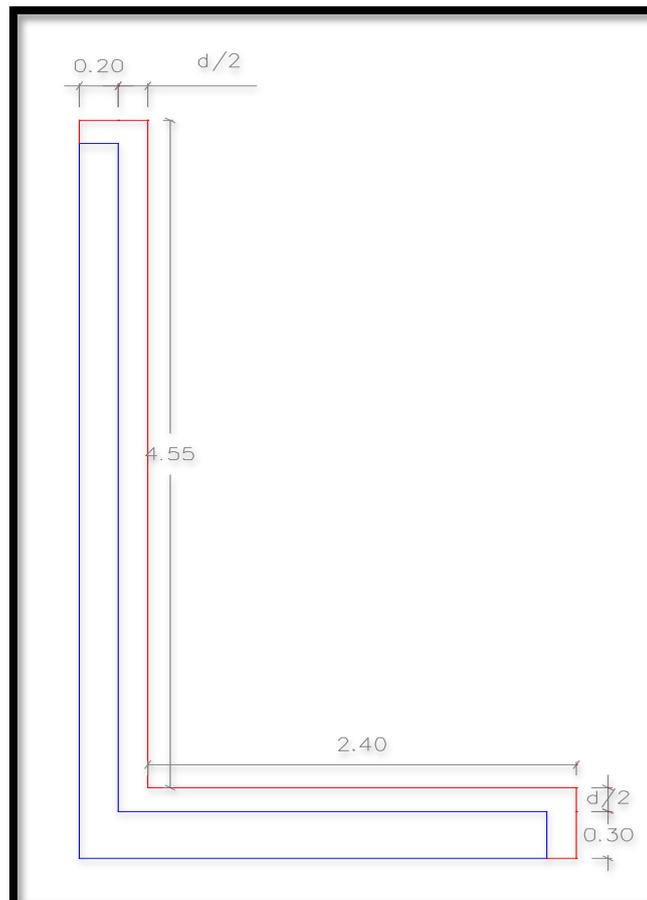
Fuente: Propia

FIGURA 15: Área de Punzonamiento para la Placa “PL-05”



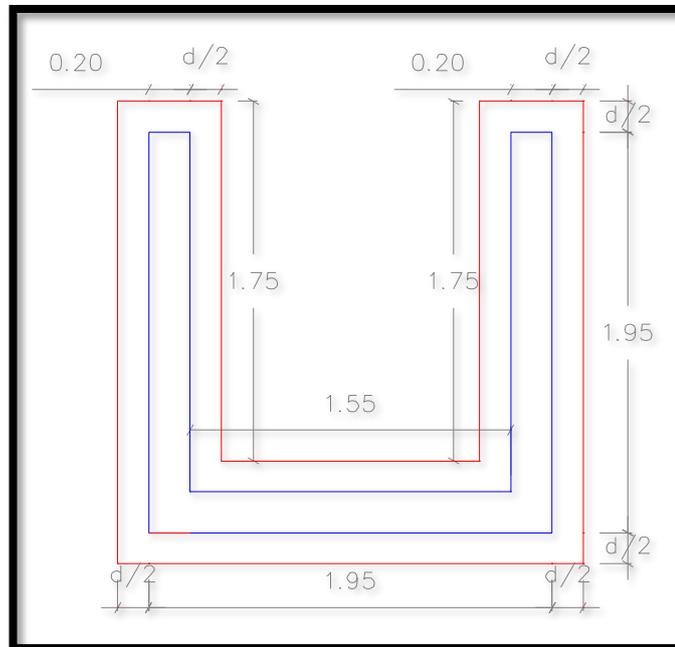
Fuente: Propia

FIGURA 16: Área de Punzonamiento para las Placas “PL-02 y PL-04”



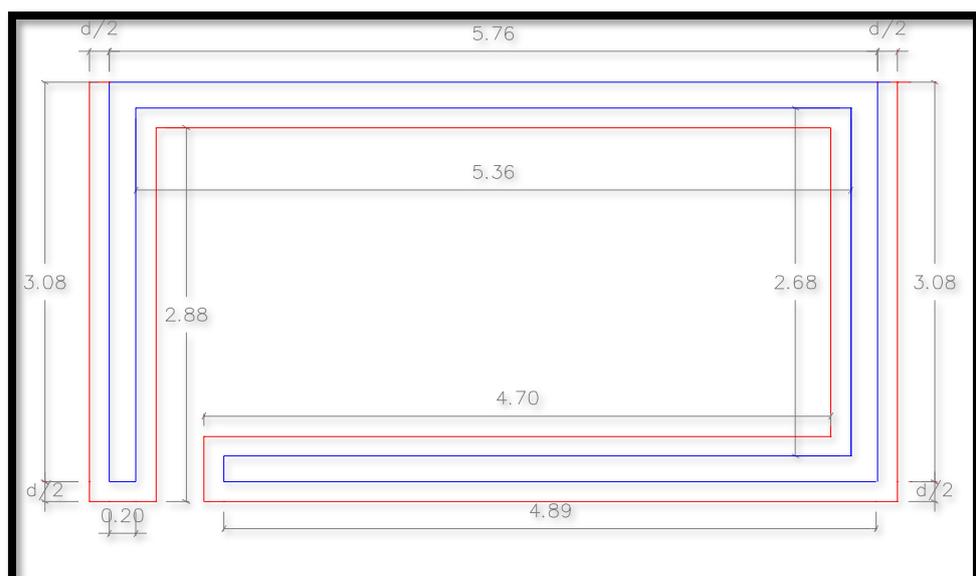
Fuente: Propia

FIGURA 17: Área de Punzonamiento para la Placa “PL-3”



Fuente: Propia

FIGURA 18: Área de Punzonamiento para la Placa “PL-1”



Fuente: Propia

De las gráficas anteriores, y con ayuda del programa ETABS V.16 (que se detallara más adelante su utilización especial para esta tesis) se obtención las cargas de servicio (Ps) en cada elemento estructural vertical, se obtiene un peralte de la platea como se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 08: Obtención del Peralte “d” (cm) para cada elemento estructural (columnas y placas del primer piso)

ELEMENTO ESTRUCTURAL	Ps(Carga de Servicio)= Vu (Tn)	$V_c = 0.53x((210)^2)xbxd$	Resolviendo igualdad entre $(V_{ux1000}) = V_c$
C1	86.798	$7.68x(d+130.711)xd$	d = 59.437
C2	94.233	$7.68x(2d+190)xd$	d = 44.104
C3	58.079	$7.68x(2d+190)xd$	d = 30.201
C4	90.309	$7.68x(2d+190)xd$	d = 42.698
C5	87.303	$7.68x(d+130.711)xd$	d = 59.700
C6	146.783	$7.68x(4d+220)$	d = 46.893
C7	118.439	$7.68x(4d+220)$	d = 40.409
C8	86.368	$7.68x(4d+220)$	d = 32.230
C9	137.817	$7.68x(4d+220)$	d = 44.905
C10	75.982	$7.68x(2d+190)xd$	d = 37.371
C11	89.940	$7.68x(2d+190)xd$	d = 42.565
C12	86.713	$7.68x(2d+190)xd$	d = 41.391
C13	75.555	$7.68x(2d+190)xd$	d = 37.207
PL-1	626.832	$7.68x(2d+2708)xd$	d = 29.497
PL-2	254.123	$7.68x(d+745)xd$	d = 42.042
PL-3	239.497	$7.68x(4d+1130)$	d = 25.326
PL-4	255.813	$7.68x(d+745)xd$	d = 42.308
PL-5	106.540	$7.68x(2d+235)xd$	d = 43.170

Fuente: Propia

Del cuadro anterior se tomará el peralte “d” máximo (59.700 cm), y con este se calculara el espesor de la platea de cimentación a través de la siguiente formula:

t (espesor de platea) = d + recubrimiento + diámetro Varilla/2

Se sabe que, el recubrimiento para una cimentación que está en contacto con el terreno según Reglamento es de 7.5 cm (Típico), y se asumirá una varilla de 1”, entonces:

$$t = 59.70 \text{ cm} + 7.5 \text{ cm} + 2.54 \text{ cm} / 2$$

$$t = 68.47 \text{ cm}$$

Redondeando:

$$t = 70 \text{ cm}$$

Este Espesor obtenido por la verificación de Corte por Punzonamiento, se encuentra dentro de la Condición Rígida si aplicamos ambos criterios (“Teoría de la Viga Flotante” y de “Interacción con un Medio Elástico):

II.4.2.2.2.- DEFINICIÓN DE MATERIALES

Según la Norma para el diseño de edificios de concreto armado, la resistencia mínima del concreto $f'c$ es de 210 kg/cm², que es la resistencia que se consideró para el proyecto en todas las torres desde el 3er nivel hasta el 9no nivel, mientras la resistencia del concreto del primer y segundo nivel es de $f'c = 280$ kg/cm².

Para el análisis se tendrá en cuenta que el valor del módulo de elasticidad del concreto se calcula mediante la siguiente expresión definida en el numeral 8.5.2 de la Norma E060 del RNE, entonces:

$$E_c = 15000 * \sqrt{f'_c} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$$

Así mismo, el módulo de elasticidad, E_s , para el acero de refuerzo no preesforzado puede tomarse como 200 000 MPa. (Numeral 8.5.5 de la Norma E060 del RNE).

TABLA 09: Características De Los Materiales de Concreto Armado y Acero Corrugado

CONCRETO ARMADO	f'c tnf/m2	PESO ESPECÍFICO tnf/m3	MÓDULO DE ELASTICIDAD tnf/m2	MÓDULO DE POISSON
CONCRETO F'C = 210 KG/CM2	2,100	2.4	2,173,707	0.2
CONCRETO F'C = 280 KG/CM2	2,800	2.5	2,675,684	0.2
CONCRETO F'C = 245 KG/CM2	2,450	2.45	2,581,494	0.2

ACERO ESTRUCTURAL CORRUGADO	fy tnf/m2	PESO ESPECÍFICO tnf/m3	MÓDULO DE ELASTICIDAD tnf/m2	MÓDULO DE POISSON
ACERO CORRUGADO GRADO 60 . Fy = 4200 KG/CM2	42,000	7.85	20,000,000	0.25

Fuente: Propia

II.4.2.2.1.- PARAMETRIZACIÓN DE UN SUELO INTERMEDIO

Sabemos que para suelos intermedios el V_s (Velocidad de Onda de Corte) según el RNE E-030 va desde 180 a 500 m/s, para fines de esta investigación tomamos como parámetros del suelo los siguientes datos: $V_s = 340$ m/s, $\gamma = 18.15$ KN/m³, $\nu = 0.35$

Sabemos:

$$G_i = \rho_r \cdot V_s^2$$

Por ende, se tiene:

$$G = (18.14/9.81) \cdot (340)^2$$

$$G = 213.760 \text{ MPa}$$

Además:

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

$$E = 577.152 \text{ MPa} \text{ ó } 58\,853.344 \text{ ton/m}^2$$

II.4.2.2.1.- PARAMETRIZACIÓN DE LA PLATEA DE CIMENTACIÓN

A). - CONDICIÓN RÍGIDA:

$$E_c = \text{tiende a } + \infty \text{ (900'000,000.00 Ton/m}^2\text{)}$$

$$\nu_c = 0.05$$

B). - CONDICIÓN FLEXIBLE:

$$E_c = \text{tiende a } 0 \text{ (0.001 Ton/m}^2\text{)}$$

$$\nu_c = 0.45$$

C). - CONDICIÓN INTERMEDIA:

$$E_c = 2'173,706.5 \text{ Ton/m}^2$$

$$V_c = 0.2$$

NOTA: “El análisis de la Condición Intermedia es por fines de complementar la finalidad de esta tesis de investigación”.

II.4.2.2.3.- DEFINICIÓN DE CARGAS

Para este tipo de edificación se presentan dos tipos de cargas, las permanentes o muertas y las cargas vivas o sobrecargas.

La carga muerta se refiere a aquellas cargas de gravedad que actúan permanentemente sobre la estructura durante su vida útil y son: El peso propio de la estructura, acabados y tabiquería.

La carga viva o sobrecarga se refiere a cargas de gravedad móviles que pueden actuar sobre la estructura, por ejemplo: peso de los ocupantes, muebles, equipos, etc.

Las cargas vivas están estipuladas en la Norma de cargas E.020, y sus valores dependen del uso que tendrá la estructura. En nuestro caso de acuerdo a la memoria de cálculo del proyectista, el cual está conforme a la norma se tiene:

CARGA MUERTA (CM)

Peso Propio

Peso propio aligerado h= 0.20m.	300 kg/m ²
Peso propio aligerado h= 0.25m.	350 kg/m ²
Peso propio losa maciza h= 0.15 m.	360 kg/m ²
Peso propio losa maciza h= 0.20 m.	480 kg/m ²

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE UNA EDIFICACIÓN CONSIDERANDO SU CIMENTACIÓN RÍGIDA Y FLEXIBLE PARA UN SUELO DE CAPACIDAD PORTANTE INTERMEDIA”

Peso propio losa maciza $h= 0.25$ m. 600 kg/m²

Peso acabados

Peso acabados 100 kg/m²

Peso tabiquería móvil

Peso tabiquería ladrillo arcilla 150 kg/m²

CARGA VIVA (CV)

Sobrecarga

Sobrecarga viviendas 200 kg/m²

Sobrecarga corredores y escaleras 400 kg/m²

Sobrecarga en azotea 100 kg/m²

II.4.2.2.4.- METRADO DE CARGAS DE LOSAS MACIZAS Y ALIGERADAS

Se tiene losas macizas de 20 cm de espesor, así también como losas aligeradas de 25 cm de espesor, todas generalmente con la misma sobrecarga excepto la del pasadizo y escalera, como así también las losas de la azotea tiene una única sobrecargas sin importar el tipo de losa que se dieron por fines de uso; además todas las losas tienen un piso terminado de 5 cm a excepción el de la azotea. Se muestran en la tabla siguiente los metrados en losas que se utilizaran para el análisis:

TABLA 10: Metrado de Cargas en Losa Maciza Típica

LOSA TECHO TÍPICO	PESO PROPIO (KG/M ²)	PISO TERMINADO (KG/M ²)	PESO DE TABIQUERIA (KG/M ²)	TOTAL CARGA MUERTA (KG/M ²)	TOTAL CARGA VIVA (KG/M ²)
$h=0.200$ m	480	140	150	770	400

Fuente: Propia

TABLA 11: Metrado de Cargas en Losa Aligerada Típica

LOSA TECHO TÍPICO	PESO PROPIO (KG/M2)	PISO TERMINADO (KG/M2)	PESO DE TABIQUERIA (KG/M2)	TOTAL CARGA MUERTA (KG/M2)	TOTAL CARGA VIVA (KG/M2)
h=0.250 m	350	140	150	640	200

Fuente: Propia

TABLA 12: Metrado de Cargas en Losa Aligerada - Azotea

LOSA TECHO TÍPICO	PESO PROPIO (KG/M2)	PISO TERMINADO (KG/M2)	PESO DE TABIQUERIA (KG/M2)	TOTAL CARGA MUERTA (KG/M2)	TOTAL CARGA VIVA (KG/M2)
h=0.250 m	350	100	0	450	100

Fuente: Propia

En la losa del fondo del tanque elevado, se consideró una sobrecarga proveniente de 3 tanques prefabricados (según planos de IISS) de 2.5 m³ de capacidad, como el proyecto no cuenta con especificaciones técnicas se tomó como referencia las características de los tanques de polietileno Eternit, pues actualmente es lo que se colocó en la obra, de los cuales se tiene:

TABLA 13: Especificaciones Técnicas de Tanques Etenit

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS						
código tanque		capacidad (litros)	altura (mm)	diámetro (mm)	peso aprox. (Kg.)	código tapa
azul	negro					
040019	040029	600	1120	980	14,55	40015
050019	050029	1100	1400	1100	21,19	50015
050089	050099	2500	1620	1550	37.02	50035

Fuente: Ficha Técnica de Tanques de Polietileno para Agua “ETERNIT” – Ver Anexo N°02.

Como se observa el peso propio del tanque es de 37.02 kg (lo redondearemos a 40 kg) y a esto se le adicionara el peso del agua contenida que vendría a ser 2500 kg (resultado que se obtuvo multiplicando el peso específico del agua que es de 1000 kg/m³ y su volumen de 2.5 m³); de lo anterior se tiene que el peso por cada tanque elevado de polietileno en estado de servicio es de 2540 kg en un diámetro de 1.55 m.

Por otro lado, en la losa de la tapa de la zona del ascensor se consideró la sobrecarga de 1000 Kg/m² debido a que, si bien es cierto que la máquina se apoya en la losa del fondo, los ganchos y la polea cuelgan de la tapa, entonces en realidad la s/c se la lleva la losa de la tapa.

II.4.2.2.5.- METRADO DE CARGAS DE ESCALERAS

La escalera que une el 1er y el 2do nivel nace en una zapata aislada exclusivamente para este elemento estructural, y se apoya en una viga en el primer techo, los demás tramos nacen desde vigas del techo inferior y se apoyan en vigas del siguiente techo superior.

El peso de la escalera viene dado por la siguiente fórmula (San Bartolomé, 1998):

$$w(pp) = \gamma \left[\frac{cp}{2} + t \sqrt{1 + \left(\frac{cp}{p}\right)^2} \right]$$

Dónde:

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE UNA EDIFICACIÓN CONSIDERANDO SU CIMENTACIÓN RÍGIDA Y FLEXIBLE PARA UN SUELO DE CAPACIDAD PORTANTE INTERMEDIA”

p (paso) = 28 cm

cp (contrapaso) = 17 cm

t (espesor de garganta) = 13 cm

γ (peso específico del concreto) = 2400 kg/m³

Ancho de escalera = 1.3 m

TABLA 14: Metrado de Escalera – Tramo inclinado

ESCALERA	PESO PROPIO (KG/M ²)	PISO TERMINADO (KG/M ²)	TOTAL CARGA MUERTA (KG/M ²)	TOTAL CARGA VIVA (KG/M ²)
he= 0.215 m	516	140	656	400

Fuente: Propio

TABLA 15: Metrado de Escalera – Tramo Descanso

ESCALERA	PESO PROPIO (KG/M ²)	PISO TERMINADO (KG/M ²)	TOTAL CARGA MUERTA (KG/M ²)	TOTAL CARGA VIVA (KG/M ²)
e= 0.20 m	480	140	620	400

Fuente: Propio

II.4.2.2.6.- MODELO ESTRUCTURAL DE LA SUPER-ESTRUCTURA Y LA SUB-ESTRUCTURA

En esta parte se hace el modelamiento del edificio en base a los planos existentes en el expediente técnico del proyecto ejecutado, como son: las losas macizas, losas aligeradas, columnas, placas, vigas, voladizos, etc; excepto la platea de cimentación el

se definió con un predimensionamiento. Estos modelos se desarrollaron con ayuda del programa ETABS V.16.

Para el edificio en su totalidad se desarrolló un modelo tridimensional usando el ETABS V.16, el cual nos facilita el análisis tanto de cargas de gravedad como para cargas laterales de sismo.

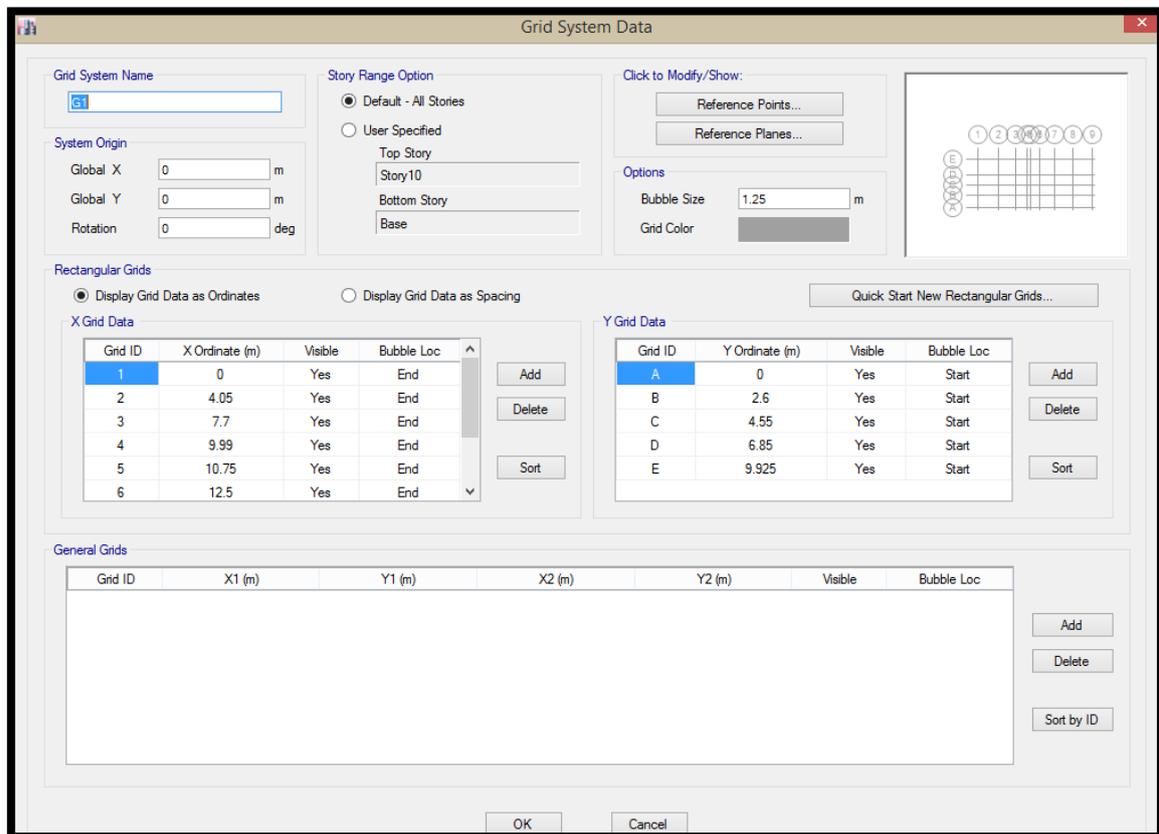
Las losas se consideran como áreas que distribuyen la carga de gravedad hacia los muros. Las placas y columnas transmiten las cargas de gravedad y sismo hacia la platea de cimentación.

A continuación presentaremos los pasos para el procedimiento de modelación:

II.4.2.2.6.1 GEOMETRÍA DE LA EDIFICACIÓN

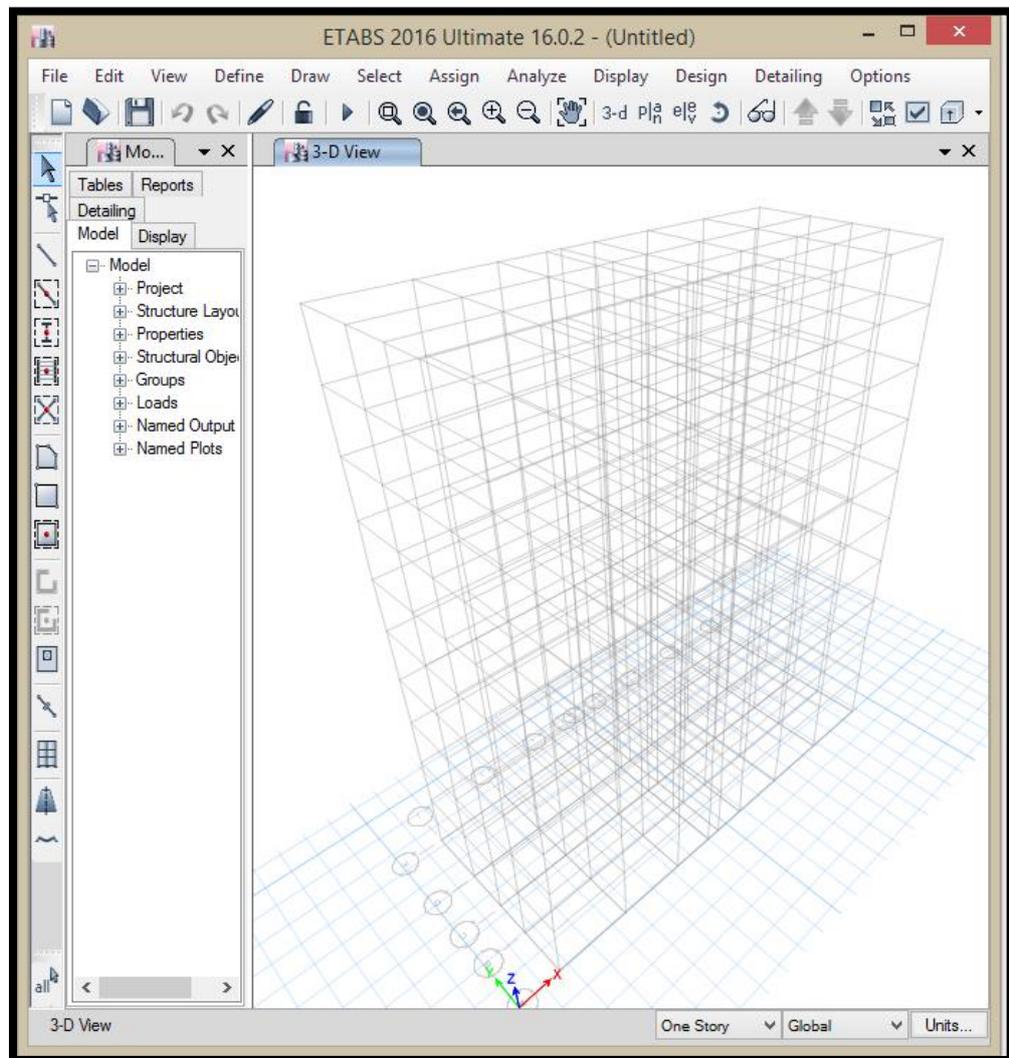
Antes de comenzar con la modelación de la estructura, es necesario definir las unidades que se van a utilizar, las cuales son Toneladas y metros. Luego, colocando las longitudes de las luces, alturas de entrepisos y número de pisos (generamos grillas en 3 dimensiones), esto nos lleva a un modelo básico para referenciamos, el cual se modifica hasta lograr las dimensiones exactas de la estructuración requerida. (Ver Anexo N°01).

FIGURA 19: Definición de las Grillas de Referencia para los Ejes de Modelamiento en Tres Dimensiones



Fuente: Propio

FIGURA 20: Generación de Grillas en el ETABS V.16 de acuerdo a los datos Proporcionados en el Programa



Fuente: Propio

II.4.2.2.6.2 DEFINICIÓN DE MATERIAL

Se utilizará un concreto estructural con características definidas en ítem “II.4.2.2.1” de esta tesis, las cuales se pueden observar en las siguientes figuras:

FIGURA 21: Definición de Material en el Etabs V16 de Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ – “INTERMEDIO”

Material Property Data

General Data

Material Name: CONCRETO F'C=210 KG/CM2

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color Selection] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2.4 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.244732 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2173706.5 tonf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 905711.04 tonf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

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

OK Cancel

Fuente: Propio

FIGURA 22: Definición de Material en el Etabs V16 de Concreto $f'c=280$ kg/cm²

Material Property Data

General Data

Material Name: CONCRETO F'C=280 KG/CM2

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color Selection] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2.5 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.254929 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2675683.8 tonf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 1114868.25 tonf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

Fuente: Propio

FIGURA 23: Definición de Material en el Etabs V16 “RIGIDO” ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

Material Property Data

General Data

Material Name: RIGIDO

Material Type: Other

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Blue] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2.4 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.244732 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 900000000 tonf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.05

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

Shear Modulus, G: 428571429 tonf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

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

OK Cancel

Fuente: Propio

FIGURA 24: Definición de Material en el Etabs V16 “FLEXIBLE” ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

Material Property Data

General Data

Material Name: FLEXIBLE

Material Type: Other

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Blue] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2.4 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.244732 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 1E-03 tonf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.45

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

Shear Modulus, G: 3.448E-04 tonf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

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

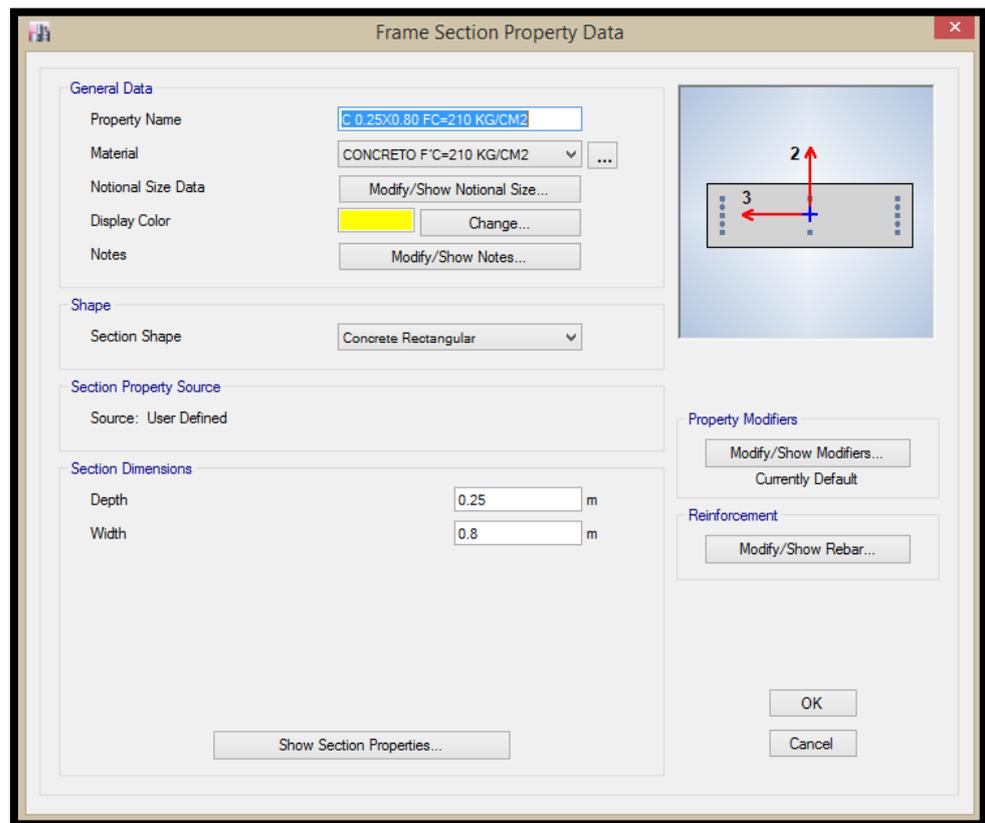
OK Cancel

Fuente: Propio

II.4.2.2.6.3 DEFINICIÓN DE SECCIONES

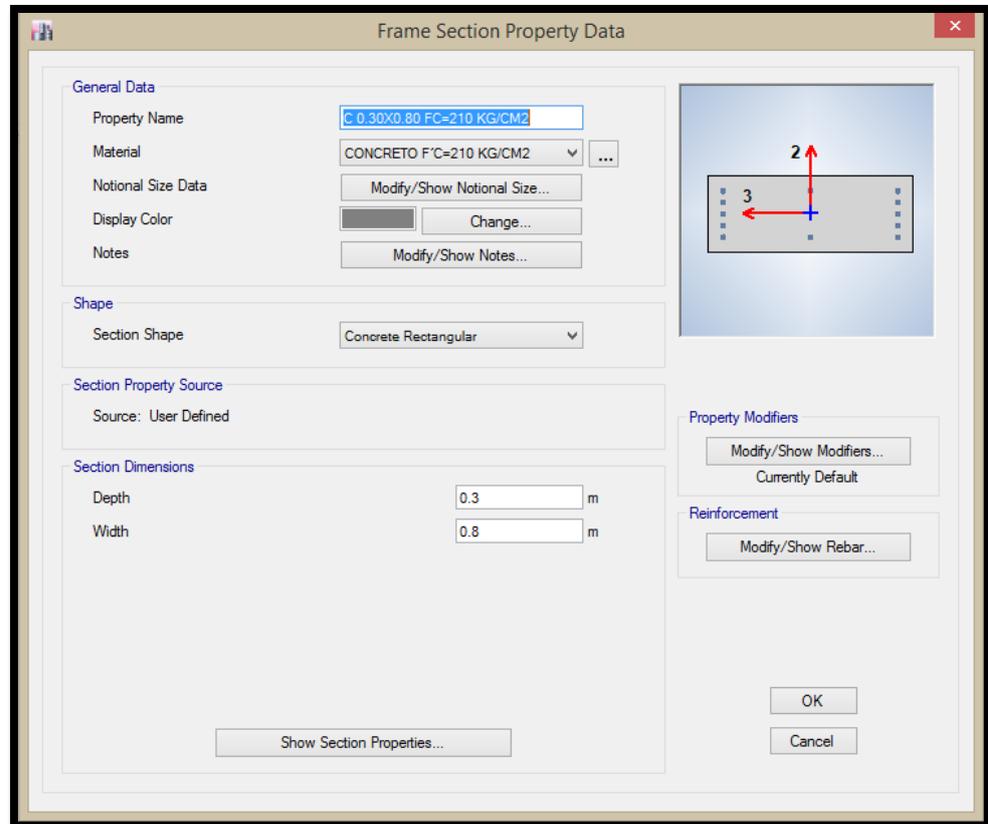
Se ingresarán las secciones de los diferentes elementos estructurales (ya sea como elementos FRAME para vigas y columnas, o elementos SHELL para las placas, losas de entrepisos/techos y la platea de cimentación) con las dimensiones definidas en los planos, a excepción del espesor de la platea de cimentación que se obtuvo en el ítem “II.4.2.2.1.- Dimensionamiento De La Platea De Cimentación”:

FIGURA 25: COLUMNA DE SECCIÓN 0.25 m x 0.80 m ($f'_c=210$ kg/cm²)



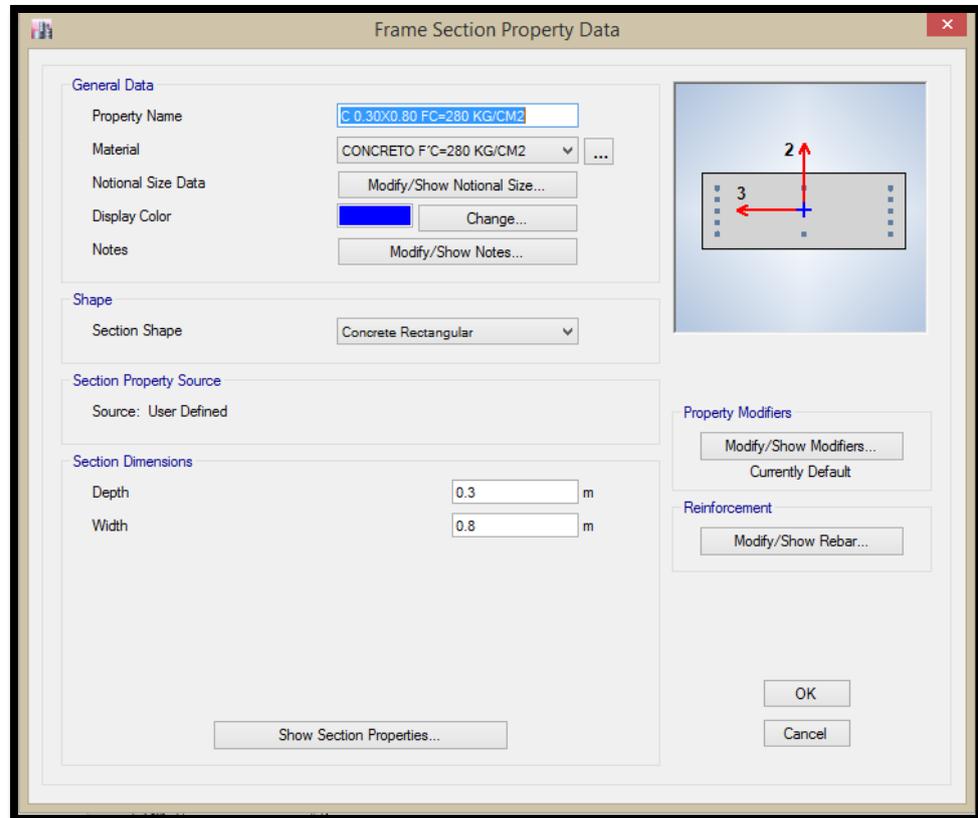
Fuente: Propio

FIGURA 26: COLUMNA DE SECCIÓN 0.30 m x 0.80 m ($f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$)



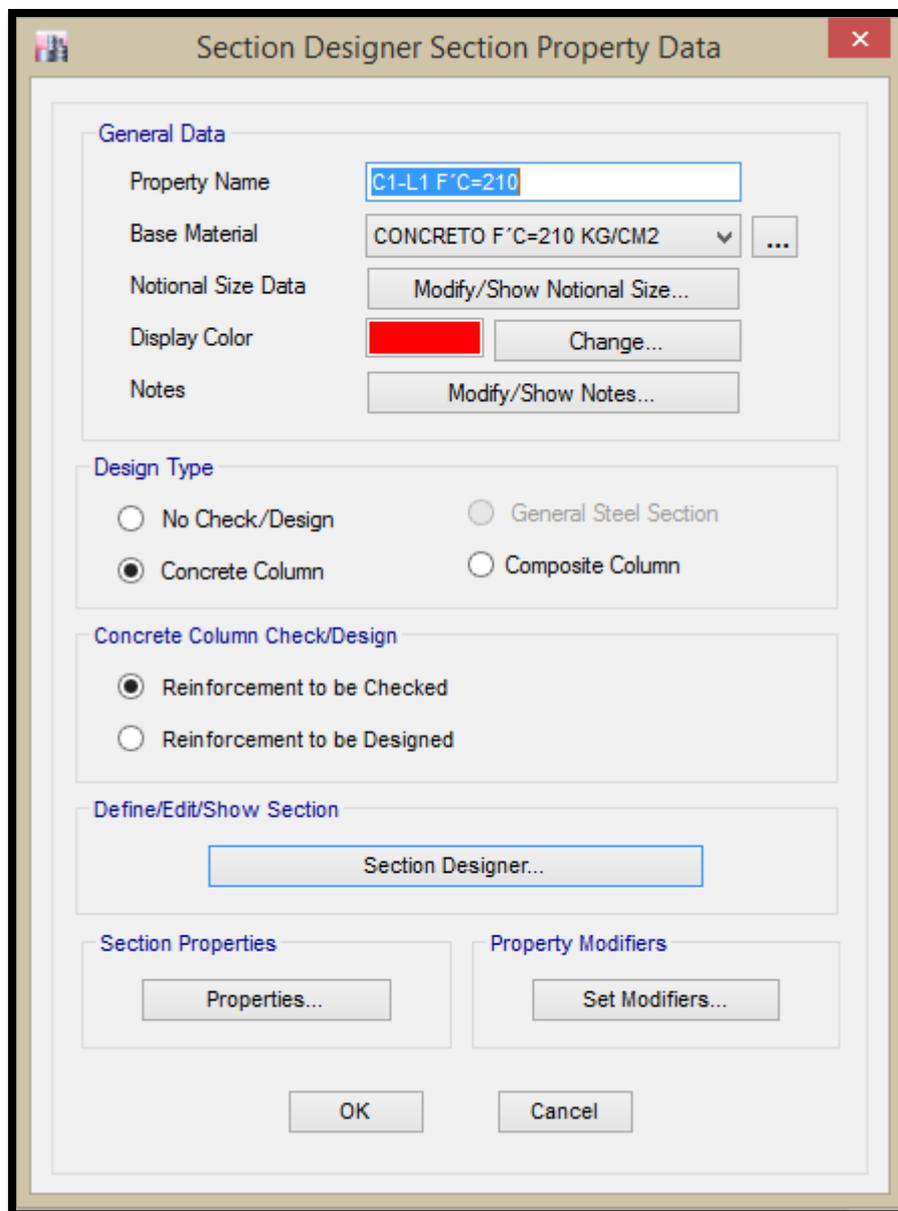
Fuente: Propio

FIGURA 27: COLUMNA DE SECCIÓN 0.30 m x 0.80 m ($f'_c=280$ kg/cm²)



Fuente: Propio

FIGURA 28: COLUMNA EN “L” CON ESPESOR = 0.25 m ($f'_c=210$ kg/cm²)



Fuente: Propio

FIGURA 29: COLUMNA EN “L” CON ESPESOR = 0.30 m ($f'_c=210$ kg/cm²)

The image shows a software dialog box titled "Section Designer Section Property Data". It is organized into several sections:

- General Data:** Includes a text field for "Property Name" containing "C1-L F'C=210", a dropdown for "Base Material" set to "CONCRETO F'C=210 KG/CM2", a button for "Notional Size Data" labeled "Modify/Show Notional Size...", a color selection for "Display Color" (magenta) with a "Change..." button, and a button for "Notes" labeled "Modify/Show Notes...".
- Design Type:** Features four radio buttons: "No Check/Design", "Concrete Column" (which is selected), "General Steel Section", and "Composite Column".
- Concrete Column Check/Design:** Contains two radio buttons: "Reinforcement to be Checked" (selected) and "Reinforcement to be Designed".
- Define/Edit/Show Section:** Has a single button labeled "Section Designer...".
- Section Properties:** Includes a button labeled "Properties...".
- Property Modifiers:** Includes a button labeled "Set Modifiers...".

At the bottom of the dialog are "OK" and "Cancel" buttons.

Fuente: Propio

FIGURA 30: COLUMNA EN “L” CON ESPESOR = 0.30 m ($f'_c=280$ kg/cm²)

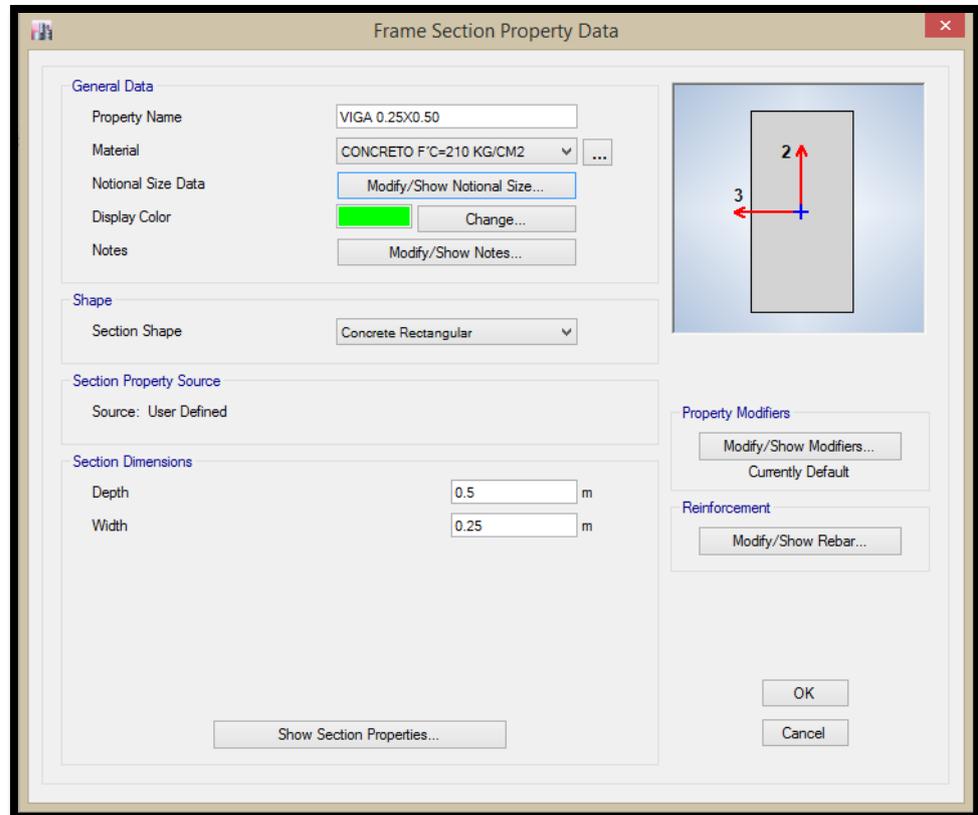
The image shows a software dialog box titled "Section Designer Section Property Data". It is organized into several sections:

- General Data:** Includes a text field for "Property Name" containing "C1-L F'C=280", a dropdown for "Base Material" set to "CONCRETO F'C=280 KG/CM2", a button for "Notional Size Data" labeled "Modify/Show Notional Size...", a color selection for "Display Color" (yellow) with a "Change..." button, and a button for "Notes" labeled "Modify/Show Notes...".
- Design Type:** Contains four radio button options: "No Check/Design", "Concrete Column" (which is selected), "General Steel Section", and "Composite Column".
- Concrete Column Check/Design:** Contains two radio button options: "Reinforcement to be Checked" (selected) and "Reinforcement to be Designed".
- Define/Edit/Show Section:** Contains a single button labeled "Section Designer...".
- Section Properties:** Contains a button labeled "Properties...".
- Property Modifiers:** Contains a button labeled "Set Modifiers...".

At the bottom of the dialog are "OK" and "Cancel" buttons.

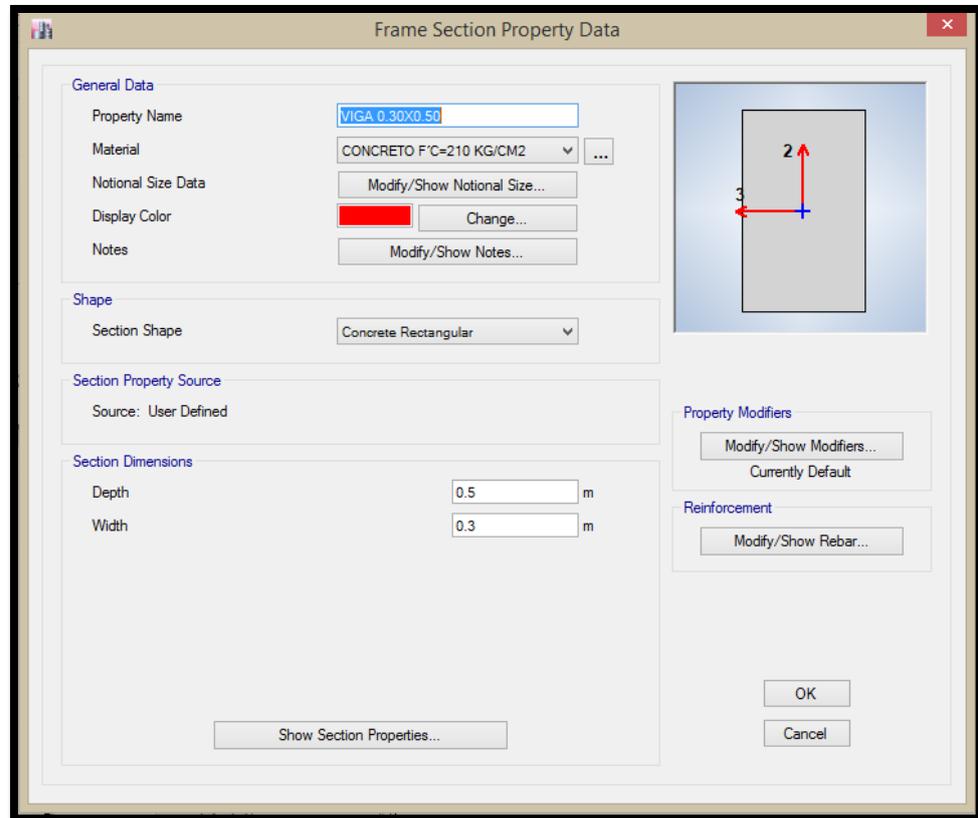
Fuente: Propio

FIGURA 31: VIGA PERALTADA DE SECCIÓN 0.25 m x 0.50 m ($f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$)



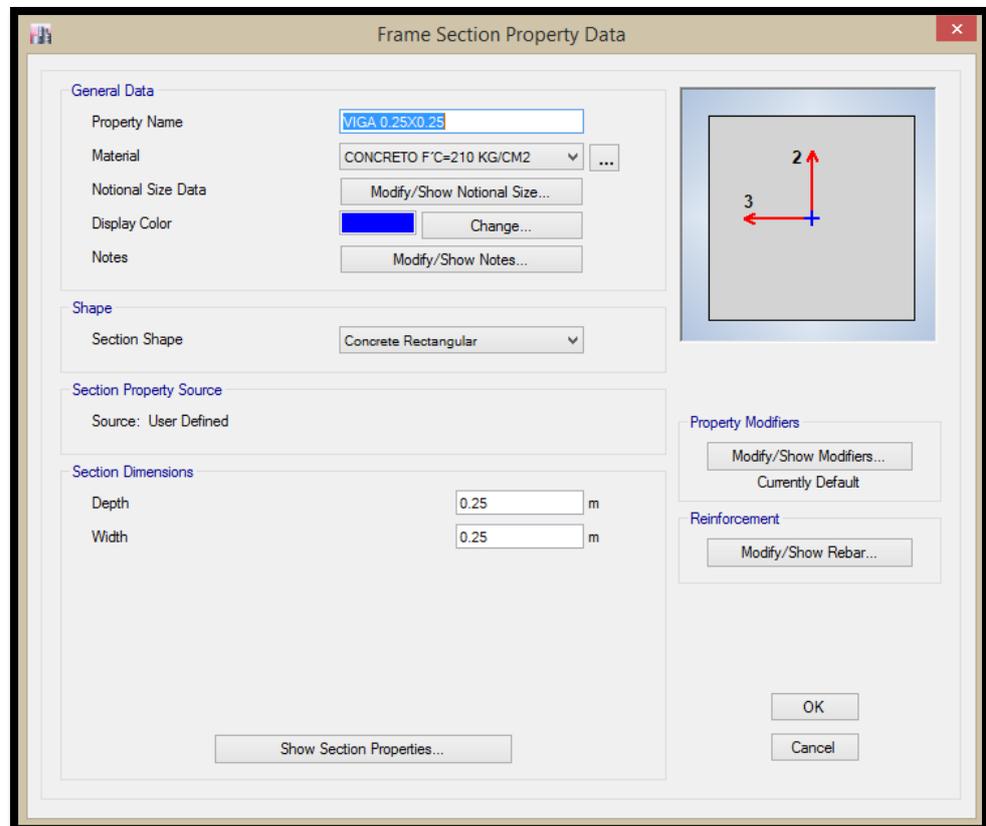
Fuente: Propio

FIGURA 32: VIGA PERALTADA DE SECCIÓN 0.30 m x 0.50 m ($f'c=210 \text{ kg/cm}^2$)



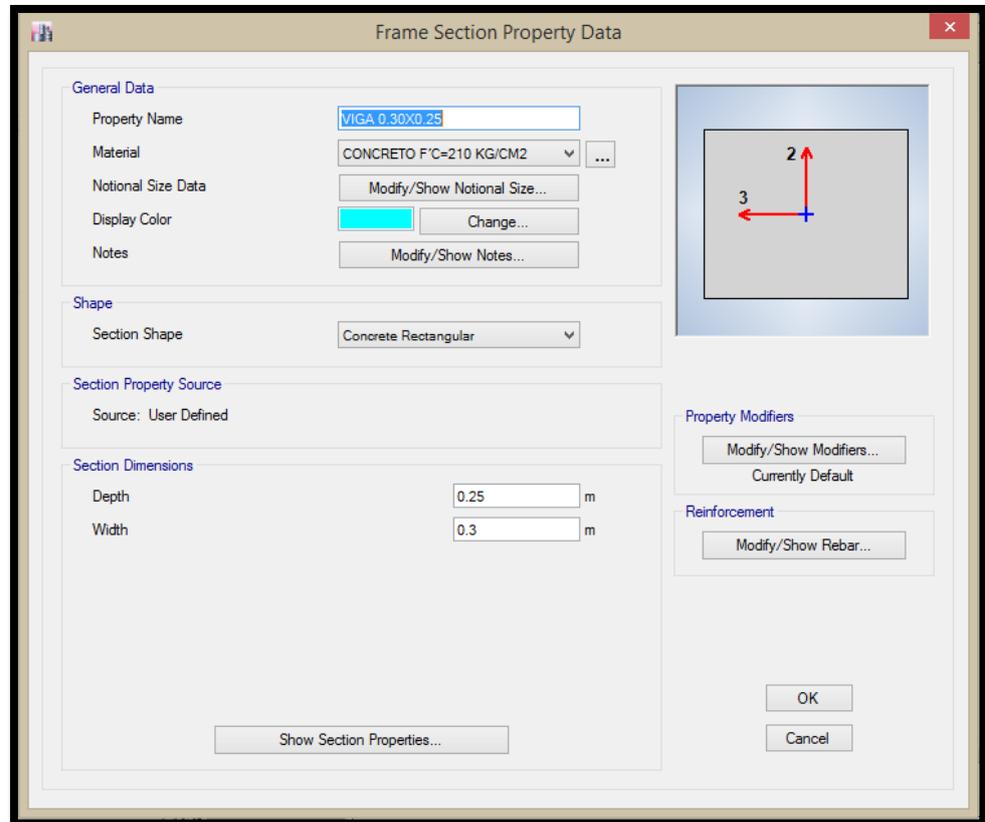
Fuente: Propio

FIGURA 33: VIGA CHATA DE SECCIÓN 0.25 m x 0.25 m ($f'_c=210$ kg/cm²)



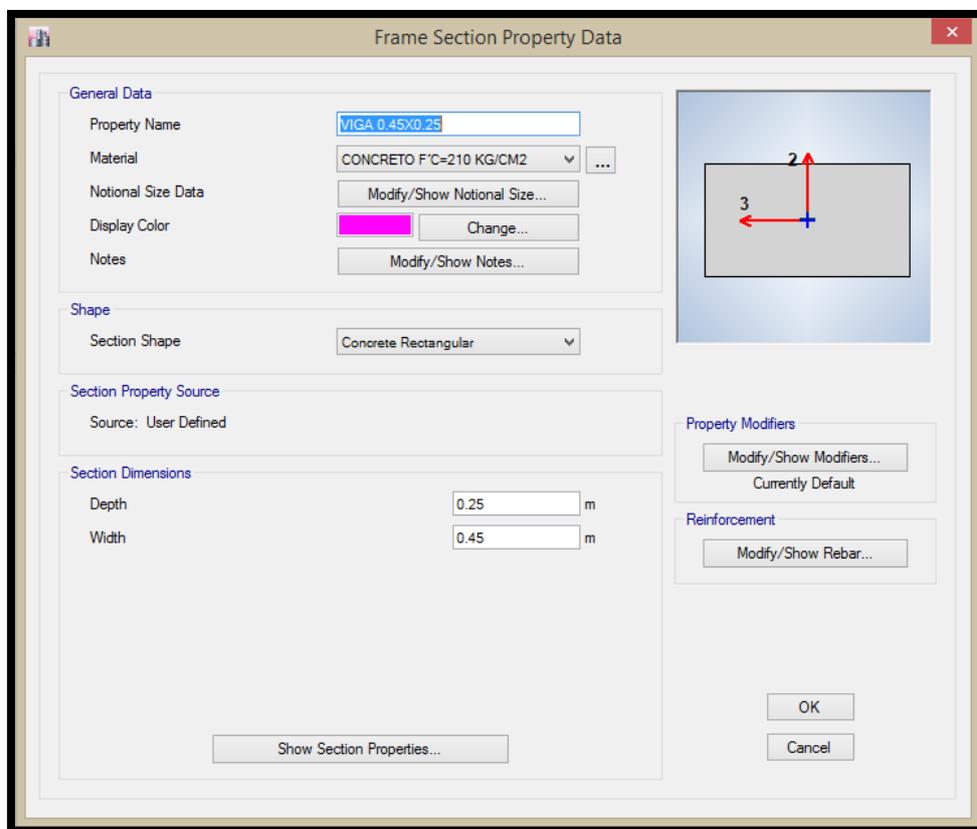
Fuente: Propio

FIGURA 34: VIGA CHATA DE SECCIÓN 0.30 m x 0.25 m ($f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$)



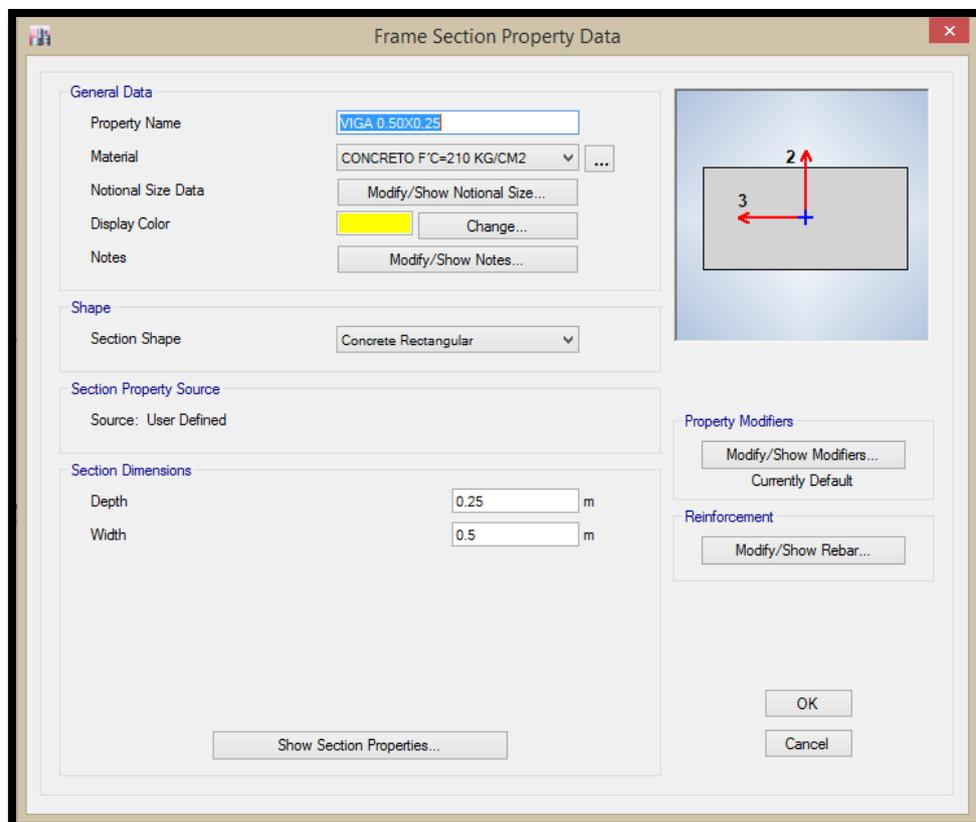
Fuente: Propio

FIGURA 35: VIGA CHATA DE SECCIÓN 0.45 m x 0.25 m ($f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$)



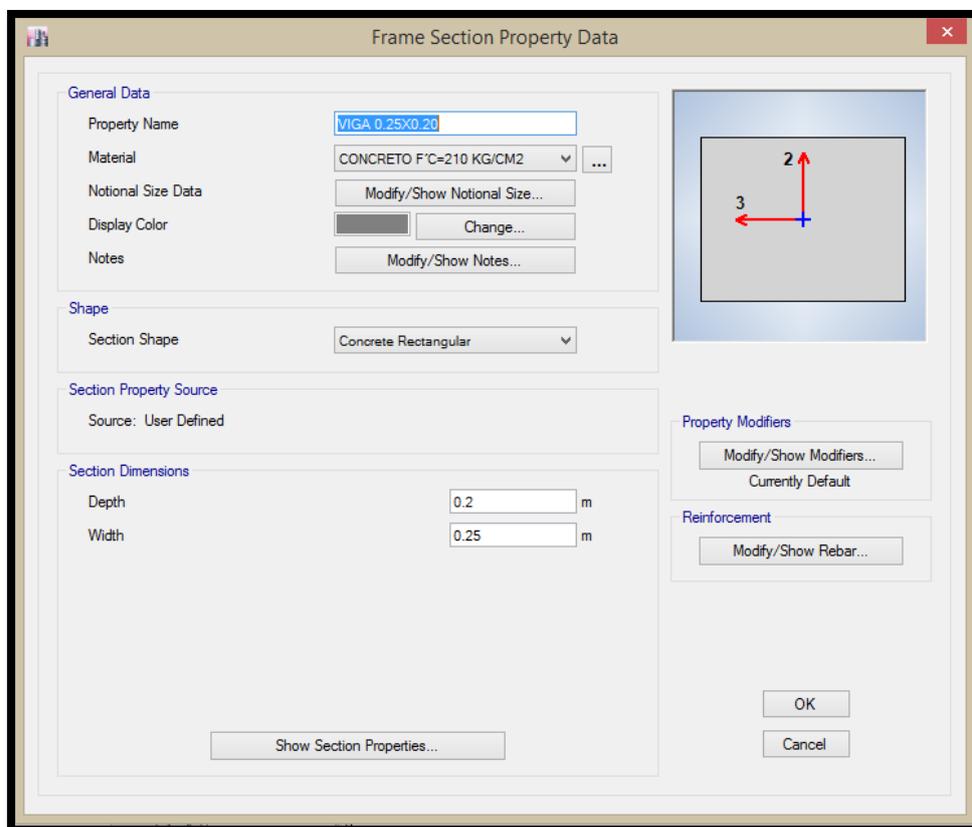
Fuente: Propio

FIGURA 36: VIGA CHATA DE SECCIÓN 0.50 m x 0.25 m ($f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$)



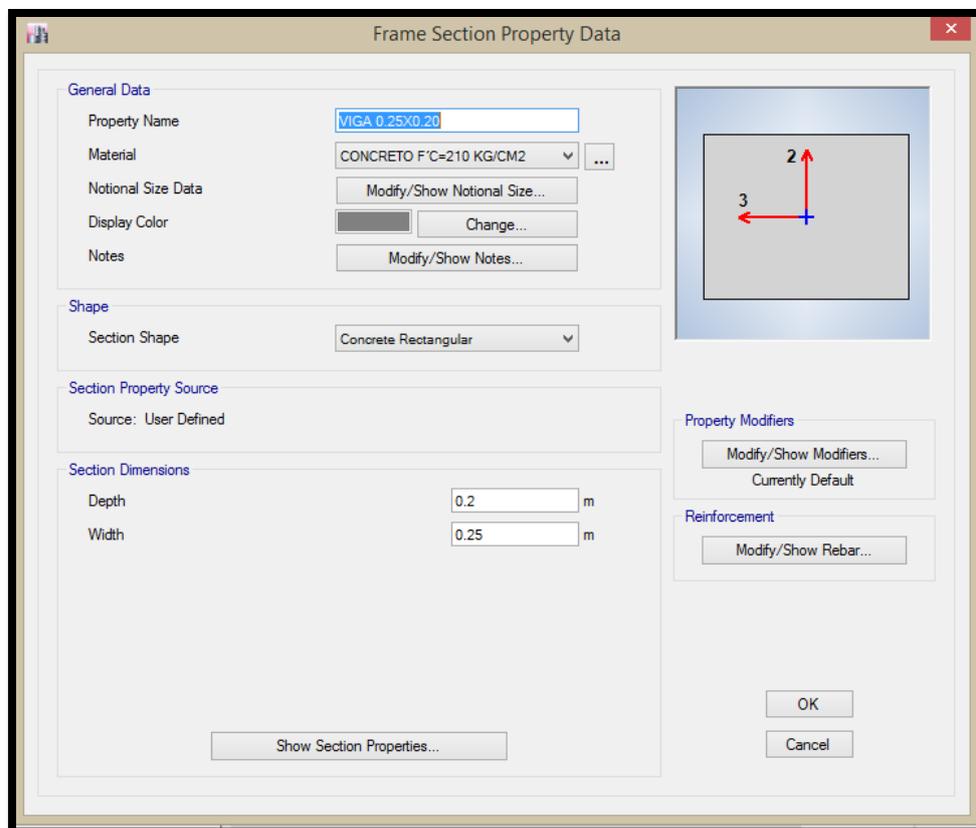
Fuente: Propio

FIGURA 37: VIGA CHATA DE SECCIÓN 0.25 m x 0.20 m ($f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$)



Fuente: Propio

FIGURA 38: VIGA CHATA DE SECCIÓN 0.25 m x 0.20 m ($f'_c=210$ kg/cm²)



Fuente: Propio

FIGURA 39: PLACA E = 0.20 m ($f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$)

Wall Property Data

General Data

Property Name: M20 C280

Property Type: Specified

Wall Material: CONCRETO F'C=280 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

Thickness: 0.2 m

OK Cancel

Fuente: Propio

FIGURA 40: PLACA E = 0.20 m ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

Wall Property Data

General Data

Property Name: M20 C210

Property Type: Specified

Wall 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: [Blue Swatch] Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Thickness: 0.2 m

OK Cancel

Fuente: Propio

FIGURA 41: PLACA E = 0.25 m ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

Wall Property Data

General Data

Property Name: M25 C210

Property Type: Specified

Wall 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: [Cyan Swatch] Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Thickness: 0.25 m

OK Cancel

Fuente: Propio

FIGURA 42: PLACA E = 0.30 m ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

Wall Property Data

General Data

Property Name: M30 C210

Property Type: Specified

Wall 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: [Red Swatch] Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Thickness: 0.3 m

OK Cancel

Fuente: Propio

FIGURA 43: PLACA E = 0.30 m ($f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$)

Wall Property Data

General Data

Property Name: M30 C280

Property Type: Specified

Wall Material: CONCRETO F'C=280 KG/CM2

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

Modeling Type: Shell-Thin

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

Display Color: [Pink Swatch] Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Thickness: 0.3 m

OK Cancel

Fuente: Propio

FIGURA 44: LOSA ALIGERADA E = 0.25 m ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

Slab Property Data

General Data

Property Name	ALIG 25 1D
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	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

Fuente: Propio

FIGURA 45: LOSA MACIZA E = 0.20 m ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

The image shows a software dialog box titled "Slab Property Data". It is organized into two main sections: "General Data" and "Property Data".

General Data:

- Property Name: MACIZA 20
- 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: A blue color swatch with a Change... button.
- Property Notes: Modify/Show...

Property Data:

- Type: Slab
- Thickness: 0.2 m

At the bottom of the dialog are "OK" and "Cancel" buttons.

Fuente: Propio

FIGURA 46: LOSA MACIZA E = 0.205 m ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

The image shows a software dialog box titled "Slab Property Data". It contains two main sections: "General Data" and "Property Data".

General Data:

- Property Name: MACIZA 20.5
- 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: A bright green color swatch with a Change... button.
- Property Notes: Modify/Show...

Property Data:

- Type: Slab
- Thickness: 0.205 m

At the bottom of the dialog are "OK" and "Cancel" buttons.

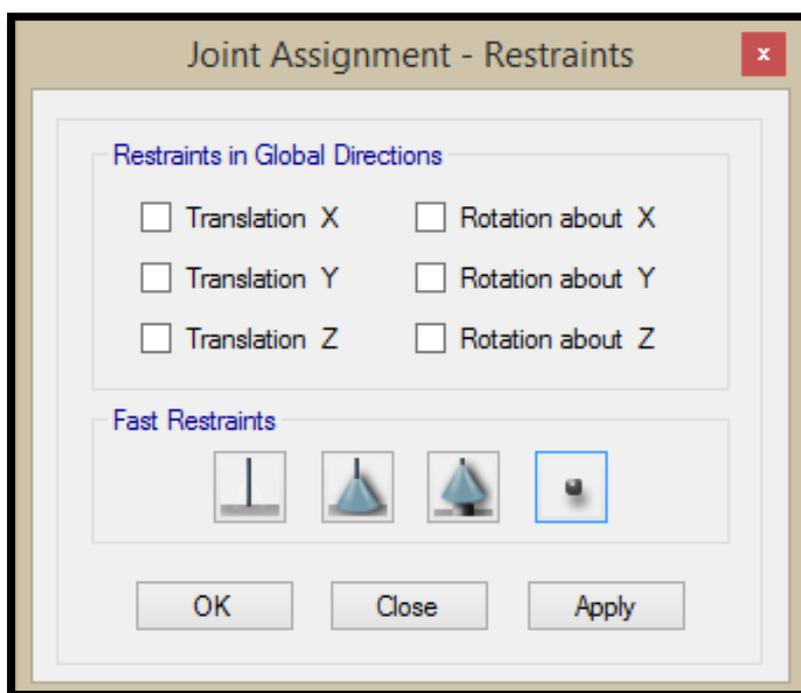
Fuente: Propio

Una vez definido las propiedades de los materiales y las secciones de las diferentes estructuras, estos se dibujaran de acuerdo al plano existente (TORRE 5) del expediente técnico en su ubicación correspondiente en las grillas referenciales que se crearon en el programa.

II.4.2.2.6.4 “CONDICIÓN RÍGIDA” PARA LA EDIFICACIÓN

Para el caso de cimentaciones rígidas (Modelamiento 1), el método Winkler – Pseudo Acoplado (interacción suelo – estructura) nos exige que modelemos la super-estructura en conjunto con la sub-estructura, para ello los puntos de apoyo en la base de la super-estructura se liberan en todas las seis restricciones como se muestra a continuación:

FIGURA 47: Liberación de Restricciones en los puntos de apoyo de la Super-Estructura en el Etabs V16



Fuente: Propio

Siguientemente, se definirá la sección de la platea de cimentación con las dimensiones definidas en el ítem II.4.2.1, por lo tanto se tiene:

FIGURA 48: PLATEA E = 0.57 m (“CONDICIÓN RÍGIDA”)

The image shows a software dialog box titled "Slab Property Data". It is organized into two main sections: "General Data" and "Property Data".

General Data:

- Property Name: PLATEA
- Slab Material: RIGIDO
- Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...
- Modeling Type: Shell-Thick
- Modifiers (Currently Default): Modify/Show...
- Display Color: [Cyan color swatch] Change...
- Property Notes: Modify/Show...

Property Data:

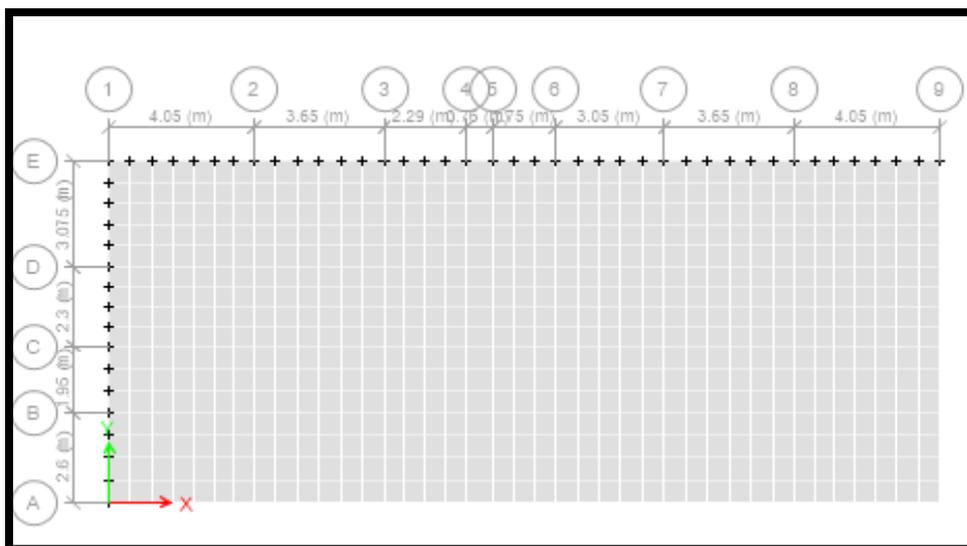
- Type: Slab
- Thickness: 0.5667 m

At the bottom of the dialog are "OK" and "Cancel" buttons.

Fuente: Propio

Así mismo para el modelado de la platea, éste se dibujara en la base de la estructura como elemento Shell (área), y se disgregara para un análisis por el método de elementos finitos (generándose nuevo nudos en la platea), de las cuales se restringe los nudos en la Dirección X-X que se encuentran ubicados entre los “Ejes A-E y el Eje 1”, así mismo seguidamente se restringe los nudos en la Dirección Y-Y que se encuentran ubicados entre los “Ejes 1-9 y el Eje E”, y por último se restringe tanto en la Dirección X-X y la Dirección Y-Y el unido ubicado entre el Eje 1-1 y el Eje E-E, por ende se tiene la siguiente figura:

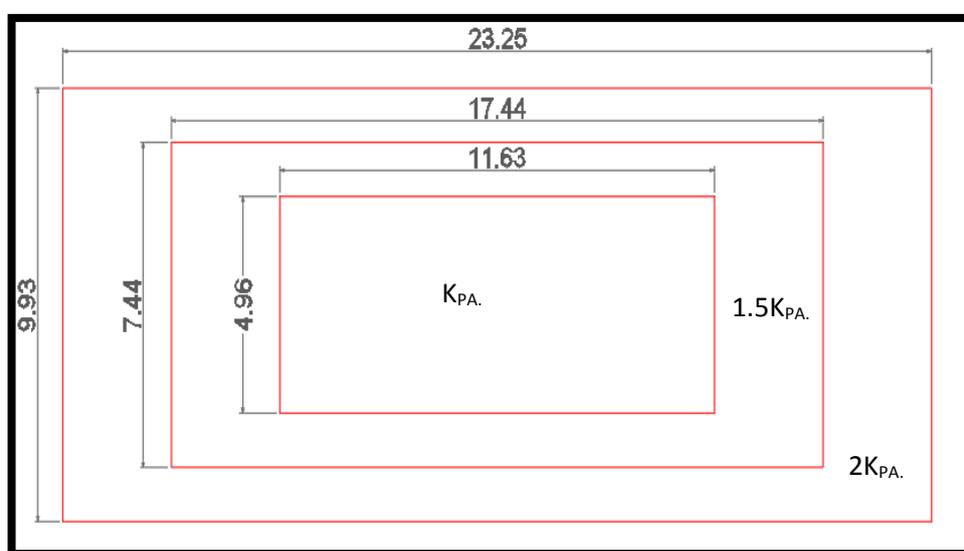
FIGURA 49: Disgregado del Elemento Shell (Platea) en Etabs V16 y Restricciones de los Nudos Generados.



Fuente: Propio

Por último, se aplica sobre las áreas disgregadas de la Platea el Coeficiente de Balasto considerando lo indicado por el Método Pseudo-Acoplado, del cual se tiene:

FIGURA 50: Variación del Módulo de Balasto en la Platea de Cimentación por el Modelo Pseudo Acoplado.



Fuente: Propio

A continuación, se presenta los datos procesados para la obtención del Coeficiente de Balasto, teniendo en cuenta las consideraciones plasmadas en el Marco Teórico y Conceptos Fundamentales de esta tesis:

TABLA 16: Calculo del Coeficiente de Balasto para el Método Pseudo-Acoplado

DATOS A INGRESAR				
qa (kg/cm ²)	F.S	b (m)	l (m)	ly (m ³)
2.100	3.000	9.925	23.250	10394.848
lx (m ³)	J (m ³)			
1894.232	12289.080			

CALCULOS ESTÁTICOS	
Es (ton/m ²)=	2548.226
qu (kg/cm ²)=	6.300

K Balasto Estático	
N=	50
K30(Tn/m ³)=	74942.897
Kc(Tn/m ³)=	2265.276
Kret.(Tn/m ³)=	1832.519

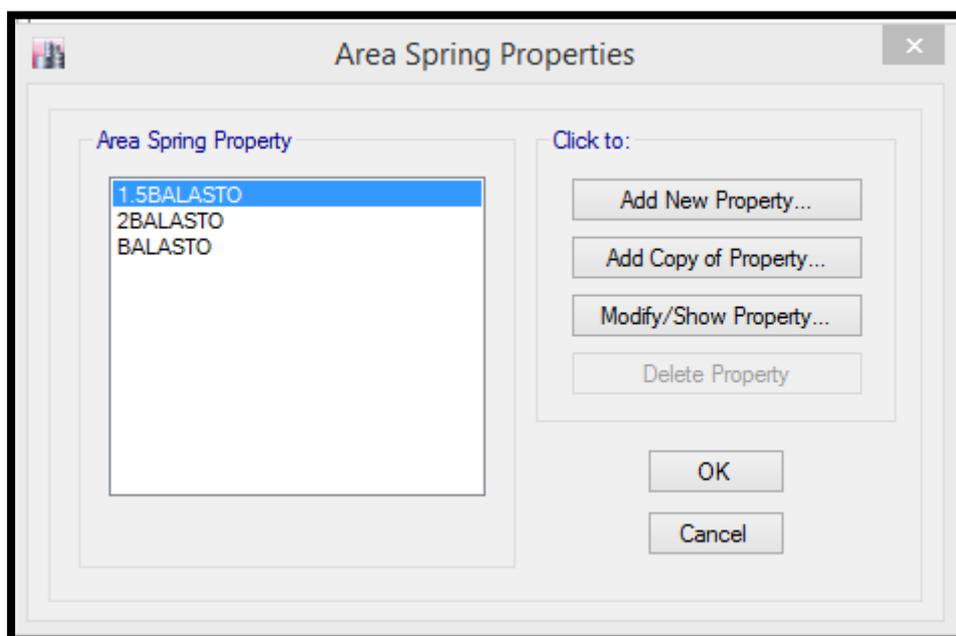
CALCULOS DINÁMICOS	
Ed (ton/m ²)=	58853.344

K Balasto Dinámico	
Kc(Tn/m ³)=	7115.770
Kret.(Tn/m ³)=	10976.265

METODO PSEUDO-ACOPLADO	
1.0 Kpa(Ton/m ³):	7749.243
1.5 Kpa(Ton/m ³):	11525.079
2.0 Kpa(Ton/m ³):	15498.487

Por último, se ingresan estos datos dependiendo del caso analizado en “Spring Properties” – “Áreas Springs”, como se aprecia en la siguiente figura:

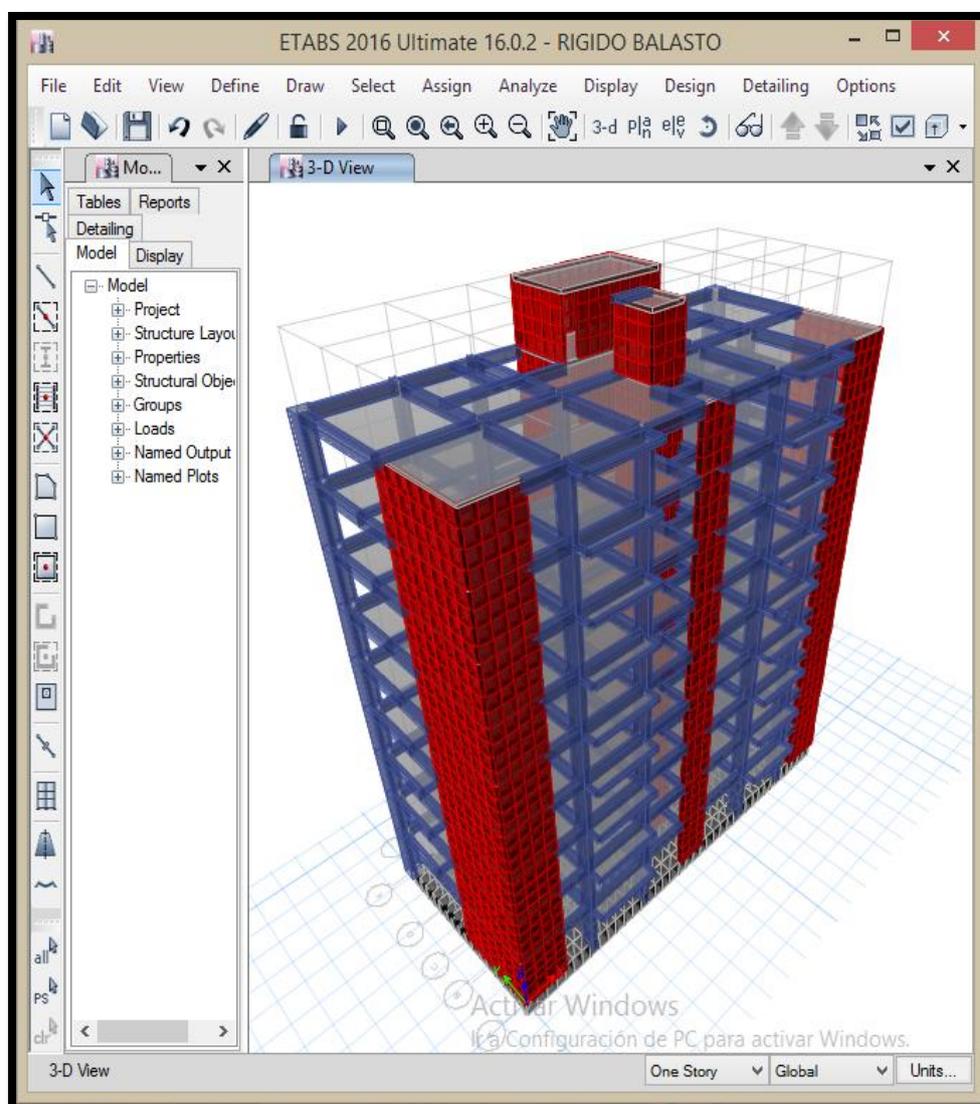
FIGURA 51: Asignación de “Springs” (Resortes) en los Áreas generadas por la disgregación de la Platea de Cimentación en el programa Etabs V16.



Fuente: Propio

Obteniéndose así el Modelado Final:

FIGURA 52: Modelado Final para la Condición Rígida– Etabs V16



II.4.2.2.6.5 “CONDICIÓN FLEXIBLE E INTERMEDIA” PARA LA EDIFICACIÓN

Para el caso de cimentaciones flexibles e intermedias, será de igual manera que para la Condición Rígida, con la diferencia que la Placa de Cimentación ya no será de material Rígido, sino de material Flexible o Intermedio respectivamente, esta se hará a través de la definición del material en Etabs.V16, así mismo la otra diferencia se obtendrá al considerar diferentes espesores para la placa que se obtuvieron para

los diferentes criterios (“Teoría de la Viga Flotante” y de “ Interacción con un Medio Elástico”).

II.4.2.3.- ANÁLISIS SÍSMICO

Para el diseño de la estructura no solo son necesarias las condiciones de gravedad, sino también se debe tener en cuenta las solicitaciones sísmicas, las cuales producen cargas laterales en la estructura. Para calcular la magnitud de estas cargas y los desplazamientos que producen, se realiza un análisis sísmico siguiendo los lineamientos de la Norma Peruana de Diseño Sismo resistente.

El tipo de sistema estructural usado es el Sistema con Muros Estructurales en ambas direcciones de análisis.

De acuerdo con la norma, esta estructura califica como regular ya que cumple con los requisitos de regularidad en altura y en planta.

II.4.2.3.1.- CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS DEL MODELO

En el modelo se toma en cuenta los brazos rígidos al 100%, entre elementos estructurales lineales (columnas y vigas) y/o áreas (placas).

Los techos (losas macizas y losas aligeradas) se consideran como diafragmas rígidos con tres grados de libertad por piso, dos componentes ortogonales de traslación horizontal y una de rotación.

El peso utilizado para el análisis según la norma es de 100% de la carga muerta más el 25% de la carga viva (edificación de Categoría C – Edificaciones Comunes) en los

pisos típicos incluido la azotea ya que coincide el porcentaje de tomar en cuenta de la carga viva. La masa se considera concentrada a nivel del centro de masa del diafragma.

Los desplazamientos laterales inelásticos se calcularon con el análisis dinámico, al multiplicar 0.75 el factor de reducción de fuerza sísmica a los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.

II.4.2.3.2.- PARAMETROS Y REQUISITOS GENERALES DEL ANÁLISIS SÍSMICO

Para cuantificar la carga sísmica, la norma E.030 se basa en parámetros específicos de la estructura en estudio. A continuación, se identifican dichos parámetros (CAPITULO II - NORMA E.030) y sus valores para realizar el análisis.

ZONIFICACIÓN (Z)

Según el Artículo 2.1 (CAPITULO II – NORMA E.030) nos dice: “El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica.

A cada zona se asigna un factor Z, este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.”

Según Anexo N°05 – E0.30.

TABLA 17: Zonificación Sísmica

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
HUÁNUCO	HUÁNUCO	HUÁNUCO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		AMARILIS		
		CHINCHAO		
		CHURUMBAMBA		
		MARGOS		
		PILLCO MARCA		
		QUISQUI		
		SAN FRANCISCO DE CAYRÁN		
		SAN PEDRO DE CHAULÁN		
		SANTA MARÍA DEL VALLE		
		YARUMAYO		
		YACUS		
	HUACAYBAMBA	HUACAYBAMBA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CANCHABAMBA		
		COCHABAMBA		
PINRA				

Fuente: Norma E030 del Reglamento Nacional de Edificaciones 2016

Entonces, el factor zona para este caso es $Z=0.25$.

CONDICIONES GEOTECNICAS

Según el Artículo 2.3 (CAPITULO II – NORMA 0.030) nos dice: “Los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de

corde, o alternativamente, para suelo granulares, el promedio ponderado de los \tilde{N}_{60} obtenidos mediante un ensayo de penetración estándar, o el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada para suelo cohesivos. Los tipos de perfiles son 5.”

De acuerdo con el caso particular que tomaremos para esta investigación, hacemos referencia específicamente a suelo intermedios en los que se ubicara la cimentación de nuestro edificio en análisis. Entonces los parámetros de sitio (S , T_p y T_L) según las siguientes:

TABLA 18: Calculo del Factor Suelo “S” y Períodos “ T_p ” y “ T_L ”

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO “S”				
SUELO ZONA	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z_3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z_2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z_1	0,80	1,00	1,80	2,00

Tabla N° 4 PERÍODOS “ T_p ” Y “ T_L ”				
	Perfil de suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
T_p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Norma E030 del Reglamento Nacional de Edificaciones 2016

Por lo tanto, serán:

$$S=1.2, T_p = 0.6, T_L = 2$$

CATEGORÍA Y USO DE LA EDIFICACIÓN

Según el Artículo 3.1 (CAPITULO II – NORMA 0.030) nos dice: “Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla N°5. El factor de uso o importancia (U), definido se usará según la clasificación que se haga.”

TABLA 19: Categoría de las Edificaciones y Factor “U”

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR “U”		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Fuente: Norma E030 del Reglamento Nacional de Edificaciones 2016

Por lo tanto, será: U= 1

COEFICIENTE BÁSICO DE REDUCCIÓN DE LAS FUERZAS SISMICAS (R_0)

Según el Artículo 3.4 (CAPITULO II – NORMA 0.030) nos dice: “Los sistemas estructurales se clasificarán según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis”, tal como se indica en la siguiente tabla:

TABLA 20: Calculo del Coeficiente Básico de Reducción Sísmico

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R_0 (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8 6
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	8
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Fuente: Norma E030 del Reglamento Nacional de Edificaciones 2016

Por lo tanto, será: $R_0 = 6$

REGULARIDAD ESTRUCTURAL

Según el Artículo 3.5 (CAPITULO II – NORMA 0.030) nos dice: “**Estructuras Regulares** son las que, en su configuración resistente a cargas laterales, no presentan las irregularidades indicadas tanto en planta como en elevación”

Entonces de acuerdo a la definición y verificación nuestra estructura es regular, por lo tanto: $la = 1$, $lp=1$.

II.4.2.3.3.- EXCENTRICIDAD ACCIDENTAL

Este valor es normalmente considerado un porcentaje de la máxima dimensión en planta de cada lado de la edificación. Este valor se da debido a la existencia de factores que no son tomados en cuenta a la hora del análisis tales como las torsiones generadas por la rotación del terreno o a la diferencia en la llegada de las ondas sísmicas a los apoyos de las edificaciones, también se le puede atribuir parte de la responsabilidad a las diferencias entre las propiedades de los elementos usados para el cálculo y a las propiedades reales. Como se mencionó en un inicio, se suele usar un porcentaje de la dimensión máxima por cada lado de la edificación, normalmente del 5%, de tal forma que se usan las siguientes expresiones:

$$e_x = 0.05 * L_x$$

$$e_y = 0.05 * L_y$$

Entonces aplicando las anteriores expresiones, para este caso particular las excentricidades serán:

TABLA 21: Cálculo de Excentricidades

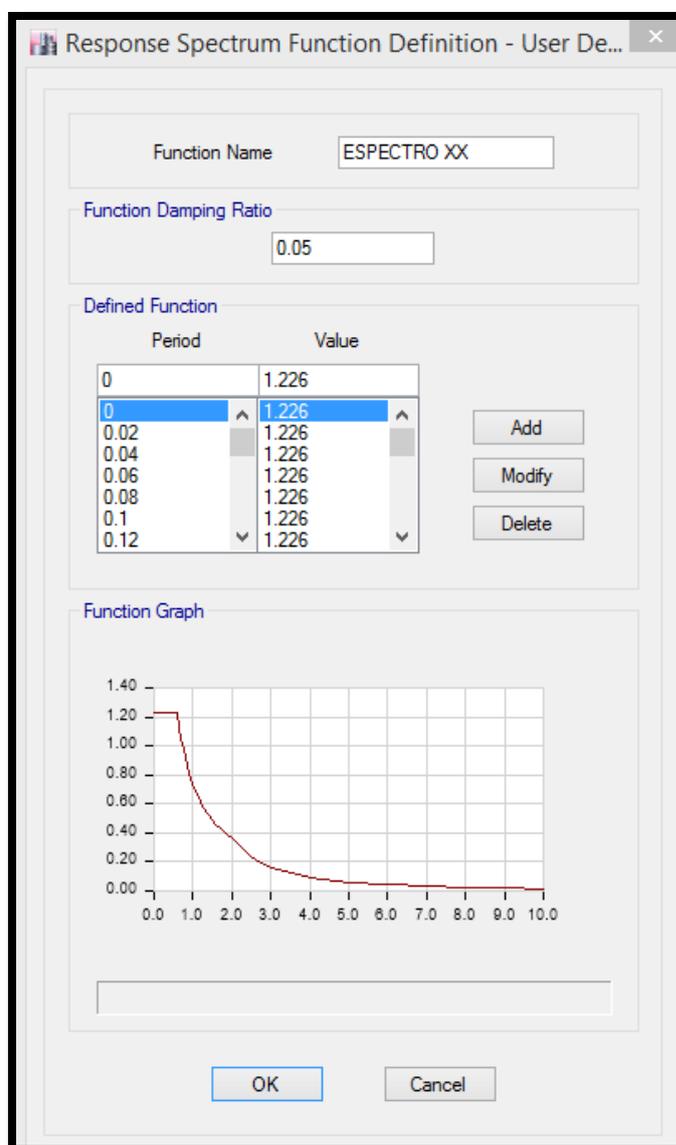
ex=	1.16 m
ey=	0.50 m

Fuente: Propia

II.4.2.3.4.- DEFINICIÓN DEL ESPECTRO DE DISEÑO

En la figura 44 Se muestra el espectro de diseño correspondiente a las direcciones de análisis X y Y, así mismo un amortiguamiento del 5% para el concreto armado (según Norma E030 – ítem 4.6.3 – “el amortiguamiento se puede suponer constante para todos los modos igual a 0.05”).

FIGURA 53: Espectro de Diseño para las direcciones principales X y Y.



Fuente: Propio

Adicionalmente se adjunta una plantilla en MICROSOFT EXCEL con respecto al espectro de diseño (cálculo de Pseudo – Aceleraciones), en donde dichos valores de “Periodo y Aceleración” fueron exportados al ETABS V.16 (Ver Anexo N°04).

II.4.2.3.5.- CALCULO DE CORTANTE ESTÁTICO EN LA BASE

La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determinará por la siguiente expresión:

$$V = \frac{ZUCS}{R} * P \dots\dots \text{(FUENTE: NORMA E030 – 4.5.2)}$$

CALCULO DEL FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA (C)

Se define por las siguientes expresiones: (FUENTE: NORMA E030 – 2.5)

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \frac{T_p}{T}$$

$$T > T_p \quad C = 2.5 * \frac{T_p * T_L}{T^2}$$

De acuerdo a la norma E-030 (4.5.4), calculamos el periodo fundamental a través de la

ecuación siguiente: $T = \frac{h_n}{C_T}$

Dónde:

h_n = altura total de la edificación en metros = 27.95 m

$C_T = 60\dots$ ” Para edificios de albañilería y **para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales**, y muros de ductilidad limitada”.

Reemplazando en la fórmula:

$$T = \frac{h_n}{C_T} = \frac{27.95}{60} = 0.466 \text{ seg.}$$

Entonces: $T = 0.466 \text{ seg.} < T_p = 0.6 \text{ seg.}$

Por lo tanto, el valor de $C_x = C_y = 2.5$

Asimismo, verificamos si se cumple el valor mínimo de la relación de C/R para ambas direcciones de análisis:

$$\frac{C}{R} = \frac{2.5}{6} = 0.4167 \geq 0.125 \dots \text{Si cumple!}$$

Determinamos el valor de:

$$\frac{ZUCS}{R} = \frac{0.25 * 1 * 2.5 * 1.2}{6} = 0.125$$

Ahora calculamos el valor del factor exponencial de distribución k , el cual depende del período fundamenta (T), el cual está definido por las siguientes condiciones:

$$k = 1 \quad , \text{Si } T \leq 0.50 \text{ seg.}$$

$$k = 0.75 + 0.5T \leq 2.0 \quad , \text{Si } T > 0.50 \text{ seg.}$$

Para ambas direcciones de análisis (X y Y), el período fundamental (T), es menor que 0.5 segundos, por lo tanto:

$$k_x = k_y = 1.0$$

En el programa, este dato se ingresa en la ventada “Define Load Patterns” (figura 48), ingresando el valor de 0.0208 en “Base Shear Coefficient, C ”, como se muestra en la siguiente figura:

FIGURA 54: Definición del Patron de Carga Sísmica Estática

Fuente: Propia

Calculando el peso sísmico total efectivo, en el programa, se visualiza mediante la Tabla “Auto Seismic – User Coefficient”:

FIGURA 55: Tabla que nos da el Cortante en la Base

Direction	Eccentricity %	Ecc. Overriden	Top Story	Bottom Story	C	K	Weight Used tonf	Base Shear tonf
X		<input type="checkbox"/>	Story10	Base	0.125	1	1631.6653	203.9582
X + Ecc. Y	5	<input type="checkbox"/>	Story10	Base	0.125	1	1631.6653	203.9582
X - Ecc. Y	5	<input type="checkbox"/>	Story10	Base	0.125	1	1631.6653	203.9582
Y		<input type="checkbox"/>	Story10	Base	0.125	1	1631.6653	203.9582
Y + Ecc. X	5	<input type="checkbox"/>	Story10	Base	0.125	1	1631.6653	203.9582
Y - Ecc. X	5	<input type="checkbox"/>	Story10	Base	0.125	1	1631.6653	203.9582

Fuente: Propia

Usando la expresión indicada al inicio de este apartado, el cortante en la base estática será:

$$V = \frac{ZUCS}{R} * P = 0.125 * 1631.665 = 203.958 \text{ Tn}$$

II.4.2.3.6.- CÁLCULO Y VERIFICACIÓN DEL CORTANTE DINÁMICO EN LA BASE

CONDICIÓN RÍGIDA: “CASO I” – TEORÍA DE LA VIGA FLOTANTE

Se tiene el siguiente Cortante Dinámico “ $V_{\text{DINÁMICO}}$ ”:

Dirección X-X:

$V_{\text{DINÁMICO}} = 149.237 \text{ TON}$ (73.17 % del $V_{\text{ESTÁTICO}}$) según norma se debe alcanzar para el caso de estructuras regulares el 80% del $V_{\text{ESTÁTICO}}$, por ello el factor de escalamiento es: $F_{x-x} = 1.093$

Dirección Y-Y:

$V_{\text{DINÁMICO}} = 152.7226 \text{ TON}$ (74.88 % del $V_{\text{ESTÁTICO}}$) según norma se debe alcanzar para el caso de estructuras regulares el 80% del $V_{\text{ESTÁTICO}}$, por ello el factor de escalamiento es: $F_{y-y} = 1.068$

CONDICIÓN RÍGIDA: “CASO II” – INTERACCIÓN CON UN MEDIO ELÁSTICO

Se tiene el siguiente Cortante Dinámico “ $V_{\text{DINÁMICO}}$ ”:

Dirección X-X:

$V_{\text{DINÁMICO}} = 149.6197 \text{ TON}$ (73.36 % del $V_{\text{ESTÁTICO}}$) según norma se debe alcanzar para el caso de estructuras regulares el 80% del $V_{\text{ESTÁTICO}}$, por ello el factor de escalamiento es: $F_{x-x} = 1.091$

Dirección Y-Y:

$V_{\text{DINÁMICO}} = 152.9387 \text{ TON}$ (74.99 % del $V_{\text{ESTÁTICO}}$) según norma se debe alcanzar para el caso de estructuras regulares el 80% del $V_{\text{ESTÁTICO}}$, por ello el factor de escalamiento es: $F_{y-y} = 1.067$

CONDICIÓN FLEXIBLE: “CASO I” – TEORÍA DE LA VIGA FLOTANTE

Se tiene el siguiente Cortante Dinámico “ $V_{\text{DINÁMICO}}$ ”:

Dirección X-X:

$V_{\text{DINÁMICO}} = 132.5414 \text{ TON}$ (64.98 % del $V_{\text{ESTÁTICO}}$) según norma se debe alcanzar para el caso de estructuras regulares el 80% del $V_{\text{ESTÁTICO}}$, por ello el factor de escalamiento es: $F_{x-x} = 1.231$

Dirección Y-Y:

$V_{\text{DINÁMICO}} = 103.8944 \text{ TON}$ (50.94 % del $V_{\text{ESTÁTICO}}$) según norma se debe alcanzar para el caso de estructuras regulares el 80% del $V_{\text{ESTÁTICO}}$, por ello el factor de escalamiento es: $F_{y-y} = 1.571$

CONDICIÓN FLEXIBLE: “CASO II” – INTERACCIÓN CON UN MEDIO ELÁSTICO

Se tiene el siguiente Cortante Dinámico “ $V_{\text{DINÁMICO}}$ ”:

Dirección X-X:

$V_{\text{DINÁMICO}} = 132.6257 \text{ TON}$ (65.03 % del $V_{\text{ESTÁTICO}}$) según norma se debe alcanzar para el caso de estructuras regulares el 80% del $V_{\text{ESTÁTICO}}$, por ello el factor de escalamiento es: $F_{x-x} = 1.230$

Dirección Y-Y:

$V_{\text{DINÁMICO}} = 103.8979 \text{ TON}$ (50.94 % del $V_{\text{ESTÁTICO}}$) según norma se debe alcanzar para el caso de estructuras regulares el 80% del $V_{\text{ESTÁTICO}}$, por ello el factor de escalamiento es: $F_{y-y} = 1.570$

CONDICIÓN INTERMEDIO: “CASO I” – TEORÍA DE LA VIGA FLOTANTE

Se tiene el siguiente Cortante Dinámico “ $V_{\text{DINÁMICO}}$ ”:

Dirección X-X:

$V_{\text{DINÁMICO}} = 161.2774 \text{ TON}$ (79.07 % del $V_{\text{ESTÁTICO}}$) según norma se debe alcanzar para el caso de estructuras regulares el 80% del $V_{\text{ESTÁTICO}}$, por ello el factor de escalamiento es: $F_{x-x} = 1.012$

Dirección Y-Y:

$V_{\text{DINÁMICO}} = 150.9152 \text{ TON}$ (73.99 % del $V_{\text{ESTÁTICO}}$) según norma se debe alcanzar para el caso de estructuras regulares el 80% del $V_{\text{ESTÁTICO}}$, por ello el factor de escalamiento es: $F_{y-y} = 1.081$

CONDICIÓN FLEXIBLE: “CASO II” – INTERACCIÓN CON UN MEDIO ELÁSTICO

Se tiene el siguiente Cortante Dinámico “ $V_{\text{DINÁMICO}}$ ”:

Dirección X-X:

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE UNA EDIFICACIÓN CONSIDERANDO SU CIMENTACIÓN RÍGIDA Y FLEXIBLE PARA UN SUELO DE CAPACIDAD PORTANTE INTERMEDIA”

$V_{DINÁMICO} = 161.5104 \text{ TON}$ (79.19 % del $V_{ESTÁTICO}$) según norma se debe alcanzar para el caso de estructuras regulares el 80% del $V_{ESTÁTICO}$, por ello el factor de escalamiento es: $F_{x-x} = 1.010$

Dirección Y-Y:

$V_{DINÁMICO} = 148.1237 \text{ TON}$ (72.62 % del $V_{ESTÁTICO}$) según norma se debe alcanzar para el caso de estructuras regulares el 80% del $V_{ESTÁTICO}$, por ello el factor de escalamiento es: $F_{y-y} = 1.102$

II.4.2.3.6.- VERIFICACIÓN DE LA MASA PARTICIPATIVA

CONDICIÓN RÍGIDA: “CASO I” – TEORÍA DE LA VIGA FLOTANTE

FIGURA 56: Masa Participativa en el Análisis Modal

	Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
▶	Modal	1	0.48	4.044E-05	0.7263	0	4.044E-05	0.7263
	Modal	2	0.402	0.7051	4.04E-05	0	0.7052	0.7263
	Modal	3	0.281	0.0042	0.0022	0	0.7094	0.7285
	Modal	4	0.107	0.0061	0.1633	0	0.7156	0.8918
	Modal	5	0.101	0.1762	0.007	0	0.8918	0.8987
	Modal	6	0.073	0.0003	0.0005	0	0.8921	0.8993
	Modal	7	0.051	0.011	0.0409	0	0.9031	0.9402
	Modal	8	0.049	0.0322	0.0129	0	0.9352	0.9531
	Modal	9	0.043	0.0182	0.0001	0	0.9534	0.9532
	Modal	10	0.035	0.0001	2.292E-05	0	0.9536	0.9532
	Modal	11	0.032	0.0014	0.022	0	0.9549	0.9753
	Modal	12	0.03	0.0233	0.0013	0	0.9783	0.9765

Fuente: Propia

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE UNA EDIFICACIÓN CONSIDERANDO SU CIMENTACIÓN RÍGIDA Y FLEXIBLE PARA UN SUELO DE CAPACIDAD PORTANTE INTERMEDIA”

CONDICIÓN RÍGIDA: “CASO II” – INTERACCIÓN CON UN MEDIO ELÁSTICO

FIGURA 57: Masa Participativa en el Análisis Modal

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0.483	0.0001	0.7275	0	0.0001	0.7275
Modal	2	0.407	0.7077	0.0001	0	0.7078	0.7276
Modal	3	0.287	0.0052	0.0023	0	0.713	0.7298
Modal	4	0.108	0.0061	0.1627	0	0.7191	0.8925
Modal	5	0.102	0.1744	0.0069	0	0.8935	0.8995
Modal	6	0.074	0.0004	0.0006	0	0.8939	0.9
Modal	7	0.051	0.0111	0.0403	0	0.905	0.9403
Modal	8	0.049	0.0317	0.0131	0	0.9367	0.9534
Modal	9	0.043	0.0175	0.0001	0	0.9542	0.9536
Modal	10	0.035	0.0001	1.739E-05	0	0.9543	0.9536
Modal	11	0.032	0.0014	0.0219	0	0.9557	0.9754
Modal	12	0.03	0.0229	0.0013	0	0.9786	0.9767

Fuente: Propia

CONDICIÓN FLEXIBLE: “CASO I” – TEORÍA DE LA VIGA FLOTANTE

FIGURA 58: Masa Participativa en el Análisis Modal

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0.98	0.0012	0.7975	0	0.0012	0.7975
Modal	2	0.752	0.7944	0.0013	0	0.7956	0.7988
Modal	3	0.475	0.0071	0.0004	0	0.8027	0.7993
Modal	4	0.129	0.0034	0.1361	0	0.8061	0.9354
Modal	5	0.121	0.1327	0.0035	0	0.9388	0.9389
Modal	6	0.086	0.0008	0.0008	0	0.9396	0.9397
Modal	7	0.055	0.0072	0.0252	0	0.9468	0.965
Modal	8	0.052	0.0231	0.0082	0	0.9698	0.9732
Modal	9	0.044	0.0053	1.922E-05	0	0.9751	0.9732
Modal	10	0.037	2.903E-05	0	0	0.9752	0.9732
Modal	11	0.033	0.0009	0.0129	0	0.9761	0.9861
Modal	12	0.031	0.0127	0.0011	0	0.9888	0.9872

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE UNA EDIFICACIÓN CONSIDERANDO SU CIMENTACIÓN RÍGIDA Y FLEXIBLE PARA UN SUELO DE CAPACIDAD PORTANTE INTERMEDIA”

Fuente: Propia

CONDICIÓN FLEXIBLE: “CASO II” – INTERACCIÓN CON UN MEDIO ELÁSTICO

FIGURA 59: Masa Participativa en el Análisis Modal

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0.98	0.0012	0.7975	0	0.0012	0.7975
Modal	2	0.752	0.7944	0.0013	0	0.7956	0.7988
Modal	3	0.475	0.0071	0.0004	0	0.8027	0.7993
Modal	4	0.129	0.0034	0.1361	0	0.8061	0.9354
Modal	5	0.121	0.1327	0.0035	0	0.9388	0.9389
Modal	6	0.086	0.0008	0.0008	0	0.9396	0.9397
Modal	7	0.055	0.0072	0.0252	0	0.9468	0.965
Modal	8	0.052	0.0231	0.0082	0	0.9698	0.9732
Modal	9	0.044	0.0053	1.922E-05	0	0.9751	0.9732
Modal	10	0.037	2.903E-05	0	0	0.9752	0.9732
Modal	11	0.033	0.0009	0.0129	0	0.9761	0.9861
Modal	12	0.031	0.0127	0.0011	0	0.9888	0.9872

Fuente: Propia

CONDICIÓN INTERMEDIO: “CASO I” – TEORÍA DE LA VIGA FLOTANTE

FIGURA 60: Masa Participativa en el Análisis Modal

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE UNA EDIFICACIÓN CONSIDERANDO SU CIMENTACIÓN RÍGIDA Y FLEXIBLE PARA UN SUELO DE CAPACIDAD PORTANTE INTERMEDIA”

Modal Participating Mass Ratios

1 de 12 | Reload Apply

	Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
▶	Modal	1	0.651	0.0001	0.7864	0	0.0001	0.7864
	Modal	2	0.561	0.7751	4.127E-05	0	0.7752	0.7864
	Modal	3	0.404	0.0104	0.0022	0	0.7855	0.7887
	Modal	4	0.121	0.0035	0.1366	0	0.7891	0.9252
	Modal	5	0.115	0.1404	0.004	0	0.9295	0.9292
	Modal	6	0.084	0.0007	0.0007	0	0.9302	0.93
	Modal	7	0.054	0.0086	0.0285	0	0.9388	0.9585
	Modal	8	0.051	0.0254	0.0098	0	0.9642	0.9682
	Modal	9	0.044	0.0068	2.521E-05	0	0.971	0.9683
	Modal	10	0.037	4.101E-05	0	0	0.9711	0.9683
	Modal	11	0.033	0.0011	0.015	0	0.9721	0.9832
	Modal	12	0.031	0.0146	0.0011	0	0.9867	0.9844

Fuente: Propia

CONDICIÓN INTERMEDIO: “CASO II” – INTERACCIÓN CON UN MEDIO ELÁSTICO

FIGURA 61: Masa Participativa en el Análisis Modal

Modal Participating Mass Ratios

1 de 12 | Reload Apply

	Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
▶	Modal	1	0.667	0.0001	0.7889	0	0.0001	0.7889
	Modal	2	0.57	0.7764	0.0001	0	0.7766	0.789
	Modal	3	0.409	0.0111	0.0021	0	0.7876	0.7911
	Modal	4	0.122	0.0033	0.1358	0	0.791	0.9269
	Modal	5	0.116	0.1395	0.0037	0	0.9305	0.9306
	Modal	6	0.084	0.0007	0.0007	0	0.9312	0.9314
	Modal	7	0.054	0.0083	0.0283	0	0.9395	0.9596
	Modal	8	0.052	0.0254	0.0093	0	0.9649	0.969
	Modal	9	0.044	0.0066	2.368E-05	0	0.9715	0.969
	Modal	10	0.037	3.906E-05	0	0	0.9716	0.969
	Modal	11	0.033	0.001	0.0147	0	0.9726	0.9837
	Modal	12	0.031	0.0144	0.0011	0	0.987	0.9848

Fuente: Propia

II.4.2.3.6.- RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

RECOLECCIÓN DE DATOS

Fuentes Primarias: Datos obtenidos del expediente del “Edificio Residencial San Francisco II” como: los planos de arquitectura y estructuras, así mismo como el estudio de suelos.

Fuentes Secundarias: libros, revistas, manuales, tesis, normas, material electrónico.

Las técnicas e instrumentos que emplear serán:

- 1.- Revisión Bibliográfica.
- 2.- Revisión de Investigaciones Realizadas.

PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS:

El procesamiento de los datos que se obtendrán del Análisis Dinámico hecho por el programa Etabs V16, se hará de forma ordenada, analítica y comparativa para las diferentes condiciones planteados (Rígida, Flexible e Intermdia – esta última condición por fines de complementar la investigaición); así mismo, la presentación de datos (desplazamientos del centro de masa y las fuerzas internas en los elementos verticales resistentes) será a través de cuadros y gráficos (con leyendas) para su mejor apreciación.

A continuación, se presentan los datos obtenidos del análisis, cumpliendo la verificación de participación de masa y la de derivas de entrepiso, excepto la verificación de la cortante dinámica, y estos son:

CONDICIÓN RÍGIDA: “CASO I” – TEORÍA DE LA VIGA FLOTANTE

TABLA 22: Desplazamientos y Derivas Máximas de Entrepiso

PISO	DESPLAZAMIENTO X+ (mm)	DERIVA SISMO X+	DESPLAZAMIENTO Y+ (mm)	DERIVA SISMO Y+
9	35.21	0.00151	46.87	0.00214
8	31.05	0.00158	40.98	0.00224
7	26.89	0.00163	34.82	0.00231
6	22.54	0.00162	28.47	0.00232
5	18.06	0.00158	22.08	0.00228
4	13.60	0.00147	15.81	0.00215
3	9.25	0.00128	9.89	0.00191
2	5.20	0.00098	4.64	0.00155
1	1.68	0.00056	3.05	0.00102

Fuente: Propia

TABLA 23: Fuerzas Internas en las “PLACAS, COLUMNA Y VIGAS” / Dirección de Análisis X-X

ASIGNACIÓN	FUERZA AXIAL (Tn)	FUERZA CORTANTE (Tn)	MOMENTO FLECTOR (Tn-m)
PL1-2	19.909	35.142	209.667
C-8	17.071	1.384	1.581
VX	0.000	1.905	2.847

Fuente: Propia

TABLA 24: Fuerzas Internas en las “PLACAS, COLUMNA Y VIGAS” / Dirección de Análisis Y-Y

ASIGNACIÓN	FUERZA AXIAL (Tn)	FUERZA CORTANTE (Tn)	MOMENTO FLECTOR (Tn-m)
PL2-2	106.966	39.953	226.405
C-8	17.279	4.896	5.595
VY	0.000	3.067	2.926

Fuente: Propia

CONDICIÓN RÍGIDA: “CASO II” – INTERACCIÓN CON UN MEDIO ELÁSTICO

TABLA 25: Desplazamientos y Derivas Máximas de Entrepiso

PISO	DESPLAZAMIENTO X+ (mm)	DERIVA SISMO X+	DESPLAZAMIENTO Y+ (mm)	DERIVA SISMO Y+
9	34.67	0.00154	50.08	0.00216
8	30.44	0.00161	44.14	0.00226
7	26.01	0.00166	37.94	0.00232
6	21.44	0.00166	31.55	0.00234
5	16.89	0.00162	25.10	0.00230
4	12.44	0.00151	18.77	0.00218
3	8.28	0.00132	12.79	0.00194
2	4.64	0.00103	7.46	0.00158
1	1.81	0.00060	3.13	0.00104

Fuente: Propia

TABLA 26: Fuerzas Internas en las “PLACAS, COLUMNA Y VIGAS” / Dirección de Análisis X-X

ASIGNACIÓN	FUERZA AXIAL (Tn)	FUERZA CORTANTE (Tn)	MOMENTO FLECTOR (Tn-m)
PL1-2	19.269	34.280	208.301
C-8	17.246	1.403	1.604
VX	0.000	1.987	2.965

Fuente: Propia

TABLA 27: Fuerzas Internas en las “PLACAS, COLUMNA Y VIGAS” / Dirección de Análisis Y-Y

ASIGNACIÓN	FUERZA AXIAL (Tn)	FUERZA CORTANTE (Tn)	MOMENTO FLECTOR (Tn-m)
PL2-2	103.047	39.246	225.098
C-8	17.291	4.920	5.626
VY	0.000	3.148	3.006

Fuente: Propia

CONDICIÓN FLEXIBLE: “CASO I” – TEORÍA DE LA VIGA FLOTANTE

TABLA 28: Desplazamientos y Derivas Máximas de Entrepiso

PISO	DESPLAZAMIENTO X+ (mm)	DERIVA SISMO X+	DESPLAZAMIENTO Y+ (mm)	DERIVA SISMO Y+
9	92.50	0.00341	119.97	0.00449
8	83.13	0.00349	107.63	0.00458
7	73.52	0.00358	95.03	0.00468
6	63.67	0.00365	82.16	0.00477
5	53.63	0.00373	69.05	0.00485
4	43.36	0.00380	55.71	0.00492
3	32.91	0.00385	42.18	0.00496
2	22.32	0.00385	28.55	0.00495
1	11.75	0.00392	14.94	0.00498

Fuente: Propia

TABLA 29: Fuerzas Internas en las “PLACAS, COLUMNA Y VIGAS” / Dirección de Análisis X-X

ASIGNACIÓN	FUERZA AXIAL (Tn)	FUERZA CORTANTE (Tn)	MOMENTO FLECTOR (Tn-m)
PL1-2	17.347	30.631	43.129
C-8	4.559	2.750	3.290
VX	0.000	4.853	7.236

Fuente: Propia

TABLA 30: Fuerzas Internas en las “PLACAS, COLUMNA Y VIGAS” / Dirección de Análisis Y-Y

ASIGNACIÓN	FUERZA AXIAL (Tn)	FUERZA CORTANTE (Tn)	MOMENTO FLECTOR (Tn-m)
PL2-2	20.932	24.858	45.834
C-8	3.749	7.925	9.801
VY	0.000	6.875	6.473

Fuente: Propia

CONDICIÓN FLEXIBLE: “CASO II” – INTERACCIÓN CON UN MEDIO ELÁSTICO”

TABLA 31: Desplazamientos y Derivas Máximas de Entrepiso

PISO	DESPLAZAMIENTO X+ (mm)	DERIVA SISMO X+	DESPLAZAMIENTO Y+ (mm)	DERIVA SISMO Y+
9	92.50	0.00341	118.11	0.00449
8	83.13	0.00349	105.77	0.00458
7	73.52	0.00358	93.17	0.00468
6	63.67	0.00365	80.30	0.00477
5	53.63	0.00373	67.19	0.00485
4	43.36	0.00380	53.85	0.00492
3	32.91	0.00385	40.32	0.00496
2	22.32	0.00385	26.69	0.00495
1	11.75	0.00392	13.08	0.00498

Fuente: Propia

TABLA 32: Fuerzas Internas en las “PLACAS, COLUMNA Y VIGAS” / Dirección de Análisis X-X

ASIGNACIÓN	FUERZA AXIAL (Tn)	FUERZA CORTANTE (Tn)	MOMENTO FLECTOR (Tn-m)
PL1-2	17.347	30.631	43.129
C-8	4.559	2.750	3.290
VX	0.000	4.853	7.236

Fuente: Propia

TABLA 33: Fuerzas Internas en las “PLACAS, COLUMNA Y VIGAS” / Dirección de Análisis Y-Y

ASIGNACIÓN	FUERZA AXIAL (Tn)	FUERZA CORTANTE (Tn)	MOMENTO FLECTOR (Tn-m)
PL2-2	22.665	24.858	45.834
C-8	3.749	7.925	9.801
VY	0.000	6.875	6.473

Fuente: Propia

CONDICIÓN INTERMEDIA: “CASO I” – TEORÍA DE LA VIGA FLOTANTE

TABLA 34: Desplazamientos y Derivas Máximas de Entrepiso

PISO	DESPLAZAMIENTO X+ (mm)	DERIVA SISMO X+	DESPLAZAMIENTO Y+ (mm)	DERIVA SISMO Y+
9	65.27	0.00246	82.25	0.00305
8	58.51	0.00255	73.87	0.00318
7	51.48	0.00265	65.13	0.00329
6	44.21	0.00270	56.08	0.00339
5	36.79	0.00275	46.77	0.00346
4	29.24	0.00275	37.26	0.00348
3	21.67	0.00271	27.70	0.00344
2	14.23	0.00257	18.24	0.00330
1	7.17	0.00239	9.18	0.00306

Fuente: Propia

TABLA 35: Fuerzas Internas en las “PLACAS, COLUMNAS Y VIGAS” / Dirección de Análisis X-X

ASIGNACIÓN	FUERZA AXIAL (Tn)	FUERZA CORTANTE (Tn)	MOMENTO FLECTOR (Tn-m)
PL1-2	12.796	38.287	123.991
C-8	20.149	2.319	3.695
VX	0.000	3.739	5.588

Fuente: Propia

TABLA 36: Fuerzas Internas en las “PLACAS, COLUMNA Y VIGAS” / Dirección de Análisis Y-Y

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE UNA EDIFICACIÓN CONSIDERANDO SU CIMENTACIÓN RÍGIDA Y FLEXIBLE PARA UN SUELO DE CAPACIDAD PORTANTE INTERMEDIA”

ASIGNACIÓN	FUERZA AXIAL (Tn)	FUERZA CORTANTE (Tn)	MOMENTO FLECTOR (Tn-m)
PL2-2	27.380	25.272	106.954
C-8	20.373	8.940	15.721
VY	0.000	9.163	8.720

Fuente: Propia

CONDICIÓN INTERMEDIA: “CASO II” – INTERACCIÓN CON UN MEDIO ELÁSTICO”

TABLA 37: Desplazamientos y Derivas Máximas de Entrepiso

PISO	DESPLAZAMIENTO X+ (mm)	DERIVA SISMO X+	DESPLAZAMIENTO Y+ (mm)	DERIVA SISMO Y+
9	67.54	0.00253	84.07	0.00310
8	60.57	0.00263	75.54	0.00323
7	53.35	0.00272	66.67	0.00334
6	45.87	0.00278	57.48	0.00344
5	38.23	0.00283	48.02	0.00352
4	30.45	0.00284	38.36	0.00355
3	22.64	0.00281	28.61	0.00352
2	14.92	0.00268	18.93	0.00339
1	7.56	0.00252	9.60	0.00320

Fuente: Propia

TABLA 38: Fuerzas Internas en las “PLACAS, COLUMNA Y VIGAS” / Dirección de Análisis X-X

ASIGNACIÓN	FUERZA AXIAL (Tn)	FUERZA CORTANTE (Tn)	MOMENTO FLECTOR (Tn-m)
PL1-2	11.008	38.510	119.683
C-8	20.488	2.358	3.718
VX	0.000	3.852	5.760

Fuente: Propia

TABLA 39: Fuerzas Internas en las “PLACAS, COLUMNA Y VIGAS” / Dirección de Análisis Y-Y

ASIGNACIÓN	FUERZA AXIAL (Tn)	FUERZA CORTANTE (Tn)	MOMENTO FLECTOR (Tn-m)
PL2-2	25.456	25.128	101.521
C-8	19.557	8.336	14.077
VY	0.000	9.218	8.740

Fuente: Propia

CAPITULO III

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

III.1. RESUMEN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS DERIVAS DE ENTREPISO

III.2. RESUMEN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS FUERZAS INTERNAS

III.1. RESUMEN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS DERIVAS DE ENTREPISO

A continuación, se mostraran las tablas resumen de las derivas de entrepiso en las direcciones principales “X” y “Y” obtenidas de las Condiciones Rígida, Flexible e Intermedia (condición adicionada por fines de complementar la investigación) de los dos casos analizados en esta tesis:

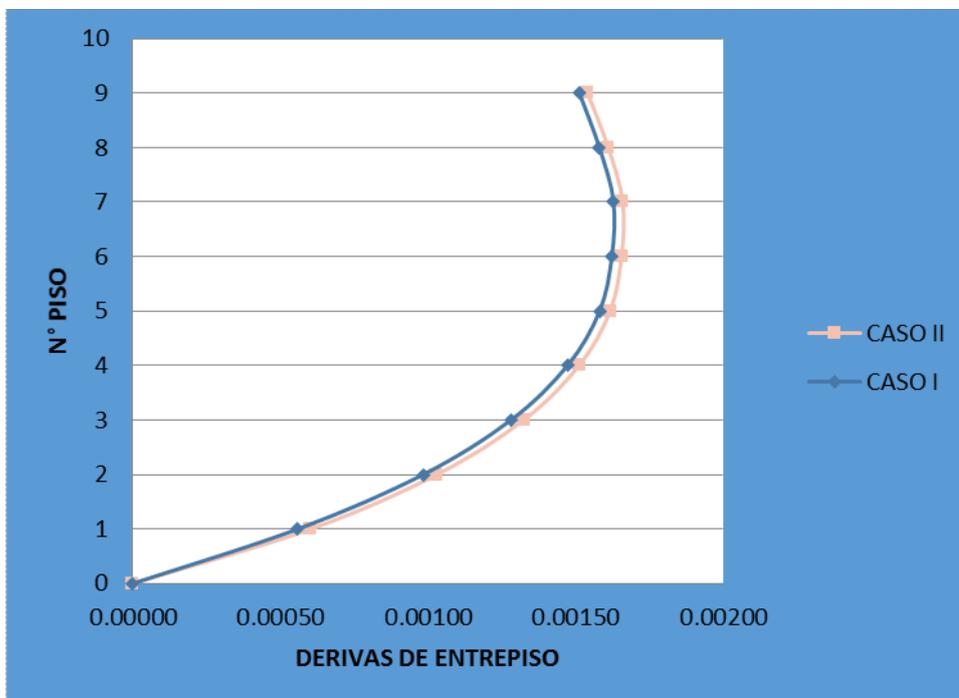
CONDICIÓN RÍGIDA:

TABLA 40: Resumen de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “X”

PISO	MOD.II	MOD.I	VAR. %
0	0.00000	0.00000	0.0
1	0.00060	0.00056	7.3
2	0.00103	0.00098	4.5
3	0.00132	0.00128	3.2
4	0.00151	0.00147	2.6
5	0.00162	0.00158	2.2
6	0.00166	0.00162	2.0
7	0.00166	0.00163	1.9
8	0.00161	0.00158	1.9
9	0.00154	0.00151	1.8

Fuente: Propia

FIGURA 61: Gráfica de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “X”



Fuente: Propio

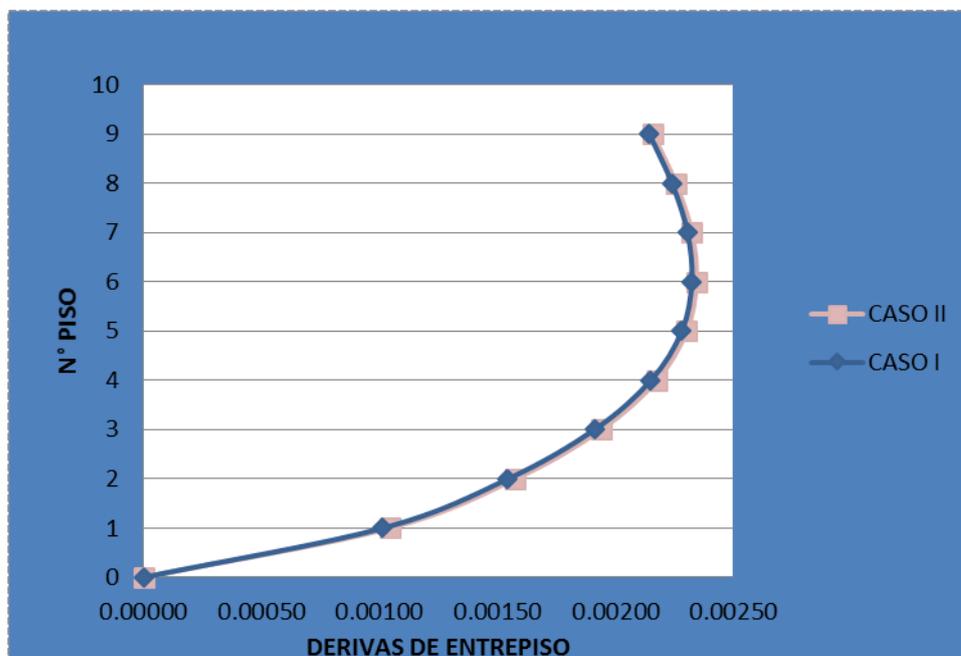
Se puede observar en la tabla y el gráfico anterior que las Derivas de Entrepiso (Dirección X) para el CASO II son similares al CASO I, incrementándose desde un 1.8% (9no piso) hasta un 7.3% (1er piso), teniendo así una Variación Promedio de 3.03%.

TABLA 41: Resumen de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “Y”

PISO	MOD.II	MOD.I	VAR. %
0	0.00000	0.00000	0.0
1	0.00104	0.00102	2.7
2	0.00158	0.00155	1.9
3	0.00194	0.00191	1.4
4	0.00218	0.00215	1.1
5	0.00230	0.00228	0.9
6	0.00234	0.00232	0.8
7	0.00232	0.00231	0.8
8	0.00226	0.00224	0.7
9	0.00216	0.00214	0.7

Fuente: Propia

FIGURA 62: Gráfica de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “Y”



“ANÁLISIS COMPARATIVO DE UNA EDIFICACIÓN CONSIDERANDO SU CIMENTACIÓN RÍGIDA Y FLEXIBLE PARA UN SUELO DE CAPACIDAD PORTANTE INTERMEDIA”

Fuente: Propio

Se puede observar en la tabla y el gráfico anterior que las Derivas de Entrepiso (Dirección Y) para el CASO II son similares al CASO I, incrementándose desde un 0.7% (9no piso) hasta un 2.7% (1er piso), teniendo así una Variación Promedio de 1.22%.

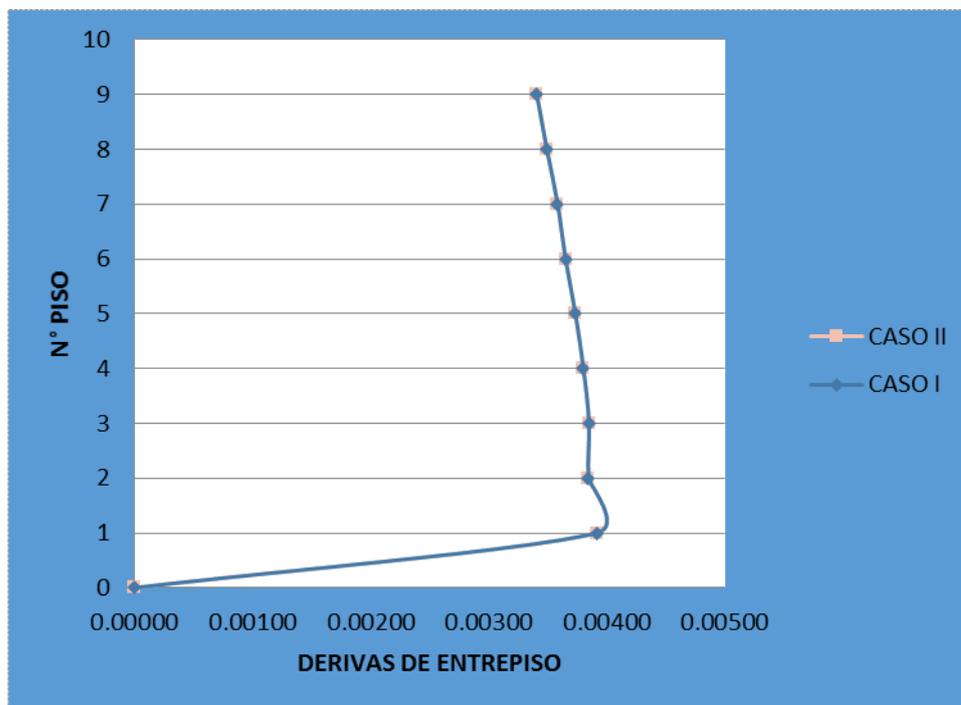
CONDICIÓN FLEXIBLE:

TABLA 42: Resumen de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “X”

PISO	CASO II	CASO I	VAR. %
0	0.00000	0.00000	0.0
1	0.00392	0.00392	0.0
2	0.00385	0.00385	0.0
3	0.00385	0.00385	0.0
4	0.00380	0.00380	0.0
5	0.00373	0.00373	0.0
6	0.00365	0.00365	0.0
7	0.00358	0.00358	0.0
8	0.00349	0.00349	0.0
9	0.00341	0.00341	0.0

Fuente: Propia

FIGURA 63: Gráfica de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “X”



Fuente: Propio

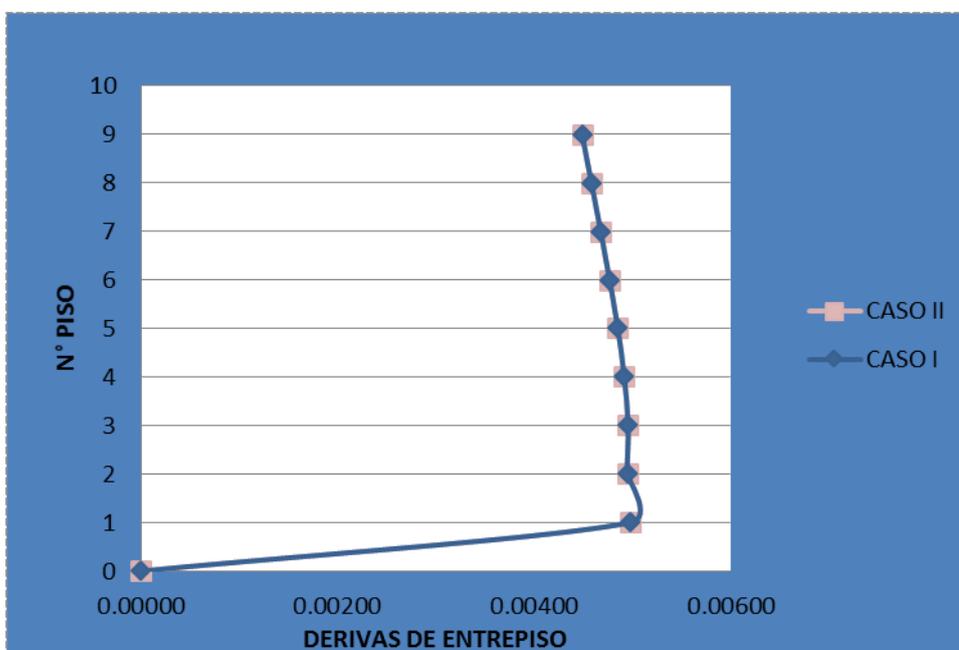
Se puede observar en la tabla y el gráfico anterior que las Derivas de Entrepiso (Dirección X) para el CASO II son iguales al CASO I, teniendo así una Variación Promedio de 0.00%.

TABLA 43: Resumen de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “Y”

PISO	CASO II	CASO I	VAR. %
0	0.00000	0.00000	0.0
1	0.00498	0.00498	0.0
2	0.00495	0.00495	0.0
3	0.00496	0.00496	0.0
4	0.00492	0.00492	0.0
5	0.00485	0.00485	0.0
6	0.00477	0.00477	0.0
7	0.00468	0.00468	0.0
8	0.00458	0.00458	0.0
9	0.00449	0.00449	0.0

Fuente: Propia

FIGURA 64: Gráfica de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “Y”



Fuente: Propio

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE UNA EDIFICACIÓN CONSIDERANDO SU CIMENTACIÓN RÍGIDA Y FLEXIBLE PARA UN SUELO DE CAPACIDAD PORTANTE INTERMEDIA”

Se puede observar en la tabla y el gráfico anterior que las Derivas de Entrepiso (Dirección Y) para el CASO II son iguales al CASO I, teniendo así una Variación Promedio de 0.00%.

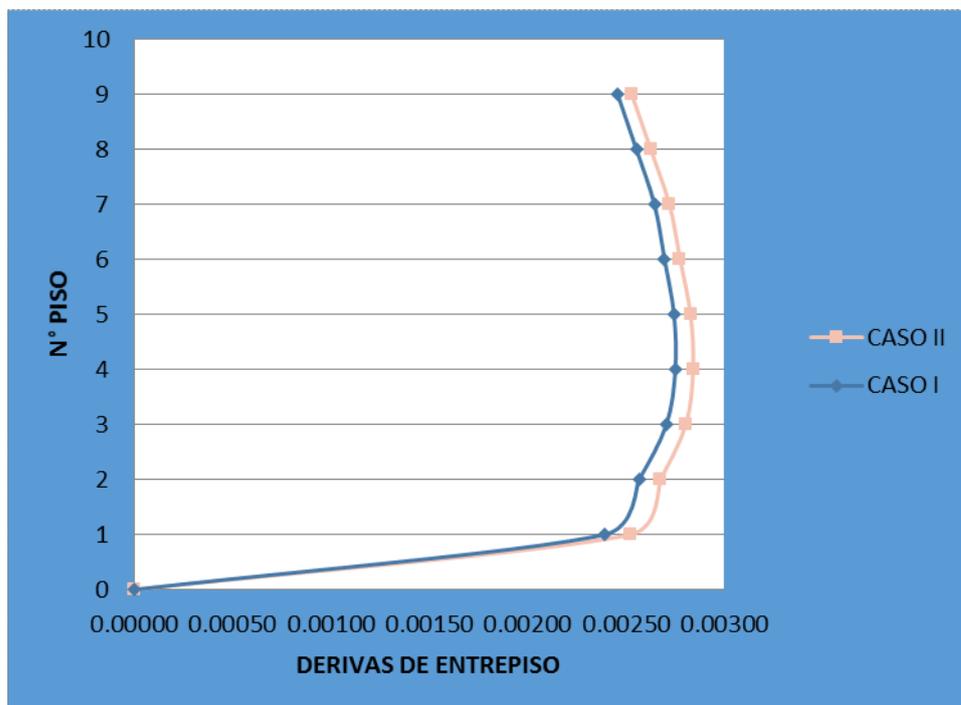
CONDICIÓN INTERMEDIA:

TABLA 44: Resumen de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “X”

PISO	CASO II	CASO I	VAR. %
0	0.00000	0.00000	0.0
1	0.00252	0.00239	5.2
2	0.00268	0.00257	4.1
3	0.00281	0.00271	3.5
4	0.00284	0.00275	3.2
5	0.00283	0.00275	3.0
6	0.00278	0.00270	2.8
7	0.00272	0.00265	2.8
8	0.00263	0.00255	2.8
9	0.00253	0.00246	2.8

Fuente: Propia

FIGURA 65: Gráfica de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “X”



Fuente: Propio

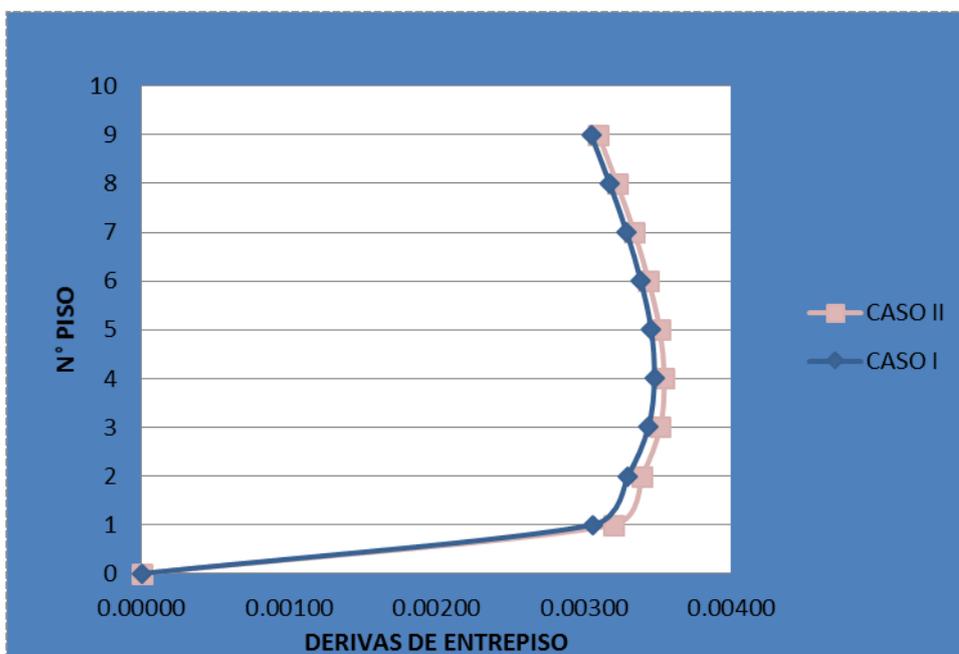
Se puede observar en la tabla y el gráfico anterior que las Derivas de Entrepiso (Dirección X) para el CASO II es mayor al CASO I, incrementándose desde un 2.8% (9no piso) hasta un 5.2% (1er piso), teniendo así una Variación Promedio de 3.35%.

TABLA 45: Resumen de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “Y”

PISO	CASO II	CASO I	VAR. %
0	0.00000	0.00000	0.0
1	0.00320	0.00306	4.4
2	0.00339	0.00330	2.9
3	0.00352	0.00344	2.3
4	0.00355	0.00348	1.9
5	0.00352	0.00346	1.7
6	0.00344	0.00339	1.5
7	0.00334	0.00329	1.5
8	0.00323	0.00318	1.6
9	0.00310	0.00305	1.6

Fuente: Propia

FIGURA 66: Gráfica de las Derivas Máximas de Entrepiso en la Dirección “Y”



Fuente: Propio

Se puede observar en la tabla y el gráfico anterior que las Derivas de Entrepiso (Dirección Y) para el CASO II es mayor al CASO I, incrementándose desde un 1.6% (9no piso) hasta un 4.4% (1er piso), teniendo así una Variación Promedio de 2.15%.

III.2. RESUMEN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS FUERZAS INTERNAS

A continuación, se mostraran las tablas resumen de las fuerzas internas en las diferentes placas y columnas de la estructura para las direcciones principales “X” y “Y” obtenidas de las Condiciones planteadas (Rígida, Flexible e Intermedia – esta última condición por fines de complementar la investigación) para los diferentes casos analizados en esta tesis:

Los resultados siguientes que se presentaran son los que cumplen con la verificación de masa participativa y de derivas de entrepiso, excepto la verificación del cortante dinámico:

CONDICIÓN RÍGIDA:

TABLA 46: Resumen de Fuerzas Axiales en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección X-X

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN(Tn)
PL1-2	19.269	19.909	3.2	0.6
C-8	17.246	17.071	1.0	0.2
VX	0.000	0.000	0.0	0.0

Fuente: Propia

TABLA 47: Resumen de Fuerzas Cortantes en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección X-X

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN(Tn)
PL1-2	34.280	35.142	2.5	0.9
C-8	1.403	1.384	1.4	0.0
VX	1.987	1.905	4.1	0.1

Fuente: Propia

TABLA 48: Resumen de Momentos Flectores en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección X-X

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN(Tnx m)
PL1-2	208.301	209.667	0.7	1.4
C-8	1.604	1.581	1.4	0.0
VX	2.965	2.847	4.0	0.1

Fuente: Propia

Se puede observar en las tablas anteriores que la variación máxima de las diferentes fuerzas internas de los diferentes elementos estructurales para la dirección de análisis X-X son: Fuerza Axial 3.2% (0.6 ton), Fuerza Cortante 2.5% (0.9 ton) y Momento Flector 0.7% (1.4 tonxm).

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE UNA EDIFICACIÓN CONSIDERANDO SU CIMENTACIÓN RÍGIDA Y FLEXIBLE PARA UN SUELO DE CAPACIDAD PORTANTE INTERMEDIA”

TABLA 49: Resumen de Fuerzas Axiales en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección Y-Y

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN (Tn)
PL2-2	103.047	106.966	3.7	3.9
C-8	17.291	17.279	0.1	0.0
VY	0.000	0.000	0.0	0.0

Fuente: Propia

TABLA 50: Resumen de Fuerzas Cortantes en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección Y-Y

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN (Tn)
PL2-2	39.246	39.953	1.8	0.7
C-8	4.920	4.896	0.5	0.0
VY	3.148	3.067	2.6	0.1

Fuente: Propia

TABLA 51: Resumen de Momentos Flectores en las Placas, Columnas y Vigas para la Dirección Y-Y

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN (Tnxm)
PL2-2	225.098	226.405	0.6	1.3
C-8	5.626	5.595	0.6	0.0
VY	3.006	2.926	2.6	0.1

Fuente: Propia

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE UNA EDIFICACIÓN CONSIDERANDO SU CIMENTACIÓN RÍGIDA Y FLEXIBLE PARA UN SUELO DE CAPACIDAD PORTANTE INTERMEDIA”

Se puede observar en las tablas anteriores que la variación máxima de las diferentes fuerzas internas de los diferentes elementos estructurales para la dirección de análisis Y-Y son: Fuerza Axial 3.7% (3.9 ton), Fuerza Cortante 1.8% (0.7 ton) y Momento Flector 0.6% (1.3 tonxm).

CONDICIÓN FLEXIBLE:

TABLA 52: Resumen de Fuerzas Axiales en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección X-X

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN(Tn)
PL1-2	17.347	17.347	0.0	0.0
C-8	4.559	4.559	0.0	0.0
VX	0.000	0.000	0.0	0.0

Fuente: Propia

TABLA 53: Resumen de Fuerzas Cortantes en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección X-X

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN(Tn)
PL1-2	30.631	30.631	0.0	0.0
C-8	2.750	2.750	0.0	0.0
VX	4.853	4.853	0.0	0.0

Fuente: Propia

TABLA 54: Resumen de Momentos Flectores en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección X-X

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN(Tn xm)
PL1-2	43.129	43.129	0.0	0.0
C-8	3.290	3.290	0.0	0.0
VX	7.236	7.236	0.0	0.0

Fuente: Propia

Se puede observar en las tablas anteriores que la variación máxima de las diferentes fuerzas internas de los diferentes elementos estructurales para la dirección de análisis X-X son: Fuerza Axial 0.0%, Fuerza Cortante 0.0% y Momento Flector 0.0%.

TABLA 55: Resumen de Fuerzas Axiales en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección Y-Y

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN (Tn)
PL2-2	22.665	20.932	7.6	1.7
C-8	3.749	3.749	0.0	0.0
VY	0.000	0.000	0.0	0.0

Fuente: Propia

TABLA 56: Resumen de Fuerzas Cortantes en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección Y-Y

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE UNA EDIFICACIÓN CONSIDERANDO SU CIMENTACIÓN RÍGIDA Y FLEXIBLE PARA UN SUELO DE CAPACIDAD PORTANTE INTERMEDIA”

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN (Tn)
PL2-2	24.858	24.858	0.0	0.0
C-8	7.925	7.925	0.0	0.0
VY	6.875	6.875	0.0	0.0

Fuente: Propia

TABLA 57: Resumen de Momentos Flectores en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección Y-Y

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN (Tnxm)
PL2-2	45.834	45.834	0.0	0.0
C-8	9.801	9.801	0.0	0.0
VY	6.473	6.473	0.0	0.0

Fuente: Propia

Se puede observar en las tablas anteriores que la variación máxima de las diferentes fuerzas internas de los diferentes elementos estructurales para la dirección de análisis Y-Y son: Fuerza Axial 7.6% (1.7 ton), Fuerza Cortante 0.0% y Momento Flector 0.0%.

CONDICIÓN INTERMEDIO:

TABLA 58: Resumen de Fuerzas Axiales en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección X-X

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN(Tn)
PL1-2	11.008	12.796	14.0	1.8
C-8	20.488	20.149	1.7	0.3
VX	0.000	0.000	0.0	0.0

Fuente: Propia

TABLA 59: Resumen de Fuerzas Cortantes en las Placas, Columnas y Vigas para la Dirección X-X

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN(Tn)
PL1-2	38.510	38.287	0.6	0.2
C-8	2.358	2.319	1.7	0.0
VX	3.852	3.739	2.9	0.1

Fuente: Propia

TABLA 60: Resumen de Momentos Flectores en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección X-X

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN(Tnx m)
PL1-2	119.683	123.991	3.5	4.3
C-8	3.718	3.695	0.6	0.0
VX	5.760	5.588	3.0	0.2

Fuente: Propia

Se puede observar en las tablas anteriores que la variación máxima de las diferentes fuerzas internas de los diferentes elementos estructurales para la dirección de análisis X-X son: Fuerza Axial 14% (1.79 ton), Fuerza Cortante 0.6% (0.22 ton) y Momento Flector 3.7% (4.6 tonxm).

TABLA 61: Resumen de Fuerzas Axiales en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección Y-Y

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN (Tn)
PL2-2	25.456	27.380	7.0	1.9
C-8	19.557	20.373	4.0	0.8
VY	0.000	0.000	0.0	0.0

Fuente: Propia

TABLA 62: Resumen de Fuerzas Cortantes en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección Y-Y

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN(Tn)
PL2-2	25.128	25.272	0.6	0.1
C-8	8.336	8.940	6.8	0.6
VY	9.218	9.163	0.6	0.1

Fuente: Propia

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE UNA EDIFICACIÓN CONSIDERANDO SU CIMENTACIÓN RÍGIDA Y FLEXIBLE PARA UN SUELO DE CAPACIDAD PORTANTE INTERMEDIA”

TABLA 63: Resumen de Momentos Flectores en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección Y-Y

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN(Tn xm)
PL2-2	101.521	106.954	5.1	5.4
C-8	14.077	15.721	10.5	1.6
VY	8.740	8.720	0.2	0.0

Fuente: Propia

Se puede observar en las tablas anteriores que la variación máxima de las diferentes fuerzas internas de los diferentes elementos estructurales para la dirección de análisis Y-Y son: Fuerza Axial 7.0% (1.92 ton), Fuerza Cortante 6.8% (0.6 ton) y Momento Flector 5.1%. (5.43 tonxm).

Así mismo se mostrarán los resultados que cumplen con la verificación de masa participativa, de derivas de entepiso y la verificación del cortante dinámico (cumple por completo con la norma E030 – Diseño Sismoresistente):

CONDICIÓN RÍGIDA:

TABLA 64: Resumen de Fuerzas Axiales en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección X-X

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN(Tn)
PL1-2	21.022	21.760	3.4	0.7
C-8	18.815	18.659	0.8	0.2
VX	0.000	0.000	0.0	0.0

Fuente: Propia

TABLA 65: Resumen de Fuerzas Cortantes en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección X-X

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN(Tn)
PL1-2	37.400	38.410	2.6	1.0
C-8	1.531	1.511	1.3	0.0
VX	2.168	2.083	3.9	0.1

Fuente: Propia

TABLA 66: Resumen de Momentos Flectores en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección X-X

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN(Tnx m)
PL1-2	227.257	229.166	0.8	1.9
C-8	1.749	1.728	1.2	0.0
VX	3.525	3.525	0.0	0.0

Fuente: Propia

Se puede observar en las tablas anteriores que la variación máxima de las diferentes fuerzas internas de los diferentes elementos estructurales para la dirección de análisis X-X son: Fuerza Axial 3.4% (0.7 ton), Fuerza Cortante 2.6% (1.0 ton) y Momento Flector 0.8% (1.9 tonxm).

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE UNA EDIFICACIÓN CONSIDERANDO SU CIMENTACIÓN RÍGIDA Y FLEXIBLE PARA UN SUELO DE CAPACIDAD PORTANTE INTERMEDIA”

TABLA 67: Resumen de Fuerzas Axiales en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección Y-Y

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN (Tn)
PL2-2	109.951	114.239	3.8	4.3
C-8	18.449	18.454	0.0	0.0
VY	0.000	0.000	0.0	0.0

Fuente: Propia

TABLA 68: Resumen de Fuerzas Cortantes en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección Y-Y

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN (Tn)
PL2-2	41.875	42.670	1.9	0.8
C-8	5.250	5.228	0.4	0.0
VY	3.359	3.276	2.5	0.1

Fuente: Propia

TABLA 69: Resumen de Momentos Flectores en las Placas, Columnas y Vigas para la Dirección Y-Y

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN (Tnxm)
PL2-2	240.179	241.801	0.7	1.6
C-8	6.003	5.975	0.5	0.0
VY	3.207	3.125	2.5	0.1

Fuente: Propia

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE UNA EDIFICACIÓN CONSIDERANDO SU CIMENTACIÓN RÍGIDA Y FLEXIBLE PARA UN SUELO DE CAPACIDAD PORTANTE INTERMEDIA”

Se puede observar en las tablas anteriores que la variación máxima de las diferentes fuerzas internas de los diferentes elementos estructurales para la dirección de análisis Y-Y son: Fuerza Axial 3.8% (4.3 ton), Fuerza Cortante 1.9% (0.8 ton) y Momento Flector 0.7%. (1.6 tonxm).

CONDICIÓN FLEXIBLE:

TABLA 70: Resumen de Fuerzas Axiales en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección X-X

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN(Tn)
PL1-2	21.337	21.354	0.1	0.02
C-8	5.607	5.612	0.1	0.00
VX	0.000	0.000	0.0	0.00

Fuente: Propia

TABLA 71: Resumen de Fuerzas Cortantes en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección X-X

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN(Tn)
PL1-2	37.677	37.707	0.1	0.03
C-8	3.383	3.385	0.1	0.00
VX	5.969	5.974	0.1	0.00

Fuente: Propia

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE UNA EDIFICACIÓN CONSIDERANDO SU CIMENTACIÓN RÍGIDA Y FLEXIBLE PARA UN SUELO DE CAPACIDAD PORTANTE INTERMEDIA”

TABLA 72: Resumen de Momentos Flectores en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección X-X

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN(Tn xm)
PL1-2	53.048	53.092	0.1	0.04
C-8	4.047	4.050	0.1	0.00
VX	8.901	8.908	0.1	0.01

Fuente: Propia

Se puede observar en las tablas anteriores que la variación máxima de las diferentes fuerzas internas de los diferentes elementos estructurales para la dirección de análisis X-X son: Fuerza Axial 0.1% (0.02 ton), Fuerza Cortante 0.1% (0.03 ton) y Momento Flector 0.0%.

TABLA 73: Resumen de Fuerzas Axiales en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección Y-Y

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN (Tn)
PL2-2	35.584	35.607	0.1	0.02
C-8	5.886	5.890	0.1	0.00
VY	0.000	0.000	0.0	0.00

Fuente: Propia

TABLA 74: Resumen de Fuerzas Cortantes en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección Y-Y

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN (Tn)
PL2-2	39.027	39.052	0.1	0.02
C-8	12.442	12.450	0.1	0.01
VY	10.794	10.801	0.1	0.01

Fuente: Propia

TABLA 75: Resumen de Momentos Flectores en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección Y-Y

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN (Tnxm)
PL2-2	71.959	72.005	0.1	0.05
C-8	15.388	15.398	0.1	0.01
VY	10.163	10.169	0.1	0.01

Fuente: Propia

Se puede observar en las tablas anteriores que la variación máxima de las diferentes fuerzas internas de los diferentes elementos estructurales para la dirección de análisis Y-Y son: Fuerza Axial 0.1% (0.02 ton), Fuerza Cortante 0.1% (0.02 ton) y Momento Flector 0.1%. (0.05 tonxm).

CONDICIÓN INTERMEDIO:

TABLA 76: Resumen de Fuerzas Axiales en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección X-X

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN(Tn)
PL1-2	10.689	12.950	17.5	2.26
C-8	20.693	20.391	1.5	0.30
VX	0.000	0.000	0.0	0.00

Fuente: Propia

TABLA 77: Resumen de Fuerzas Cortantes en las Placas, Columnas y Vigas para la Dirección X-X

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN(Tn)
PL1-2	38.895	38.747	0.4	0.15
C-8	2.382	2.347	1.5	0.03
VX	3.891	3.784	2.7	0.11

Fuente: Propia

TABLA 78: Resumen de Momentos Flectores en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección X-X

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN(Tnx m)
PL1-2	120.880	125.479	3.7	4.60
C-8	3.755	3.739	0.4	0.02
VX	5.818	5.655	2.8	0.16

Fuente: Propia

Se puede observar en las tablas anteriores que la variación máxima de las diferentes fuerzas internas de los diferentes elementos estructurales para la dirección de análisis X-X son: Fuerza Axial 17.5% (2.26 ton), Fuerza Cortante 0.4% (0.15 ton) y Momento Flector 3.7% (4.60 tonxm).

TABLA 79: Resumen de Fuerzas Axiales en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección Y-Y

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN(Tn)
PL2-2	28.053	29.598	5.2	1.54
C-8	21.552	22.023	2.1	0.47
VY	0.000	0.000	0.0	0.00

Fuente: Propia

TABLA 80: Resumen de Fuerzas Cortantes en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección Y-Y

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN(Tn)
PL2-2	27.691	27.320	1.3	0.37
C-8	9.186	9.664	4.9	0.48
VY	10.158	9.905	2.5	0.25

Fuente: Propia

TABLA 81: Resumen de Momentos Flectores en las Placas, Columna y Vigas para la Dirección Y-Y

CASOS	CASO II	CASO I	VARIACIÓN %	VARIACIÓN(Tn xm)
PL2-2	111.877	115.617	3.2	3.74
C-8	15.513	16.994	8.7	1.48
VY	9.632	9.427	2.1	0.21

Fuente: Propia

Se puede observar en las tablas anteriores que la variación máxima de las diferentes fuerzas internas de los diferentes elementos estructurales para la dirección de análisis Y-Y son: Fuerza Axial 5.2% (1.54 ton), Fuerza Cortante 4.9% (0.48 ton) y Momento Flector 3.2%. (3.74 tonxm).

CONCLUSIONES

1.- Con el análisis del capítulo anterior se puede concluir que es despreciable la diferencia de resultados de las fuerzas internas en los elementos verticales y horizontales resistentes obtenidos tanto para los casos (Rígido, Flexible e Intermedio) que no cumplen con la verificación de cortante dinámico mínimo, como los casos que cumplen con esta verificación tal como se establece en el Reglamento Nacional de Edificaciones E030 “Diseño Sismoresistente”.

2.- Se demostró que con la implementación de la Cimentación Rígida para el CASO I (“Teoría de la Viga Flotante”) respecto al CASO II (“Interacción con un Medio Elástico”), las fuerzas internas de los elementos verticales y horizontales resistentes de una Edificación con Sistema de Muros Estructurales en la Dirección X-X, para las Fuerzas Axiales (3.4% / 0.6 Ton para la placa y 1% / 0.2 ton en la columna), para las Fuerzas Cortantes (2.6% / 1 Ton para la placa, 1.3% / 0.02 Ton en la columna y 3.9% / 0.09 Ton en la viga) y para el Momento Flector (0.8% / 1.9 Ton para la placa, 1.2% / 0.02 Ton en la columna y 0.0% / 0.0 Ton en la viga), así mismo en la Dirección Y-Y, para las Fuerzas Axiales (3.8% / 4.3 Ton para la placa y 0.03% / 0.01 ton en la columna), para las Fuerzas Cortantes (1.8% / 0.7 Ton para la placa, 0.51% / 0.02 Ton en la columna y 2.57% / 0.08 Ton en la viga) y para el Momento Flector (0.7% / 1.6 Tonxm para la placa, 0.46% / 0.03 Tonxm en la columna y 2.54% / 0.08 Tonxm en la viga).

3.- Se demostró que con la implementación de la Cimentación Rígida para el CASO I (“Teoría de la Viga Flotante”) respecto al CASO II (“Interacción con un Medio Elástico”), las derivas de entrepiso en la dirección X-X son similares, incrementándose desde un 1.8% (0.077 mm) en el 9no piso hasta un 7.3% (0.132mm) en el primer piso, teniendo una Variación Promedio de 3.03% (0.102 mm) y así

mismo en la dirección Y-Y, incrementándose desde un 0.7% (0.056 mm) en el 9no piso hasta un 2.7% (0.084 mm) en el primer piso, teniendo una Variación Promedio de 1.22% (0.080 mm).

4.- Se demostró que con la implementación de la Cimentación con Rigidez Intermedia para el CASO I (“Teoría de la Viga Flotante”) respecto al CASO II (“Interacción con un Medio Elástico”), las fuerzas internas de los elementos verticales y horizontales resistentes de una Edificación con Sistema de Muros Estructurales en la Dirección X-X, para las Fuerzas Axiales (17.5% / 2.26 Ton para la placa y 1.5% / 0.3 ton en la columna), para las Fuerzas Cortantes (0.4% / 0.15 Ton para la placa, 1.5% / 0.03 Ton en la columna y 2.7% / 0.11 Ton en la viga) y para el Momento Flector (3.7% / 4.60 Ton para la placa, 0.4% / 0.02 Ton en la columna y 2.8% / 0.16 Ton en la viga), así mismo en la Dirección Y-Y, para las Fuerzas Axiales (5.2% / 1.54 Ton para la placa y 2.1% / 0.47 ton en la columna), para las Fuerzas Cortantes (0.6% / 0.14 Ton para la placa, 0.48% / 4.9 Ton en la columna y 2.5% / 0.06 Ton en la viga) y para el Momento Flector (3.2% / 3.74 Tonxm para la placa, 8.7% / 1.48 Tonxm en la columna y 2.1% / 0.21 Tonxm en la viga).

5.- Se demostró que con la implementación de la Cimentación con Rigidez Intermedia para el CASO I (“Teoría de la Viga Flotante”) respecto al CASO II (“Interacción con un Medio Elástico”), las derivas de entrepiso en la dirección X-X son similares, incrementándose desde un 2.8% (0.198 mm) en el 9no piso hasta un 5.2% (0.390 mm) en el primer piso, teniendo una Variación Promedio de 3.35% (0.252 mm) y así mismo en la dirección Y-Y, incrementándose desde un 1.6% (0.140 mm) en el 9no piso hasta un 4.4% (0.423 mm) en el primer piso, teniendo una Variación Promedio de 2.15% (0.202 mm).

6.- Se demostró que con la implementación de la Cimentación Flexible para el CASO I (“Teoría de la Viga Flotante”) respecto al CASO II (“Interacción con un Medio Elástico”), las fuerzas internas de los elementos verticales y horizontales resistentes de una Edificación con Sistema de Muros Estructurales en la Dirección X-X es despreciable, para las Fuerzas Axiales (0.08% / 0.02 Ton para la placa y 0.08% / 0.01 ton en la columna), para las Fuerzas Cortantes (0.1% / 0.03 Ton para la placa, 0.1% / 0.003 Ton en la columna y 0.1% / 0.005 Ton en la viga) y para el Momento Flector (0.1% / 4.60 Tonxm para la placa, 0.1% / 0.003 Tonxm en la columna y 0.1% / 0.01 Tonxm en la viga), así mismo esta variación es despreciable en la Dirección Y-Y, para las Fuerzas Axiales (0.1% / 0.02 Ton para la placa y 0.1% / 0.004 ton en la columna), para las Fuerzas Cortantes (0.1% / 0.02 Ton para la placa, 0.1% / 0.01 Ton en la columna y 0.1% / 0.01 Ton en la viga) y para el Momento Flector (0.1% / 0.05 Tonxm para la placa, 0.1% / 0.01 Tonxm en la columna y 0.1% / 0.01 Tonxm en la viga).

7.- Se demostró que con la implementación de la Cimentación Flexible para el CASO I (“Teoría de la Viga Flotante”) respecto al CASO II (“Interacción con un Medio Elástico”), las derivas de entrepiso en la dirección X-X y en la dirección Y-Y, son idénticas teniendo una variación del 0%.

8.- Se demostró que la variación es mínima o hasta despreciable, al considerar una Cimentación Rígida o Flexible para ambos, por ende el Criterio de “Interacción con un Medio Elástico” es más conservador al considerar un espesor mayor para la condición de Cimentación Flexible y la “Teoría de la Viga Flotante” es más conservador al considerar un espesor mayor para la condición de Cimentación Rígida.

9.- Se ratifica con el capítulo anterior que la implementación de la Cimentación Flexible en una edificación solo influye en el aumento de las Derivas de Entrepiso en su totalidad, ya que no se puede afirmar de forma absoluta el incremento o disminución de las fuerzas internas en los elementos verticales resistentes.

10.- Se verifica que la Hipótesis de Investigación Nula (H_0) no es válida, debido a que tanto para las fuerzas internas de los elementos verticales y horizontales resistentes, así como las derivas de entrepiso del Centro de Masas, no superan el (+/-)10% y el +10% respectivamente.

11.- Se afirma que la Norma E-060 del Reglamento Nacional de Edificaciones nos conlleva siempre a dimensionar una Cimentación Rígida, al cumplir el Criterio de Corte por Flexión y Corte por Punzonamiento.

SUGERENCIAS

1.- Para el modelamiento de una edificación cimentado en un suelo de capacidad portante intermedio, se debe considerar la interacción Suelo – Estructura, pues este nos dará esfuerzos internos más reales en los elementos estructurales de una edificación, conllevando a que en el diseño estructural las dimensiones y el refuerzo (acero) de los elementos estructurales varíen; así mismo, esto nos permitirá ser más conservadores con respecto a las derivas de entrepiso, pues al considerar la flexibilidad de la cimentación estas tienden a aumentar pudiendo no cumplir con los Desplazamientos Laterales Permisibles de la “Norma E.030” haciendo que se aumente la rigidez lateral, las cuales posiblemente si cumplieran al considerar una Cimentación Rígida.

2.- Se recomienda trabajar para un adecuado modelamiento de interacción Suelo – Estructura, con 6 grados de libertad por cada nudo modelado en la cimentación, ya que los suelos tienen un comportamiento de rigidez en las tres direcciones principales.

3.- Las fórmulas propuestas tanto para los criterios de la “Teoría de la Viga Flotante” y el de “Interacción con un Medio Elástico”, deben de aplicarse para zapatas o losas que tienen una geometría rectangular, con carga uniforme o lineal y que el subsuelo es homogéneo y elástico, siendo así su aplicación limitada.

4.- Se recomienda la utilización del criterio de la “Teoría de la Viga Flotante” para definir la Rigidez y Flexibilidad de las plateas de cimentación, pues a través de su formulación se considera tanto el largo de la viga “L” (distancia entre los elementos verticales resistentes), el espesor de la platea “t”, la propiedad elástica del material de la platea “E – Modulo de Elasticidad”, propiedades del suelo a

través del Módulo de Reacción “Ks”, y por último en forma indirecta el ancho de la viga idealizada “B – Ancho de Franja” pues ello se usa para el cálculo del Factor de Amortiguamiento “ λ ”, mientras que el criterio de “Interacción con un Medio Elástico” no considera el Ancho “B” de la cimentación.

5.- Para la obtención de los valores del módulo de elasticidad “E”, módulo de corte “G”, entre otros valores para definir el suelo de fundación, se recomienda parametrizar de acuerdo al análisis al que se someterá el suelo de fundación en forma aislada o en conjunto con una estructura, en otras palabras parametrizar con ensayos estáticos (siendo válido las fórmulas que poseen una buena aproximación, recomendando siempre ensayos experimentales) para realizar un análisis estático, de igual forma parametrizar con ensayos dinámicos – geofísicos (siempre y cuando estas se validen su resultados con el respaldo de ensayos estáticos) para realizar un análisis dinámico.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Garza, L. Diseño de Estructuras de Cimentación. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Primera Edición: págs. 65-67.
2. PRECISIONES PARA EL EMPLEO DEL MÉTODO DEL MÓDULO DE BALASTO EN EDIFICACIÓN. Manuel J. Freiré Tellado, Arquitecto/ Dpto. de Tecnología de la Construcción. Univ. de A Coruña. Fecha de recepción: 29-VII-99. págs. 480-4.
3. TERZAGHI, KARL, Evaluation of Coefficients of Subgrade Reaction. Geotechnique, 1955, Vol. 5, n1 4, pp. 297-326.
4. Terzaghi, Karl Y Peck, Ralph B., Soil Mechanics in Engineering Practice. Wiley, New York, 1967. Version Española Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica. Editorial El Ateneo S.A. 1ª Ed: 1955. 2ª Ed.: 1973. págs. 279 y ss. / 484 y ss.
5. Prof. Ing. Augusto José Leoni. Parametrización de Suelos. Capítulo 2.3: Parametrización de Suelos Arcillosos y Capítulo 2.8: Suelos Granulares. Universidad Nacional de la Plata. La Plata - Argentina, 2013, pp. 18-21/65-68.
6. Dr. Ing. Fernando Muzás Labad. Considerations Regarding the Selection of Coefficients of Subgrade Reaction. “Suelos Arcillosos”. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid –España. Revista de Obras Públicas – Noviembre 2002, pp. 45-51.
7. Cerna, M. “Interacción Sísmica Suelo – Estructura en Edificaciones con Muros de Ductilidad Limitada sobre Plateas de Cimentación” Test. Magister en Ingeniería Civil. Universidad Privada Antenor Orrego, 2008.
8. Galicia, W. y J.R. León. “Interacción Sísmica Suelo – Estructura en edificaciones de Albañilería confinada con Plateas de Cimentación” Test. Magister en Ingeniería Civil. Universidad Privada Antenor Orrego, 2007.
9. Tuya, F. “Caracterización del Suelo con fines de Zonificación Geotécnica de la Ciudad de Huánuco” Test. Título profesional en Ingeniería Civil. Universidad Nacional Hermilio Valdizán, 2010.
10. Ruiz, M. “Cimentaciones Superficiales sobre Suelos de Baja Capacidad Portante” Test. Título profesional en Ingeniería Civil. Universidad Nacional Hermilio Valdizán, 1997.
11. Vela, A. “Microzonificación Sísmica de Huánuco – Distrito de Huánuco” Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniería Civil. Universidad Nacional Hermilio Valdizán, 1992.
12. Cachay, W. “Microzonificación Sísmica de Huánuco – Distrito de Amarilis” Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniería Civil. Universidad Nacional Hermilio Valdizán, 1992.

13. SlideShare. 2012. CD ROM en línea. Internet. 05 de Julio de 2012. Disponible: <http://es.slideshare.net/archieg/sistemas-estructurales-13553577>.
14. Suelos, Fundaciones y Muros. Capítulo 10: “Placas de Fundación”. Dr. María Graciela Fratelli. Caracas: Venezuela, 2013.
15. Interacción Sísmica Suelo-Estructura en Edificaciones con Zapatas Aisladas. “Modelos Dinámicos de Interacción Sísmica Suelo - Zapata Aislada - Superestructura”. Dr. Genner Villarreal Castro. Perú: Lima, 2009.
16. Introducción al Método de los Elementos Finitos. “Descripción General del Método de los Elementos Finitos y para para el Análisis de Elementos Finitos. Ing. Alfonso Cubillos. Colombia: Tolima, 2005.
17. Berrocal, José C. “Métodos Analíticos y Numéricos Aplicados al Diseño de Cimentaciones Superficiales Considerando su Interacción con el Suelo” Tesis para optar el Grado de Maestro en Ciencias con Mención en Ingeniería Geotécnica. Universidad Nacional de Ingeniería, 2013.
18. Coduto, Donald P. Foundation Design: Principles and Practices. Estados Unidos: Prentice Hall, 2001: págs. 360-362.
19. Phs. Genner V. 2015. Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=3q4HdSBx3mY&list=PLtlqewKyggifdMSniA2vhhLxpp106ixN> – en el minuto 22 y segundo 28 – INGENIEROS GEOTECNISTAS.
20. Reglamento Nacional de Edificaciones. “Norma E.020, Norma E.030, Norma E.050 y Norma E.060”. Perú: Megabyte, 2016.
21. Cimentaciones de Concreto Armado en Edificaciones. “Plateas de Cimentación”. Eduardo Gamio. Perú: ACI, 2013.
22. Ángel, S. Análisis de Edificios. Perú: Pontificie Universidad Católica del Perú, Primera Edición, 1998.
23. Bozzo, M. y L. Bozzo. Losas Reticulares Mixtas. Barcelona: Reverté S.A., 2003: pág. 50.
24. Guía para el Análisis de Estructuras de Mampostería. “Descripción General del Método de los Elementos Finitos y para el Análisis de Elementos Finitos. Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural. México, septiembre del 2005: Pág. 104.
25. Revista de Obras Públicas. “La Rigidez de las Cimentaciones Superficiales / Capítulo 4: Criterio de Interacción con un Medio Elástico”. Dr. Muzás Labad. España: Madrid, marzo del 2002/ N° 3.419: Pág. 27 a 33.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANEXO 2: PLANO EN PLANTA DEL ALIGERADO DE LA TORRE 5 DE LA RESIDENCIAL SAN FRANCISCO

ANEXO 3: FICHA TÉCNICA DE TANQUES DE POLIETILENO PARA AGUA – ETERNIT

ANEXO 4: ESPECTRO E030.2016

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

**ANEXO 2: PLANO EN PLANTA DEL ALIGERADO DE LA TORRE
5 DE LA RESIDENCIAL SAN FRANCISCO**
(Se encuentra en el CD-ROM de la presente Tesis)

**ANEXO 3: FICHA TÉCNICA DE TANQUES DE POLIETILENO
PARA AGUA – ETERNIT**

ANEXO 4: ESPECTRO E030.2016