



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Influencia del tanque elevado en la respuesta sísmica de edificaciones
aporticadas de concreto armado, Pueblo libre, Lima - 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

CESAR BLADIMIR RIVERA ASTO

ASESOR:

ING. LUIS G. QUIROZ TORRES, PhD.

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL

LIMA- PERÚ

2018

El **Jurado** encargado de evaluar la tesis presentada por don (ña)

CESAR BLADIMIR RIVERA ASTO

cuyo título es:

**“INFLUENCIA DEL TANQUE ELEVADO EN LA RESPUESTA SÍSMICA DE EDIFICACIONES
 APORTICADAS DE CONCRETO ARMADO, PUEBLO LIBRE, LIMA – 2018”**

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:

..... 14 (número) Catorce (letras).

Lugar y fecha..... Lima, 15 de Diciembre 2018

.....
PRESIDENTE

 Dr. Gerardo Enrique Cancho Zuñiga

.....
SECRETARIO

 Mg. Rodolfo Ricardo Marquina Callacna

.....
VOCAL

 Dr. Luis Gabriel Quiroz Torres

NOTA: En el caso de que haya nuevas observaciones en el informe, el estudiante debe levantar las observaciones para dar el pase a Resolución.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

DEDICATORIA

A mi familia por su apoyo incondicional, debido a que fueron mi principal motivación en el transcurso del desarrollo de mi vida profesional, por haberme dado el amor y la calidez dentro de un hogar.

A mis abuelos que siempre creen en mis logros y apoyarme en todo lo necesario para cumplir mis propositos como estudiante y persona.

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme la salud y las fuerzas para concluir con este proyecto muy importante en mi vida profesional, por poner en mi camino a personas grandes que supieron orientarme y que apesar de las dificultades del camino nunca perdi su apoyo.

A agradecer a mi familia por todo su apoyo y consideración.

Al Ing. Luis Gabriel Quiroz Torres por el apoyo, la confianza depositada hacia mi persona.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Rivera Asto Cesar Bladimir, estudiante de la Facultad De Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 71662101, con la tesis titulada “ Influencia del Tanque Elevado en la Respuesta Sísmica de Edificaciones Aporticadas de Concreto Armado, Pueblo Libre, Lima - 2018 ” declaro bajo juramento que:

- 1) La tesis es de mi autoría.
- 2) He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
- 3) La tesis no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar a autores), auto plagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad César Vallejo.

Lima, 15 de diciembre del 2018



Rivera Asto Cesar Bladimir

DNI N° 71662101

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento a las normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, para optar el grado de Ingeniero Civil, pongo a vuestra consideración la Tesis titulada “ Influencia del sistema de tanque elevado en la respuesta sísmica de edificaciones aporticadas de concreto armado en Pueblo Libre - 2018 ”.

Los capítulos y contenidos que se desarrollan son los siguientes:

- I. Introducción
 - II. Método
 - III. Resultados
 - IV. Discusión
 - V. Conclusiones
 - VI. Recomendaciones
- Referencias Bibliográficas
- Anexos

RIVERA ASTO, Cesar Bladimir

ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	V
PRESENTACIÓN.....	VI
RESUMEN.....	XIX
ABSTRACT.....	XX
I. INTRODUCCIÓN.....	21
1.1 Realidad Problemática.....	22
1.2 Trabajos Previos.....	25
1.2.1 Antecedentes Internacionales.....	25
1.2.2 Antecedentes Nacionales.....	28
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	31
1.3.1 Sistema de Tanque Elevado.....	31
1.3.1.1. Tipos de Tanques Elevados.....	32
1.3.1.2 Funciones y Características.....	34
1.3.1.3 Almacenamiento y Dotaciones según el tipo de Edificación.....	35
1.3.1.4 Cargas.....	36
1.3.2 Respuesta Sísmica.....	37
1.3.2.1 Sistemas un Grado de Libe.....	38
1.3.2.2 Equilibrio de Fuerza Internas y Externas.....	39
1.3.2.3 Excitación Sísmica.....	40
1.3.2.4 Análisis Modal de la Respuesta Sísmica.....	41
1.3.2.5 Análisis Espectral.....	43
1.3.2.6 Espectro de Respuesta.....	43

1.4	Metodología de Análisis Sísmico	45
1.4.1	Factores en la acción Sísmica para el Análisis Estructural.....	45
1.4.2	Consideraciones Generales para el Análisis	48
1.4.3	Elementos No Estructurales, Apéndices y Equipos.....	49
1.5	Formulación del Problema.....	51
1.5.1	Problema General	51
1.5.2	Problemas Específicos	51
1.6	Justificación del Estudio	51
1.6.1	Justificación Económico	51
1.6.2	Justificación Técnica	51
1.6.3	Justificación Social	51
1.7	Hipótesis	52
1.7.1	Hipótesis General.....	52
1.7.2	Hipótesis Específicas	52
1.8	Objetivo	52
1.8.1	Objetivos General	52
1.8.2	Objetivos Específicos	52
2.1	Diseño, Tipo y Nivel de Investigación	54
2.1.1	Diseño de Investigación.....	54
2.1.2	Tipo de Investigación	54
2.1.3	Nivel De Investigación	54
2.2	Variables, Operacionalización	55
2.2.1	Definición Conceptual.....	55
2.2.2	Definición Operacional.....	55
2.3	Población, Muestra y Muestreo	58
2.3.1	Población	58
2.3.2	Muestra	58

2.3.3	Muestreo	58
2.3.3.1	Tipo.....	58
2.3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	59
2.3.4.1	Técnicas	59
2.3.4.2	Instrumento	59
2.3.5	Validez.....	59
2.3.6	Confiabilidad	60
2.6	Métodos de análisis de datos	60
III.	RESULTADOS	61
3.1	Estructuras a Analizar.....	62
3.1.1	Modelos Estructurales	63
3.1.2	Determinación de las Propiedades del Sistema de Tanque Elevado	67
3.2	Análisis estructural	70
3.2.1	Proceso del Análisis Estructural sin Sistema de Tanque Elevado.....	71
3.2.2	Procesos del Análisis Estructural con sistema de Tanque Elevado	73
3.2.2.1	Calculo de la Fuerza Horizontal Mínima para Elementos no Estructurales	78
3.3	Respuesta del Análisis Estructural.....	78
3.3.1	Periodos Fundamentales	78
3.3.1.1	Estructuras Sin Sistema de Tanque Elevado	78
3.3.1.2	Modos de Vibración	79
3.3.1.3	Estructuras Con Sistema de Tanque Elevado	86
3.3.1.4	Comparación de los Resultados del Periodo Fundamental.....	87
3.3.2	Fuerza Cortante.....	91
3.3.2.1	Estructuras Sin Sistema de Tanque Elevado	91
3.3.2.2	Estructuras Con Sistema de Tanque Elevado	93
3.3.2.3	Comparación de los Resultados de Fuerza Cortante Máxima.....	95
3.3.3	Distorsiones Máximas	98

3.3.3.1 Estructuras Sin Sistema de Tanque Elevado	98
3.3.3.2 Estructuras Con Sistema de Tanque Elevado	102
3.3.3.4 Comparación de los Resultados en las Distorsiones de las Estructuras	108
3.3.4 Aceleraciones de Piso	111
3.3.4.1 Estructuras Sin Sistema de Tanque Elevado	111
3.3.4.2 Estructuras Con Sistema de Tanque Elevado	113
3.3.4.3 Comparación de los Resultados de las Aceleraciones Máximas	118
3.3.5 Ensayo Experimental de Microtremors	121
3.5.1 Nombre y Ubicación del Proyecto.....	122
3.5.2 Especificaciones	122
3.5.3 Trabajo en Campo.....	123
3.5.3.1 Procedimientos del Método de Medición	125
3.5.4 Trabajo de Gabinete.....	128
3.5.4.1 Procesamiento de Datos con Señales del Microtremors	129
3.5.5 Resultados del Ensayo de Microtremors	132
IV. DISCUSIÓN.....	136
V. CONCLUSIONES	139
VI. RECOMENDACIONES	141
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	143
ANEXOS	147

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Uso, Dotación y Consumo	36
Tabla 2. Categoría de uso C (Edificaciones Comunes) E 0.30	47
Tabla 3. Sistema Estructural Aporticado en donde $R_0 = 8$	47
Tabla 4. Límites para la distorsión del entrepiso	49
Tabla 5. Valores para el tipo de elemento no estructural	50
Tabla 6. Cálculo de dotaciones para viviendas multifamiliares	67
Tabla 7. Descripción de las características de modelo 1	68
Tabla 8. Descripción de las características de modelo 2	69
Tabla 9. Descripción de las características de modelo 3	70
Tabla 10. Fuerza Horizontal en el Tanque Elevado	78
Tabla 11. Período Fundamental de las estructuras de 4 niveles	78
Tabla 12. Período Fundamental de las estructuras de 6 niveles	78
Tabla 13. Período Fundamental de las estructuras de 8 niveles	78
Tabla 14. Masa Participativa en cada modo de la estructura 3X3Y - 4N	79
Tabla 15. Masa Participativa en cada modo de la estructura 3X5Y - 4N	80
Tabla 16. Masa Participativa en cada modo de la estructura 3X7Y - 4N	81
Tabla 17. Masa Participativa en cada modo de la estructura 3X3Y - 6N	81
Tabla 18. Masa Participativa en cada modo de la estructura 3X5Y - 6N	82
Tabla 19. Masa Participativa en cada modo de la estructura 3X7Y - 6N	83
Tabla 20. Masa Participativa en cada modo de la estructura 3X3Y - 8N	83
Tabla 21. Masa Participativa en cada modo de la estructura 3X5Y - 8N	84
Tabla 22. Masa Participativa en cada modo de la estructura 3X7Y - 8N	85
Tabla 23. Período Fundamental de las estructuras de 4 niveles con T.E.	86
Tabla 24. Período Fundamental de las estructuras de 6 niveles con T.E.	86
Tabla 25. Período Fundamental de las estructuras de 8 niveles con T.E.	86
Tabla 26. Comparación de los resultados del período fundamental 4N-20	87
Tabla 27. Comparación de los resultados del período fundamental 4N-40	87
Tabla 28. Comparación de los resultados del período fundamental 4N-60	87
Tabla 29. Comparación de los resultados del período fundamental 6N-20	88
Tabla 30. Comparación de los resultados del período fundamental 6N-40	88
Tabla 31. Comparación de los resultados del período fundamental 6N-60	88
Tabla 32. Comparación de los resultados del período fundamental 8N-20	89

Tabla 33. Comparación de los resultados del periodo fundamental 8N-40.....	89
Tabla 34. Comparación de los resultados del periodo fundamental 8N-60.....	90
Tabla 35. Respuesta de Fuerza Cortante - 4N	91
Tabla 36. Respuesta de Fuerza Cortante - 6N	91
Tabla 37. Respuesta de Fuerza Cortante - 8N	91
Tabla 38. Respuesta de Fuerza Cortante 4N-20	93
Tabla 39. Respuesta de Fuerza Cortante 4N-40	93
Tabla 40. Respuesta de Fuerza Cortante 4N-60	94
Tabla 41. Respuesta de Fuerza Cortante 6N-20	94
Tabla 42. Respuesta de Fuerza Cortante 6N-40	94
Tabla 43. Respuesta de Fuerza Cortante 6N-60	94
Tabla 44. Respuesta de Fuerza Cortante 8N-20	95
Tabla 45. Respuesta de Fuerza Cortante 8N-40	95
Tabla 46. Respuesta de Fuerza Cortante 8N-60	95
Tabla 47. Comparación de los resultados de Fuerza Cortante 4N-20	95
Tabla 48. Comparación de los resultados de Fuerza Cortante 4N-40	96
Tabla 49. Comparación de los resultados de Fuerza Cortante 4N-60	96
Tabla 50. Comparación de los resultados de Fuerza Cortante 6N-20	96
Tabla 51. Comparación de los resultados de Fuerza Cortante 6N-40	97
Tabla 52. Comparación de los resultados de Fuerza Cortante 6N-60	97
Tabla 53. Comparación de los resultados de Fuerza Cortante 8N-20	97
Tabla 54. Comparación de los resultados de Fuerza Cortante 8N-40	98
Tabla 55. Comparación de los resultados de Fuerza Cortante 8N-60	98
Tabla 56. Respuesta de Distorsiones Máximas - 4N	99
Tabla 57. Respuesta de Distorsiones Máximas - 6N	99
Tabla 58. Respuesta de Distorsiones Máximas - 8N	99
Tabla 59. Distorsiones máximas 4 niveles en dirección X-Y	100
Tabla 60. Distorsiones máximas 6 niveles en dirección X-Y	100
Tabla 61. Distorsiones máximas 8 niveles en dirección X-Y	100
Tabla 62. Respuesta de Distorsiones Máximas 4N-20	102
Tabla 63. Respuesta de Distorsiones Máximas 4N- 40	102
Tabla 64. Respuesta de Distorsiones Máximas 4N- 60	102
Tabla 65. Distorsiones máximas 4N-20 en dirección X-Y.....	103

Tabla 66. Distorsiones máximas 4N-40 en dirección X-Y.....	103
Tabla 67. Distorsiones máximas 4N-60 en dirección X-Y.....	103
Tabla 68. Distorsiones máximas 6N-20 en dirección X-Y.....	104
Tabla 69. Distorsiones máximas 6N-40 en dirección X-Y.....	105
Tabla 70. Distorsiones máximas 6N-60 en dirección X-Y.....	105
Tabla 71. Distorsiones máximas 8N-20 en dirección X-Y.....	106
Tabla 72. Distorsiones máximas 8N-40 en dirección X-Y.....	106
Tabla 73. Distorsiones máximas 8N-60 en dirección X-Y.....	106
Tabla 74. Comparación de los resultados de Distorsiones Máximas 4N-20	108
Tabla 75. Comparación de los resultados de Distorsiones Máximas 4N-40	108
Tabla 76. Comparación de los resultados de Distorsiones Máximas 4N-60	108
Tabla 77. Comparación de los resultados de Distorsiones Máximas 6N-20	109
Tabla 78. Comparación de los resultados de Distorsiones Máximas 6N-40	109
Tabla 79. Comparación de los resultados de Distorsiones Máximas 6N-60	109
Tabla 80. Comparación de los resultados de Distorsiones Máximas 8N-20	110
Tabla 81. Comparación de los resultados de Distorsiones Máximas 8N-40	110
Tabla 82. Comparación de los resultados de Distorsiones Máximas 8N-60	110
Tabla 83. Respuesta de Aceleraciones Máximas - 4N.....	111
Tabla 84. Respuesta de Aceleraciones Máximas - 6N.....	111
Tabla 85. Respuesta de Aceleraciones Máximas - 8N.....	111
Tabla 86. Respuesta de Aceleraciones Máximas 4N-20.....	113
Tabla 87. Respuesta de Aceleraciones Máximas 4N-50.....	113
Tabla 88. Respuesta de Aceleraciones Máximas 4N-60.....	113
Tabla 89. Respuesta de Aceleraciones Máximas 6N-20.....	114
Tabla 90. Respuesta de Aceleraciones Máximas 6N-40.....	115
Tabla 91. Respuesta de Aceleraciones Máximas 6N-60.....	115
Tabla 92. Respuesta de Aceleraciones Máximas 8N-20.....	116
Tabla 93. Respuesta de Aceleraciones Máximas 8N-40.....	116
Tabla 94. Respuesta de Aceleraciones Máximas 8N-60.....	116
Tabla 95. Comparación de los resultados de Aceleraciones Máximas 4N-20.....	118
Tabla 96. Comparación de los resultados de Aceleraciones Máximas 4N-40.....	118
Tabla 97. Comparación de los resultados de Aceleraciones Máximas 4N-60.....	118
Tabla 98. Comparación de los resultados de Aceleraciones Máximas 6N-20.....	119

Tabla 99. Comparación de los resultados de Aceleraciones Máximas 6N–40.....	119
Tabla 100. Comparación de los resultados de Aceleraciones Máximas 6N–60	119
Tabla 101. Comparación de los resultados de Aceleraciones Máximas 8N–20	120
Tabla 102. Comparación de los resultados de Aceleraciones Máximas 8N–40	120
Tabla 103. Comparación de los resultados de Aceleraciones Máximas 8N–60	120
Tabla 104. Resultados de las Frecuencias en el Ensayo Microtremors.....	135

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Daño en tanque elevado de agua en la parte de Azotea	22
Figura 2. Fallas en la base del fuste del tanque, Edificio del departamento de Enace.....	23
Figura 3. Concentraciones de masa, tales como tanques elevados sobre Hospitales	24
Figura 4. Fallas en la base del tanque, Edificio del departamento “El Corregidor”	28
Figura 5. Esquema Arquitectonico de un Tanque elevado.	31
Figura 6. Esquema estructural de un tanque elevado.	32
Figura 7. Sistema de un grado de libertad	38
Figura 8. Diagrama de un cuerpo libre.....	38
Figura 9. Diagrama de fuerzas internas se encuentran en una sección.	39
Figura 10. Edificio de N pisos sometido a cargas externas.	39
Figura 11. Edificio de N pisos sometido a cargas externas.	40
Figura 12. Diagrama de cuerpo libre del la figura 3.....	40
Figura 13. Ejemplo de un edificio de 5 pisos.	43
Figura 14. Zonificación Sismica	45
Figura 15. Esquema de distribución de modelos	62
Figura 16. Configuración 3X3Y.....	63
Figura 17. Configuración 3X5Y.....	63
Figura 18. Configuración 3X7Y.....	63
Figura 19. Modelo de Estructura Regular en elevación 3X3Y – 4N	64
Figura 20. Modelo de Estructura Regular en elevación 3X5Y-4N.....	65
Figura 21. Modelo de Estructura Regular en elevación 3X7Y - 4N.....	65
Figura 22. Sistema de Tanque Elevado (Modelo 1)	69
Figura 23. Sistema de Tanque Elevado (Modelo 2)	69
Figura 24. Sistema de Tanque Elevado (Modelo 3)	70
Figura 25. Espectro de Respuesta de Diseño	72
Figura 26. Piso superior “Tanque Elevado”	73
Figura 27. Nuevas propiedades para el concreto y acero del tanque elevado	74
Figura 28. Los valores de peso del material no son considerados.....	74
Figura 29. Elementos estructurales “Columna Tanque” y “Viga Taque”	75
Figura 30. Asignación del tipo de material para cada elemento	75
Figura 31. Elemento estructural Muro tanque	76
Figura 32. Masa adicional en el “joint 1” de la losa inferior del Tanque Elevado.....	76

Figura 33. Valores del 20%, 40% y 60% del peso del ultimo nivel para el modelo 3X7Y – 6 niveles	77
Figura 34. Activar la función Additional Mass dentro de las masas que analizara el ETABS	77
Figura 35. Presentación grafica de periodos (Ts) según los niveles de la edificación.....	79
Figura 36. Modo2=0.449 en 4N-3X3Y	80
Figura 37. Modo1=0.481 en 4N-3X3Y	80
Figura 38. Modo2=0.458 en 4N-3X5Y	80
Figura 39. Modo1=0.459 en 4N-3X5Y	80
Figura 40. Modo1=0.424 en 4N-3X7Y	81
Figura 41. Modo2=0.385 en 4N-3X7Y	81
Figura 42. Modo2=0.647 en 6N-3X3Y	82
Figura 43. Modo1=0.692 en 6N-3X3Y	82
Figura 44. Modo2=0.663 en 6N-3X5Y	82
Figura 45. Modo1=0.669 en 6N-3X5Y	82
Figura 46. Modo1=0.634 en 6N-3X7Y	83
Figura 47. Modo2=0.568 en 6N-3X7Y	83
Figura 48. Modo1=0.905 en 8N-3X3Y	84
Figura 49. Modo2=0.854 en 8N-3X3Y	84
Figura 50. Modo2=0.87 en 8N-3X5Y	84
Figura 51. Modo1=0.884 en 8N-3X5Y	84
Figura 52. Modo2=0.752 en 8N-3X7Y	85
Figura 53. Modo1=0.848 en 8N-3X7Y	85
Figura 54. Grafica de Periodos Fundamentales de las estructuras con T.E.	86
Figura 55. Comparación de periodos en según el P.T.E - 4 niveles	88
Figura 56. Comparación de periodos en según el P.T.E - 6 niveles	89
Figura 57. Comparación de periodos en según el P.T.E - 8 niveles	90
Figura 58. Grafica de Resultado de Fuerzas Cortantes - 4 niveles	92
Figura 59. Grafica de Resultado de Fuerzas Cortantes - 4 niveles	92
Figura 60. Grafica de Resultado de Fuerzas Cortantes - 8 niveles	93
Figura 61. Comparación de Fuerza Cortante según el P.T.E - 4 niveles	96
Figura 62. Presentación grafica de Fuerzas Cortantes en 6 Niveles	97
Figura 63. Presentación grafica de Fuerzas Cortantes en 8 Niveles	98

Figura 64. Grafica de distorsiones máximas (Drift) en 4 Niveles – DX	101
Figura 65. Grafica de distorsiones máximas (Drift) en 6 Niveles – DX	101
Figura 66. Grafica de distorsiones máximas (Drift) en 8 Niveles – DX	101
Figura 67. Grafica de distorsiones máximas (Drift) 4niveles–3X3Y.....	103
Figura 68. Grafica de distorsiones máximas (Drift) 4 niveles–3X5Y.....	104
Figura 69. Grafica de distorsiones máximas (Drift) 4 niveles–3X7Y.....	104
Figura 70. Grafica de distorsiones máximas (Drift) 6 niveles–3X3Y.....	105
Figura 71. Grafica de distorsiones maximas (Drift) 6 niveles–3X5Y	105
Figura 72. Grafica de distorsiones máximas (Drift) 6 niveles–3X7Y.....	106
Figura 73. Grafica de distorsiones máximas (Drift) 8 niveles–3X3Y.....	107
Figura 74. Grafica de distorsiones máximas (Drift) 8 niveles–3X5Y.....	107
Figura 75. Grafica de distorsiones máximas (Drift) 8 niveles–3X7Y.....	107
Figura 76. Comparación de Distorsiones Máximas según el P.T.E - 4 niveles.....	108
Figura 77. Comparación de Distorsiones Máximas según el P.T.E - 6 niveles.....	109
Figura 78. Comparación de Distorsiones Máximas según el P.T.E - 8 niveles.....	110
Figura 79. grafica de Aceleraciones (m/seg ²) en 4 Niveles – DX	112
Figura 80. grafica de Aceleraciones (m/seg ²) en 6 Niveles – DX	112
Figura 81. grafica de Aceleraciones (m/seg ²) en 8 Niveles – DX	112
Figura 82. Grafica de Aceleraciones maximas 4 niveles–3X3Y	113
Figura 83. Grafica de Aceleraciones máximas 4 niveles–3X5Y.....	114
Figura 84. Grafica de Aceleraciones máximas 4 niveles–3X7Y.....	114
Figura 85. Grafica de Aceleraciones máximas 6 niveles–3X3Y.....	115
Figura 86. Grafica de Aceleraciones maximas 6 niveles–3X5Y	115
Figura 87. Grafica de Aceleraciones máximas 8 niveles–3X7Y.....	116
Figura 88. Grafica de Aceleraciones máximas 8 niveles–3X3Y.....	117
Figura 89. Grafica de Aceleraciones máximas 8 niveles–3X5Y.....	117
Figura 90. Grafica de Aceleraciones máximas 8 niveles–3X7Y.....	117
Figura 91. Comparación de Aceleraciones Máximas según el P.T.E - 4 niveles	118
Figura 92. Comparación de Aceleraciones Máximas según el P.T.E - 6 niveles	119
Figura 93. Comparación de Aceleraciones Máximas según el P.T.E - 8 niveles	120
Figura 94. Representacion graficas del ensayo microtremors	121
Figura 95. Muros aislados con junta de dilatación.....	122
Figura 96. Juntas de dillatación en edificación aporticada.....	122

Figura 97. Vivienda Multifamiliar - Proyecto Tambo 2	123
Figura 98. Puntos de Evaluación del Ensayo Microtremors.....	123
Figura 99. Sismografo Lennartz.....	124
Figura 100. Digitalizador 130s REFTEK de 3 Canales	124
Figura 101. Brujula de orientación	124
Figura 102. Antena de recepción de Coordenadas y Tiempo	124
Figura 103. Bateria de 12v que alimenta al Digitalizador.....	125
Figura 104. Equipo movil Iphone 6 Apple	125
Figura 105. Software GEOPSY para procesamiento de datos ASCII.....	128
Figura 106. Software iFSC.....	128
Figura 107. Datos obtenidos del Ensayo Microtremos	129
Figura 108. Datos mostrados en software Excel.....	129
Figura 109. Importacion de datos a GEOPSY	130
Figura 110. Importacion de datos a GEOPSY.....	130
Figura 111. Herramienta H/V para el análisis	131
Figura 112. Respuesta de Frecuencia predominante	131
Figura 113. Esquema de Resultados y Modo de evaluación del ensayo	132
Figura 114. Frecuencia = 7.48 en el Dirección Norte - 3 nivel.....	132
Figura 115. Frecuencia = 7.48 en el Dirección Norte - 3 nivel.....	133
Figura 116. Frecuencia = 13.70 en el Dirección Este - 5 nivel.....	133
Figura 118. Frecuencia = 1.45 en el Dirección Norte - 1 nivel.....	134
Figura 117. Frecuencia = 7.49 en el Dirección Este - 3 nivel.....	134
Figura 119. Frecuencia = 1.45 en el Dirección Norte - 1 nivel.....	135

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal determinar la influencia del sistema de tanque elevado en la respuesta sísmica de edificaciones aporticadas de concreto armado en Pueblo Libre, Lima 2018. La población de esta investigación serán las estructuras de concreto armado con y sin sistema de tanque elevado y se toma como muestra no probabilísticas a las edificaciones de 4, 6 y 8 niveles, haciendo mayor enfoque a la investigación. Se manipulo la variable independiente con características en el sistema de tanque elevado sobre las estructuras, buscando conocer el nivel de influencia hacia la variable dependiente mediante una metodología de diseño experimental y un nivel de investigación correlacional. El sistema de tanque elevado que actúa sobre la edificación de estudio es considerado un elemento no estructural, al cual se le conoce como apéndice o amortiguador de masa sintonizada debido a su masa concentrada, esta estará ubicada en la parte superior de la edificación la cual tendrá porcentajes de peso en función al último nivel de la estructura. Las estructuras de estudio tendrán diferentes configuraciones, buscando ampliar el rango de respuestas sísmicas para la investigación.

Según los resultados obtenidos en la presente investigación, se obtuvo que la respuesta sísmica en los periodos, las aceleraciones de piso y las distorsiones de entre piso se reducen variando el porcentaje del peso en el tanque elevado entre el 20%, 40% y 60% en relación peso del ultimo nivel, reduciendo así hasta un 8.4% en las distorsiones máximas y 17.50% para las aceleraciones máximas. El periodo se incrementa respectivamente debido a que el tanque elevado trabaja como un disipador de energía (TMD), el cual cuenta con masa y rigidez. Se concluye que los resultados obtenidos muestran que existe una influencia favorable en la respuesta sísmica de las edificaciones aporticadas de concreto armado debido al sistema de tanque elevado.

Palabras claves: Estructura, Análisis Dinámico Modal Espectral, Amortiguador de masa sintonizado, respuesta sísmica, Elementos no estructurales.

ABSTRACT

The main objective of this research is to determine the influence of the elevated tank system on the seismic response of reinforced concrete buildings in Lima 2018. The population of this investigation will be the reinforced concrete structures with and without elevated tank system and as non-probabilistic sample to the buildings of 4, 6 and 8 levels, making greater focus to the investigation. The independent variable was manipulated as characteristics in the elevated tank system of the structures seeking to know the level of influence towards the dependent variable through an experimental design methodology and a level of correlational research. The elevated tank system acting on the study building is considered a non-structural element which is known as appendix or mass absorber tuned because of its concentrated mass, it will be located in the upper part of the building which will have percentages of weight based on the last level of the structure. The study structures will have different configurations, seeking to expand the range of simian responses for research.

According to the results obtained from the present investigation, we obtained that the seismic response in the periods, the maximum accelerations of floor and the distortions of the floor are reduced by varying the percentage of the weight in the elevated tank with 20, 40 and 60 percent to the weight of the last level, thus reducing up to 8.4% in the maximum distortions and 17.50% for the maximum accelerations. The period increases respectively because the elevated tank works as a TMD energy dissipater, which has mass and rigidity. It is concluded that the results obtained show that there is a favorable influence on the seismic response of the constructed buildings of reinforced concrete due to the elevated tank system.

Keywords: Structure, Dynamic Modal Spectral Analysis, Tuned mass absorber, seismic response, Non-structural elements.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

El terremoto ocurrido en Pisco en el año 2007 dejó graves consecuencias en la Provincia de Ica, afectando a las estructuras de suma importancia como lo fue el Hospital Regional. Algunos ambientes dentro del Hospital sufrieron daños estructurales en los muros y columnas; los Centros de Hospitalización, servicios de cocina, lavandería y cuartos de máquinas quedaron totalmente inhabilitados para sus funciones. El sistema de tanque de agua colapsó inundando gran parte del edificio. La mayor parte sobre el equipamiento médico y quirúrgico quedó inutilizado, incluyendo las camas hospitalarias y múltiples accesorios. Como medida de urgencia se ordenó inmediatamente la reconstrucción del Centro Hospitalario ya que la magnitud del terremoto dañó la estructura en forma severa. El Hospital Básico Renato uno de los tantos edificios que brinda el soporte para trámites administrativos, documentación de archivos, así como consultas externas quedó con múltiples daños estructurales. Las columnas que soportaban el tanque de agua en la edificación se fracturaron, sistemas como los de distribución del agua y drenaje de las aguas servidas presentaron fallas. (Organización Panamericana de la salud, 2010, pág. 48).



Figura 1. Daño en tanque elevado de agua en la parte de Azotea
Fuente: (KUROIWA, Julio, 2016, p.47)

Para los habitantes es de suma importancia la función de almacenar agua, ya que es considerado un líquido sumamente necesario para el desarrollo de la vida cotidiana. Ante un desastre natural como el sismo, el tanque elevado de agua en las edificaciones es de vital importancia. Momentos de desesperación y angustia sintieron los pobladores luego que se suspendiera el servicio de agua por un período de tiempo, debido a los daños estructurales que se presentó en el sistema de tanque elevado ocasionado por el sismo ocurrido en el año 2001 en la ciudad de Arequipa. En el diseño sismo-resistente se menciona evitar el colapso de la estructura ante un sismo severo; y, por otra parte, que no presente daños ante un sismo moderado, estas definiciones se encuentran dentro de los objetivos de la RNE (reglamento nacional de edificaciones). Sin embargo, el sismo ocurrido en la ciudad de Arequipa en el 2001 dejó como consecuencias el colapso de la torre de la Catedral, así como también el de tanques de concreto armado que servían para el abastecimiento de agua en las edificaciones. Los tanques elevados de agua en los condominios habitacionales: El Corregidor y Enace, ubicados uno en el distrito de José Bustamante y el otro en la ciudad de Mollendo; ambos pertenecientes al departamento de Arequipa, los cuales sufrieron daños en la base que sirve como apoyo de la estructura. (ACONEIRA, Bach. 2017, pág. 01).



Figura 2. Fallas en la base del fuste del tanque, Edificio del departamento de Enace.
Fuente: (ANCONEIRA, Bach ,2017)

Los tanques elevados son estructuras esenciales para la distribución de la red de agua y también para el abastecimiento. Según la cantidad de masa de agua que se encuentre en la parte superior de la estructura podrá llegar a ser considerada una construcción de tipo péndulo invertido debido a las fuerzas laterales que actúan sobre la estructura.

Las columnas que sirven como sección de apoyo actúan soportando el peso de la estructura. “Cualquier daño a la puesta en escena en esta sección crítica debe considerarse alarmante, ya que puede socavar seriamente su capacidad de carga lateral”. (Raí, 2003, pág. 422). Un acontecimiento importante, fue el colapso del tanque elevado de agua ubicado en el pueblo de Chobari, que estuvo en el tramo epicentral del terremoto ocurrido en Bhuj en el año 2001, también muchos tanques de agua escaparon del terremoto con grietas de flexión de menores a severas.

Asimismo, luego del sismo en Pisco del año 2007 (Perú), aproximadamente 4 sistemas de tanques elevados que contenían en su totalidad una capacidad de almacenamiento de 3070 m³ paralizaron su función, ya que mostraron grandes daños en los soportes que los sostenían (Kuroiwa, 2012).

En la normativa ACI 350, donde se hace una mención peculiar para estructuras especiales que sirvan como abastecimiento de agua o cualquier otro tipo de líquido en su interior, esto es debido a que sus comportamientos dinámicos varían al momento de suscitarse un fenómeno de vibración. La consecuencia debido a un sismo severo se presenta en la figura 2. La OPS (Organización Panamericana de la Salud) consideró para ese tipo de falla una concentración de masas en el último nivel. La normativa menciona que, al momento de ocurrir un fenómeno de vibración, el comportamiento dinámico se presenta de manera muy compleja ante este fenómeno; sin embargo, estructuras nuevas, así como ya existentes cuentan con una propuesta de evaluación de diseño por parte de la normativa.



Figura 3. Concentraciones de masa, tales como tanques elevados sobre Hospitales
Fuente: (Organización Panamericana de la salud, 2004, pág.47).

:

1.2 Trabajos Previos

1.2.1 Antecedentes Internacionales

Dentro de los antecedentes internacionales podemos encontrar a:

- a. SANDHYA, Rani, SRINIVAS, Reddy y KOTI, Reddy. Time history analysis of building structures with water tank as passive tuned mass damper. Revista Internacional de Investigación de Ingeniería y Tecnología (IRJET), 04(01): 84-90, Febrero - 2015.
ISSN: 2319 - 1163

Los tanques elevados de agua son parte integral de todos los edificios e imparten una gran carga muerta sobre la estructura dependiendo de su capacidad de uso. Esta masa adicional se puede utilizar como TMD (amortiguador de masa sintonizado) para absorber la energía extra impartida en la estructura durante los terremotos o sismos. La parte primordial fue el control de respuesta sísmica de las estructuras mediante el uso de TMD, el cual se consideró para ese estudio. Un TMD es un mecanismo que consiste en una masa, un resorte y también un amortiguador que se encuentra unida a una estructura, con el propósito de reducir la respuesta dinámica. El objetivo principal de ese proyecto fue encontrar la reducción de respuesta sísmica de las estructuras la cual estaba sometida a diversos datos de terremotos, con diferentes relaciones de masa. El análisis se realizó para edificios de 5 pisos y 10 pisos con y sin tanque de agua adicionándole diferentes relaciones de masa que varían de 5 a 25%. El tanque de agua se colocó en el centro y otros en las esquinas extremas del edificio, además se diseñaron las columnas del tanque con alturas variables entre 2 mt, 3 mt y 3.5 mt. Fueron utilizados 3 tipos de datos de terremotos entre ellos (El Centro, N. Palm y Uttarkashi). Por otra parte, el análisis tiempo - historia se realizó utilizando el software SAP 2000.

Los resultados mostraron que al ajustar los parámetros del diseño del tanque de agua se puede usar como TMD pasivo para reducir la respuesta sísmica. En la mayoría de los casos demostraron que los resultados son apreciables cuando el tanque de agua se coloca en el centro del edificio, como se presentó en el modelo para columnas con 3 mt de altura y con 20% de relación de masa.

- b.** YOGESH S. Shejul. Time History Analysis of Structure having Water Tank at the Top of Building Acting as a Tuned Liquid Damper. Revista Internacional de Investigación de Ingeniería y Tecnología (IRJET), 04(13): 484-499, diciembre 2015.
ISSN: 2319 – 1163

El depósito de tanque elevado sobre la cima del edificio y el piso intermedio fue encontrado como un mecanismo eficaz TMD (amortiguador de masa sintonizado), considerando el período de tiempo, la base esquila y el flujo de piso. La utilidad del TMD es considerada cuando la proporción de masas del TMD este en medio del 3 al 5% en función a la masa total de un piso del edificio. Se modeló un sistema TMD adecuado (tanque de agua como una masa concentrada sin efecto de derrame) en la planta superior e intermedia del edificio. Se utilizó una muestra de una edificación, entre los cuales se consideraron: edificios rectangulares con irregularidades verticales de 6 pisos, con una relación de altura/profundidad (H/D).

El autor estudio la posibilidad de implementar un tanque de agua como amortiguador pasivo de masa sintonizada para una estructura de 6 pisos, sometiéndolo a movimientos sísmicos en el suelo y variando la posición del tanque de agua en la parte superior central, al centro e inferior central del edificio con una profundidad de agua en el tanque elevado que varía de vacío a medio lleno y lleno completo. La evaluación del comportamiento sísmico de las estructuras que tienen un tanque de agua como amortiguador de masa sintonizado fue la del método de análisis Tiempo - Historia estado no lineal bajo efectos de registros sísmicos.

Los modelos de edificios fueron analizados con/sin TMD por el software ETABS, en donde se obtuvieron los resultados de su evaluación. Se encontró que, para extraer los beneficios máximos, los edificios deberán ser modelados en diferente posición de la planta superior, ya que reduce los parámetros, la cizalladura de la base y la deriva del piso simultáneamente. La reducción en la cizalladura de la base fue un resultado significativo para los edificios, por lo tanto, se llegó a la conclusión que los modelos TMD mejoran el rendimiento de los edificios bajo cargas sísmicas, donde se tuvo como prueba de metodología las diferentes estructuras de construcción con tanque elevado, tomando en consideración secciones irregulares en planta y elevación.

- c. NIMMY, Sebastian, ABEY E., Thomas y JENCY, Kuriam. Seismic analysis of elevated water tank in a building. Revista Internacional de Investigación de Ingeniería y Tecnología (IRJET), 04 (06): 1629-1632, junio 2017.

ISSN: 2395 – 0056

Los tanques elevados de agua descansan en la parte superior de los edificios, por lo cual fue tomado en consideración debido a las posibles fallas que puedan presentar el tanque durante los sismos. Los tanques elevados de agua son estructuras críticas y estratégicas; por lo tanto, el daño a estas estructuras durante los terremotos o sismos podrían poner en peligro el suministro de agua potable, así como también causar fallas en la prevención de grandes incendios, generando una pérdida económica sustancial. Sin embargo, los tanques elevados son utilizados con continuidad para el abastecimiento de agua. El comportamiento del tanque elevado ante un sismo fue estudiado mediante diferentes modelos de construcción, del mismo modo el modelado de masa de agua impulsiva y convectiva dentro del tanque de agua utilizando el software estructural SAP2000. Se hizo un proceso en el cual se detalla los procedimientos de la evaluación, teniendo como modelos de análisis edificaciones de (3, 6, 9 y 12) niveles. Comenzaron diseñando las capacidades y las dimensiones del tanque, se analizó cada modelo usando diferentes métodos: el análisis estático lineal y el análisis tiempo historia para los diseños del tanque elevado de agua en los diferentes modelos de construcción. Se diseñó un tanque de agua elevado que descansa encima de un edificio rectangular. Los modelos de construcción rectangulares fueron desarrollados para diferentes niveles de plantas, en la cual se consideró algunas condiciones presentada a continuación (Caso 1: Modelo de construcción sin tanque de agua; Caso 2: Modelo de construcción con tanque de agua). Construyendo con regularidad las configuraciones se pueden modelar como un sistema de masas concentradas en los diferentes niveles del piso con cada masa, teniendo un grado de libertad. En los análisis estático lineal y análisis dinámico no lineal se obtuvo una reducción porcentual en el desplazamiento lateral, en donde fueron comparadas las construcciones del modelo con el tanque y sin el tanque. El porcentaje de la reducción en el desplazamiento lateral se incrementó para el modelo de construcción de 3 pisos y esta aumenta dependiendo de la cantidad de plantas en la edificación. A partir del análisis estático lineal se vio que la mejor posición y forma del tanque es de forma rectangular colocado en la posición de la esquina, se muestra mejor en comparación con el tanque cuando se colocó cerca del centro.

1.2.2 Antecedentes Nacionales

Dentro de los antecedentes Nacionales, podemos encontrar a:

- a. ANCONEIRA, Bach. Importancia de considerar modelos dinámicos de los tanques elevados en el análisis sísmico en edificaciones. Tesis (Título Profesional de Ingeniería Civil). Arequipa: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, 2017.

Mayormente se puede apreciar que los daños graves ocasionados por cualquier evento sísmico que afecte a las edificaciones con sistemas de tanques de elevados las consecuencias se verán reflejadas en los fustes, los cuales son elementos que soportan a la estructura del tanque. En Mollendo, una de las ciudades afectadas por el evento sísmico en el 2001, se puede observar que en la urbanización Enace se encuentra una estructura de tanque elevado que presenta daños en sus columnas en la parte estructural del fuste. Cabe mencionar que en la unión de los puntos de apoyo del fuste y las zonas de apoyo del tanque mostraron las mismas características en el tipo de falla que se encontró.



Figura 4. Fallas en la base del tanque, Edificio del departamento “El Corregidor”

Fuente: (ANCONEIRA, Bach ,2017)

Por otra parte, la briza del mar causa el efecto químico de corrosión en zonas expuestas, pudiendo causar el colapso del tanque elevado, es por eso, que al no tener en cuenta el diseño correcto de esta estructura pueden traer daños muy perjudiciales.

El trabajo se enfocó en determinar el grado de influencia que presenta una estructura de tanque elevado de concreto armado sobre las edificaciones basándose a la respuesta dinámica global. Se tuvo en consideración para la estructura del tanque el modelo de Housner, analizando los efectos mediante un análisis modal y espectral. Al momento de encontrar las deformaciones máximas de aquellos modelos en los cuales se consideren el sistema de tanque elevado, cuentan con una gran probabilidad de reducción considerable en sus deformaciones, teniendo en conocimiento que dependerán de la sintonización del modo de la primera estructura original como el de la estructura de tanque, llegándose a obtener una alta reducción del 16.81% en modelos de muros estructurales y 21.22% en modelos aporticados.

- b.** KUROIWA, Julio. Manual para la reducción del riesgo sísmico de viviendas en el Perú. Lima: Dirección Nacional de Construcción. 2016.45pp.

Uno de los factores a tener en cuenta sobre las cargas es la cantidad de masa concentrada en un espacio dependiendo de la variación del nivel en el que se encuentre, estos espacios que en algunos casos son utilizados como abastecimiento de agua, elementos pesados tales como equipos o máquinas, bodegas, pueden generar un tipo de riesgo a la estructura ante un movimiento sísmico.

Las concentraciones de masas pesadas ubicadas a una mayor altura son consideradas una de la tanta posibilidad que puede incrementar el mayor rango de intensidad en cuanto a la respuesta sísmica entre ellas, las aceleraciones y los desplazamientos pueden llegar a causar daños muy severos como el colapso de la propia estructura. Se llegó a la conclusión de recomendar, que, para ciertos criterios con respecto a los espacios con mayor carga, como depósitos o sistemas de tanques elevados al momento del diseño arquitectónico de la edificación, se debe considerar el uso de sótanos dependiendo del peso. Se puede realizar construcciones en donde se pueda aislar cualquier comportamiento que afecte a la estructura y al cuerpo principal del edificio.

- c. MELGAR Gutiérrez, Wermer. Estudio de la distribución de fuerza sísmica en edificios de concreto armado con apéndice. Tesis (Título Profesional de Ingeniería Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2003.

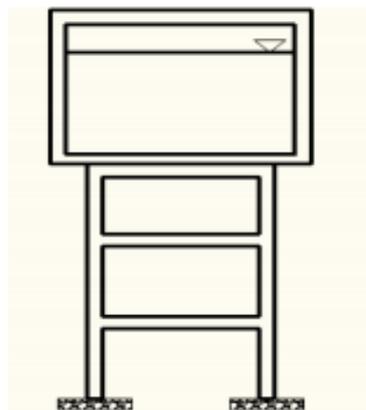
Al momento de no haber considerado el incremento de la masa en el apéndice ocasiona que se genere una respuesta sísmica con muy altos rangos en sus parámetros como desplazamiento, fuerza de inercia y cortantes. En el proceso de desarrollo del proyecto de la edificación no es muy común considerar aquellos análisis; sin embargo, son realizados de manera equivocada sin la consideración del caso. Se efectuó un plan, el cual consistió de dos tipos de análisis para su demostración teniendo en cuenta algunas características dinámicas acerca de la estructura, los cuales fueron: el método de análisis modal espectral y el método estático general mencionada en el R.N.C. (Reglamento Nacional de Construcción), también fue verificado bajo los parámetros indicados por la norma de diseño Sismorresistente del R.N.C. Se realizó un proceso en el cual se pudo determinar ciertos criterios que fueron importantes, como los períodos, las fuerzas cortantes y los desplazamientos. Para conocer la diferencia entre ambos métodos se realizó el método dinámico ya que ayudo a encontrar algunos porcentajes de diferencia.

Wermer consideró contar como muestra para su investigación edificaciones de 4, 8 y 12 niveles, las estructuras mencionadas anteriormente estuvieron sujetas a la variación de incremento del apéndice para la comparación de su respuesta sísmica. Se obtuvieron resultados significativos en las distorsiones de la edificación de entrepiso, en el cual se consideró un peso estable en el apéndice, el material de base fue el concreto armado y se pudo determinar una distorsión de 0.007. Así también, fue el caso para las estructuras con un incremento de apéndice, en el cual se supuso que este factor influiría incrementado los resultados sin la consideración del apéndice, por lo que se generó una holgura dando como respuesta la distorsión de la edificación 0.0075. Finalmente, en general los resultados del análisis identificaron que este incremento considerable de distorsiones en los entrepisos de la edificación modelada con el apéndice no ocurre.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Sistema de Tanque Elevado

El tanque elevado debido a su función de almacenamiento de agua genera que las características hidráulicas se vean mejoradas, ya que la estructura cuenta con una altura, la cual permite generar una mayor presión al momento de usar la distribución en la red agua potable; por otro lado, los tamaños y las formas de esta estructura dependerán del grado de volumen para el que se necesite. (Onofre, E., 2014, pag 05)



Tanque elevado.

Figura 5. Esquema Arquitectonico de un Tanque elevado.

Fuente: (Onofre, E., 2014)

Según Hernández Hugo (2006, p.14) dice que: “Graham y Rodríguez supusieron que las presiones dinámicas del líquido sobre las paredes del tanque pueden separarse en dos: una convectiva y otra impulsiva”.

Se considera que el líquido dentro de un tanque elevado o reservorio cuenta con comportamientos dentro y fuera de la estructura, tal es el caso como el efecto de oscilación del fluido dentro del abastecimiento que se considera como una presión convectiva. Tomando el siguiente punto a considerar en la estructura, las presiones impulsivas están relacionadas al efecto de inercia de las paredes del tanque. Por lo tanto, los movimientos que se generen en el elemento estructural se verán reflejados directamente proporcional a sus rangos de aceleración.

Los tanques elevados generalmente son estructuras hidráulicas, teniendo en cuenta el peso y la rigidez de cada elemento estructural se investigaron definiciones que consideran a este tipo de sistema de abastecimiento de agua como sistema de péndulo invertido. Las expresiones propuestas de Housner (1957), como su analogía de masas – resortes en el cual considera el comportamiento del fluido dentro del contenedor, así como la rigidez de sus elementos estructurales, mediante condiciones cinemáticas linealizadas.

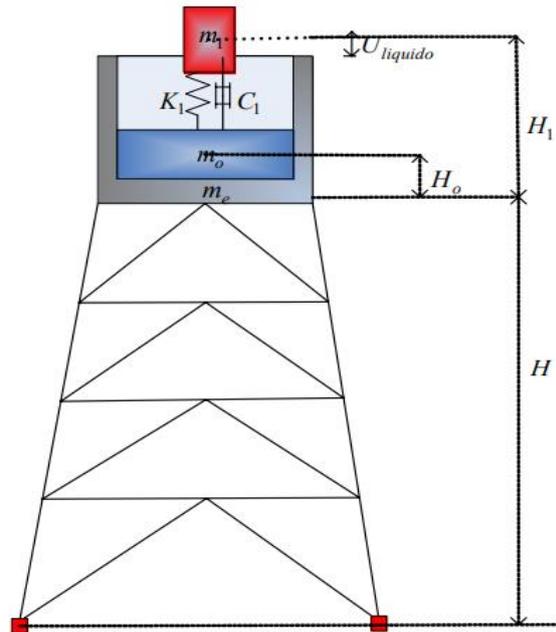


Figura 6. Esquema estructural de un tanque elevado.
Fuente: (HERNANDEZ, Hugo,2006)

1.3.1.1. Tipos de Tanques Elevados

- **Tanques Elevados de Acero**

Los tanques hechos de materiales metálicos generalmente cuentan con formas cilíndricas, la mayoría son fabricados con láminas de acero corrugadas, galvanizadas y unidas con pernos de alta resistencia. Para lograr obtener una hermeticidad e impermeabilidad para este tipo de estructura con el material de acero, se toma en criterio las juntas; éstas se deben sellar con empacadoras de goma del tipo buena y con un sellador mono-componente flexible.

Para la (Secretaría de Obras y Servicios. Gaceta Oficial del Distrito Federal, 1995). Menciona que, sin considerar la altura sobre el desplante del tanque, tendrá que apoyar en una viga perimetral el cual soporte el peso del tanque y el de su contenido. El material del cual es utilizado cuenta con una fabricación de acero y estas estructuras tienen espesores de láminas que van desde el calibre 20 (0.90 mm) hasta el calibre 8 (4.00 mm) dependiendo de su capacidad de uso.

Elementos estructurales como vigas son productos de acero laminados en caliente con secciones transversales dependiendo del diseño, por su durabilidad, impecable acabado, economía, soldabilidad, resistencia y fácil galvanizado, se toma en consideración, ya que todo elemento del tanque generalmente se encuentra sostenido por estructuras metálicas entre ellas como vigas de entrepiso, cerchas, columnas, y plataformas.

- **Tanques Elevados de Concreto**

Los tanques de concreto reforzado cuentan con grandes ventajas en comparación a otros materiales, entre ellas la impermeabilidad, que por sí mismo se obtiene al momento de realizar un concreto bien dosificado y compactado, el mantenimiento es mínimo, posee gran resistencia contra los agentes químicos, así como al intemperismo. Sin embargo, algunas propiedades como la impermeabilidad de los depósitos pueden ser afectado por la ejecución de la construcción, así como la ubicación y el detallado de algunas juntas.

El concreto cuenta con una manejabilidad en la cual se le puede dar alguna forma deseada, tan sólo con tener los moldes para tal objeto, una de las más importantes propiedades al momento de trabajar con el concreto es la de poder establecer una alta resistencia a la compresión, debido a su dosificación apropiada de los ingredientes como la arena, grava, cemento, agua y aditivos.

El concreto armado cuenta con múltiples ventajas, es por eso que no se hace ajeno a este tipo de estructuras. El tanque elevado de concreto cuenta con secciones de amplio espesor en su diseño, el cual lo vuelve muy sólido y resistente.

- **Tanques Elevados de Plástico**

Los tanques plásticos son uno de los modelos diseñados para el abastecimiento de agua de manera segura y muy práctica a comparación de otros tipos de diseños. Existen especificaciones técnicas donde el plástico, el cual está hecho de polietileno cuenta con cantidades de resistencias necesarias para la función de almacén, ya que es muy compacto y está fabricado completamente unido, es por eso que brinda grandes facilidades para su uso de manera más económica. Con el tiempo este material ha ido mejorando de manera considerable, satisfaciendo las necesidades de sus consumidores.

Los elementos que intervienen para que cumpla con los factores de seguridad, así como resistencia, impermeabilidad y mantenimiento, se debe a sus componentes como el polietileno de alta densidad que es un material aprobado por la FDA (Food and Drug Administration). Las capacidades de abastecimiento que se encuentran en el mercado peruano van desde los 100 litros hasta los 25 000 litros.

1.3.1.2 Funciones y Características:

El almacenamiento que sirve para satisfacer las necesidades de agua de una población debida a que no se podrá disponer de un flujo de agua constante en donde la demanda es muy alta. Por otra parte, se podrá regularizar el consumo de acuerdo a las necesidades de la población debido a los diferentes cambios de su demanda durante el día.

Debido a las estadísticas de consumo de agua se menciona que cada población tiene un caudal medio diario de consumo, además existe un máximo caudal diario, como también el máximo caudal horario que se genera en la hora de mayor consumo.

Los tanques elevados son de tipo esféricos o tipo copa, rectangulares, según el diseño y el tipo de material que se utiliza. Los tanques esféricos tienen capacidades de 0.1 a 25 m³. Dentro del mercado peruano se cuenta con marcas como; Eternit, Rotoplas, Humboldt, que se dedican a fabricar mayormente modelos esféricos para usos domésticos o industriales.

El tanque copa, rectangulares tienen una capacidad aproximada de 600 a 1200 m³. Estos maximizan capacidad y minimizan espacio, es necesario para su asentamiento una superficie resistente. También contamos con el tanque en piso que es de tipo "gota de agua" una peculiar característica, puede trabajar a nivel del suelo, además requiere menor trabajo de instalación y puede obtenerse una mayor facilidad de mantenimiento. Estos tanques pueden almacenar desde 250 hasta 50,000 m³.

Debido a la localización y uso existen dos tipos de denominación para estructuras como es el caso de tanques elevados para el sector público, cuando están localizados en la ciudad o en lugar donde puedan abastecer el agua a un amplio sector de la población; sin embargo, los privados se encuentran al interior de las viviendas o edificaciones donde se requiera su uso en particular.

1.3.1.3 Almacenamiento y Dotaciones según el tipo de Edificación

El promedio de consumo de agua urbano que maneja el Ministerio de Vivienda en el Perú indica que hay un valor equivalente a 200 litros/habitante en consumo durante de día. Teniendo en consideración que para una familia de 5 personas la dotación mínima estipulada será de 1000 litros por día (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2011, pág. 124).

Las proporciones de agua distribuidas por SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima) están en relación al desarrollo de la población, tomando siempre la medida de algunos parámetros. Estos parámetros pueden expresarse en litros por mt, litros por persona, litros por área útil, etc. Uno de los puntos más específicos se genera al momento de conocer el tipo edificación, sabiendo para que uso será construido.

La suma de todas las edificaciones en una ciudad brinda un conocimiento de nuestro consumo promedio en relación a la dotación de agua. Este factor se toma en cuenta al momento de efectuar planes de desarrollo para una determinada población, ya que las empresas se encargan de brindar una conexión segura y controlada, ayudando a generar balances de consumo para posibles investigaciones.

Tabla 1. Uso, Dotación y Consumo

USOS	DOTACIÓN	CONSUMO DE AGUA
VIVIENDAS UNIFAMILIARES	1000 l	Residencial: 10-15 m ³ /mes 200 l/hab/día
EDIFICIOS MULTIFAMILIARES	500-1500 l/d	
HOSPEDAJE PENSIÓN HOTEL	25 l/m ² /d 300 l/alcoba 500 l/alcoba	Comercial: 30 / m ³ /mes
RESTAURANTES :40 -100 M2	40-50 l/m ² /d	
LOCALES DE ESPECTACULOS, CENTROS DE REUNIÓN ,CABARET,CASINO Y SALAS DE BAILE	30 l/m ²	
PISCINAS Y NATATORIOS	10-25 l/d/m ²	
OFICINAS	6 L/d por m ² de area util del local	
DEPÓSITOS DE MATERIALES	0.50 L/d m ² de área útil del local	
LOCALES COMERCIALES	6 L/d por m ² de área útil del local	
ESTACIONES DE SERVICIO	8,000 - 12,800 litros / auto lavado	
LAVANDERIA	30-40 L/d/ kg de ropa	
BARES , FUENTES DE SODA, CAFETERIAS Y SIMILARES	40-60 litros/m ² /día	
LOCALES EDUCACIONALES Y RESIDENCIAS ESTUDIANTILES	50-200 L/p/d	
LOCALES DE SALUD	600 Litros/cama 500 Litros/consultorio 1000 Litros/d/unidad central	
CONSUMO INDUSTRIAL	80-100 litros/ trabajador/ turno	Industrial:100 m ³ / mes
PLANTAS DE PRODUCCIÓN	1500 l/ 1000 litros de leche/ día 1500 l/ 1000 litros de leche pasteurizada/ día 1500 l/ 1000 litros de leche procesada/ día	

Fuente: (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2011)

1.3.1.4 Cargas

- **Cargas de Viento**

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú menciona que para “Edificaciones cuya esbeltez las hace sensibles a las ráfagas, tales como tanques elevados, anuncios y en general estructuras, con una dimensión corta estarán expuestas a cargas de viento” (Norma E.20: Cargas. Lima: INN, 2006. 208 pp.).

En la estructura, los efectos de fuerzas exteriores, así como interiores, debidas al viento ejercen una presión dentro del abastecimiento, suponiendo que estas fuerzas actúan en dos direcciones horizontales, entre ellas de manera perpendicular a la estructura.

- **Carga Muerta**

“Es el peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su peso propio, que sean permanentes o con una variación en su magnitud pequeña en el tiempo”. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú). Norma E.20: Cargas. Lima: INN, 2006. 204 pp.

Se considera a este tipo una magnitud constante, la cual permanece estable en una misma posición, podemos mencionar a los elementos estructurales que forman parte de la edificación tanto como columnas, vigas y losa, que ejercen el mayor peso; sin embargo, también se cuenta los pesos que estén sobre la edificación. En este caso como son los tanques elevados.

- **Carga Sísmica**

Aparece al momento de generarse un movimiento sísmico, esta carga es absorbida por los elementos estructurales ya que estos cuentan con un grado de rigidez. Aquellas cargas cuentan con diferentes energías, las cuales generan el efecto de movimiento en la superficie dependiendo el grado de su magnitud. En las edificaciones se debe considerar un diseño de trayectoria para la carga, el cual sea capaz de resistir las fuerzas en donde se originen o desde su punto de aplicación, una característica importante al momento de incluir diafragmas es debido a que pueden transmitir las fuerzas horizontales hacia los elementos verticales, con el objetivo de mejorar la proporción de energía distribuida.

1.3.2 Respuesta Sísmica

La respuesta sísmica se basa en las consideraciones o información que se desee conocer y para eso es necesario conocer una definición acerca del movimiento del terreno ya que en ello se efectuó la mayor parte de la energía que afecta a una estructura, sin embargo, es de útil información conocer cierto aspecto de la estructura también. El modelo mecánico de la estructura vendría a ser un modelo dinámico debido a que se desea conocer o evaluar los efectos que se producen en la estructura. Como alcance de información acerca de la estructura es necesario poder evaluar el grado de información que se quiera tener para poder analizar el tipo de respuesta sísmica acerca de la estructura, (Barbat y Miquel Canet 1994).

1.3.2.1 Sistemas un Grado de Libe

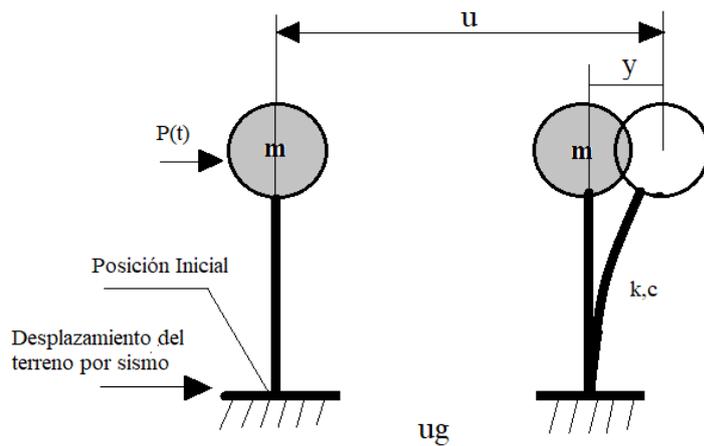


Figura 7. Sistema de un grado de libertad
Fuente: Propia

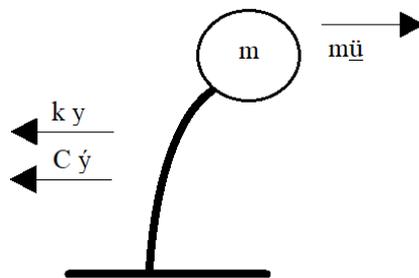


Figura 8. Diagrama de un cuerpo libre.
Fuente : Propia

Donde C representa el coeficiente de amortiguamiento viscoso. Según el principio de D'Alembert, la masa está en equilibrio dinámico, debido a la acción de las fuerzas que se muestran en el diagrama de cuerpo libre:

Aplicando el Equilibrio Dinámico: $ky + C\dot{y} = m\ddot{u}$

Pero de la gráfica: $\ddot{u} = \ddot{u}_g + \ddot{y}$; reemplazando:

$$ky + C\dot{y} = -m(\ddot{u}_g + \ddot{y})$$

Ordenando:

$$m\ddot{y} + ky + C\dot{y} = m\ddot{u}_g$$

Donde:

y : Desplazamiento relativo con respecto a la base

Podemos analizar que dentro de la ecuación de movimiento se tiene función de la aceleración debido a esto es necesario que es una función dinámica así que la dividiremos entre la masa.

$$\ddot{y} + \frac{c}{m}\dot{y} + \frac{k}{m}y = \ddot{u}_g$$

Dónde: $C = 2\beta m\omega$; β : relación de amortiguamiento y $\frac{k}{m} = \omega^2$; ω : frecuencia angular.

Pero: $\omega = \frac{2\pi}{T}$

$$\ddot{y} + 4\frac{\beta m}{T}\dot{y} + \frac{2m}{T}y = \ddot{u}g$$

Entonces se tiene la ecuación de movimiento en la cual al variar el periodo se podrá resolver.

1.3.2.2 Equilibrio de Fuerza Internas y Externas

Una estructura, la cual se encuentre unida a un sistema de acciones externas se encontrará en equilibrio si sus reacciones cumplen con las condiciones de equilibrio.

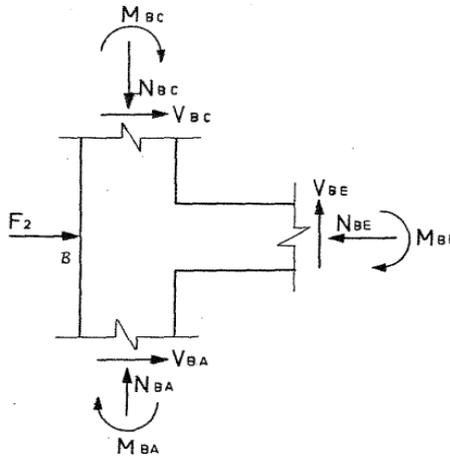


Figura 9. Diagrama de fuerzas internas se encuentran en una sección.
Fuente: (CAMBA, José, CHACÓN, Francisco y PÉREZ, Francisco, 2003)

De esta forma, si se cumplen las condiciones mencionadas, bajo la acción del sistema de fuerzas externas, así como el sistema de reacciones, se menciona que estará en equilibrio. Los elementos que forman la estructura se encontrarán sujetos a las fuerzas internas, debido a la actividad del sistema de fuerzas externas que se desarrollen. Si se hacen diagramas de cuerpos libres, al aislar una parte de la estructura haciendo uno o varios cortes, deberán estar también en equilibrio.

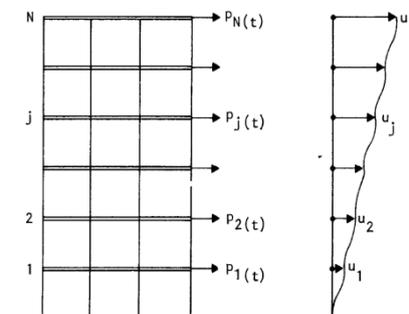


Figura 10. Edificio de N pisos sometido a cargas
Fuente: (TARQUE, Nicola, LOAIZA, Cesar, 2003)

1.3.2.3 Excitación Sísmica

La respuesta en cuanto al oscilador visco elástico sometido a un movimiento en su base, se determina resolviendo la ecuación diferencial:

$$m \ddot{u} + c \dot{u} + k u = -m \ddot{u}_g(t)$$

En el término del segundo miembro en la ecuación se muestra la fuerza que se asemeja a una excitación sísmica representada con $\ddot{u}_g(t)$, debido a una aceleración en la superficie en la estructura la cual se encuentra en función del tiempo.

Existen algunas características en las matrices mediante la cual se desarrolla la ecuación del movimiento. Como pueden ser, la matriz de masas es del tipo diagonal, y las matrices de rigidez y amortiguamiento son simétricas. Por otro lado, se toma como modelo un edificio de dos pisos el cual se encuentra sometido un movimiento sísmico en la base, como se puede apreciar en la figura 11, los desplazamientos en cuanto al primer y segundo piso, son:

$$u_1^t(t) = u_g(t) + u_1(t)$$

$$u_2^t(t) = u_g(t) + u_2(t)$$

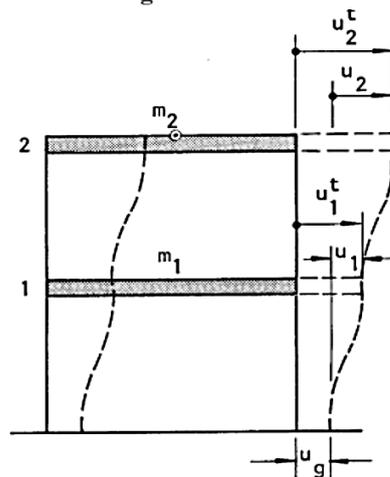


Figura 11. Edificio de N pisos sometido a cargas externas.

Fuente: (TARQUE, Nicola, LOAIZA, Cesar, 2003)

A continuación, se presenta el diagrama de cuerpo libre de cada una de las losas de entrepiso del edificio de corte, sometido a un movimiento en su base

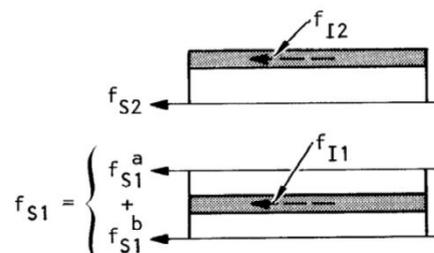


Figura 12. Diagrama de cuerpo libre del la figura 3.

Fuente: (TARQUE, Nicola, LOAIZA, Cesar, 2003)

De acuerdo al diagrama de cuerpo libre mostrado en la figura 12, las ecuaciones de equilibrio dinámico son:

$$f_{11} + f_{s1} = 0$$

$$f_{12} + f_{s2} = 0$$

Como desarrollo obtendremos las ecuaciones de equilibrio dinámico a continuación:

$$m_1 \ddot{u}_1 + k_1 u_1 + k_2 (u_1 - u_2) = -m_1 \ddot{u}_g(t)$$

$$m_2 \ddot{u}_2 + k_2 (u_2 - u_1) = -m_2 \ddot{u}_g(t)$$

Estas ecuaciones se escriben de forma colectiva como:

$$\underline{m} \ddot{\underline{u}} + \underline{k} \underline{u} = -\underline{m} \underline{1} \ddot{u}_g(t)$$

En la cual, el vector aceleración se encuentra representada por \ddot{u} , el vector desplazamiento por u , así como las matrices de masa y de rigidez como m y k , mostradas en la ecuación. El desplazamiento resultante de la masa al momento aplicarse estáticamente un desplazamiento se encuentra representada por el vector 1 . Esta última ecuación se puede globalizar con un fin común para un edificio de “n” pisos, como el mostrado en la figura 10.

Dado el caso si el edificio de “n” pisos, está sujeta a una excitación en su base, todo el bloque del edificio presentará un movimiento de cuerpo rígido como desplazamiento $u_g(t)$.

$$\underline{m} \ddot{\underline{u}} + \underline{c} \dot{\underline{u}} + \underline{k} \underline{u} = -\underline{m} \underline{1} \ddot{u}_g(t)$$

Por lo tanto, la ecuación general del movimiento para el edificio de N pisos es:

$$\underline{m} \ddot{\underline{u}} + \underline{c} \dot{\underline{u}} + \underline{k} \underline{u} = -\underline{m} \underline{1} \ddot{u}_g(t)$$

Donde la fuerza externa se representa con la siguiente expresión:

$$\underline{P}_{\text{efect}}(t) = -\underline{m} \underline{1} \ddot{u}_g(t)$$

1.3.2.4 Análisis Modal de la Respuesta Sísmica

La ecuación del movimiento presentada a continuación se describe de siguiente manera debido a que esta se encuentra sometida a una fuerza de excitación sísmica, la cual está en función a la rigidez, matrices de masa y amortiguamiento.

$$\underline{m} \ddot{\underline{u}} + \underline{c} \dot{\underline{u}} + \underline{k} \underline{u} = -\underline{m} \underline{1} \ddot{u}_g(t)$$

Al momento de considerar un edificio de “n” pisos se contará con una ecuación matricial con “n” ecuaciones diferenciales ordinarias. Estas se dividen en “n” ecuaciones en las cuales contienen las matrices modales como espectrales.

La respuesta del modo natural de vibración en cada una se calcula independientemente para cada ecuación que han sido dividida. Por lo tanto, cada una de las respuestas modales tendrá una frecuencia circular ω_n , un modo natural de vibración ϕ_n , una frecuencia natural f_n y también una razón de amortiguamiento ξ_n .

Con las “n” ecuaciones divididas, se podrá establecer una amplitud en cada modo natural de vibración.

$$\ddot{\mathbf{q}}_n + 2\xi_n\omega_n\dot{\mathbf{q}}_n + \omega_n^2\mathbf{q}_n = -\frac{\mathbf{L}_n}{\mathbf{M}_n}\ddot{\mathbf{u}}_g(t)$$

Donde:

$$\mathbf{M}_n = \underline{\phi}_n^T \underline{\mathbf{m}} \underline{\phi}_n \qquad \mathbf{L}_n = \underline{\phi}_n^T \underline{\mathbf{m}} \underline{\mathbf{1}}$$

Por medio de una superposición modal o combinación de las respuestas donde se tome en cuenta todos los modos naturales de vibración se podrá determinar la respuesta de la estructura ante un movimiento sísmico, Por lo tanto, el desplazamiento y la fuerza cortante, así como el momento basal en este caso el ultimo nivel de piso representado como el j-ésimo piso se podrá determinar de las siguientes ecuaciones.

$$\mathbf{u}_j(t) = \sum_{n=1}^N \mathbf{u}_{jn}(t)$$

$$\mathbf{f}_j(t) = \sum_{n=1}^N \mathbf{f}_{jn}(t)$$

$$\mathbf{V}_0(t) = \sum_{n=1}^N \mathbf{V}_{0n}(t)$$

$$\mathbf{M}_0(t) = \sum_{n=1}^N \mathbf{M}_{0n}(t)$$

En general cualquier valor de la respuesta $\mathbf{r}(t)$ es una combinación de la contribución de todos los modos naturales de vibración y se expresa como:

$$\mathbf{r}(t) = \sum_{n=1}^N \mathbf{r}_n(t)$$

1.3.2.5 Análisis Espectral

Durante un movimiento sísmico la cual afecte a un edificio se tendrá valores máximos en cuanto a la respuesta estructural la cual generalmente son utilizados para determinar las fuerzas internas máximas de la estructura. Por ejemplo, en la figura 13 se aprecia un modelo de un edificio de 5 pisos. La máxima respuesta en el último nivel que tiene un modo natural de vibración se podrá expresar en términos de S_{an} , S_{vn} y S_{dn} , las cuales representan las ordenadas en la respuesta espectral de pseudovelocidad, pseudo-aceleración y desplazamiento,, respectivamente.

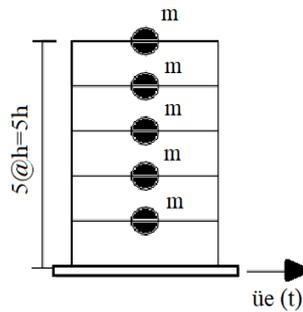


Figura 13. Ejemplo de un edificio de 5 pisos.
Fuente: Propia

1.3.2.6 Espectro de Respuesta

Cada evento sísmico cuenta con propiedades particulares, un claro ejemplo son los de Perú a diferencia de otros países, el contenido de sus frecuencias es muy significativo, debido que es muy importante llegar a conocer como se amplifica la energía sísmica. Las estructuras cuentan con frecuencias de vibración intrínsecas estas pueden estar entre un rango en la cual pueda producir fallas debido a su energía. Una de las tantas formas de poder apreciar el contenido de frecuencias de un evento sísmico, es través de su registro de aceleraciones por medio de sus periodos y esto es calculando su espectro de respuesta.

Al derivar una y dos veces el y_t , que líneas anteriores era la solución de la ecuación de movimiento podremos obtener la velocidad y aceleración respectivamente en el rango de su historia y tiempo.

Así tendremos:

$$S_d(T, \beta) = |y(t)|_{m\acute{a}x}; \quad (\text{espectro de desplazamiento relativo})$$

$$S_v(T, \beta) = |\dot{y}(t)|_{m\acute{a}x}; \quad (\text{espectro de velocidad relativa})$$

$$S_a(T, \beta) = |\ddot{y}(t) + \ddot{u}_g(t)|_{m\acute{a}x}; \quad (\text{espectro de aceleración absoluta})$$

Según Crisafulli (2002) hace mención al espectro de respuesta sísmica como una representación gráfica de los valores máximos de respuesta para distintos periodos de vibración natural, así como la de otros parámetros. Aquella herramienta es muy útil en cuanto al área de desarrollo del diseño sismorresistente.

La importancia de los espectros se encuentra principalmente en que detallan las gráficas de respuestas máximas que se logran a través de valores determinados por los diseñadores estructurales. Seguidamente el avance tecnológico ha podido elevar el grado de aplicación y detalle en donde se han generado 3 tipos de espectros que pasamos a mencionar:

Espectro de diseño

No se deberá diseñar una edificación estructural según el comportamiento o efecto de un solo sismo debido a que al venir otros cuyas diferencias se encuentran en sus características podría generar fallas en la estructura. Por lo tanto, el espectro de diseño se determina a partir de espectros que llamaremos “suavizados” teniendo como característica variaciones no muy bruscas, con las participaciones de varios sismos, dando como resultado poder obtener una ecuación más simple a pesar de los códigos de diseño. Las ecuaciones se obtienen debido a algunos procesos estadísticos, uno de los más comunes es agregar una desviación estándar al valor promedio que se obtuvo.

Espectro de respuesta elástica

Presentan variaciones aleatoriamente bruscas con picos que son un conjunto de la complejidad debido a las aceleraciones producidas por el sismo. Se identifica con la respuesta máxima ante un sismo, incluyendo varias curvas en su respuesta, estas con diferentes factores de amortiguamiento. Se usan para estudiar los terremotos y su efecto en las estructuras

Espectro de la respuesta inelástica

Similar a lo anteriormente ya mencionado, pero con la diferencia que posee un comportamiento no lineal, es decir en pocas palabras las estructuras pueden experimentar deformaciones dentro de un comportamiento plástico. Se desarrollan espectros de aceleración, en donde se considera los diferentes aspectos acerca de los niveles de ductilidad. Los parámetros de diseño sísmico aprueban el comportamiento en el rango no lineal como un aspecto de disipación de energía por lo tanto los valores de aceleración se disminuirán por medio de un factor denominado R considerado un factor de reducción sísmica.

1.4 Metodología de Análisis Sísmico

(Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018) la norma E0.30 actualizada el 22 de Octubre del año 2018 sigue manteniendo como objetivo principal que las edificaciones diseñadas estén preparadas para evitar pérdidas humanas y asegurar el funcionamiento de los servicios básicos después de un sismo. Las acciones sísmicas para el diseño estructural dependerán de algunos parámetros en la característica de la estructura.

1.4.1 Factores en la acción Sísmica para el Análisis Estructural

Con motivo en base a nuestro trabajo de investigación en el cual consiste acerca del análisis estructural analizaremos las determinaciones que se encuentran en el anexo N°01 dentro de la norma técnica E.030 en la cual se menciona que para evaluar las acciones sísmicas en el diseño estructural se tendrá que considerar parámetros como la zonificación (Z), juntamente con el perfil de suelo (S, TP, TL), también el tipo de uso de la edificación (U), así como el del sistema estructural (R), tomando en cuenta las características dinámicas de la edificación (T, C) y su peso (P).

Zonificación

El territorio nacional peruano está dividido por zonas como se puede observar en la figura 14. La zonificación está en relación a la sismicidad que tiene cada zona de acuerdo a sus características, estas son generalmente debido a los movimientos sísmicos y la partida de éstos como referencia a la distancia sobre el punto de inicio de la disipación de energía, de acuerdo a la información geotectónica que se encuentre. Como podemos observar cada zona contiene un valor de Z, la cual representa un porcentaje de la gravedad, teniendo como ejemplo el valor máximo de $Z=0.45g$. para la Zona 4.

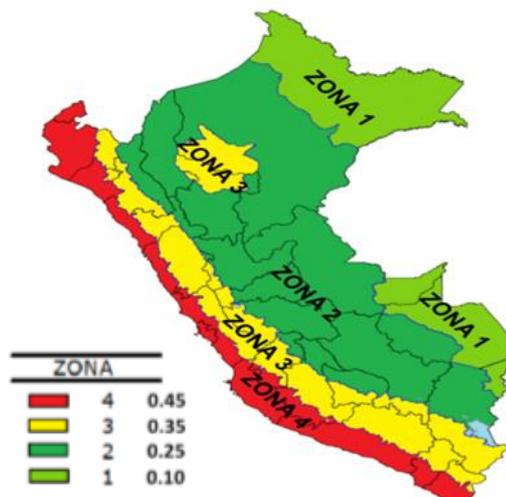


Figura 14. Zonificación Sísmica

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, (2016)

Perfil del Suelo

Se puede mencionar que los perfiles de suelo son clasificados mediante la velocidad promedio de ondas de corte (V_s). Los perfiles que se encuentran mencionados en la norma técnica E.030 dando a considerar que (S) está definido como el factor de amplificación del suelo:

(S0) = Se hace mención como roca dura

(S1) = Se hace mención como Roca o suelos muy rígidos

(S2) = Se hace mención como Suelos intermedios

(S3) = Se hace mención como Suelos blandos

(S4) = Se hace mención como Suelos con condiciones excepcionales

Las características y valores de cada tipo de suelo se mencionan en las tablas 2 y 3 extraído de la Norma E.030. Se deberán tomar lo datos que mejor se aproxime con relación a tipo de suelo usando cada valor y datos correctos de S, T_p y T_L .

Tabla 2. Clasificación de los perfiles de suelo

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	1,60	2,00

Fuente: Norma Técnica E.030, (2018)

Tabla 3. Clasificación de periodos T_p y T_L

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 Técnica E.030, (2018)

- **Factor de Amplificación Sísmica (C)**

Según las condiciones locales se define un factor de amplificación sísmica, con respecto a la aceleración en el suelo, (C) y el valor del periodo fundamental de vibración (T) por las siguientes expresiones:

Donde:

$$C = 2.5; T < T_p$$

$$C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T}\right); Si T_p < T < T_L$$

$$C = 2.5 * \left(\frac{T_p * T_L}{T^2}\right); Si T > T_L$$

- **Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso**

Las estructuras que se analizarán serán tomadas el valor de categoría C según la descripción en la norma E 0.30 y considerando sus valores para los análisis.

Tabla 2. Categoría de uso C (Edificaciones Comunes) E 0.30

CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
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

Fuente: Norma Técnica E.030, (2018)

- **Factor de irregularidad en altura y planta (Ia, Ip)**

Se deberá tomar los valores correspondientes a irregularidades tanto en altura (Ia) como en planta (Ip), considerando las condiciones en las que se encuentra en la norma E.030. En donde se define si la estructura es considerada irregular o regular en sus diferentes aspectos.

- **Coefficiente de reducción de las Fuerzas Sísmicas, R**

El coeficiente de reducción sísmica, el cual es objeto de estudio de la presente investigación y que en el capítulo siguiente ahondaremos en él se define según la norma en el artículo 22 como el producto del coeficiente R0 (coeficiente básico de reducción), Ia (factor de irregularidad en altura) y Ip (factor de irregularidad en planta) .

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

Tabla 3. Sistema Estructural Aporticado en donde R0 = 8

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coefficiente 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
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
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 de diseño sísmico de edificaciones E0.30, (2018)

- **Coefficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R_0)**

En el artículo 18 de la norma E.030 se encuentran clasificadas las estructuras de acuerdo al sistema estructural sismorresistente y el material usado en cada dirección de análisis, se menciona que si se tiene dos sistemas estructurales y estas se encuentran en la misma dirección se considera el valor de R_0 más mínimo. Como observamos para los sistemas aporticados de concreto armado se utiliza un factor de $R_0 = 8$.

1.4.2 Consideraciones Generales para el Análisis

Para el modelo dentro del análisis se deberá identificar un repartimiento espacial de masas y rigideces en donde sean las óptimas para determinar los aspectos más significativos en base al comportamiento dinámico de la estructura. El objetivo de esta norma busca que las estructuras de albañilería y concreto armado podrán ser analizadas considerando las inercias en cuanto sus secciones brutas, despreciando el refuerzo y la fisuración.

Para las edificaciones en los cuales se pueda identificar que los sistemas de piso o losas funcionan como diafragmas rígidos, se utilizara un modelo con diafragma rígido determinando así los 3 grados de libertad en cada diafragma y considerando el porcentaje de masa en cuanto a las direcciones translaciones y rotacional.

- **Estimación del Peso (P)**

El peso de la edificación (P), se calculará determinado la carga permanente así como el total de la edificación, estas estarán basadas en porcentajes de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

- Para edificaciones que se encuentran dentro de la categoría A y B, se considera el 50 % de la carga viva.
- Para edificaciones que se encuentran dentro de la categoría C, será el 25 % de la carga viva.
- En el caso de depósitos, el 80 % del peso total en relación al peso del almacén.
- En el caso de azoteas y techos se tomará el 25 % de la carga viva.

- **Procedimientos de Análisis Sísmico**

Deberá utilizarse uno de los procedimientos según la norma E.030 en donde se menciona al análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes y análisis dinámico modal espectral. El análisis se hará considerando un modelo de comportamiento lineal y elástico con las sollicitaciones sísmicas reducidas.

Según la norma E 0.30 en los artículos 27 al 29, los análisis considerados para la norma son análisis lineal estático y análisis lineal dinámico modal espectral. El espectro de respuesta objetivo, será el espectro de diseño que se obtiene para una estructura de acuerdo a la norma E.030 dentro de ella existen los parámetros para el espectro de diseño según los factores que hemos venido indicando en líneas anteriores.

Luego, ya se use uno o el otro método será necesario tratar los resultados según el artículo 31 en donde se menciona que “Para estructuras regulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0.75 R los resultados obtenidos por del análisis lineal y estático con las sollicitaciones sísmicas reducidas”. Finalmente, como verificación, la norma ofrece ciertos valores límites que permiten ser comparados. Estos son los llamados derivas o distorsiones de entrepiso (drift).

Tabla 4. Límites para la distorsión del entrepiso

LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Fuente: Norma Técnica E.030, (2018)

1.4.3 Elementos No Estructurales, Apéndices y Equipos

Las instalaciones hidráulicas y sanitarias, así como otros tipos de sistemas que estén conectados o no a la estructura principal son considerados dentro la Norma E030 como elementos no estructurales debido a que aportan masa, pero sin embargo poseen un valor a la rigidez no significativo para la estructura, a continuación, se presentan algunos aspectos en donde se hace mención al tipo de valores que se le asignara dependiendo el uso del elemento no estructural según la norma. Por otra parte, serán considerados elementos no estructurales solo si el peso del elemento no excede en gran proporción al peso de la estructura completa.

Fuerzas de Diseño

Es necesario que los elementos no estructurales los cuales se encuentran sobre la edificación o debajo de ella este diseñada para soportar fuerzas sísmicas horizontales en cualquier dirección (F) asociada a su peso (P_e).

$$F = \frac{a_i}{g} \cdot C_1 \cdot P_e$$

Los valores de C_1 los mostraremos en la siguiente tabla en la cual la Norma E0.30 define a cada sistema que este apoyado para tener las consideraciones necesarias.

Tabla 5. Valores para el tipo de elemento no estructural

VALORES DE C_1	
- Elementos que al fallar puedan precipitarse fuera de la edificación y cuya falla entrañe peligro para personas u otras estructuras.	3,0
- Muros y tabiques dentro de una edificación.	2,0
- Tanques sobre la azotea, casa de máquinas, pérgolas, parapetos en la azotea.	3,0
- Equipos rígidos conectados rígidamente al piso.	1,5

Fuente: Norma Técnica E.030, (2018)

Debido a los diferentes parámetros para poder evaluar la fuerza de diseño en el sistema no estructural nos basaremos como medida de control la evaluación de la siguiente manera que está registrada en la norma E030. En donde se menciona que la fuerza horizontal mínima tendrá como fórmula:

$$F = 0.5 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot P_e$$

Debido a que los elementos no estructurales generalmente están apoyados en la estructura como es el caso para esta investigación, se tomara en cuenta que la fuerza sísmica actuara sobre el elemento al cual hemos definido como sistema de tanque elevado.

1.5 Formulación del Problema

1.5.1 Problema General

- ¿Cuál es la influencia del tanque elevado en la respuesta sísmica de edificaciones aporticadas de Concreto Armado, Pueblo Libre, Lima 2018?

1.5.2 Problemas Específicos

- ¿Cuál es la influencia del tanque elevado en las distorsiones de entrepiso de una edificación aporticada de concreto armado, Pueblo Libre, Lima 2018?
- ¿Cuál es la influencia del tanque elevado en los periodos de una edificación aporticada de concreto armado, Pueblo Libre, Lima 2018?
- ¿Cuál es la influencia del tanque elevado en las aceleraciones de piso de una edificación aporticada de concreto armado, Pueblo Libre, Lima 2018?

1.6 Justificación del Estudio

1.6.1 Justificación Económico

Según los parámetros de la investigación, las estructuras deben sufrir daños moderados, pero no perjudiciales ante cualquier movimiento sísmico ya que esto pone en riesgo a la estructura y las pérdidas de vidas humanas. Los gastos presupuestados ante cualquier daño en la estructura son demasiados altos sino se considera el comportamiento del tanque elevado ante un movimiento sísmico.

1.6.2 Justificación Técnica

En el trabajo práctico de oficina se analizan y diseñan los tanques elevados y la estructura del edificio por separado; sin embargo, el movimiento sísmico se produce afectando a toda estructura completa, por lo tanto, ante una excitación sísmica donde no se haya considerado en el análisis el volumen del tanque elevado podría ocasionar daños en sus elementos estructurales alterando su respuesta sísmica.

1.6.3 Justificación Social

Debido al comportamiento del agua frente a las vibraciones y en este caso a las inducidas por un sismo podrían ocasionar que los tanques elevados colapsen. Ante un desastre natural esto sería perjudicial y generaría un caos ante la falta de agua en las viviendas.

1.7 Hipótesis

1.7.1 Hipótesis General

El tanque elevado influye significativamente en la respuesta sísmica de edificaciones aporticadas de concreto armado, Pueblo Libre, Lima 2018

1.7.2 Hipótesis Específicas

- El tanque elevado influye significativamente en las distorsiones de entrepiso de una edificación aporticadas de concreto armado, Pueblo Libre, Lima 2018
- El tanque elevado influye significativamente en los periodos de una edificación aporticada de concreto armado, Pueblo Libre, Lima 2018
- El tanque elevado influye significativamente en las aceleraciones en cada piso de una edificación aporticadas de concreto armado, Pueblo Libre, Lima 2018

1.8 Objetivo

1.8.1 Objetivos General

- Determinar la influencia del tanque elevado en la respuesta sísmica de edificaciones aporticadas de concreto armado, Pueblo Libre, Lima 2018

1.8.2 Objetivos Específicos

- Determinar la influencia del tanque elevado en las distorsiones de entrepiso de una edificación aporticada de concreto armado, Pueblo Libre, Lima 2018
- Determinar la influencia del tanque elevado en los periodos de una edificación aporticada de concreto armado, Pueblo Libre, Lima 2018
- Determinar la influencia del tanque elevado en las aceleraciones de piso de una edificación aporticada de concreto armado, Pueblo Libre, Lima 2018

II. MÉTODO

2.1 Diseño, Tipo y Nivel de Investigación

2.1.1 Diseño de Investigación

Según (Ferrer, 2010 pág. 150) “La investigación experimental tiene alcances iniciales y finales, así como correlacionales y explicativos. Las inferencias sobre las relaciones entre variables se realizan sin intervención o influencia directa y dichas relaciones se observan tal como se han dado en su contexto natural.”

El diseño a desarrollar es una investigación experimental debido ya que se manipulan deliberadamente una o más variables, vinculadas a las causas, para medir el efecto que tienen en otra variable de interés.

2.1.2 Tipo de Investigación

Para (Ezequiel, 2011 pág. 42), la investigación básica tiene un alto rango de coincidencia con la investigación aplicada, ya que estas se encuentran en dirección al desarrollo de un problema, aquellas investigaciones se enriquecerán mediante su avance, dependiendo de los descubrimientos que se encuentren con el propósito de realizar aportaciones para el conocimiento teórico.

Por lo cual la investigación a desarrollar es aplicada ya que el uso del conocimiento y los resultados de investigación se podrán aplicar para hechos reales.

2.1.3 Nivel De Investigación

Según (Sampieri, 2001 pg. 188) “Este diseño describe relaciones entre dos a mas variables en un momento determinado. Los diseños transaccionales descriptivos tienen como objeto indagar la incidencia y valores en que se manifiesta una o más variables”

El nivel de investigación es correlacional ya que este estudio mide las dos o más variables que se desea conocer, si están o no relacionadas con el mismo sujeto y así analizar su correlación.

2.2 Variables, Operacionalización

2.2.1 Definición Conceptual

Variable Independiente

Tanque Elevado

“Los tanques de almacenamiento son estanques de agua o de cualquier otro líquido que se pueden encontrar por encima del nivel del terreno natural, los que se encuentran por encima son soportados por columnas, pilotes o por paredes. Estas estructuras desempeñan un rol importante en los sistemas de distribución y almacenamiento de agua desde el punto de vista económico, así como el funcionamiento hidráulico del sistema y del mantenimiento de un servicio eficiente”.(Portillo, 2009 pag. 01)

Variable Dependiente

Respuesta Sísmica

“La determinación de la respuesta sísmica de una estructura requiere disponer de una adecuada definición tanto del movimiento del terreno como el de las características estructurales. Obviamente, el objeto del análisis sísmico no es la propia estructura, sino un modelo mecánico de la misma, que, en este caso, es uno dinámico. La definición de tal modelo depende del tipo de estructura a analizar y del grado de información que se quiera tener sobre la respuesta de la estructura.” (Barbat y Miquel Canet 1994).

Con este análisis se desea conocer una descripción de los comportamientos estructurales en la realidad momentos en el cual la estructura está siendo afectada debido a las fuerzas sísmicas, así como también poder desarrollar la relación que existe entre la acción y la respuesta de la estructura.

2.2.2 Definición Operacional

Variable Independiente

Peso del Tanque Elevado

El peso será proporcional según a la demanda poblacional o el número de habitantes en una edificación ante el volumen requerido; ya que el consumo varía de acuerdo a su necesidad. Los tanques deben permitir que las demandas máximas que se producen en el consumo sean satisfechas cabalmente, al igual que cualquier variación en el consumo registrado durante las 24 horas del día, distribuyendo presiones adecuadas en la red de agua. La dotación requerida se denominará de regulación o de capacidad mínima según su cantidad. (Anconeira, 2017)

Variable Dependiente

Distorsiones

“Las distorsiones o deriva que está en relación a los desplazamientos laterales son una de las medidas representativas de un sistema estructural sujeto a fuerzas laterales en el desplazamiento de entrepiso, es decir entre un piso y el siguiente. Resulta necesaria la obtención de un índice adimensional para esta medida de respuesta mediante la división del desplazamiento lateral del entrepiso con la altura.” (Hernández Landero, 2003).

Periodo de Vibración

Para Domínguez, 2014. “El período fundamental de vibración de las estructuras permite predecir las fuerzas que se aplicarán con el fin de dimensionar su sistema de resistencia sísmica.” En una edificación existe un factor muy importante como el periodo de vibración, ya que existe una relación entre la vibración de ondas sísmicas y la vibración de la propia estructura, por lo tanto, esto influye en la respuesta dinámica. El efecto de resonancia se hace presente cuando estos dos factores de periodos de relación se aproximan a la unidad, causando una mayor probabilidad de deformaciones y aceleraciones en la estructura, por lo tanto, sus elementos estructurales que se ven afectados severamente.

Aceleraciones máximas de piso (PFA)

“La aceleración máxima de piso o Peak Floor Acceleration (PFA), como su nombre lo indica, es el máximo absoluto en la historia de aceleración en un piso dado de una estructura. Valores de PFA se presentan normalizados por el valor de la aceleración máxima del suelo o PGA (por las siglas en inglés de Peak Ground Acceleration). Para que los resultados correspondientes a distintas estructuras puedan ser comparadas entre sí.” (Steib, 2011 pag.47)

Tabla II. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Tanque Elevado	Los tanques de almacenamiento son estanques de agua o de cualquier otro líquido que se pueden encontrar por encima del nivel del terreno natural o por debajo, los que se encuentran por encima son soportados por columnas, pilotes o por paredes. Estas estructuras desempeñan un rol importante en los sistemas de distribución y almacenamiento de agua, tanto desde el punto de vista económico, así como del funcionamiento hidráulico del sistema y del mantenimiento de un servicio eficiente. (Portillo ,2009)	Según la demanda población o el número de habitantes en una edificación el peso será proporcional ante el volumen requerido; ya que el consumo varía de acuerdo a su necesidad. Capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir, grandes deformaciones, o desplazamientos (Portillo,2009)	Peso	Relación en (%) Porcentaje al peso de la última losa de la edificación
Respuesta Sísmica	La determinación de la respuesta sísmica de una estructura requiere disponer de una adecuada definición tanto del movimiento del terreno como de las características estructurales. Obviamente, el objeto del análisis sísmico no es la propia estructura, sino un modelo mecánico de la misma que, en este caso, es uno dinámico. La definición de tal modelo depende del tipo de estructura analizado y del grado de información que se quiere tener sobre la respuesta de la estructura (Barbat y Miquel Canet 1994).	Las distorsiones o derivas de entrepiso son una de las medidas representativas de un sistema estructural sujeto a fuerzas laterales, en donde la medida de distorsión será la diferencia que existe entre un punto final del nivel hacia el punto final de un piso inferior teniendo como factor de limite a la altura de entrepiso.	Distorsiones de entrepiso	$(\Delta i/h_{ei})$
		Para Domínguez, 2014. El período fundamental de vibración de las estructuras permite “predecir las fuerzas a aplicar sobre la estructura con el fin de dimensionar su sistema de resistencia sísmica	Periodo Fundamental	T_1
		La aceleración máxima de piso o Peak Floor Acceleration (PFA), como su nombre lo indica, es el máximo absoluto de la historia de aceleración absoluta en un piso dado de una estructura dada.	Aceleraciones Máximas de Piso (PFA)	PFA

2.3 Población, Muestra y Muestreo

2.3.1 Población

“Desde un punto de vista estadístico, se denomina población o Universo al conjunto de elementos o sujetos que serán motivo de estudio. los estudiantes universitarios a nivel nacional. Si quisiéramos estudiar los problemas estructurales de las viviendas en la ciudad de Chiclayo, el Universo será todas las viviendas ubicadas en esta ciudad.” (Borja Suárez, 2012, p.30).

La población en esta investigación serán todas las edificaciones aporticadas de concreto armado con y sin sistema de tanque elevado.

2.3.2 Muestra

“La muestra de estudio es un subgrupo representativo de la población, sobre la cual se habrán de recolectar datos. El investigador se deberá interesar que los resultados encontrados en la muestra logren generalizarse o extrapolarse a la Población o Universo.” (Borja Suárez, 2012, p.31).

La muestra en esta investigación serán edificaciones aporticadas de concreto armado de 4, 6 y 8 niveles con y sin sistema de tanque elevado.

2.3.3 Muestreo

2.3.3.1 Tipo

“El procedimiento no es mecánico ni se basa en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador o de un grupo de investigadores y, desde luego, las muestras seleccionadas obedecen a otros criterios de investigación.” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.176)

El tipo de muestreo en esta investigación será no probabilístico debido a que habrá selección, las cuales dependerán de sus características.

2.3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.3.4.1 Técnicas

Según (Arias, 2006, pág. 67) menciona que las técnicas de investigación son el procedimiento en el cual podemos recolectar datos o información necesaria. Por lo tanto, se aplicará el análisis de información para obtener un desarrollo directo de los hechos

Análisis Dinámico Modal Espectral (E 0.30)

Análisis del Espectro de Fourier

Correlación de Razones Espectrales H/V

2.3.4.2 Instrumento

Según (Borja Suárez, 2012) sostiene que en los proyectos de investigación en un ámbito de la ingeniería los datos de información observados se deben incluir en formatos adecuados para su óptimo tratamiento.

- Sismógrafo Lennartz
- Digitalizador 130S Reftek (0.05 Hz 100 hz)
- Antenas Satelital Reftek
- Hojas de Cálculos
- Programa Computacional de Etabs
- Programa Computacional de Geopsy

2.3.5 Validez

La validez de este proyecto de investigación se basa en la información obtenida de fuentes confiables, debido a que se realizarán análisis dentro del programa ETABS la cual es muy utilizada para proyectos de ingeniería ya que cuenta con herramientas importantes de cálculo estructural, por otra parte, las normas técnicas peruanas (NTP) forma parte de la evaluación de los resultados obtenidos. Dentro de esta investigación se destaca que los resultados obtenidos serán contrastados con los resultados calculados dentro del ensayo de microtremos con la finalidad de que en ambas herramientas se puede comparar un tipo de respuesta.

2.3.6 Confiabilidad

Este trabajo de investigación tendrá como fuente de respaldo, los resultados obtenidos en el ensayo de Microtremors realizado por la empresa GEORYS S.A.C., la cual es una institución que cuenta con un sólido prestigio gracias a la calidad de sus investigaciones en el campo de la ingeniería obteniendo grandes reconocimientos debido a su óptimo desarrollo, cuenta con equipos de última tecnología para brindar calidad a sus investigaciones.

Por otra parte, el ETABS es un software innovador y revolucionario para análisis estructural y dimensionamiento de edificios. Cuenta con 40 años dedicados a la investigación y desarrollo continuo, esta última versión de ETABS ofrece herramientas inigualables de modelado y visualización de objetos 3D, alta capacidad de poder analítico lineal y no lineal, opciones de dimensionamiento sofisticadas y que abarcan una amplia gama de materiales, esclarecedores gráficos, informes y diseños esquemáticos que facilitan la comprensión del análisis y de los respectivos resultados.

2.6 Métodos de análisis de datos

En esta investigación se evaluará la respuesta sísmica de las edificaciones aporticadas de concreto armado de 4, 6 y 8 niveles con y sin sistema de tanque elevado en Lima.

Se realizará el análisis estructural de cada edificación, teniendo en cuenta el porcentaje de peso del tanque elevado en relación con la última losa de la estructura. Se analizarán las edificaciones bajo un espectro de diseño mediante el análisis dinámico modal espectral según lo establecido por la norma E.030 “Diseño Sismoresistente”, en el cual obtendremos un espectro de pseudo-aceleraciones (S_a), la cual estará en función al periodo de la estructura. Se presentarán 3 tipos de casos de cada nivel de la muestra variando entre cada caso la altura y el peso del tanque elevado. Se utilizará el software computacional ETABS, para modelar cada diseño de la edificación y poder determinar los objetivos de esta investigación. Determinar las influencias del tanque elevado en los siguientes tipos de respuesta sísmica como lo son las distorsiones (Δ_i/h_{ei}), aceleraciones entrepiso (PFA) y período fundamental de la estructura (T_1). Los modelos estarán diseñados para parámetros de la norma E.030, basándome en una investigación experimental se tendrá que realizar el ensayo de Microtremors a una edificación aporticada existente la cual cuenta con sistema de tanque elevado, el objetivo será poder encontrar el periodo fundamental que nos servirá para hacer una comparación y verificar los resultados.

III. RESULTADOS

3.1 Estructuras a Analizar

Para poder identificar a las diferentes edificaciones que se presentan en este estudio se mencionara que cada modelo contara con un nombre de configuración diferente, los cuales se identificarán como modelo 3X3Y, 3X5Y, 3X7Y que tendrá como característica fundamental la distribución de sus espaciados entre ejes en cada dirección. Un ejemplo para el modelo 3X3Y el cual cuenta con 3mt. de separación de ejes en la dirección X, como también 5.5mt. para los ejes en dirección Y. Cabe mencionar que cada estructura ha sido previamente pre-dimensionada para poder obtener los elementos estructurales de cada modelo como un proceso de pre-diseño a tomar en cuenta. Con respecto al sistema de tanque elevado tendrá denotaciones de configuración similar al modelo en el cual será analizado, tomando en cuenta que los índices de peso serán de 20, 40 y 60 por ciento en relación al peso del ultimo nivel. A continuación, mostremos un esquema didáctico en el cual se muestra la distribución de cada estructura.

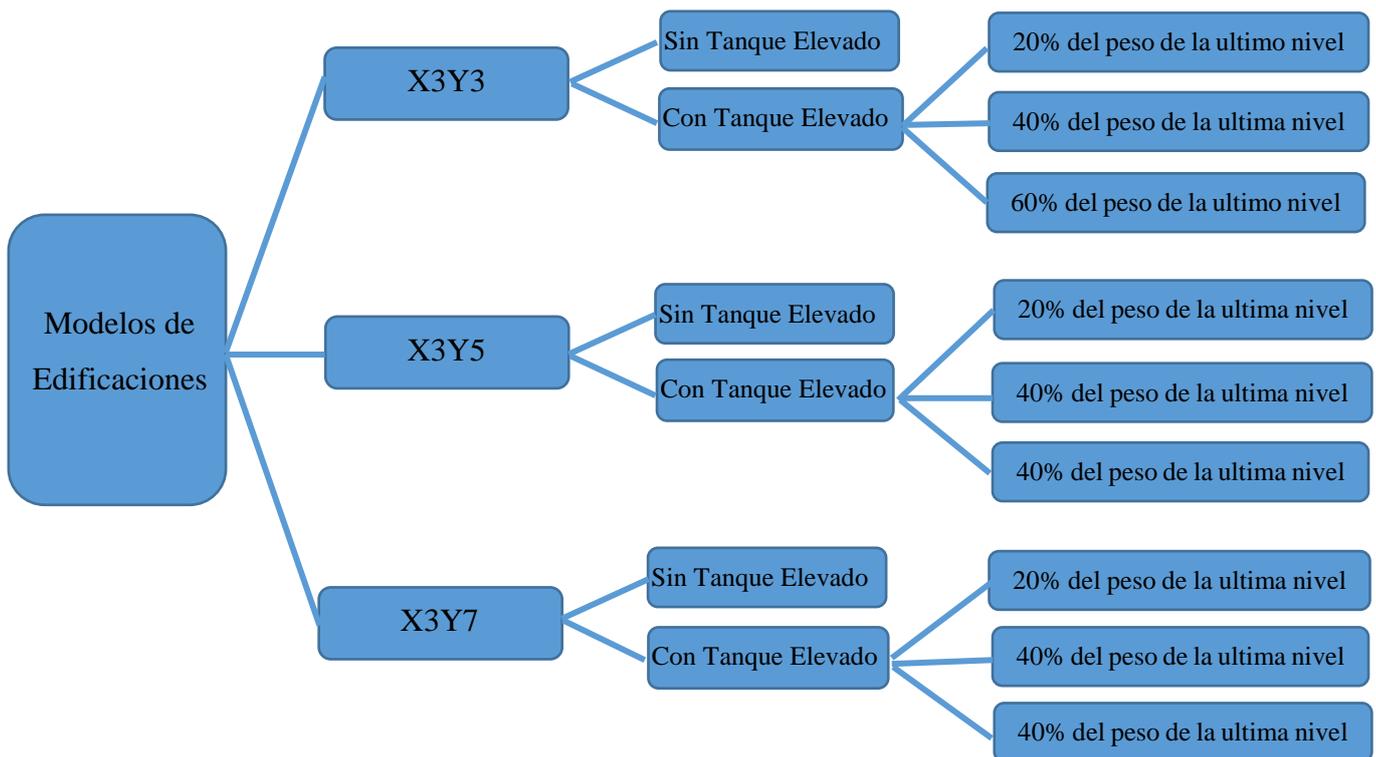


Figura 15. Esquema de distribución de modelos
Fuente: Elaboración Propia

3.1.1 Modelos Estructurales

Las estructuras que se analizarán serán regulares con un sistema estructural aporticado, con el fin de que su centro de masa y rigidez coincidan para el análisis de cada una de ellas.

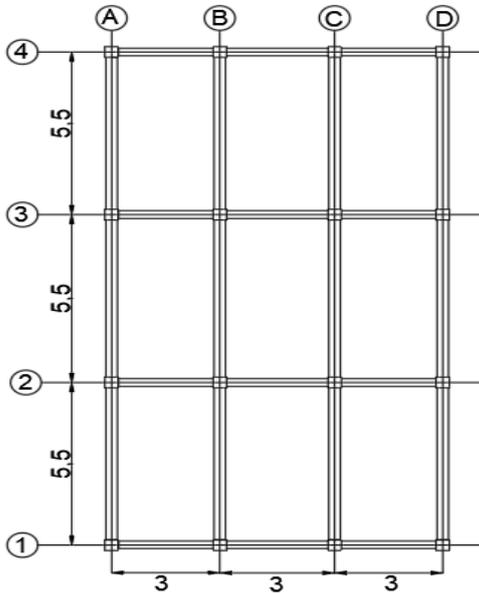


Figura 16. Configuración 3X3Y
Fuente: Elaboración Propia

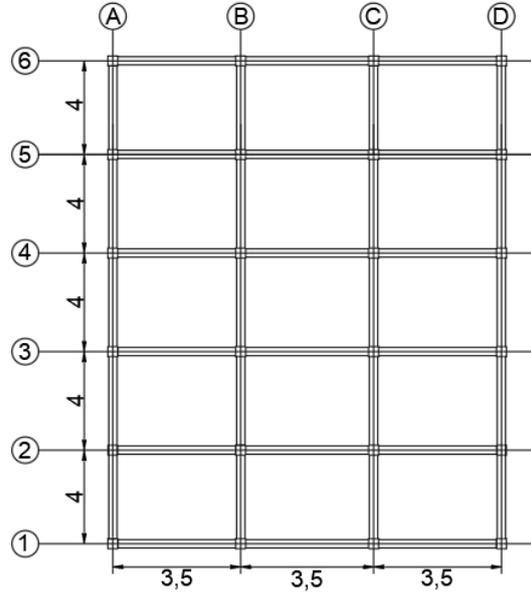


Figura 17. Configuración 3X5Y
Fuente: Elaboración Propia

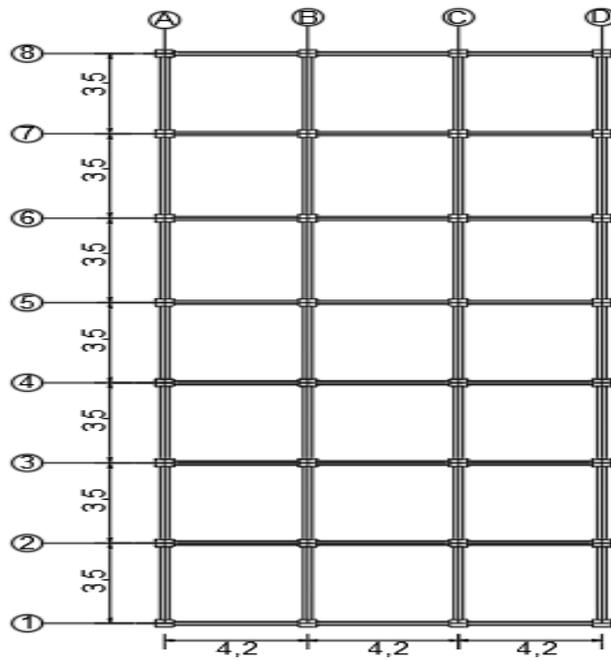


Figura 18. Configuración 3X7Y
Fuente: Elaboración Propia

✓ **Estructura de 4 Niveles – 3X3Y ($h_T = 13.20\text{ m}$)**

La estructura cuenta con las siguientes características:

- Columna 1 de 50x50 cm² y vigas de 30x60 cm² en todos sus niveles.
- Modulo Módulo de Elasticidad: $E= 217\,371\text{ kg/cm}^2$ ($f'c=210\text{ kg/cm}^2$)
- Estructura Regular.
- 3 pórticos en la dirección del eje “x”, 3 pórticos en dirección al eje “y” con espaciados de 3m en dirección al eje “x” así como 5.5m con dirección al eje “y” comprendiendo un área de 148.50 m².
- Cuenta con sistema de pórticos de concreto armado en ambas direcciones
- Peso total de la estructura: $Pe= 593.40\text{ Ton}$

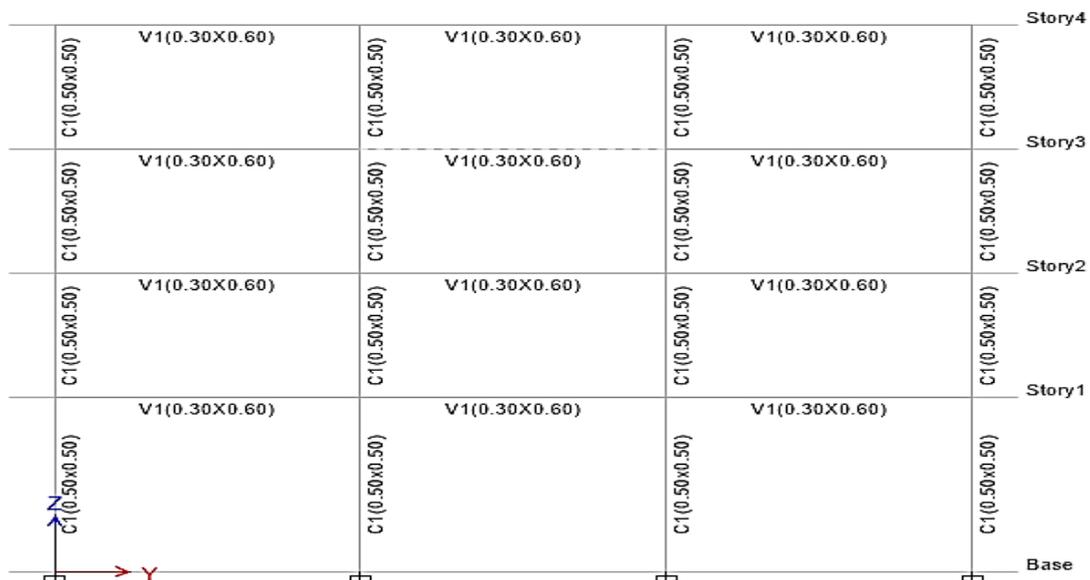


Figura 19. Modelo de Estructura Regular en elevación 3X3Y – 4N
Fuente: Programa Computacional ETABS

✓ **Estructura de 4 Niveles – 3X5Y ($h_T = 13.20\text{ m}$)**

La estructura cuenta con las siguientes características:

- Columna 1 de 50x50 cm² y vigas de 30x50 cm² en todos sus niveles.
- 3 pórticos en la dirección del eje “x” y con 5 pórticos en el eje “y” con espaciados de 3.5 m. en dirección al eje “x” así como 4 m. en dirección al eje “y” comprendiendo un área de 210.00 m².
- Peso total de la estructura: $Pe= 733.58\text{ Ton}$

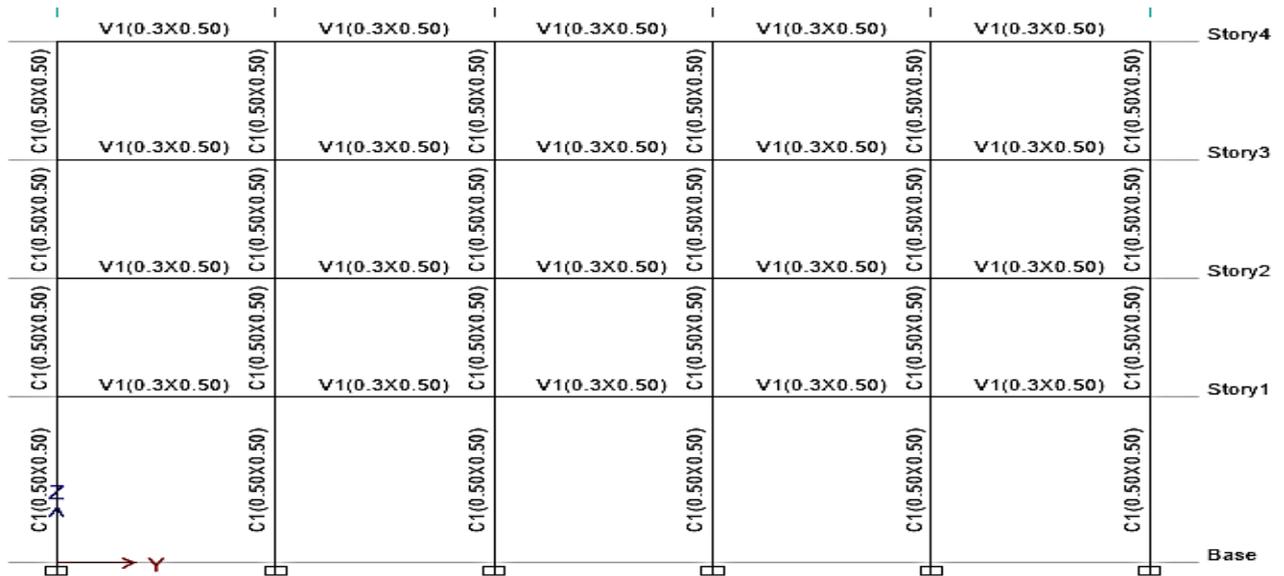


Figura 20. Modelo de Estructura Regular en elevación 3X5Y-4N
Fuente: Programa Computacional ETABS

✓ **Estructura de 4 Niveles – 3X7Y ($h_T = 13.20\text{ m}$)**

La estructura cuenta con las siguientes características:

- Columna 1 de 60x60 cm² y vigas de 30x50 cm² en todos sus niveles.
- 3 pórticos en la dirección del eje “x” y con 7 pórticos en el eje “y” con espaciados de 4.2m. en dirección al eje “x” así como 3.5m con dirección al eje “y” comprendiendo un área de 308.70. m².
- Peso total de la estructura: $P_e = 1129.16\text{ Ton}$

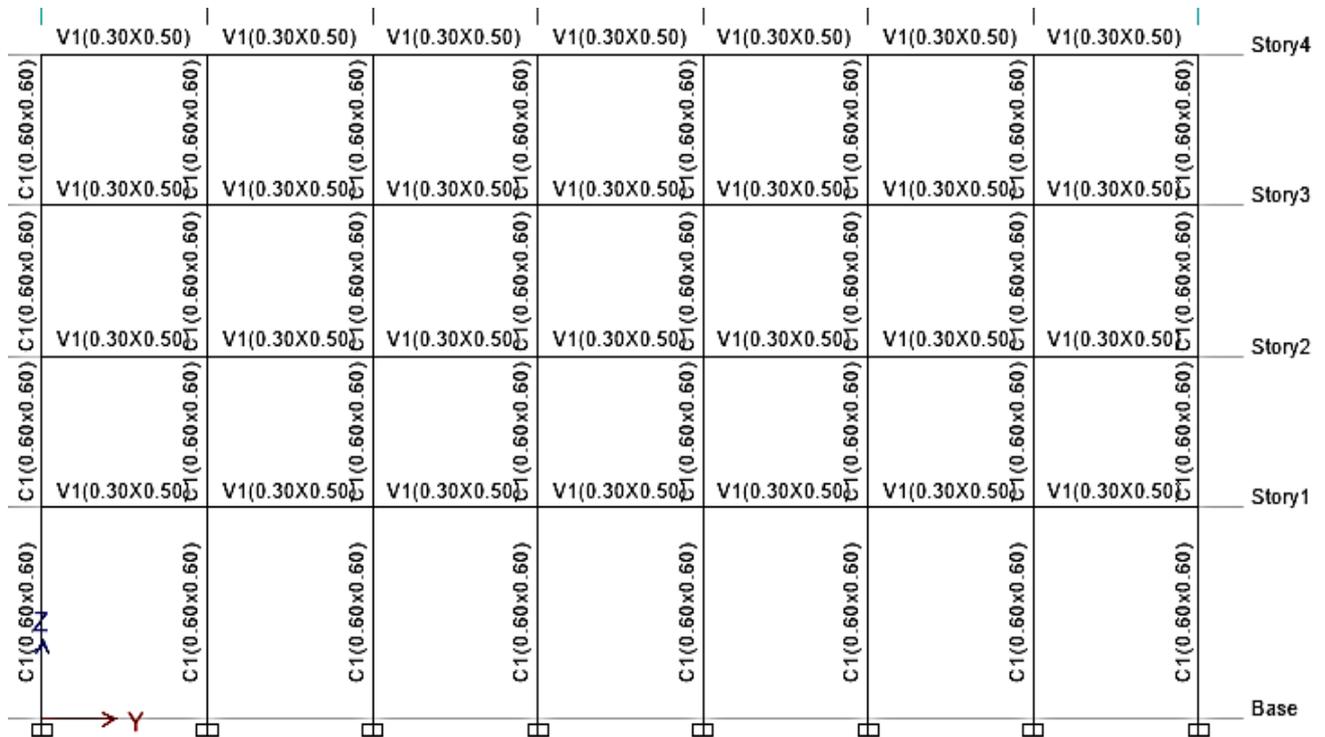


Figura 21. Modelo de Estructura Regular en elevación 3X7Y - 4N
Fuente: Programa Computacional ETABS

Como se pudo apreciar los modelos estructurales estan definidos de acuerdo a sus características mencionadas con respecto a los modelos de 4 niveles, cabe mencionar que los modelos de 6 niveles y 8 niveles tendrán la misma sección estructural teniendo como diferencias la altura y el peso de la edificación .

✓ **Estructura de 6 Niveles – 3X3Y ($h_T = 19.20\text{ m}$)**

La estructura cuenta con las siguientes características:

- 6 niveles de 3m de altura a partir del 2 nivel y 4.20m de altura para el 1 Nivel.
- Columna 1 de 50x50 cm² y vigas de 30x60 cm² en todos sus niveles.
- 3 pórticos en la dirección del eje “x” y en el eje “y” con espaciados de 3m. en dirección al eje “x” así como 5.5m. con dirección al eje “y” comprendiendo un área de 148.50 m².
- Peso total de la estructura: Pe= 896.27 Ton

✓ **Estructura de 6 Niveles – 3X5Y ($h_T = 19.20\text{ m}$)**

La estructura cuenta con las siguientes características:

- Columna 1 de 50x50 cm² y vigas de 30x50 cm² en todos sus niveles.
- 3 pórticos en cada dirección eje “x” y con 5 pórticos en el eje “y” espaciados de 3.5 m. en dirección al eje x, así como 4 m. en dirección al eje y comprendiendo un área de 210.00 m².
- Peso total de la estructura: Pe= 1109.47 Ton

✓ **Estructura de 6 Niveles – 3X7Y ($h_T = 19.20\text{ m}$)**

La estructura cuenta con las siguientes características:

- Columna 1 de 60x60 cm² y vigas de 30x50 cm² en todos sus niveles.
- 3 pórticos en la dirección del eje “x” y con 7 pórticos en el eje “y” con espaciados de 4.2m. en dirección al eje “x” así como 3.5m con dirección al eje “y” comprendiendo un área de 308.70. m².
- Peso total de la estructura: Pe= 1710.05 Ton

✓ **Estructura de 8 Niveles – 3X3Y ($h_T = 25.20\text{ m}$)**

La estructura cuenta con las siguientes características:

- 8 niveles de 3m de altura a partir del 2 nivel y 4.20m de altura para el 1 Nivel.
- Columna 1 de 50x50 cm² y vigas de 30x60 cm² en todos sus niveles.
- 3 pórticos en la dirección del eje “x” y en el eje “y” con espaciados de 3m. en dirección al eje “x” así como 5.5m. con dirección al eje “y” comprendiendo un área de 148.50 m².
- Peso total de la estructura: Pe= 1199.13 Ton

✓ **Estructura de 8 Niveles – 3X5Y ($h_T = 25.20\text{ m}$)**

La estructura cuenta con las siguientes características:

- Columna 1 de 50x50 cm² y vigas de 30x50 cm² en todos sus niveles.
- 3 pórticos en cada dirección eje “x” y con 5 pórticos en el eje “y” espaciados de 3.5 m. en dirección al eje “x” así como 4 m. en dirección al eje “y” con un área de 210.00 m².
- Peso total de la estructura: $P_e = 1485.37\text{ Ton}$

✓ **Estructura de 8 Niveles – 3X7Y ($h_T = 25.20\text{ m}$)**

La estructura cuenta con las siguientes características:

- Columna 1 de 60x60 cm² y vigas de 30x50 cm² en todos sus niveles.
- 3 pórticos en la dirección del eje “x” y con 7 pórticos en el eje “y” con espaciados de 4.2mt. en dirección al eje “x”, así como 3.5mt. con dirección al eje “y”, con un área de 308.70. m².
- Peso total de la estructura: $P_e = 2290.94\text{ Ton}$

3.1.2 Determinación de las Propiedades del Sistema de Tanque Elevado

Como se pudo mencionar en líneas anteriores, el peso del tanque está reflejado en variaciones de porcentajes de acuerdo al peso del ultimo nivel. Para esta investigación se tomó como valores referenciales la dotación de consumo que existe realmente, dentro de ellas se considera el volumen de agua según el tipo de uso de la edificación. Es por eso que presentaremos en la tabla N°06 valores que nos ayudaron a poder conocer el volumen según su dotación con la finalidad de que los porcentajes de variación del peso sean referenciados a lo existente, considerando una dotación de 1600 litros/día para edificaciones multifamiliares haciendo referencia a valore obtenidos en la tabla N°02.

Tabla 6. Calculo de dotaciones para viviendas multifamiliares

	Volumen (m ³) del Tanque Elevado - Departamentos			
	N° de Departamentos	Volumen Tanque Elevado - 4P.	Volumen Tanque Elevado - 6P.	Volumen Tanque Elevado - 8P.
CASO-01	1	6.4	9.6	12.8
CASO-02	2	12.8	19.2	25.6
CASO-03	3	19.2	28.8	38.4
CASO-04	4	25.6	38.4	51.2
CASO-05	5	32	48	64

Fuente: Elaboración Propia

Los rangos del porcentaje del peso son referenciados de acuerdo a lo mostrado en la tabla N°06, es por eso que se realizaron 3 modelos de tanques elevados. Cada modelo será analizado en diferente estructura y cada uno cuenta con diferente configuración en sus dimensiones, por otra parte, cada modelo se encuentra ubicada en la parte superior de la estructura en el centro de las plantas superiores de cada edificación, estas tendrán diferentes características en su peso para así poder evaluar la influencia del sistema de tanque elevado. Los parámetros que se determinaron para variar la respuesta sísmica de las edificaciones en función del sistema de tanque elevado será el peso en cada modelo, teniendo porcentajes del 20%, 40% y 60 %. Los datos de cada porcentaje representaran una parte del peso que se encuentra en el último nivel.

- **TANQUE 1 – 3X3Y**

El sistema de tanque elevado (Tanque-1), estará ubicado en la estructura de configuración 3X3Y presentado anteriormente en los modelos estructurales, el sistema será evaluado para 4, 6 y 8 niveles del mismo modelo de la estructura seleccionada.

Tabla 7. Descripción de las características de modelo 1.

DESCRIPCIÓN		DATOS	UNIDAD
Columnas	Co	0.40x0.40	m
Vigas	Vi	0.30x0.30	m
Muro 1	M2	2.4x3	m
Muro 2	M1	2.4x5.5	m
Concreto	F'c	210	kg/cm2
Espesor de acero	Ea	0.00051	m ²
Espesor de acero en estribos	Est.	0.0002	m ²
Espesor de losa maciza	EL	0.15	m
Espesor Muro	Em	0.15	m
Numero de columnas	N°co.	4	und
Numero de vigas	N°vi.	4	und
Altura Total del Tanque Elevado		4.50	m

Fuente: Elaboración Propia

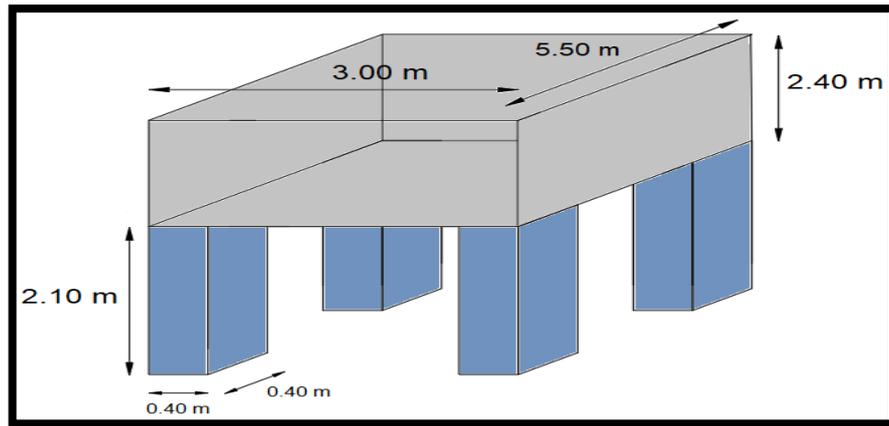


Figura 22. Sistema de Tanque Elevado (Tanque 1)
Fuente: Elaboración Propia

- **TANQUE 2 – 3X5Y**

El sistema de tanque elevado (Tanque-2), estará ubicado en la estructura de configuración 3X5Y presentado anteriormente en los modelos estructurales, el sistema será evaluado para 4, 6 y 8 niveles del mismo modelo de la estructura seleccionada.

Tabla 8. Descripción de las características de modelo 2.

DESCRIPCIÓN		DATOS	UNIDAD
Columnas	Co	0.40x0.40	m
Vigas	Vi	0.30x0.30	m
Muro 1	M2	2.4x3.00	m
Muro 2	M1	2.4x4.00	m
Concreto	F'c	210	kg/cm ²
Espesor de acero	Ea	0.00051	m ²
Espesor de acero en estribos	Est.	0.0002	m ²
Espesor de losa maciza	EL	0.15	m
Espesor Muro	Em	0.15	m
Numero de columnas	N°co.	4	und
Numero de vigas	N°vi.	4	und
Altura Total del Tanque Elevado		4.60	m

Fuente: Elaboración Propia

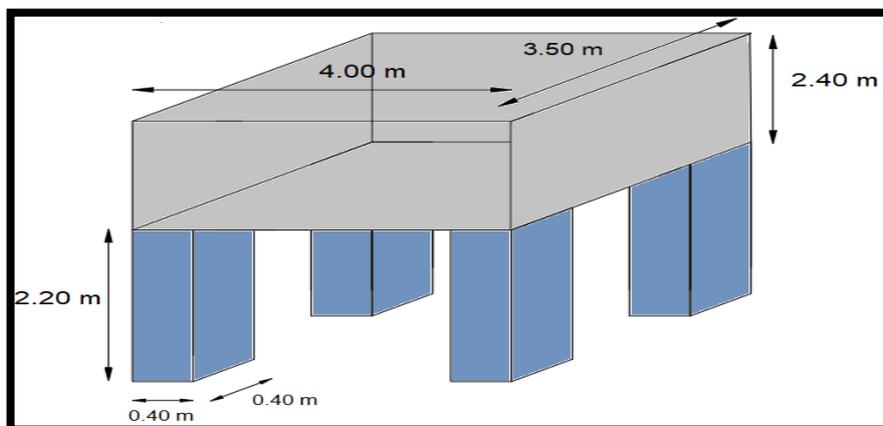


Figura 23. Sistema de Tanque Elevado (Tanque 2)
Fuente: Elaboración Propia

- **TANQUE 3 – 3X7Y**

El sistema de tanque elevado (Tanque-3), estará ubicado en la estructura de configuración 3X7Y presentado anteriormente en los modelos estructurales, el sistema será evaluado para 4, 6 y 8 niveles del mismo modelo de la estructura seleccionada.

Tabla 9. Descripción de las características de modelo 3

DESCRIPCIÓN		DATOS	UNIDAD
Columnas	Co	0.40x0.40	m
Vigas	Vi	0.30x0.30	m
Muro 1	M2	2.4x3.50	m
Muro 2	M1	2.4x4.50	m
Concreto	F'c	210	kg/cm ²
Espesor de acero	Ea	0.00051	m ²
Espesor de acero en estribos	Est.	0.0002	m ²
Espesor de losa maciza	EL	0.15	m
Espesor Muro	Em	0.15	m
Numero de columnas	N°co.	4	und
Numero de vigas	N°vi.	4	und
Altura Total del Tanque Elevado		4.70	m

Fuente: Elaboración Propia

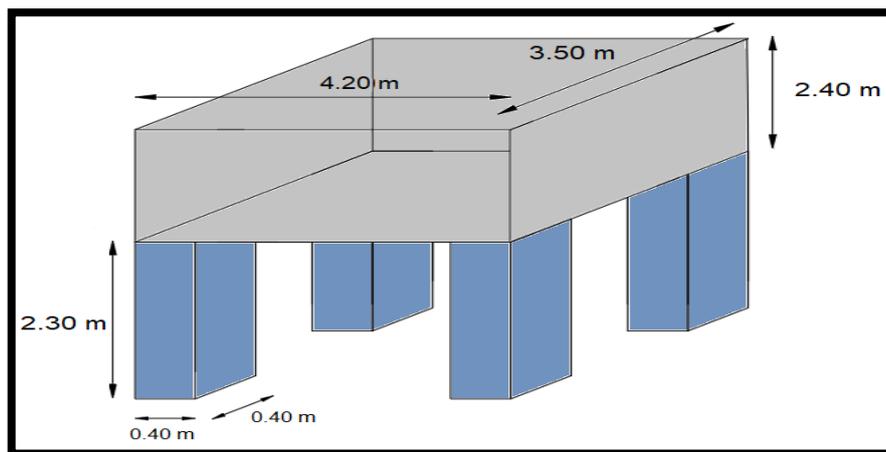


Figura 24. Sistema de Tanque Elevado (Tanque 3)

Fuente: Propia

3.2 Análisis estructural

Se hará un estudio de las características dinámicas de la estructura, así como la unanimidad en cuanto a los parámetros según la norma diseño Sismo-Resistente del Reglamento Nacional de Construcción. Se realizó el método estático y el método dinámico de análisis modal espectral para la determinación de la fuerza sísmica según la norma E030.

3.2.1 Proceso del Análisis Estructural sin Sistema de Tanque Elevado

Se analizará las respuestas sísmicas de la estructura, con la finalidad de poder determinar los periodos (T_s) de la edificación, así como las distorsiones ($\Delta i/h_{ei}$), aceleraciones de piso (PFA) y cortantes (V) obtenidas mediante el análisis dinámico modal espectral. Las fuerzas cortantes serán comparadas mediante los resultados obtenidos en el análisis estático tal y como indica la norma estas deberán ser mayor al 80%, en caso contrario se procederá a escalar la fuerza cortante obtenida en el método dinámico.

Se ha dividido el territorio peruano en cuatro zonas de acuerdo a su sismicidad, para nuestro caso consideramos que la estructuras se construye en la capital del Perú, por lo tanto, al Distrito de Pueblo Libre ubica en Lima le corresponde, $Z=0.45$ (Zona 4).

Los suelos se han clasificado en 4 grupos según la zona de cada lugar y por el periodo predominante T_s de la estratigrafía. En nuestro caso consideramos un Suelo (S1) el cual mediante ensayos de mecánica de suelo en el Distrito de Pueblo Libre se le designado un valor de $S1=1.00$ para suelos muy rígidos.

Cada edificación debes ser clasificada de acuerdo al uso e importancia ante la ocurrencia de un sismo, la categoría en la que será considera nuestra edificación será la categoría C, como edificaciones comunes la cual cuenta con un factor de uso. $U=1.00$

Los sistemas estructurales serán clasificados según los materiales utilizados en su sistema de construcción sismorresistente en cada dirección, para nuestro caso amabas direcciones de la estructura cuentan con un sistema aporticado de concreto armado por lo tanto utilizaremos un coeficiente de reducción de fuerza sísmica $R=8$.

El factor de amplificación sísmica estará en función a las características del suelo, este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la respuesta estructural respecto a la aceleración en el suelo, los valores para (T_p) y (T_L) serán de 0.40 y 2.50 respectivamente

$$C = 2.5; T < T_p$$

$$C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T}\right); Si T_p < T < T_L$$

$$C = 2.5 * \left(\frac{T_p * T_L}{T^2}\right); Si T > T_L$$

Cabe mencionar que nuestras estructuras no cuentan con irregularidades en planta ni altura (Ip) y (Ia) en ambas direcciones.

Luego de determinar los parámetros de la estructura, conociendo cada valor será necesario poder definir el espectro de análisis en cada una de las direcciones horizontales de la estructura según nos indica la norma para esto se recurrirá a un espectro inelástico de pseudos-aceleraciones (Sa) la cual está dado por.

$$Sa_{objetivo} = \frac{ZUSC}{R} \times g$$

Para poder expresar este espectro se utilizaron dos factores primordiales, una vez determinado el (Sa) esta estará directamente relacionada al periodo de la estructura debido a esto obtendremos la siguiente función gráfica.

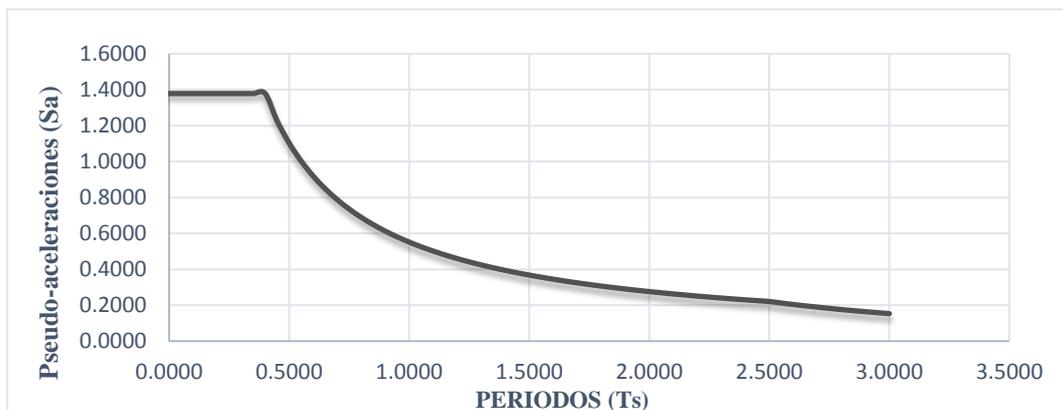


Figura 25. Espectro de Respuesta de Diseño
Fuente: Norma Técnica E.030

El analisis dinamico de cada edificación se realiza con el programa ETABS 2016, donde sera necesario ingresar el espectro de diseño que nos da la norma y la cual fue calculada.

Los resultados con respecto a los periodos fundamentales, serán obtenidos directamente, estos resultados serán los periodos predominantes, aquellos modos de vibración cuyas sumas masa efectiva alcancen el 90% de la masa de la estructura.

Los resultados con respecto a las distorsiones, serán obtenidos directamente. Estos resultados serán las distorsiones del diafragma de cada nivel debido a las fuerzas sísmicas actúa sobre cada una de ellas.

Los resultados con respecto a las aceleraciones entrepiso, serán las obtenidas directamente.

El resultado con respecto a las fuerzas cortantes basales para el caso de análisis modal espectral será obtenido directamente y se calculará en el análisis estático para su verificación según la Norma E030.

3.2.2 Procesos del Análisis Estructural con sistema de Tanque Elevado

Para el análisis de las estructuras con sistema de tanque elevado en su superficie es preciso saber que tenemos que realizar algunas configuraciones en la colocación de datos sobre la masa de la estructura, debido a que el sistema de tanque elevado estará en función al peso del ultimo nivel.

Una vez obtenido los datos de la estructura del tanque elevado; usaremos el software ETABS 2016 para poder incorporar los datos de este sistema en el cual mostraremos el siguiente procedimiento:

Se aumentará un piso sobre el ultimo nivel; al cual lo llamaremos piso tanque elevado; lugar donde estarán ubicados todos los sistemas de tanques elevados en cada edificación.

Story	Height m	Elevation m	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height m	Story Color
Tanque Elevado	2.3	21.5	No	None	No	0	Orange
Story6	3	19.2	No	None	No	0	Blue
Story5	3	16.2	No	None	No	0	Blue
Story4	3	13.2	No	None	No	0	Blue
Story3	3	10.2	No	None	No	0	Blue
Story2	3	7.2	No	None	No	0	Blue
Story1	4.2	4.2	No	None	No	0	Blue
Base		0					

Figura 26. Piso superior “Tanque Elevado”
Fuente: Programa Computacional ETABS

Añadimos nuevos materiales con nuevas propiedades para el sistema de tanque elevado; en la opción Define – Material Properties.

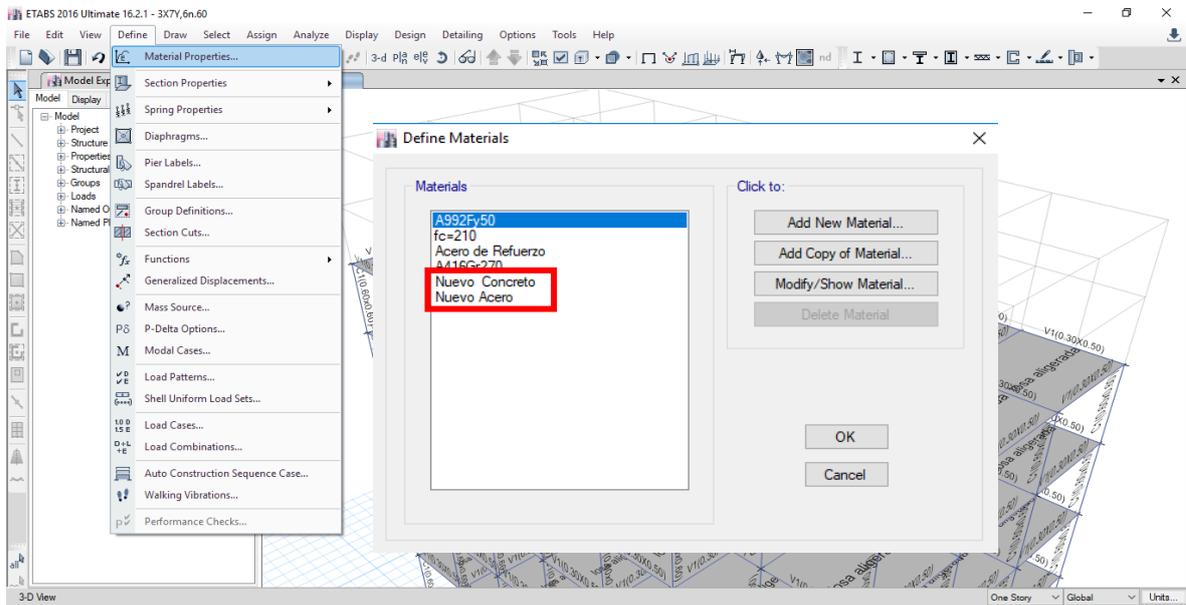


Figura 27. Nuevas propiedades para el concreto y acero del tanque elevado
Fuente: Programa Computacional ETABS

Luego de haber creado los materiales definiremos las propiedades para cada una de ellas con el objetivo de que la masa en cada material sea despreciable. Sin embargo, contara con rigidez en cada uno de sus elementos.

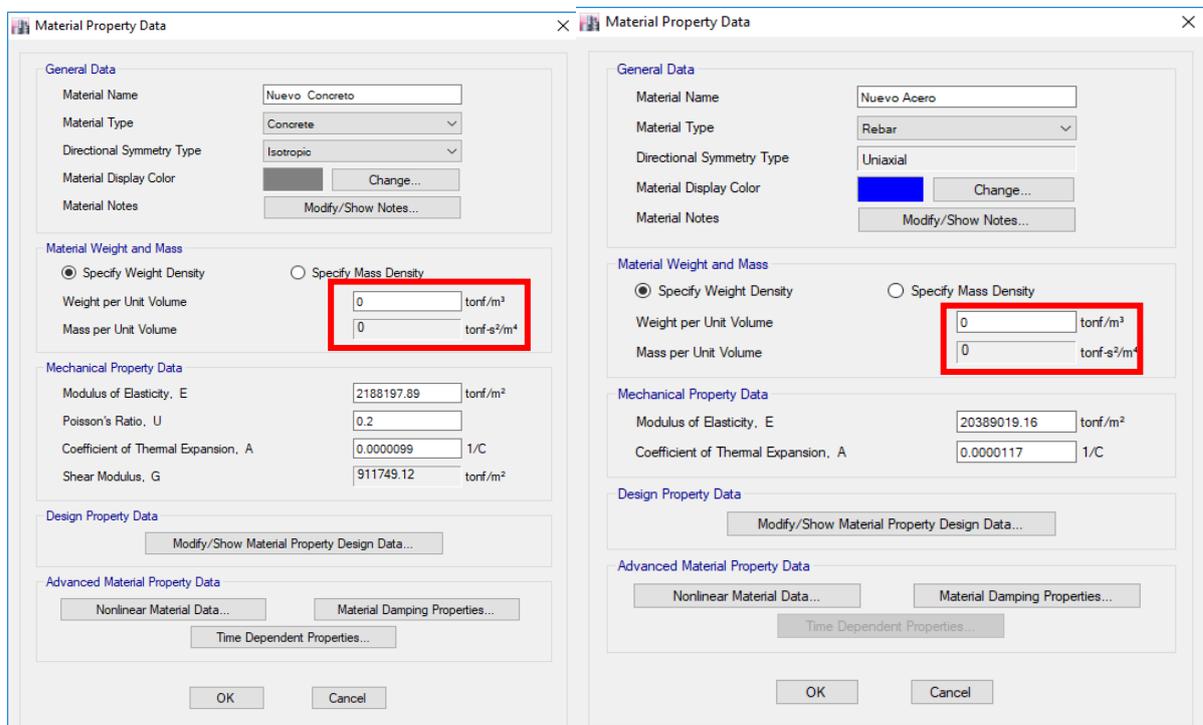


Figura 28. Los valores de peso del material no son considerados
Fuente: Programa Computacional ETABS

Añadimos nuevos elementos estructurales para el sistema de tanque elevado estos estarán conformados por columnas, vigas, muros y losas en la parte inferior y superior; en la opción Define – Section Properties – Frame Sections.

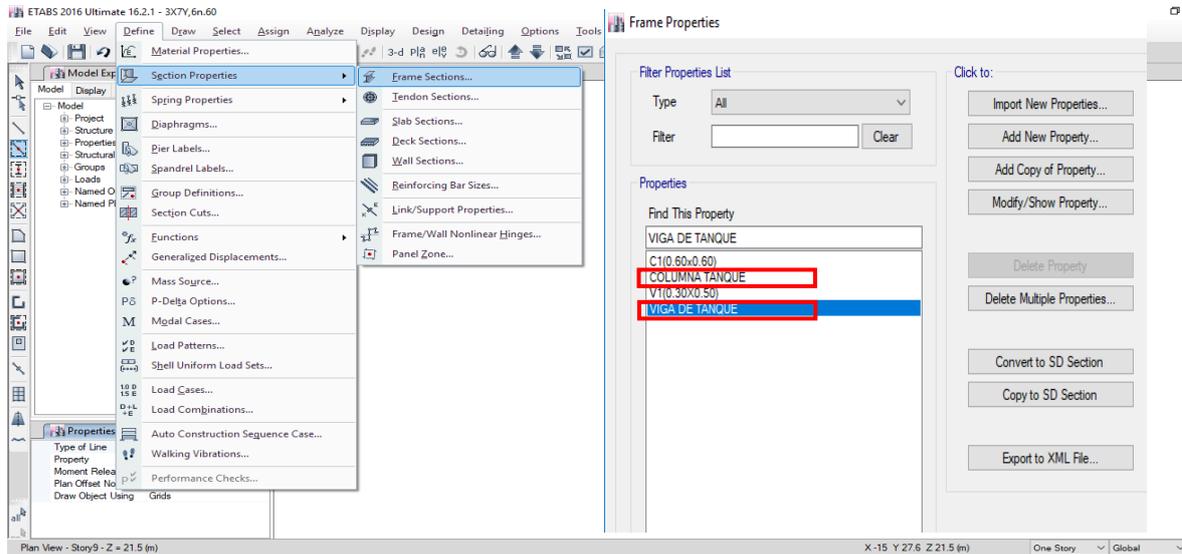


Figura 29. Elementos estructurales “Columna Tanque” y “Viga Tanque”
Fuente: Programa Computacional ETABS

A los elementos estructurales de la columna y viga del tanque elevado se le asignaran los nuevos materiales creados (Nuevo Concreto y Nuevo Acero) como se muestra a continuación en la figura

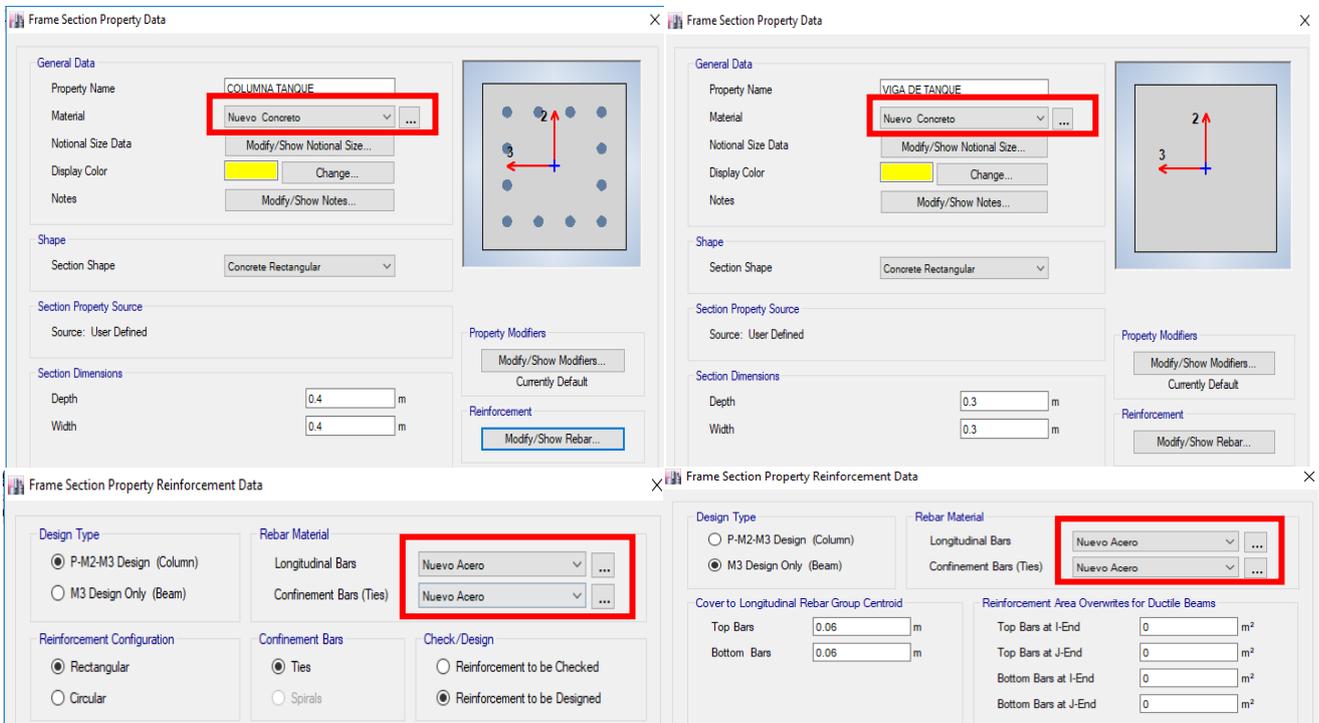


Figura 30. Asignación del tipo de material para cada elemento
Fuente: Programa Computacional ETABS

Las losas para la estructura del tanque elevado serán creadas considerando los nuevos materiales, a esta losa se le llamara “losa cero”; mediante Define – Section Properties – Slab Section. La losa maciza está ubicada en la parte inferior y superior del tanque con 15 cm de espesor. Los muros para la estructura del tanque elevado serán creados considerando los nuevos materiales, a este muro se le denominará “Muro Tanque”; con la opción Define – Section Properties – Wall Sections el cual tendrá un espesor de 15 cm en todos sus lados

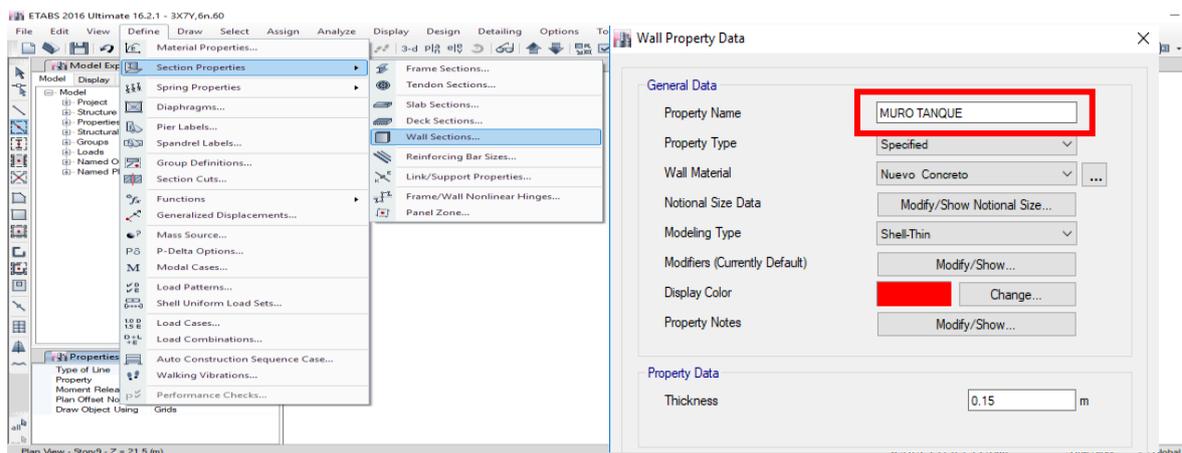


Figura 31. Elemento estructural Muro tanque
Fuente: Programa Computacional ETABS

Se procede a colocar los elementos estructurales y para esto nos ubicaremos en la planta denominada “Tanque Elevado” en donde insertaremos las columnas y vigas que serán el apoyo del tanque elevado y estará ubicada en el centro tal y como se muestra en la figura. La losa inferior del tanque elevado tendrá un diafragma rígido el cual le asignaremos con el fin que distribuya las fuerzas sísmicas hacia los elementos de apoyo haciendo únicamente que se trabaje una su dirección longitudinal, luego de colocar un “joint” en el centro de la losa es seleccionado para asignarle una masa. Assign – Joint – Additional mass

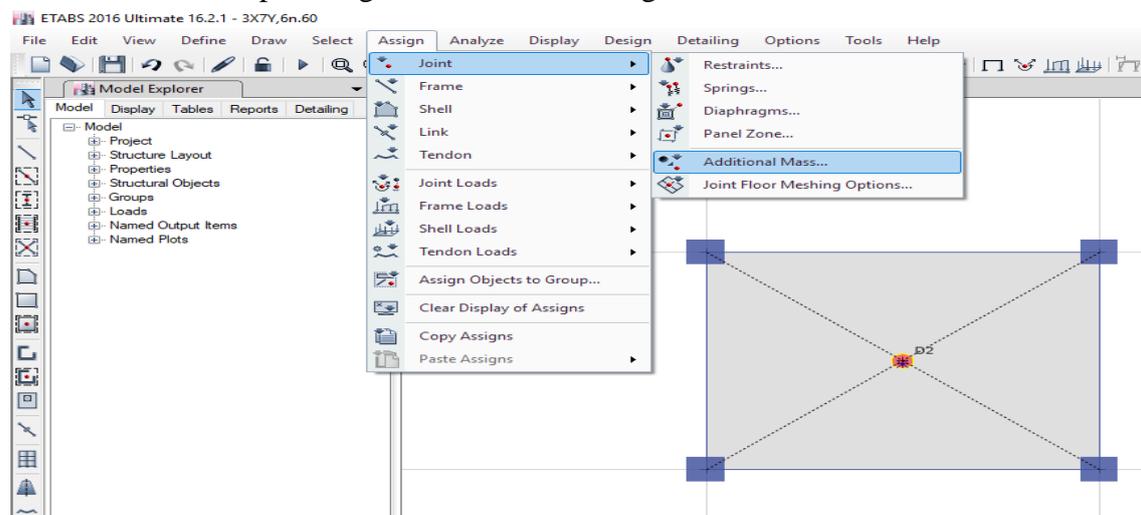


Figura 32. Masa adicional en el “joint 1” de la losa inferior del Tanque Elevado
Fuente: Programa Computacional ETABS

Los valores que se asignaran al “joint 1” en la losa inferior del tanque será un porcentaje (%) del valor encontrado en el último nivel de la edificación sin sistema de tanque elevado como se muestra para el modelo 3X7Y de 6 niveles.

The screenshot displays the ETABS 2016 Ultimate 16.2.1 - 3X7Y,6n interface. The 'Mass Summary by Story' table is highlighted with a red box, showing mass values for each story. Below it, three 'Joint Assignment - Additional Mass' dialog boxes are shown, each with a red box around the 'Direction X, Y' input field.

Story	UX tonf-s ² /m	UY tonf-s ² /m	UZ tonf-s ² /m
Story6	24.59098	24.59098	0
Story5	29.60692	29.60692	0
Story4	29.60692	29.60692	0
Story3	29.60692	29.60692	0
Story2	29.60692	29.60692	0
Story1	31.2985	31.2985	0
Base	5.92055	5.92055	0

The three dialog boxes show the following values for 'Direction X, Y':

- Dialog 1: 4.918196 tonf-s²/m
- Dialog 2: 9.836392 tonf-s²/m
- Dialog 3: 14.754588 tonf-s²/m

Figura 33. Valores del 20%, 40% y 60% del peso del ultimo nivel para el modelo 3X7Y – 6 niveles
Fuente: Programa Computacional ETABS

Para que el programa ETABS tome en consideración la masa adicional para su análisis se tendrá que activar la función Mass Additional desde la opción Mass Source

The screenshot shows the 'Mass Source Data' dialog box in ETABS. The 'Mass Source' section has 'Additional Mass' checked and highlighted with a red box. The 'Mass Multipliers for Load Patterns' table is also visible.

Load Pattern	Multiplier
ACABADOS	1
ACABADOS	1
S/C	0.25

Figura 34. Activar la función Additional Mass dentro de las masas que analizara el ETABS
Fuente: Programa Computacional ETABS

3.2.2.1 Cálculo de la Fuerza Horizontal Mínima para Elementos no Estructurales

Debido a que contamos con un peso en la parte superior de la estructura la cual es generada por el sistema de tanque elevado en nuestra investigación, se tendrá que realizar un cálculo para determinar la fuerza horizontal mínima en el nivel del tanque elevado según la norma E030. Como mencionamos en el apartado 2.2.1 de esta investigación existen los factores a tomar en cuenta para el cálculo requerido según norma.

Tabla 10. Fuerza Horizontal en el Tanque Elevado

Estructuras	CASOS	Área (m ²)	Peso Tanque E. (Ton)	Fuerza Horizontal Tanque E. (Ton)
3X3Y	20%	3.00 x 5.50	26.66	6.00
	40%	3.00 x 5.50	53.33	12.00
	60%	3.00 x 5.50	79.99	18.00
3X5Y	20%	3.50 x 4.00	32.22	7.25
	40%	3.50 x 4.00	64.44	14.50
	60%	3.50 x 4.00	96.65	21.75
3X7Y	20%	4.20 x 3.50	48.25	10.86
	40%	4.20 x 3.50	96.50	21.71
	60%	4.20 x 3.50	144.74	32.57

Fuente: Elaboración Propia

3.3 Respuesta del Análisis Estructural

3.3.1 Periodos Fundamentales

3.3.1.1 Estructuras Sin Sistema de Tanque Elevado

Tabla 11. Periodo Fundamental de las estructuras de 4 niveles

	Niveles	Periodos (Ts)	Dirección
X3Y3	4	0.481	Y
X3Y5	4	0.459	X
X3Y7	4	0.424	X

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12. Periodo Fundamental de las estructuras de 6 niveles

	Niveles	Periodos (ts)	Dirección
X3Y3	6	0.692	Y
X3Y5	6	0.669	X
X3Y7	6	0.634	X

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13. Periodo Fundamental de las estructuras de 8 niveles

	Niveles	Periodos (ts)	Dirección
X3Y3	8	0.905	Y
X3Y5	8	0.884	X
X3Y7	8	0.848	X

Fuente: Elaboración Propia

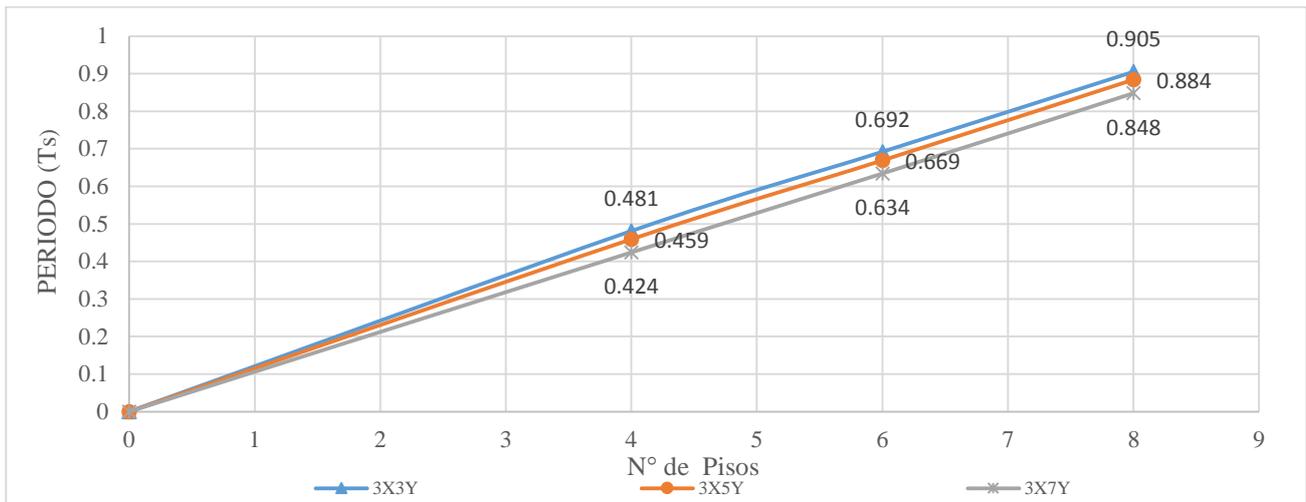


Figura 35. Presentación grafica de periodos (Ts) según los niveles de la edificación
Fuente: Elaboración Propia

3.3.1.2 Modos de Vibración

El software ETABS que se empleará como herramienta determina las rigideces y calcula las frecuencias naturales y los modos de vibración de las estructuras. Según la norma E030 hace mención que se deberá considerar todos los modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa de la estructura.

Es por ello que trabajaremos con los 7 modos de vibración de la estructura para ser más conservador con los resultados. A continuación, mostraremos de forma detallada para cada estructura los periodos de vibración en conjunto del porcentaje la masa participativa.

4 Niveles – 3X3Y

Tabla 14. Masa Participativa en cada modo de la estructura 3X3Y - 4N

Caso	Modo	Periodo (seg)	UX	UY	RZ	Sum UX	Sum UY	Sum RZ
Modal	1	0.481	0	0.9182	0	0	0.9182	0
Modal	2	0.449	0.9259	0	0	0.9259	0.9182	0.9269
Modal	3	0.401	0	0	0.9269	0.9259	0.9182	0.9269
Modal	4	0.147	0	0.0679	0	0.9259	0.9861	0.9269
Modal	5	0.139	0.0633	0	0	0.9892	0.9861	0.9889
Modal	6	0.124	0	0	0.062	0.9892	0.9861	0.9889
Modal	7	0.079	0	0.012	0	0.9892	0.9981	0.9889

Fuente: Elaboración Propia

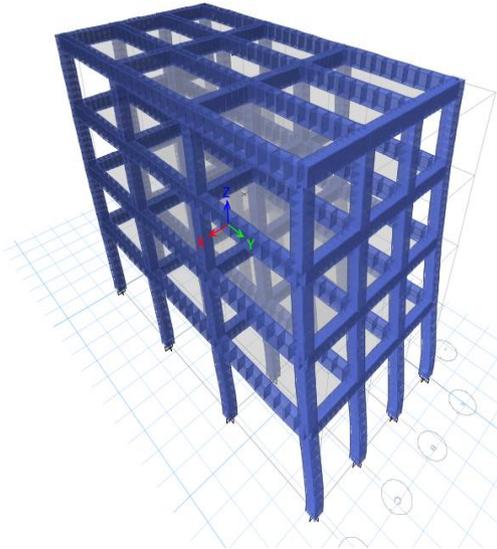


Figura 37. Modo1=0.481 en 4N-3X3Y
Fuente: Programada Computacional ETABS

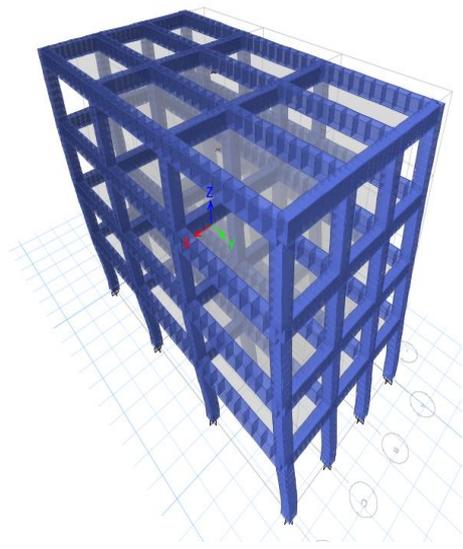


Figura 36. Modo2=0.449 en 4N-3X3Y
Fuente: Programada Computacional ETABS

4 Niveles – 3X5Y

Tabla 15. Masa Participativa en cada modo de la estructura 3X5Y - 4N

Caso	Modo	Periodo (seg)	UX	UY	RZ	Sum UX	Sum UY	Sum RZ
Modal	1	0.459	0.9099	0	0	0.9099	0	0
Modal	2	0.458	0	0.9113	0.9123	0.9099	0.9113	0.9123
Modal	3	0.41	0	0	0	0.9099	0.9113	0.9123
Modal	4	0.14	0.0744	0	0	0.9843	0.9113	0.9123
Modal	5	0.139	0	0.073	0.0724	0.9843	0.9843	0.9847
Modal	6	0.126	0	0	0	0.9843	0.9843	0.9847
Modal	7	0.073	0.0136	0	0	0.9978	0.9843	0.9847

Fuente: Elaboración Propia

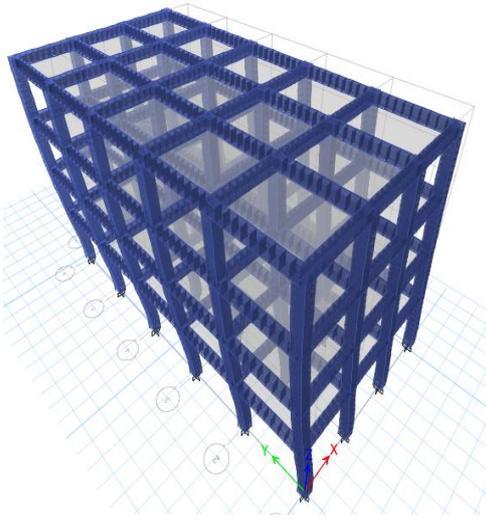


Figura 39. Modo1=0.459 en 4N-3X5Y

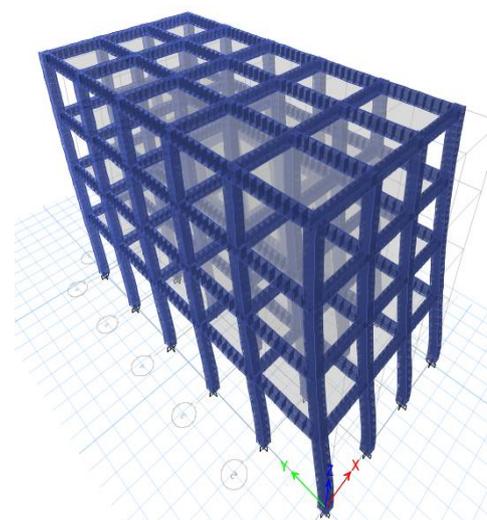


Figura 38. Modo2=0.458 en 4N-3X5Y

4 Niveles – 3X7Y

Tabla 16. Masa Participativa en cada modo de la estructura 3X7Y – 4N

Caso	Modo	Periodo (seg)	UX	UY	RZ	Sum UX	Sum UY	Sum RZ
Modal	1	0.424	0.8805	0	0	0.8805	0	0
Modal	2	0.385	0	0.8944	0	0.8805	0.8944	0
Modal	3	0.375	0	0	0.8865	0.8805	0.8944	0.8865
Modal	4	0.125	0.0949	0	0	0.9754	0.8944	0.8865
Modal	5	0.115	0	0.0851	0	0.9754	0.9795	0.8865
Modal	6	0.112	0	0	0.0905	0.9754	0.9795	0.977
Modal	7	0.062	0.0212	0	0	0.9966	0.9795	0.977

Fuente: Elaboración Propia

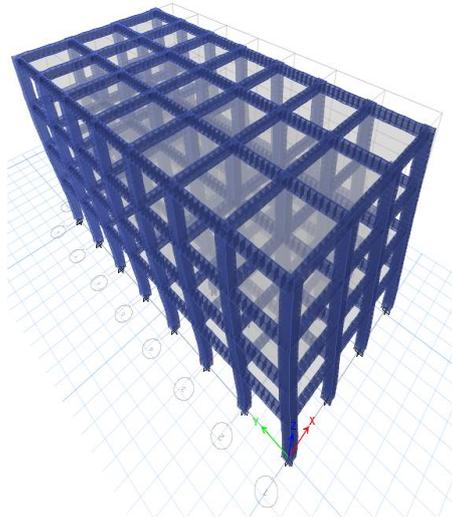


Figura 40. Modo1=0.424 en 4N-3X7Y

Fuente: Programada Computacional ETABS

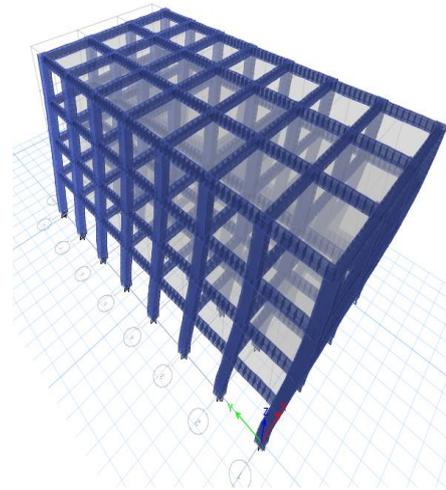


Figura 41. Modo2=0.385 en 4N-3X7Y

Fuente: Programada Computacional ETABS

6 Niveles – 3X3Y

Tabla 17. Masa Participativa en cada modo de la estructura 3X3Y - 6N

Caso	Modo	Periodo (seg)	UX	UY	RZ	Sum UX	Sum UY	Sum RZ
Modal	1	0.692	0	0.8908	0	0	0.8908	0
Modal	2	0.647	0.8937	0	0	0.8937	0.8908	0
Modal	3	0.573	0	0	0.8981	0.8937	0.8908	0.8981
Modal	4	0.22	0	0.0817	0	0.8937	0.9724	0.8981
Modal	5	0.207	0.0834	0	0	0.9771	0.9724	0.8981
Modal	6	0.184	0	0	0.0787	0.9771	0.9724	0.9768
Modal	7	0.122	0	0.0195	0	0.9771	0.9919	0.9768

Fuente: Elaboración Propia

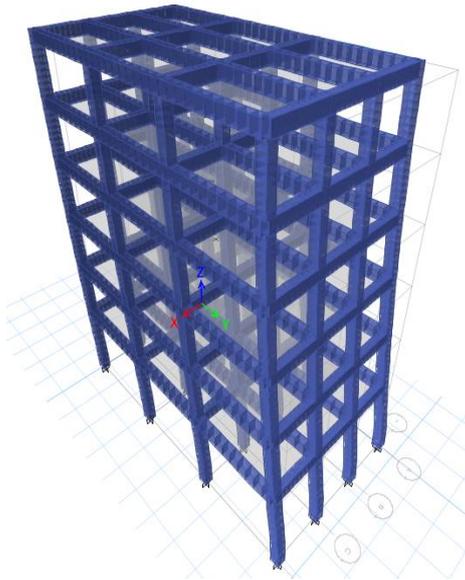


Figura 43. Modo1=0.692 en 6N-3X3Y
Fuente: Programada Computacional ETABS

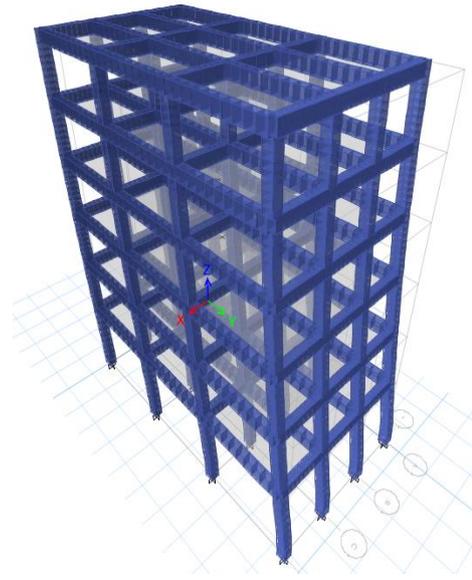


Figura 42. Modo2=0.647 en 6N-
Fuente: Programada Computacional ETABS

6 Niveles – 3X5Y

Tabla 18. Masa Participativa en cada modo de la estructura 3X5Y - 6N

Caso	Modo	Periodo (seg)	UX	UY	RZ	Sum UX	Sum UY	Sum RZ
Modal	1	0.669	0.8809	0	0	0.8809	0	0
Modal	2	0.663	0	0.8841	0	0.8809	0.8841	0
Modal	3	0.594	0	0	0.885	0.8809	0.8841	0.885
Modal	4	0.212	0.0883	0	0	0.9692	0.8841	0.885
Modal	5	0.21	0	0.0852	0	0.9692	0.9692	0.885
Modal	6	0.189	0	0	0.0847	0.9692	0.9692	0.9697
Modal	7	0.116	0.0216	0	0	0.9908	0.9692	0.9697

Fuente: Elaboración Propia

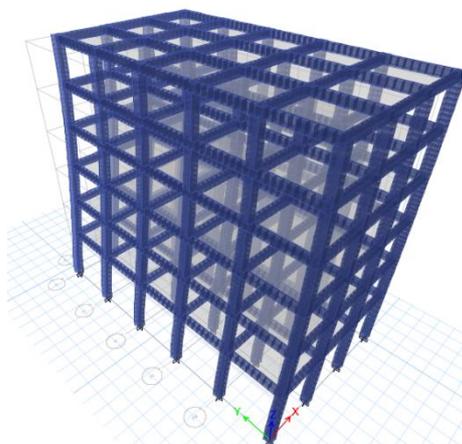


Figura 45. Modo1=0.669 en 6N-3X5Y

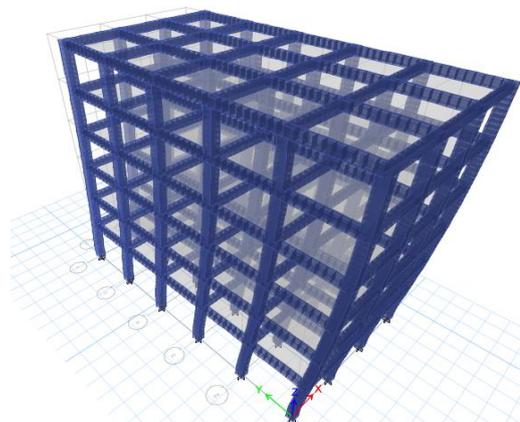
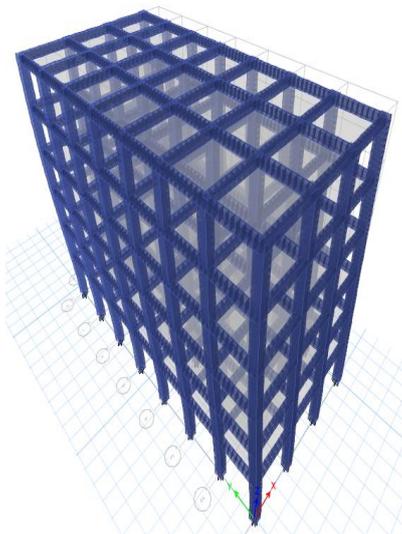


Figura 44. Modo2=0.663 en 6N-3X5Y

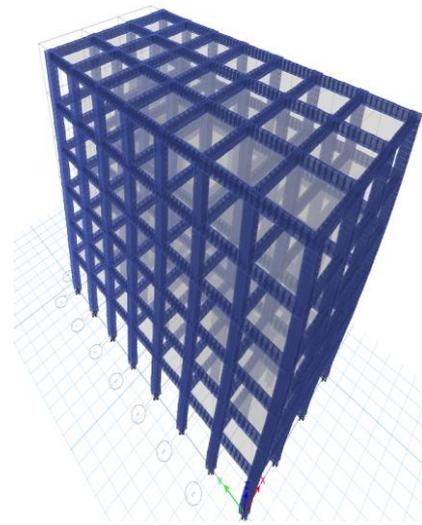
6 Niveles – 3X7Y**Tabla 19.** Masa Participativa en cada modo de la estructura 3X7Y - 6N

Caso	Modo	Periodo (seg)	UX	UY	RZ	Sum UX	Sum UY	Sum RZ
Modal	1	0.634	0.8553	0	0	0.8553	0	0
Modal	2	0.568	0	0.8683	0	0.8553	0.8683	0
Modal	3	0.557	0	0	0.8618	0.8553	0.8683	0.8618
Modal	4	0.195	0.0998	0	0	0.9551	0.8683	0.8618
Modal	5	0.177	0	0.0931	0	0.9551	0.9614	0.8618
Modal	6	0.173	0	0	0.0957	0.9551	0.9614	0.9575
Modal	7	0.102	0.0304	0	0	0.9855	0.9614	0.9575

Fuente: Elaboración Propia

*Figura 46.* Modo1=0.634 en 6N-3X7Y

Fuente: Programada Computacional ETABS

*Figura 47.* Modo2=0.568 en 6N-3X7Y

Fuente: Programada Computacional ETABS

8 Niveles – 3X3Y**Tabla 20.** Masa Participativa en cada modo de la estructura 3X3Y - 8N

Caso	Modo	Periodo (seg)	UX	UY	RZ	Sum UX	Sum UY	Sum RZ
Modal	1	0.905	0	0.8724	0	0	0.8724	0
Modal	2	0.854	0.8688	0	0	0.8688	0.8724	0
Modal	3	0.748	0	0	0.878	0.8688	0.8724	0.878
Modal	4	0.293	0	0.0892	0	0.8688	0.9616	0.878
Modal	5	0.277	0.0978	0	0	0.9666	0.9616	0.878
Modal	6	0.244	0	0	0.0884	0.9666	0.9616	0.9664
Modal	7	0.166	0	0.024	0	0.9666	0.9856	0.9664

Fuente: Elaboración Propia

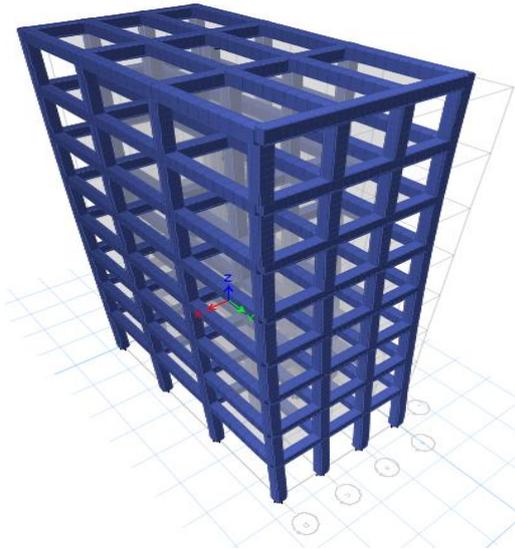


Figura 48. Modo1=0.905 en 8N-3X3Y
Fuente: Programada Computacional ETABS

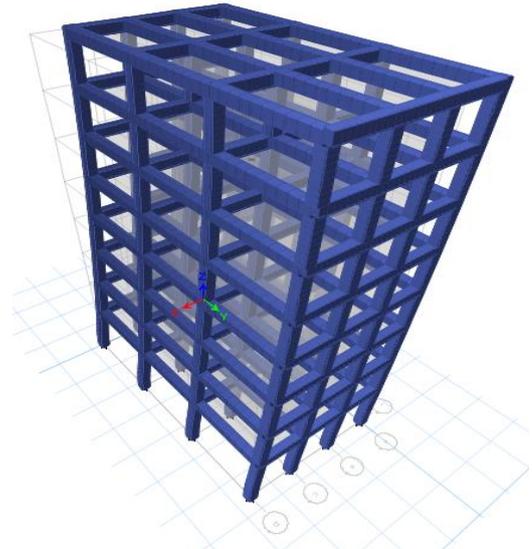


Figura 49. Modo2=0.854 en 8N-3X3Y
Fuente: Programada Computacional ETABS

8 Niveles – 3X5Y

Tabla 21. Masa Participativa en cada modo de la estructura 3X5Y - 8N

Caso	Modo	Periodo (seg)	UX	UY	RZ	Sum UX	Sum UY	Sum RZ
Modal	1	0.884	0.861	0	0	0.861	0	0
Modal	2	0.87	0	0.8666	0	0.861	0.8666	0
Modal	3	0.779	0	0	0.8678	0.861	0.8666	0.8678
Modal	4	0.285	0.0965	0	0	0.9576	0.8666	0.8678
Modal	5	0.281	0	0.0913	0	0.9576	0.9579	0.8678
Modal	6	0.252	0	0	0.0905	0.9576	0.9579	0.9583
Modal	7	0.158	0.0261	0	0	0.9837	0.9579	0.9583

Fuente: Elaboración Propia

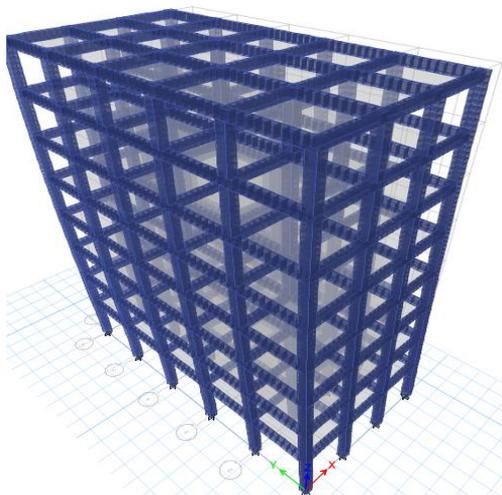


Figura 51. Modo1=0.884 en 8N-3X5Y

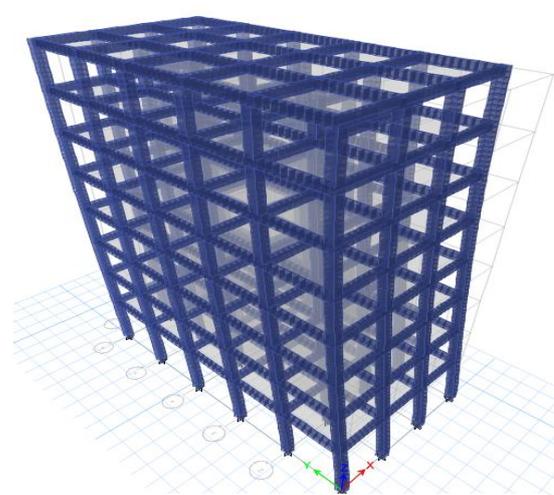


Figura 50. Modo2=0.87 en 8N-3X5Y

8 Niveles – 3X7Y

Tabla 22. Masa Participativa en cada modo de la estructura 3X7Y - 8N

Caso	Modo	Periodo (seg)	UX	UY	RZ	Sum UX	Sum UY	Sum RZ
Modal	1	0.848	0.8405	0	0	0.8405	0	0
Modal	2	0.752	0	0.8528	0	0.8405	0.8528	0
Modal	3	0.739	0	0	0.848	0.8405	0.8528	0.848
Modal	4	0.267	0.1014	0	0	0.9419	0.8528	0.848
Modal	5	0.24	0	0.0961	0	0.9419	0.9489	0.848
Modal	6	0.235	0	0	0.0966	0.9419	0.9489	0.9447
Modal	7	0.145	0.0336	0	0	0.9755	0.9489	0.9447

Fuente: Elaboración Propia

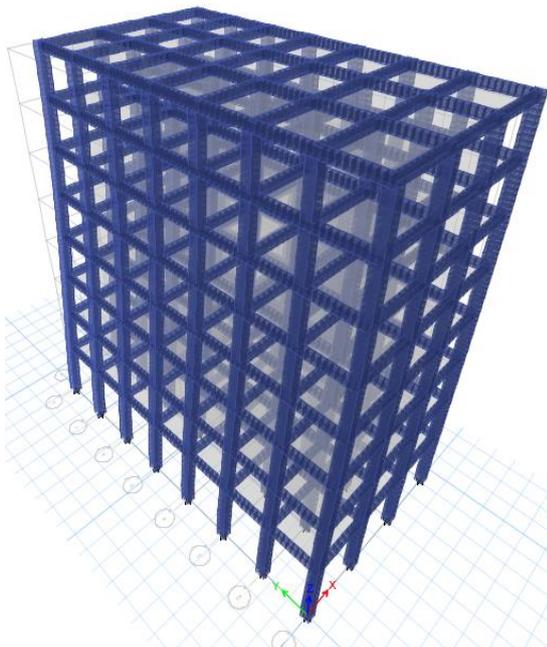


Figura 53. Modo1=0.848 en 8N-3X7Y
Fuente: Programada Computacional ETABS

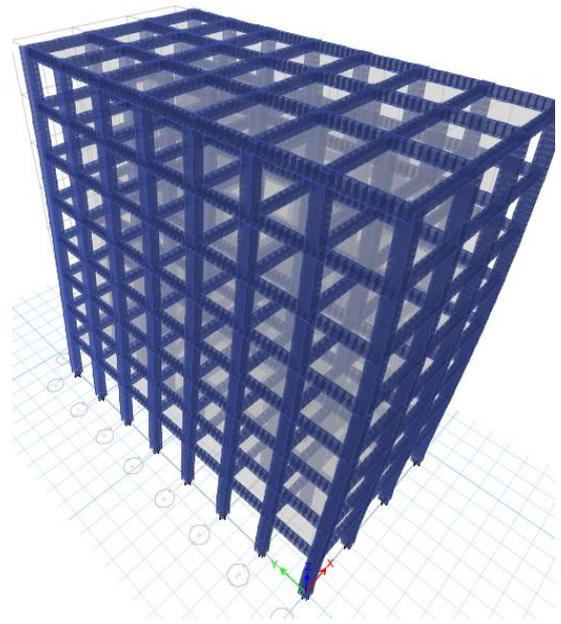


Figura 52. Modo2=0.752 en 8N-3X7Y
Fuente: Programada Computacional ETABS

3.3.1.3 Estructuras Con Sistema de Tanque Elevado

Tabla 23. Periodo Fundamental de las estructuras de 4 niveles con T.E.

	Niveles	Peso del Ultimo Nivel Peso del Tanque E. (%)		
		20%	40%	60%
3X3Y	4	0.5	0.519	0.539
3X5Y	4	0.478	0.497	0.517
3X7Y	4	0.443	0.465	0.488

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24. Periodo Fundamental de las estructuras de 6 niveles con T.E.

	Niveles	Peso del Ultimo Nivel Peso del Tanque E. (%)		
		20%	40%	60%
3X3Y	6	0.711	0.73	0.749
3X5Y	6	0.687	0.706	0.726
3X7Y	6	0.652	0.672	0.692

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25. Periodo Fundamental de las estructuras de 8 niveles con T.E.

	Niveles	P. del Ult. Nivel P. del Tanque E. (%)		
		20%	40%	60%
3X3Y	8	0.924	0.943	0.962
3X5Y	8	0.903	0.922	0.942
3X7Y	8	0.866	0.885	0.905

Fuente: Elaboración Propia

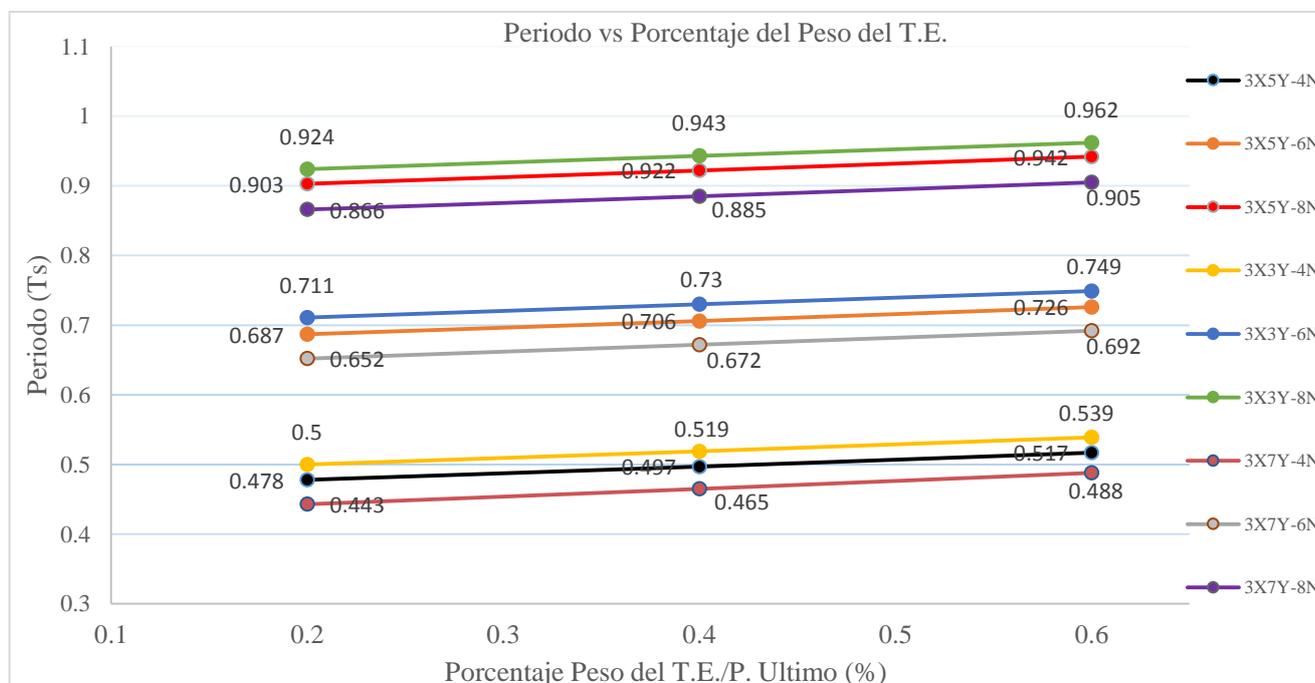


Figura 54. Grafica de Periodos Fundamentales de las estructuras con T.E.

Fuente: Elaboración Propia

3.3.1.4 Comparación de los Resultados del Periodo Fundamental

Con los resultados obtenidos se puede interpretar que los periodos fundamentales en las edificaciones estructurales con sistema de tanque elevado han aumentado. Sin embargo, el uso de sistema de tanque elevado en las estructuras funciona como un mecanismo de TMD (amortiguador de masa sintonizado) el cual incrementara el periodo para poder reducir la respuesta sísmica en la estructura.

A continuación, presentaremos el cuadro de comparación

ESTRUCTURA – 4 NIVELES

Tabla 26. Comparación de los resultados del periodo fundamental 4N–20

	Niveles	Periodo (Ts)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	20% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo nivel	
3X3Y	4	0.481	0.5	4%
3X5Y	4	0.459	0.478	4.15%
3X7Y	4	0.424	0.443	4.50%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27. Comparación de los resultados del periodo fundamental 4N–40

	Niveles	Periodo (Ts)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	40% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo nivel	
3X3Y	4	0.481	0.519	8.00%
3X5Y	4	0.459	0.497	8.30%
3X7Y	4	0.424	0.465	10.00%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28. Comparación de los resultados del periodo fundamental 4N–60

	Niveles	Periodo (Ts)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	60% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo nivel	
3X3Y	4	0.481	0.539	12.00%
3X5Y	4	0.459	0.517	13.00%
3X7Y	4	0.424	0.488	15.00%

Fuente: Elaboración Propia

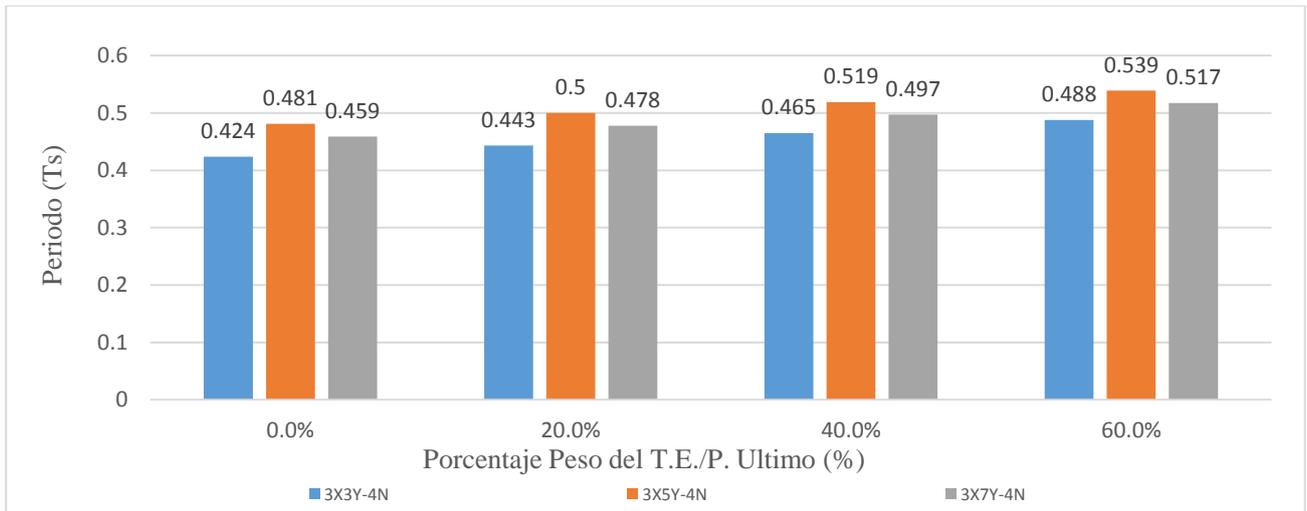


Figura 55. Gráfica de comparación de periodos en según el P.T.E - 4 niveles
Fuente: Elaboración Propia

ESTRUCTURA – 6 NIVELES

Tabla 29. Comparación de los resultados del periodo fundamental 6N–20

	Niveles	Periodo (Ts)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	20% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo nivel	
3X3Y	6	0.692	0.711	2.75%
3X5Y	6	0.669	0.687	2.70%
3X7Y	6	0.634	0.652	3.00%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30. Comparación de los resultados del periodo fundamental 6N–40

	Niveles	Periodo (Ts)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	40% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo nivel	
3X3Y	6	0.692	0.73	5.50%
3X5Y	6	0.669	0.706	5.53%
3X7Y	6	0.634	0.672	6.00%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31. Comparación de los resultados del periodo fundamental 6N–60

	Niveles	Periodo (Ts)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	60% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo nivel	
3X3Y	6	0.692	0.749	8.24%
3X5Y	6	0.669	0.726	8.52%
3X7Y	6	0.634	0.692	9.15%

Fuente: Elaboración Propia

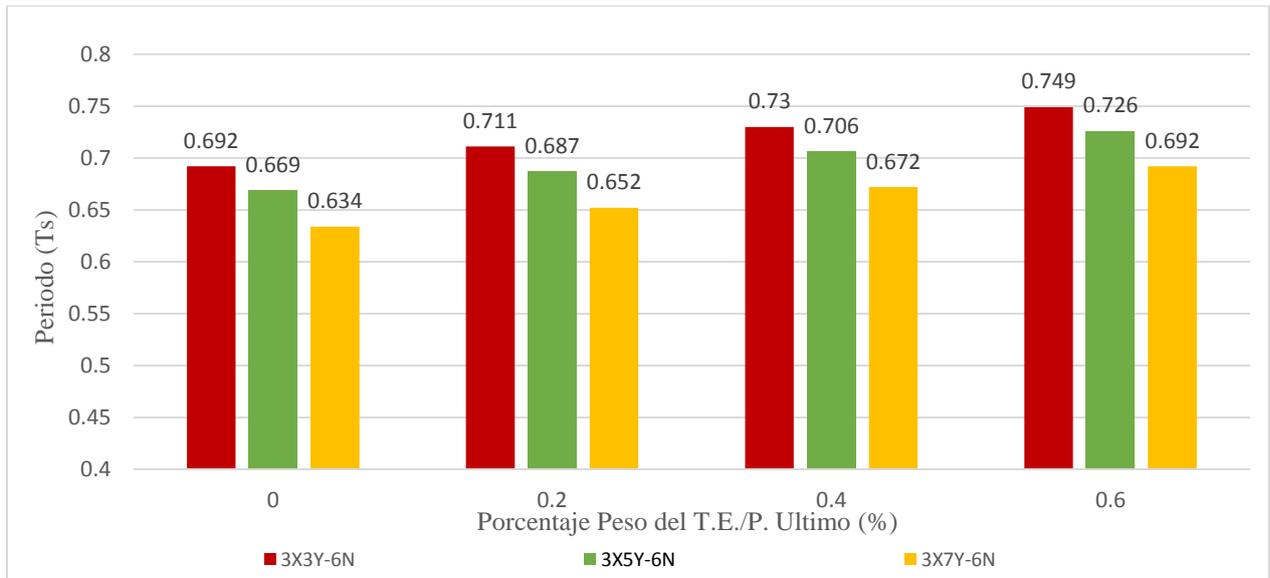


Figura 56. Comparación de periodos en según el P.T.E - 6 niveles
Fuente: Elaboración Propia

ESTRUCTURA – 8 NIVELES

Tabla 32. Comparación de los resultados del periodo fundamental 8N–20

	Niveles	Periodo (Ts)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	20% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo nivel	
3X3Y	8	0.905	0.924	2.00%
3X5Y	8	0.884	0.903	2.15%
3X7Y	8	0.848	0.866	2.12%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33. Comparación de los resultados del periodo fundamental 8N–40

	Niveles	Periodo (Ts)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	40% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo nivel	
3X3Y	8	0.905	0.943	4.20%
3X5Y	8	0.884	0.922	4.30%
3X7Y	8	0.848	0.885	4.36%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 34. Comparación de los resultados del periodo fundamental 8N–60

	Niveles	Periodo (Ts)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	60% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo nivel	
3X3Y	8	0.905	0.962	6.30%
3X5Y	8	0.884	0.942	6.60%
3X7Y	8	0.848	0.905	7.00%

Fuente: Elaboración Propia

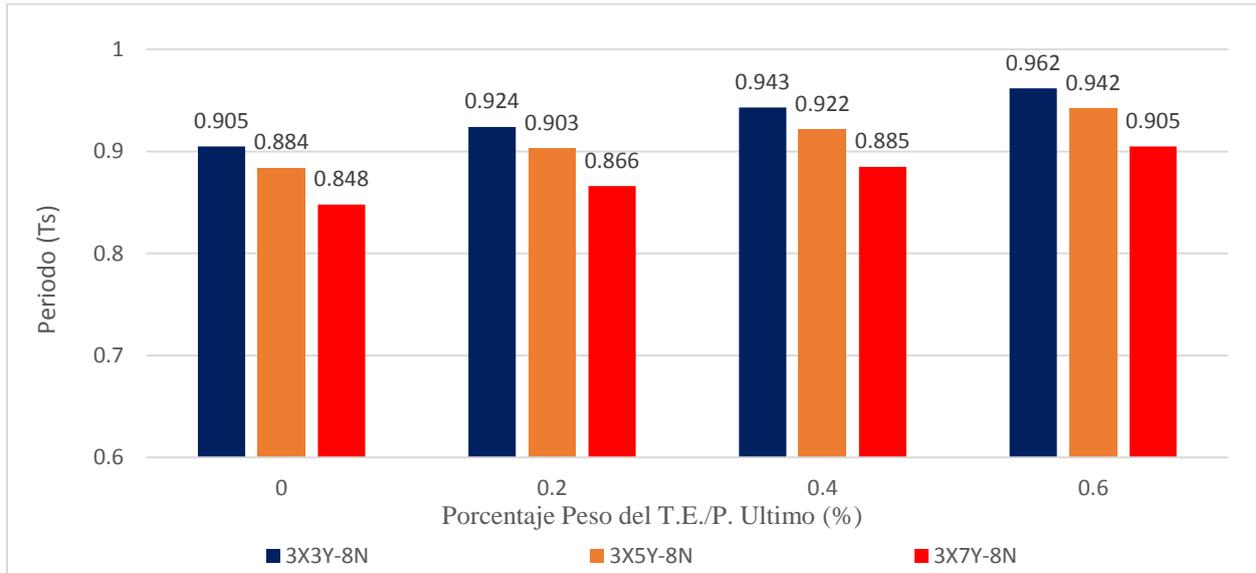


Figura 57. Comparación de periodos en según el P.T.E - 8 niveles

Fuente: Elaboración Propia

En el caso de periodos observamos que las estructuras que cuentan con sistema de tanque de elevado tienden a incrementar su valor a medida que el porcentaje de peso en el tanque elevado aumenta progresivamente. Este efecto se repite en todos los modelos presentados en estructuras de 4 niveles, 6 niveles y 8 niveles donde los se observan porcentajes de variación desde 4% al 15% para las estructuras de 4 niveles, por lo tanto, dentro del marco de la evaluación al periodo fundamental se obtuvo porcentajes de variación influyente en la estructura.

3.3.2 Fuerza Cortante

3.3.2.1 Estructuras Sin Sistema de Tanque Elevado

Recordemos previamente que los terremotos originan movimientos del terreno y que la energía se transmite a través de ondas, este movimiento del terreno se transmite al edificio a través del nivel basal. Las aceleraciones que ingresan multiplicado por la masa en este caso por ejemplo de cada planta origina fuerzas laterales que del punto de vista de diseño estructural debemos preparar al edificio para que la resista adecuadamente.

Tabla 35. Respuesta de Fuerza Cortante - 4N

ESPECTRO DE RESPUESTA E0.30			
Cortante Basal			
	Niveles	Fx (ton)	Fy (ton)
3X3Y	4	69.8702	64.4471
3X5Y	4	83.1457	83.548
3X7Y	4	134.0163	147.6909

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36. Respuesta de Fuerza Cortante - 6N

ESPECTRO DE RESPUESTA E0.30			
Cortante Basal			
	Niveles	Fx (ton)	Fy (ton)
3X3Y	6	70.9853	65.9726
3X5Y	6	83.9748	84.9283
3X7Y	6	133.141	150.2085

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 37. Respuesta de Fuerza Cortante - 8N

ESPECTRO DE RESPUESTA E0.30			
Cortante Basal			
	Niveles	Fx (ton)	Fy (ton)
3X3Y	8	70.9954	67.0216
3X5Y	8	84.336	85.903
3X7Y	8	133.1036	150.6188

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, mostraremos las gráficas de los resultados obtenidos de las fuerzas cortantes (V) en cada piso de la estructura considerando la dirección más desfavorable para los modelos estructurales de 4, 6 y 8 niveles.

Cabe mencionar que las fuerzas cortantes obtenidas superan el 80% según lo calculado mediante el análisis estático según lo indicado en la norma E030 la su verificación.

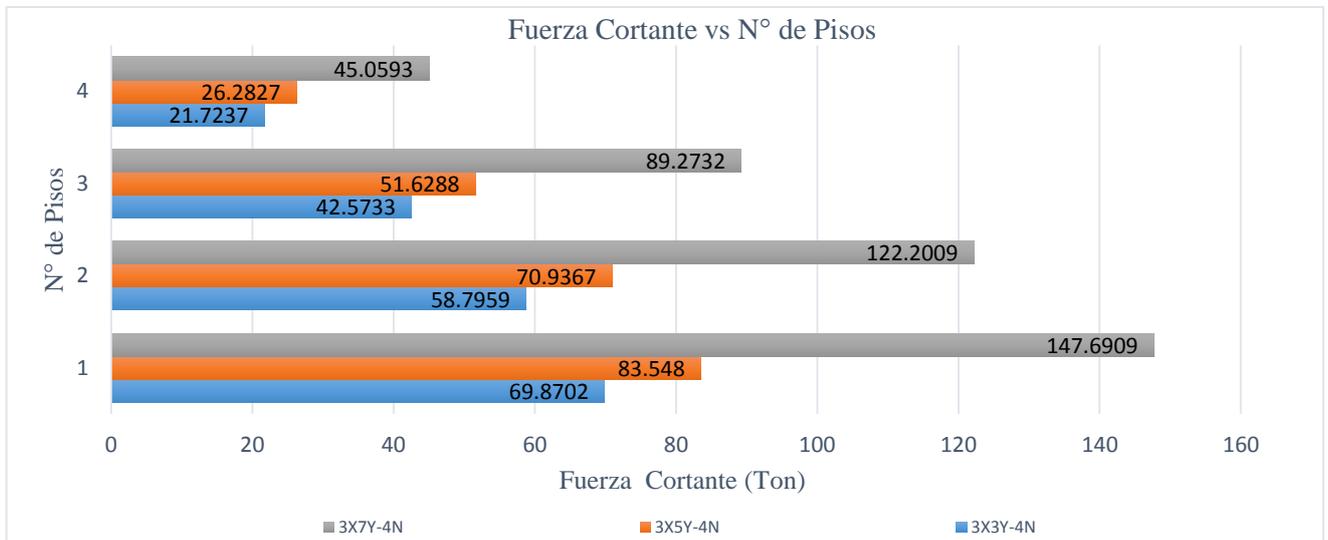


Figura 58. Grafica de Resultado de Fuerzas Cortantes - 4 niveles
Fuente: Elaboración Propia

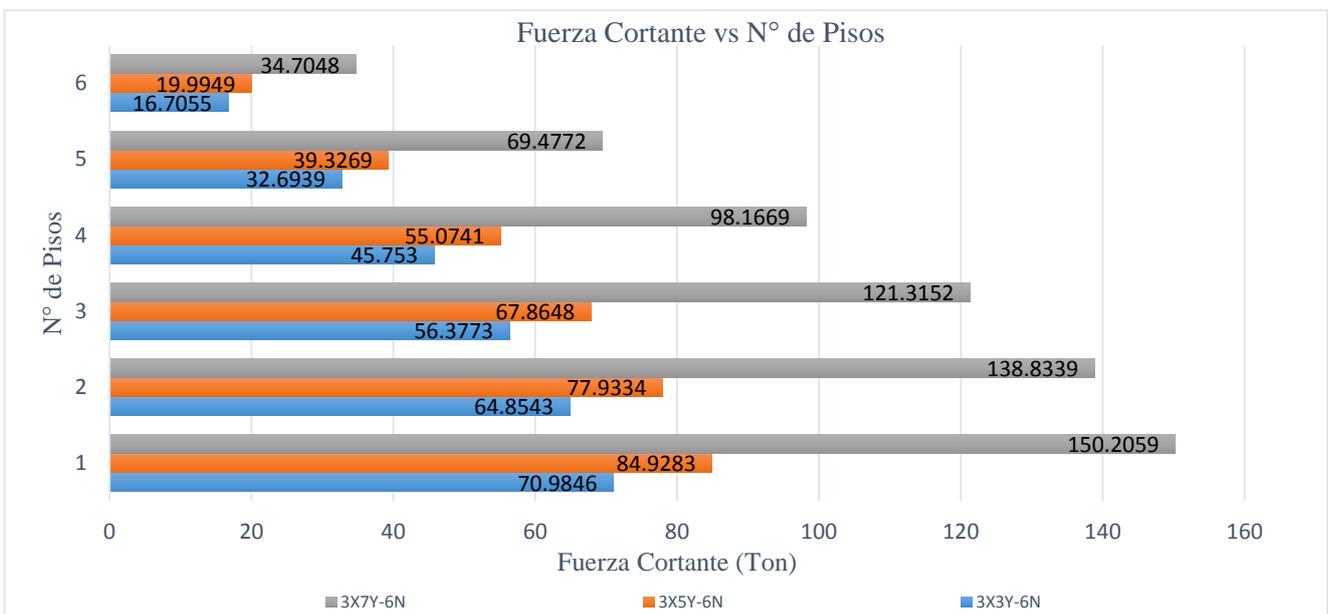


Figura 59. Grafica de Resultado de Fuerzas Cortantes - 6 niveles
Fuente: Elaboración Propia

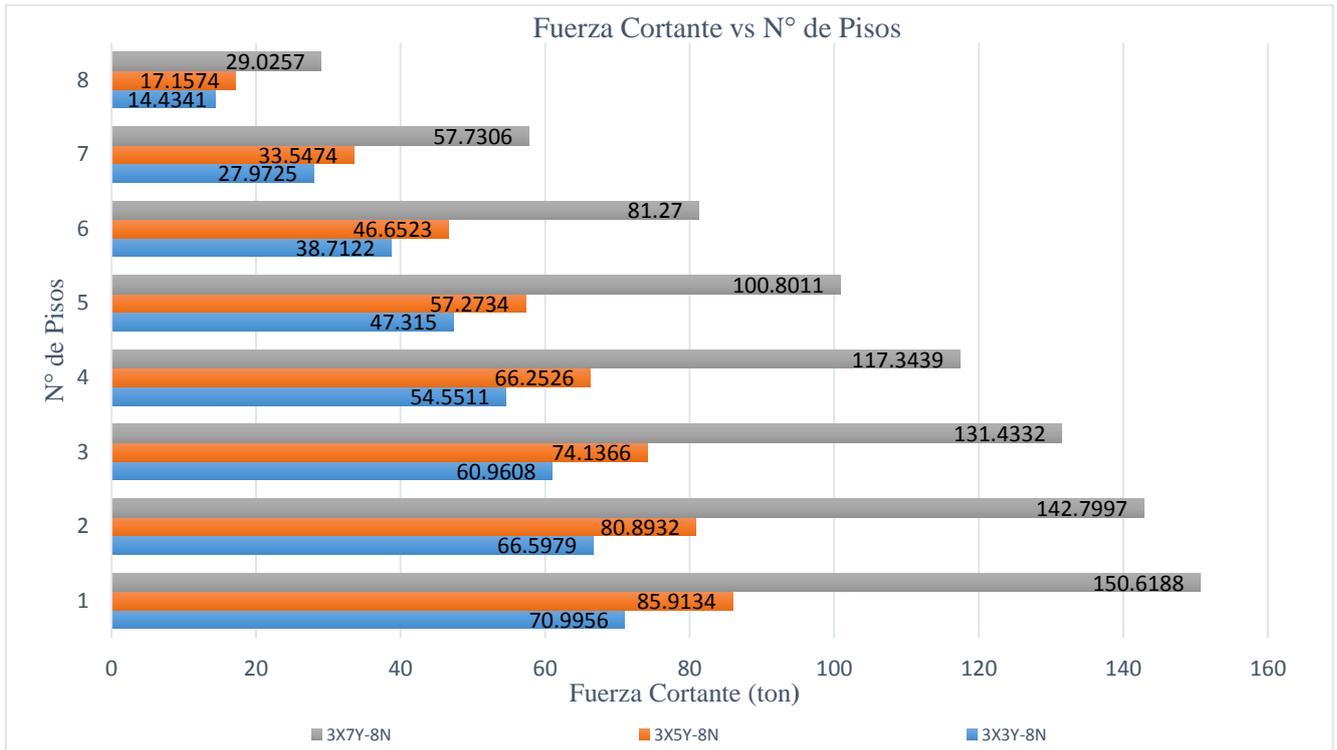


Figura 60. Grafica de Resultado de Fuerzas Cortantes - 8 niveles
Fuente: Elaboración Propia

3.3.2.2 Estructuras Con Sistema de Tanque Elevado

ESTRUCTURA – 4 NIVELES

Tabla 38. Respuesta de Fuerza Cortante 4N-20

ESPECTRO DE RESPUESTA E0.30			
CORTANTE BASAL - 20% $\left(\frac{P.T.E.}{P.U.N.}\right)$			
	Niveles	FX (ton)	FY (ton)
3X3Y	4	69.943	64.1187
3X5Y	4	82.8129	83.2543
3X7Y	4	132.9142	146.7551

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 39. Respuesta de Fuerza Cortante 4N-40

ESPECTRO DE RESPUESTA E0.30			
CORTANTE BASAL - 40% $\left(\frac{P.T.E.}{P.U.N.}\right)$			
	Niveles	FX (ton)	FY (ton)
3X3Y	4	69.6039	64.4623
3X5Y	4	81.8149	82.2929
3X7Y	4	130.1376	144.5624

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 40. Respuesta de Fuerza Cortante 4N-60

ESPECTRO DE RESPUESTA E0.30			
CORTANTE BASAL - 60% $\left(\frac{P.T.E.}{P.U.N.}\right)$			
	Niveles	FX (ton)	FY (ton)
3X3Y	4	69.1055	64.5934
3X5Y	4	81.5393	81.9121
3X7Y	4	126.192	140.7411

Fuente: Elaboración Propia

ESTRUCTURA – 6 NIVELES**Tabla 41.** Respuesta de Fuerza Cortante 6N-20

ESPECTRO DE RESPUESTA E0.30			
CORTANTE BASAL - 20% $\left(\frac{P.T.E.}{P.U.N.}\right)$			
	Niveles	FX (ton)	FY (ton)
3X3Y	6	70.9558	66.0505
3X5Y	6	83.746	84.787
3X7Y	6	132.6677	149.2806

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 42. Respuesta de Fuerza Cortante 6N-40

ESPECTRO DE RESPUESTA E0.30			
CORTANTE BASAL - 40% $\left(\frac{P.T.E.}{P.U.N.}\right)$			
	Niveles	FX (ton)	FY (ton)
3X3Y	6	70.7528	66.2047
3X5Y	6	83.4446	84.3668
3X7Y	6	131.4252	147.3772

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 43. Respuesta de Fuerza Cortante 6N-60

ESPECTRO DE RESPUESTA E0.30			
CORTANTE BASAL - 60% $\left(\frac{P.T.E.}{P.U.N.}\right)$			
	Niveles	FX (ton)	FY (ton)
3X3Y	6	70.4539	66.2534
3X5Y	6	83.3964	84.3681
3X7Y	6	129.8372	146.3862

Fuente: Elaboración Propia

ESTRUCTURA – 8 NIVELES

Tabla 44. Respuesta de Fuerza Cortante 8N-20

ESPECTRO DE RESPUESTA E0.30			
CORTANTE BASAL - 20% $\left(\frac{P.T.E.}{P.I.I.N.} \right)$			
	Niveles	FX (ton)	FY (ton)
3X3Y	8	70.9729	67.2239
3X5Y	8	84.2309	85.8461
3X7Y	8	132.8362	150.2915

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 45. Respuesta de Fuerza Cortante 8N-40

ESPECTRO DE RESPUESTA E0.30			
CORTANTE BASAL - 40% $\left(\frac{P.T.E.}{P.I.I.N.} \right)$			
	Niveles	FX (ton)	FY (ton)
3X3Y	8	70.7683	67.2817
3X5Y	8	84.2832	85.7745
3X7Y	8	132.1578	149.446

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 46. Respuesta de Fuerza Cortante 8N-60

ESPECTRO DE RESPUESTA E0.30			
CORTANTE BASAL - 60% $\left(\frac{P.T.E.}{P.I.I.N.} \right)$			
	Niveles	FX (ton)	FY (ton)
3X3Y	8	70.7258	67.311
3X5Y	8	84.2367	85.6162
3X7Y	8	131.3783	148.3057

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2.3 Comparación de los Resultados de Fuerza Cortante Máxima

ESTRUCTURA – 4 NIVELES

Tabla 47. Comparación de los resultados de Fuerza Cortante 4N-20

	Niveles	Cortante Max (ton)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	$\frac{20\% \text{ Peso del Tanque Elevado}}{\text{Peso del ultimo piso}}$	
3X3Y	4	69.8702	69.943	0.10%
3X5Y	4	83.548	83.2543	0.40%
3X7Y	4	147.6909	146.7551	0.60%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 48. Comparación de los resultados de Fuerza Cortante 4N-40

	Niveles	Cortante Max (ton)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	40% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo piso	
3X3Y	4	69.8702	69.6039	0.40%
3X5Y	4	83.548	82.2929	1.50%
3X7Y	4	147.6909	144.5624	2.12%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 49. Comparación de los resultados de Fuerza Cortante 4N-60

	Niveles	Cortante Max (ton)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	60% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo piso	
3X3Y	4	69.8702	64.5934	1.10%
3X5Y	4	83.548	81.9121	2.00%
3X7Y	4	147.6909	140.7411	4.70%

Fuente: Elaboración Propia

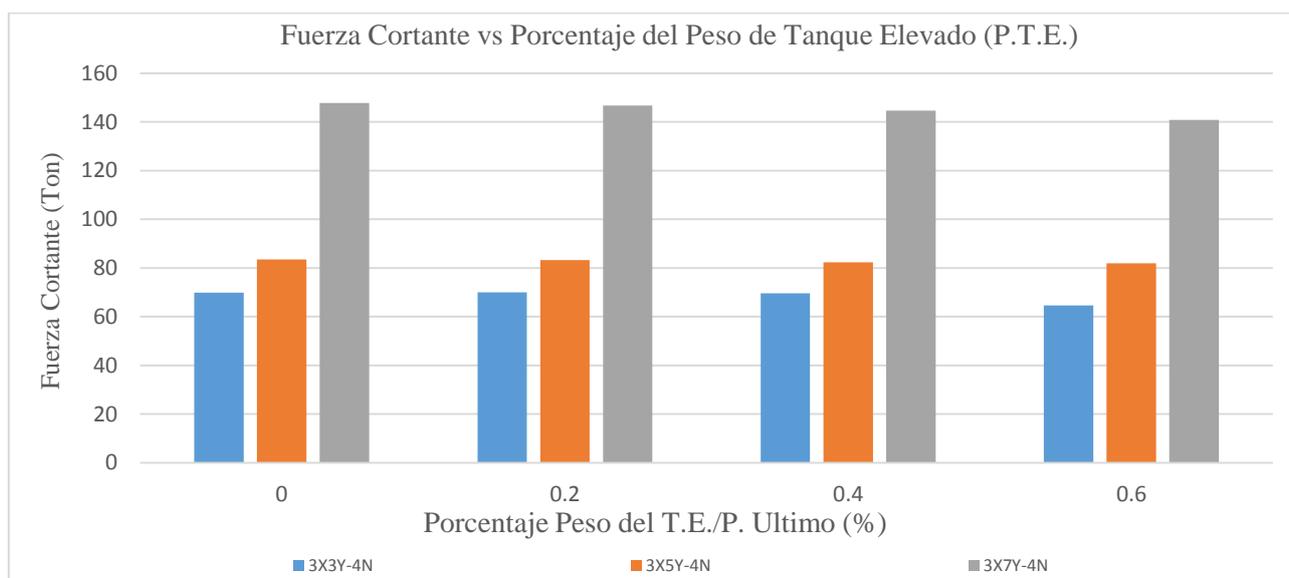


Figura 61. Gráfica de comparación de Fuerza Cortante según el P.T.E. - 4 niveles

Fuente: Elaboración Propia

ESTRUCTURA – 6 NIVELES

Tabla 50. Comparación de los resultados de Fuerza Cortante 6N-20

	Niveles	Cortante Max (ton)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	20% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo piso	
3X3Y	6	70.9846	70.9558	0.04%
3X5Y	6	84.9283	84.787	0.17%
3X7Y	6	150.2059	149.2806	0.62%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 51. Comparación de los resultados de Fuerza Cortante 6N–40

	Niveles	Cortante Max (ton)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	40% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo piso	
3X3Y	6	70.9846	70.7528	0.33%
3X5Y	6	84.9283	84.3668	0.66%
3X7Y	6	150.2059	147.3772	1.90%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 52. Comparación de los resultados de Fuerza Cortante 6N–60

	Niveles	Cortante Max (ton)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	60% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo piso	
3X3Y	6	70.9846	70.4539	0.80%
3X5Y	6	84.9283	84.3681	0.70%
3X7Y	6	150.2059	146.3862	2.50%

Fuente: Elaboración Propia

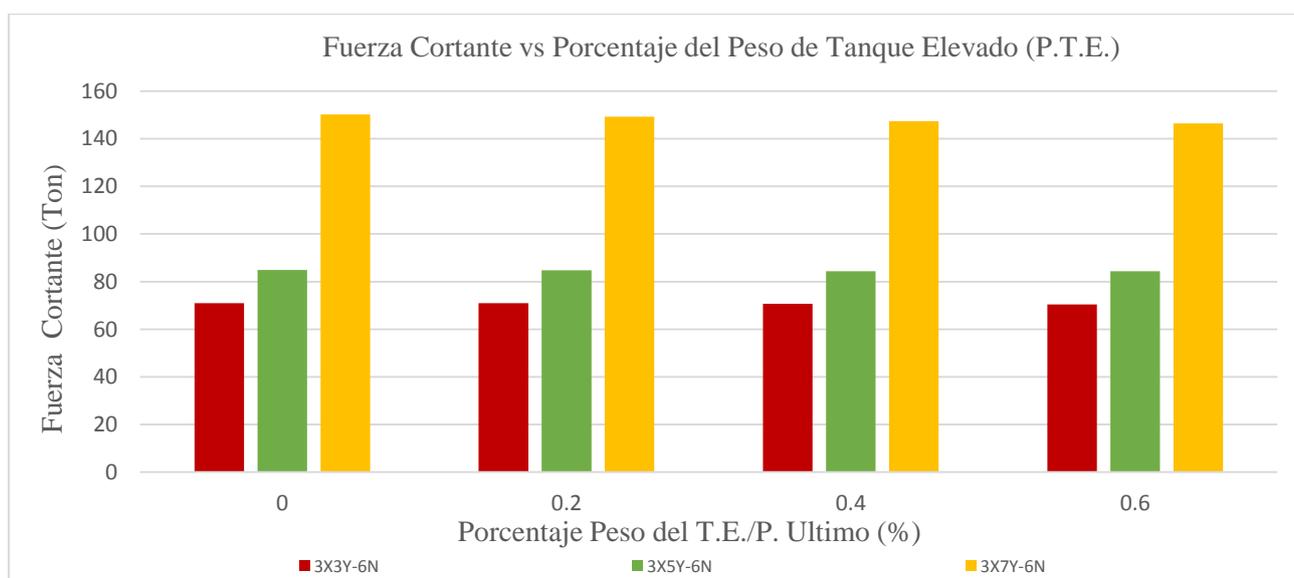


Figura 62. Presentación grafica de Fuerzas Cortantes en 6 Niveles

Fuente: Elaboración Propia

ESTRUCTURA – 8 NIVELES

Tabla 53. Comparación de los resultados de Fuerza Cortante 8N–20

	Niveles	Cortante Max (ton)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	20% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo piso	
3X3Y	8	70.9954	70.9729	0.03%
3X5Y	8	85.903	85.8461	0.07%
3X7Y	8	150.6188	150.2915	0.22%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 54. Comparación de los resultados de Fuerza Cortante 8N-40

	Niveles	Cortante Max (ton)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	40% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo piso	
3X3Y	8	70.9954	70.7683	0.32%
3X5Y	8	85.903	85.7745	0.15%
3X7Y	8	150.6188	149.446	0.80%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 55. Comparación de los resultados de Fuerza Cortante 8N-60

	Niveles	Cortante Max (ton)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	60% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo piso	
3X3Y	8	70.9954	70.7258	0.40%
3X5Y	8	85.903	85.6162	0.30%
3X7Y	8	150.6188	148.3057	1.50%

Fuente: Elaboración Propia

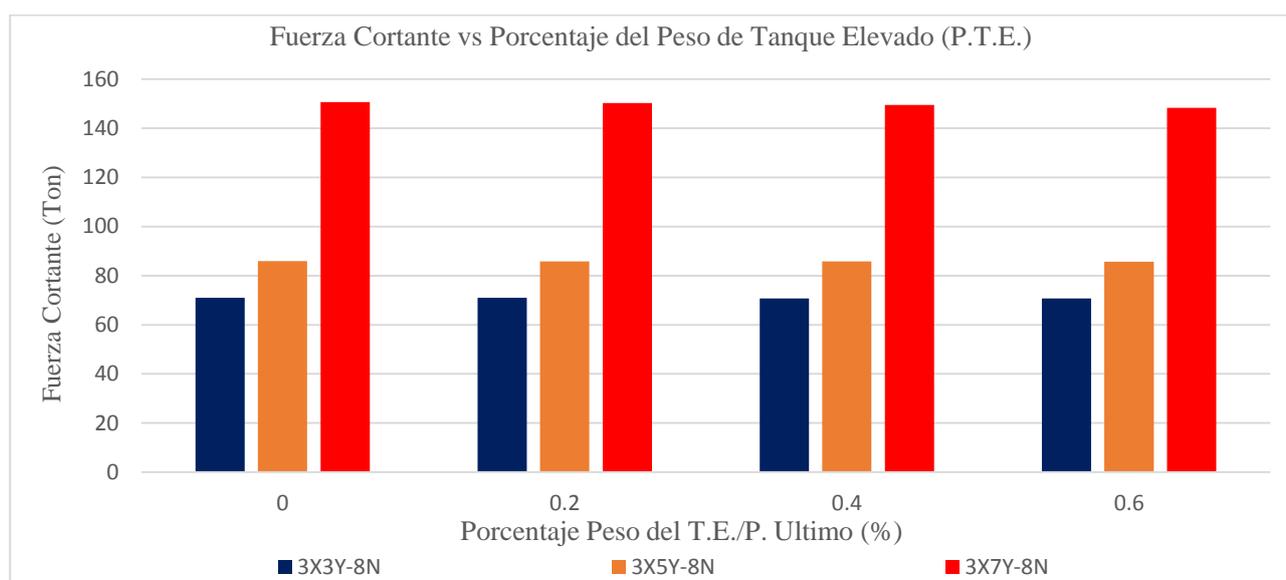


Figura 63. Presentación grafica de Fuerzas Cortantes en 8 Niveles

Fuente: Elaboración Propia

3.3.3 Distorsiones Máximas

3.3.3.1 Estructuras Sin Sistema de Tanque Elevado

En las tablas indica los máximos desplazamientos y distorsiones de cada estructura. Para el caso de distorsiones los resultados producto del análisis que mencionamos líneas arriba, fueron multiplicados por $0.75R$, siendo “R” el valor para el tipo de sistema estructural de análisis tal y como lo especifica la Norma E.030.

Según la Norma E.030: “Los sistemas estructurales se clasificarán según los materiales usados y en el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis”, por tal motivo cabe mencionar que el sistema estructural es aporticado de concreto armado en sus dos direcciones. A continuación, mostraremos las tablas de desplazamientos máximos en cada dirección para luego evaluar sus distorsiones según la norma E.030.

Tabla 56. Respuesta de Distorsiones Máximas - 4N

		Desplazamientos Max.	
	Niveles	X-X (cm)	Y-Y (cm)
3X3Y	4	0.8922	0.8698
3X5Y	4	0.9395	0.8437
3X7Y	4	0.8902	0.6924

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 57. Respuesta de Distorsiones Máximas - 6N

		Desplazamientos Max.	
	Niveles	X-X (cm)	Y-Y (cm)
3X3Y	6	1.3142	1.2676
3X5Y	6	1.3847	1.23429
3X7Y	6	1.3344	1.0782

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 58. Respuesta de Distorsiones Máximas - 8N

		Desplazamientos Max.	
	Niveles	X-X (cm)	Y-Y (cm)
3X3Y	8	1.7664	1.6748
3X5Y	8	1.8476	1.6309
3X7Y	8	1.7878	1.4319

Fuente: Elaboración Propia

En esta investigación tal y como lo mencionamos en líneas anteriores, utilizaremos un sistema estructural de Concreto Armado, Estructura de pórticos por lo tanto según la tabla especificada en la norma el coeficiente básico de reducción sería 8 este valor será asignado para la evaluación de las distorsiones o derivas en cada dirección según lo menciona la norma E.030.

Tabla 59. Distorsiones máximas 4 niveles en dirección X-Y

		Distorsiones	
	Niveles	DX	DX*0.75*R
3X3Y	4	0.000940	0.005642
3X5Y	4	0.000893	0.005360
3X7Y	4	0.0008715	0.005229

		Distorsiones	
	Niveles	DY	DY*0.75*R
3X3Y	4	0.000872	0.005232
3X5Y	4	0.000808	0.004848
3X7Y	4	0.000672	0.004032

Fuente: Elaboración Propia

En los cuadros de las estructuras de 4 niveles observamos que la distorsiones en ambas direcciones CUMPLEN con la máxima deriva 0.007 que es exigida por la Norma E030.

Tabla 60. Distorsiones máximas 6 niveles en dirección X-Y

		Distorsiones	
	Niveles	DX	DX*0.75*R
3X3Y	6	0.0009728	0.005837
3X5Y	6	0.0009826	0.005896
3X7Y	6	0.000968	0.005808

		Distorsiones	
	Niveles	DY	DY*0.75*R
3X3Y	6	0.000908	0.005448
3X5Y	6	0.000888	0.005328
3X7Y	6	0.000788	0.004728

Fuente: Elaboración Propia

En los cuadros de las estructuras de 6 niveles observamos que la distorsiones en ambas direcciones CUMPLEN con la máxima deriva 0.007 que es exigida por la Norma E030.

Tabla 61. Distorsiones máximas 8 niveles en dirección X-Y

		Distorsiones	
	Niveles	DX	DX*0.75*R
3X3Y	8	0.000982	0.005893
3X5Y	8	0.001026	0.006156
3X7Y	8	0.001008	0.00605

		Distorsiones	
	Niveles	DY	DY*0.75*R
3X3Y	8	0.000936	0.005616
3X5Y	8	0.000932	0.0056
3X7Y	8	0.000809	0.004854

Fuente: Elaboración Propia

En los cuadros de las estructuras de 8 niveles observamos que la distorsiones en ambas direcciones CUMPLEN con la máxima deriva 0.007 que es exigida por la Norma E030.

A continuación, mostraremos en cada grafica de los resultados obtenidos de las distorsiones máximas en cada piso de la estructura considerando la dirección más desfavorable para los modelos estructurales de 4, 6 y 8 niveles, los cuales cuentan con resultados que cumplen con el valor máximo de deriva 0.007.

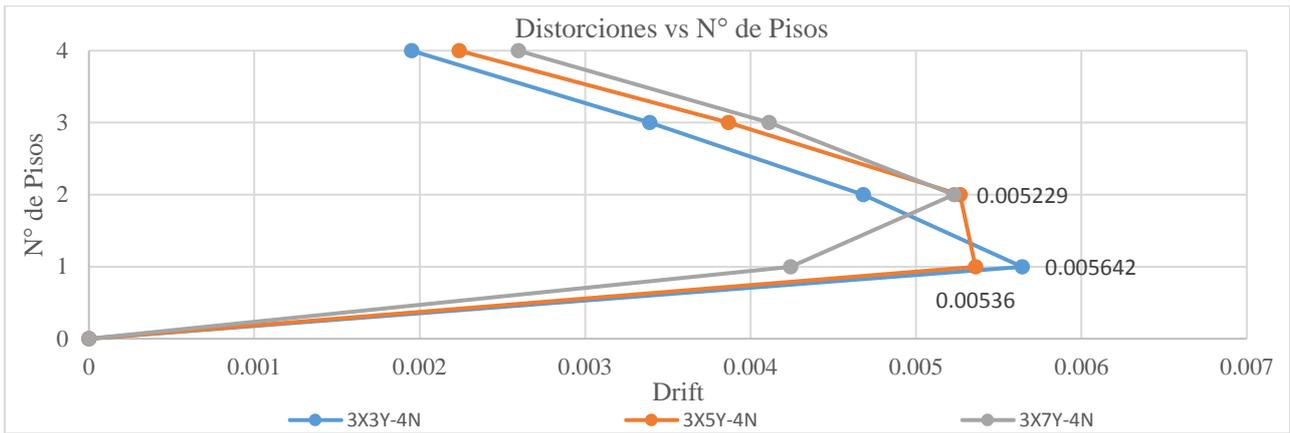


Figura 64. Grafica de distorsiones máximas (Drift) en 4 Niveles – DX
Fuente: Elaboración Propia

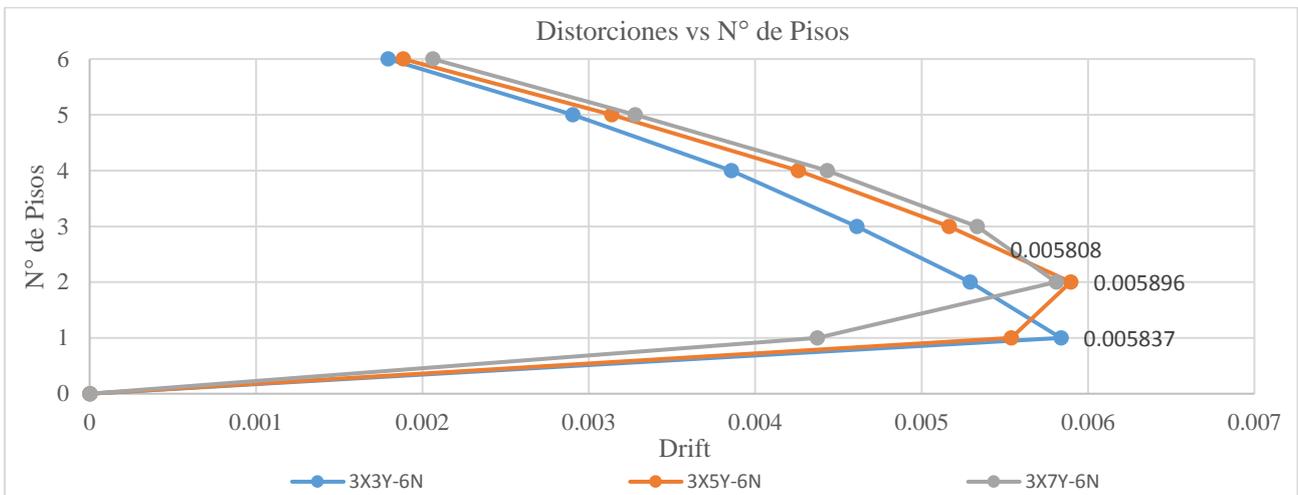


Figura 65. Grafica de distorsiones máximas (Drift) en 6 Niveles – DX
Fuente: Elaboración Propia

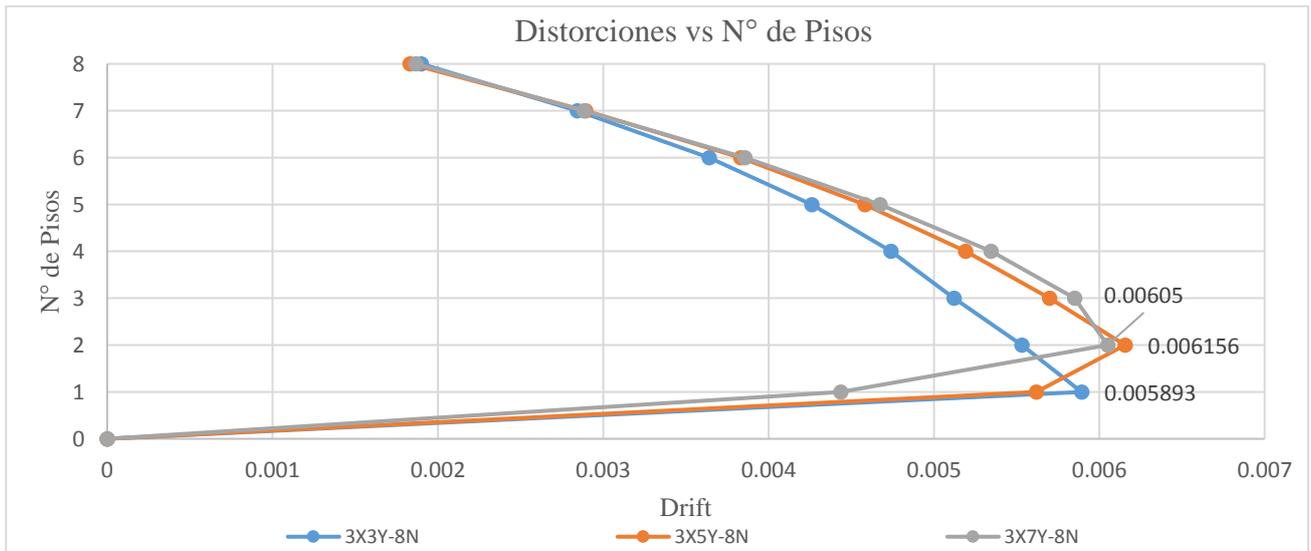


Figura 66. Grafica de distorsiones máximas (Drift) en 8 Niveles – DX
Fuente: Elaboración Propia

3.3.3.2 Estructuras Con Sistema de Tanque Elevado

A continuación, mostraremos los resultados obtenidos del desplazamiento y las distorsiones en cada nivel variando el peso del tanque elevado para cada modelo siguiendo el procedimiento de investigación. La estructura contiene una masa y una rigidez estructural, este sistema está siendo sometido a fuerzas que generan una distorsión en el elemento y que por tal motivo se desea conocer la influencia hacia la edificación.

ESTRUCTURA – 4 NIVELES

Tabla 62. Respuesta de Desplazamientos Máximas 4N-20

		Desplazamientos - 20% $\left(\frac{P.T.E.}{P.U.N.}\right)$	
	Niveles	X-X (cm)	Y-Y (cm)
3X3Y	4	0.9109	0.902
3X5Y	4	0.9513	0.8919
3X7Y	4	0.8993	0.8005

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 63. Respuesta de Desplazamientos Máximas 4N- 40

		Desplazamientos - 40% $\left(\frac{P.T.E.}{P.U.N.}\right)$	
	Niveles	X-X (cm)	Y-Y (cm)
3X3Y	4	0.9228	0.9497
3X5Y	4	0.9548	0.9391
3X7Y	4	0.9662	0.8818

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 64. Respuesta de Desplazamientos Máximas 4N- 60

		Desplazamientos - 20% $\left(\frac{P.T.E.}{P.U.N.}\right)$	
	Niveles	X-X (cm)	Y-Y (cm)
3X3Y	4	0.9533	0.9911
3X5Y	4	1.0029	0.9876
3X7Y	4	1.018	0.9466

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 65. Distorsiones máximas 4N-20 en dirección X-Y

		Distorsiones - 20% ($\frac{P.T.E.}{P.U.N.}$)	
	Niveles	DX	DX*0.75*R
3X3Y	4	0.000923	0.005538
3X5Y	4	0.000880	0.005283
3X7Y	4	0.00086	0.005179

		Distorsiones - 20% ($\frac{P.T.E.}{P.U.N.}$)	
	Niveles	DY	DY*0.75*R
3X3Y	4	0.000868	0.005208
3X5Y	4	0.000807	0.004842
3X7Y	4	0.000701	0.004206

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 66. Distorsiones máximas 4N-40 en dirección X-Y

		Distorsiones - 40% ($\frac{P.T.E.}{P.U.N.}$)	
	Niveles	DX	DX*0.75*R
3X3Y	4	0.0009183	0.005510
3X5Y	4	0.0008708	0.005225
3X7Y	4	0.000857	0.005142

		Distorsiones - 40% ($\frac{P.T.E.}{P.U.N.}$)	
	Niveles	DY	DY*0.75*R
3X3Y	4	0.000873	0.005238
3X5Y	4	0.00080	0.0048
3X7Y	4	0.000759	0.004554

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 67. Distorsiones máximas 4N-60 en dirección X-Y

		Distorsiones - 60% ($\frac{P.T.E.}{P.U.N.}$)	
	Niveles	DX	DX*0.75*R
3X3Y	4	0.0009041	0.005425
3X5Y	4	0.0008645	0.00525
3X7Y	4	0.000835	0.00501

		Distorsiones - 60% ($\frac{P.T.E.}{P.U.N.}$)	
	Niveles	DY	DY*0.75*R
3X3Y	4	0.000876	0.005256
3X5Y	4	0.000805	0.00483
3X7Y	4	0.000808	0.004848

Fuente: Elaboración Propia

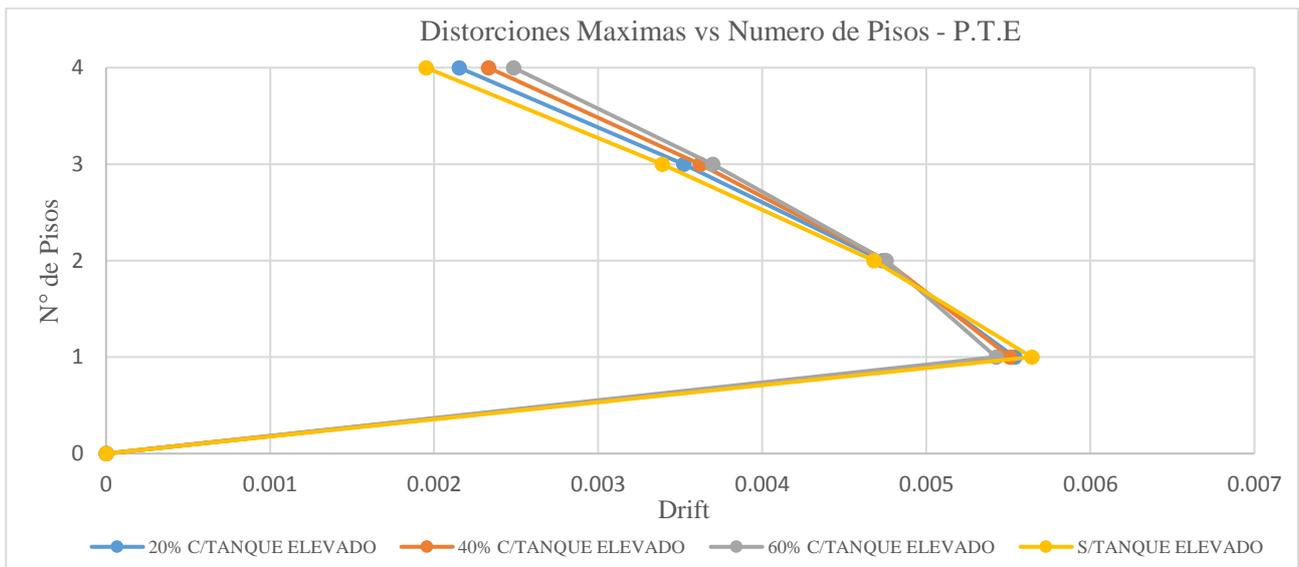


Figura 67. Grafica de distorsiones máximas (Drift) 4niveles-3X3Y

Fuente: Elaboración Propia

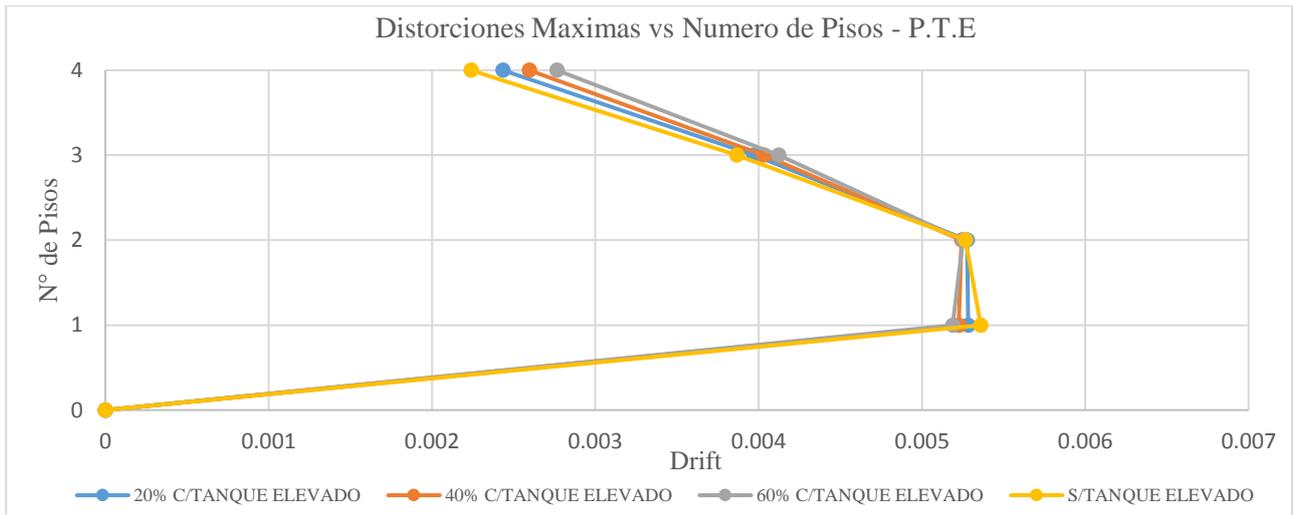


Figura 68. Grafica de distorsiones máximas (Drift) 4 niveles-3X5Y
Fuente: Elaboración Propia

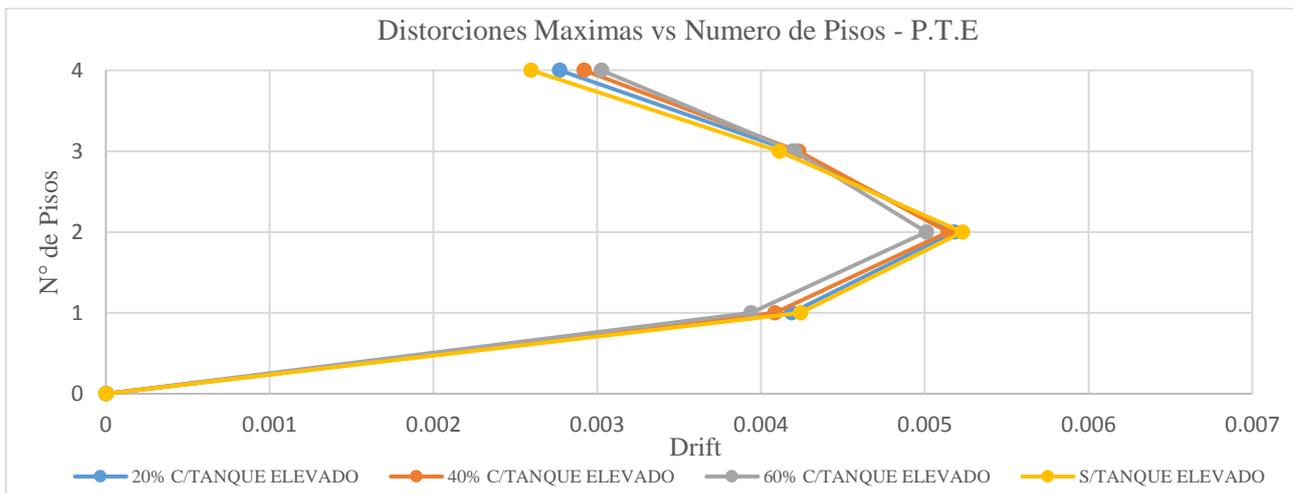


Figura 69. Grafica de distorsiones máximas (Drift) 4 niveles-3X7Y
Fuente: Elaboración Propia

ESTRUCTURA – 6 NIVELES

Tabla 68. Distorsiones máximas 6N-20 en dirección X-Y

		Distorsiones - 20% ($\frac{P.T.E.}{P.U.N.}$)	
	Niveles	DX	DX*0.75*R
3X3Y	6	0.0009538	0.005723
3X5Y	6	0.0009685	0.005811
3X7Y	6	0.0009377	0.005626

		Distorsiones - 20% ($\frac{P.T.E.}{P.U.N.}$)	
	Niveles	DY	DY*0.75*R
3X3Y	6	0.000909	0.005454
3X5Y	6	0.00089	0.00534
3X7Y	6	0.000785	0.00471

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 69. Distorsiones máximas 6N-40 en dirección X-Y

		Distorsiones - 40% ($\frac{P.T.E.}{P.U.N.}$)	
		Niveles	
		DX	DX*0.75*R
3X3Y	6	0.0009488	0.005693
3X5Y	6	0.000952	0.005712
3X7Y	6	0.0009535	0.005610

		Distorsiones - 40% ($\frac{P.T.E.}{P.U.N.}$)	
		Niveles	
		DY	DY*0.75*R
3X3Y	6	0.000911	0.005466
3X5Y	6	0.000889	0.005334
3X7Y	6	0.000778	0.004668

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 70. Distorsiones máximas 6N-60 en dirección X-Y

		Distorsiones - 60% ($\frac{P.T.E.}{P.U.N.}$)	
		Niveles	
		DX	DX*0.75*R
3X3Y	6	0.000926	0.005556
3X5Y	6	0.0009422	0.005653
3X7Y	6	0.000922	0.005532

		Distorsiones - 60% ($\frac{P.T.E.}{P.U.N.}$)	
		Niveles	
		DY	DY*0.75*R
3X3Y	6	0.000911	0.005466
3X5Y	6	0.000892	0.005352
3X7Y	6	0.000775	0.00465

Fuente: Elaboración Propia

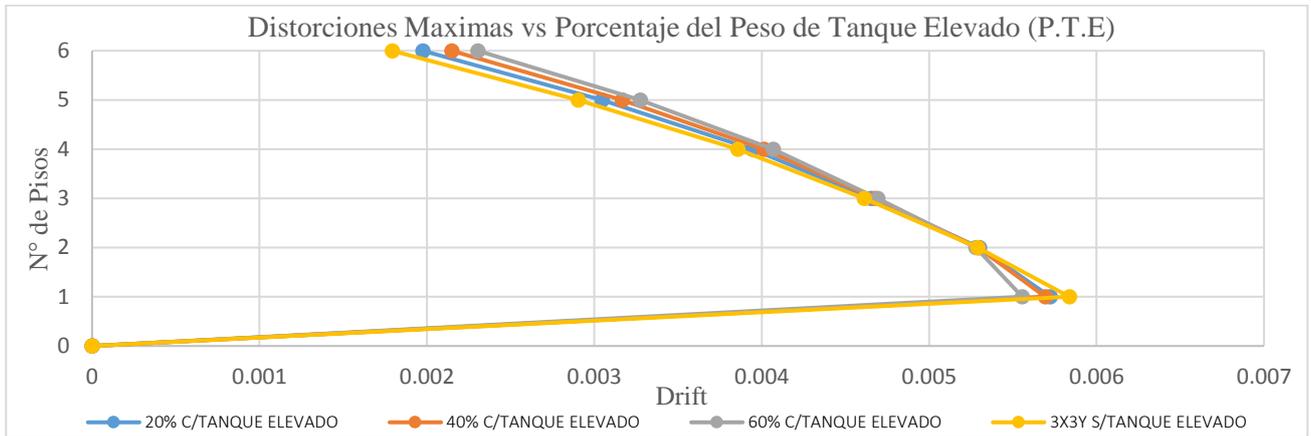


Figura 70. Grafica de distorsiones máximas (Drift) 6 niveles-3X3Y

Fuente: Elaboración Propia

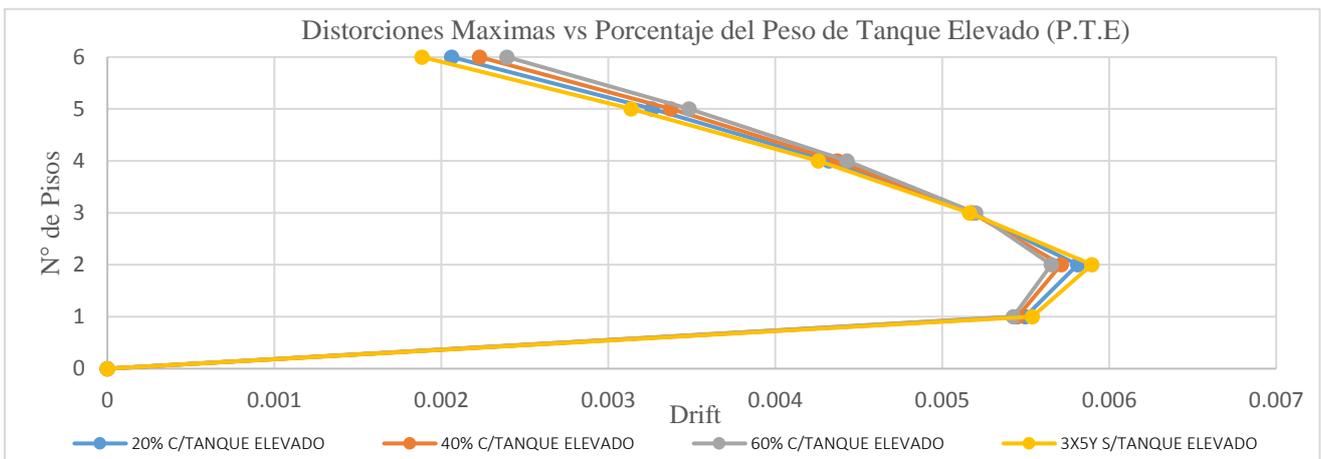


Figura 71. Grafica de distorsiones maximas (Drift) 6 niveles-3X5Y

Fuente: Elaboración Propia

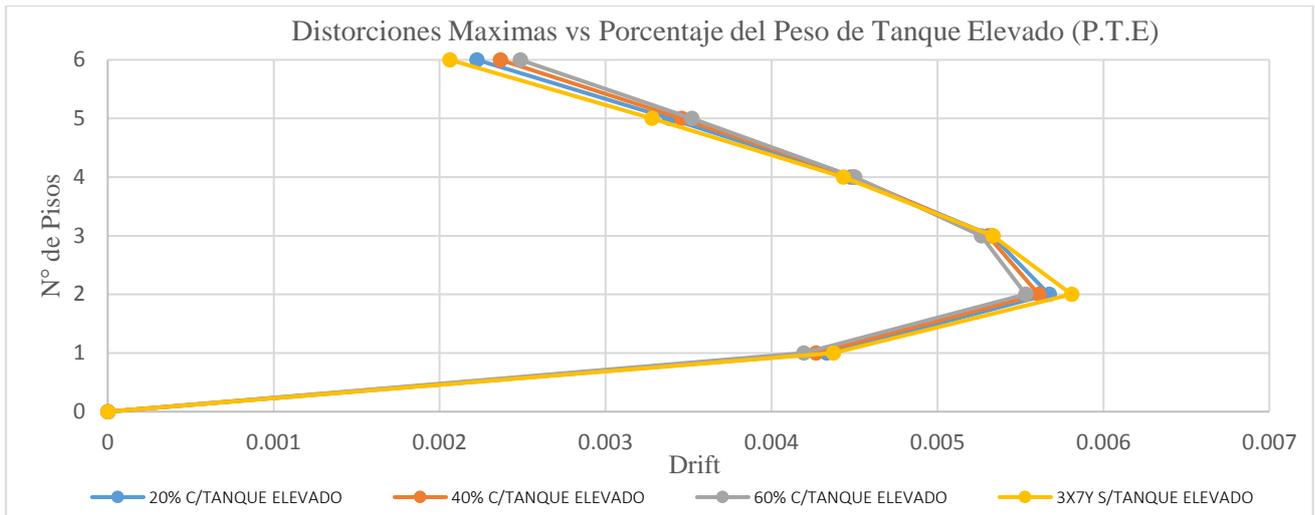


Figura 72. Grafica de distorsiones máximas (Drift) 6 niveles-3X7Y
Fuente: Elaboración Propia

ESTRUCTURA – 8 NIVELES

Tabla 71. Distorsiones máximas 8N-20 en dirección X-Y

		Distorsiones - 20% ($\frac{P.T.E.}{P.U.N.}$)	
	Niveles	DX	DX*0.75*R
3X3Y	8	0.0009692	0.005815
3X5Y	8	0.001003	0.00602
3X7Y	8	0.000985	0.005910

		Distorsiones - 20% ($\frac{P.T.E.}{P.U.N.}$)	
	Niveles	DY	DY*0.75*R
3X3Y	8	0.00095	0.0057
3X5Y	8	0.000931	0.0056
3X7Y	8	0.000821	0.004926

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 72. Distorsiones máximas 8N-40 en dirección X-Y

		Distorsiones - 40% ($\frac{P.T.E.}{P.U.N.}$)	
	Niveles	DX	DX*0.75*R
3X3Y	8	0.000975	0.005698
3X5Y	8	0.009842	0.005905
3X7Y	8	0.0009513	0.005708

		Distorsiones - 40% ($\frac{P.T.E.}{P.U.N.}$)	
	Niveles	DY	DY*0.75*R
3X3Y	8	0.000921	0.00552
3X5Y	8	0.000932	0.0056
3X7Y	8	0.000817	0.004902

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 73. Distorsiones máximas 8N-60 en dirección X-Y

		Distorsiones - 60% ($\frac{P.T.E.}{P.U.N.}$)	
	Niveles	DX	DX*0.75*R
3X3Y	8	0.0009352	0.005611
3X5Y	8	0.009673	0.005804
3X7Y	8	0.0009237	0.005542

		Distorsiones - 60% ($\frac{P.T.E.}{P.U.N.}$)	
	Niveles	DY	DY*0.75*R
3X3Y	8	0.000913	0.00547
3X5Y	8	0.000934	0.0056
3X7Y	8	0.000811	0.004866

Fuente: Elaboración Propia

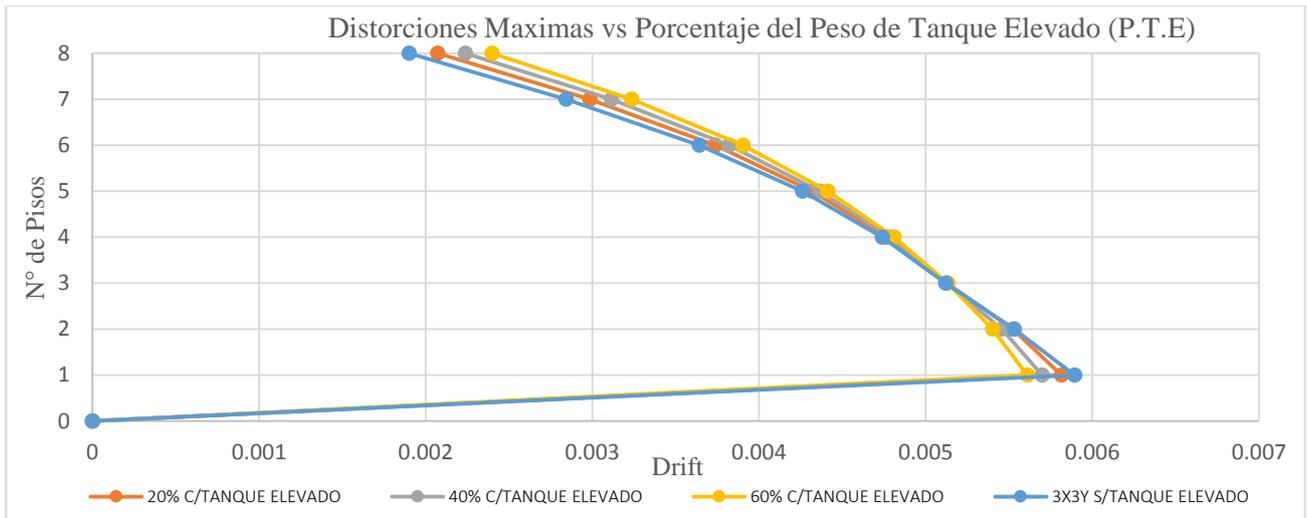


Figura 73. Grafica de distorsiones máximas (Drift) 8 niveles-3X3Y
Fuente: Elaboración Propia

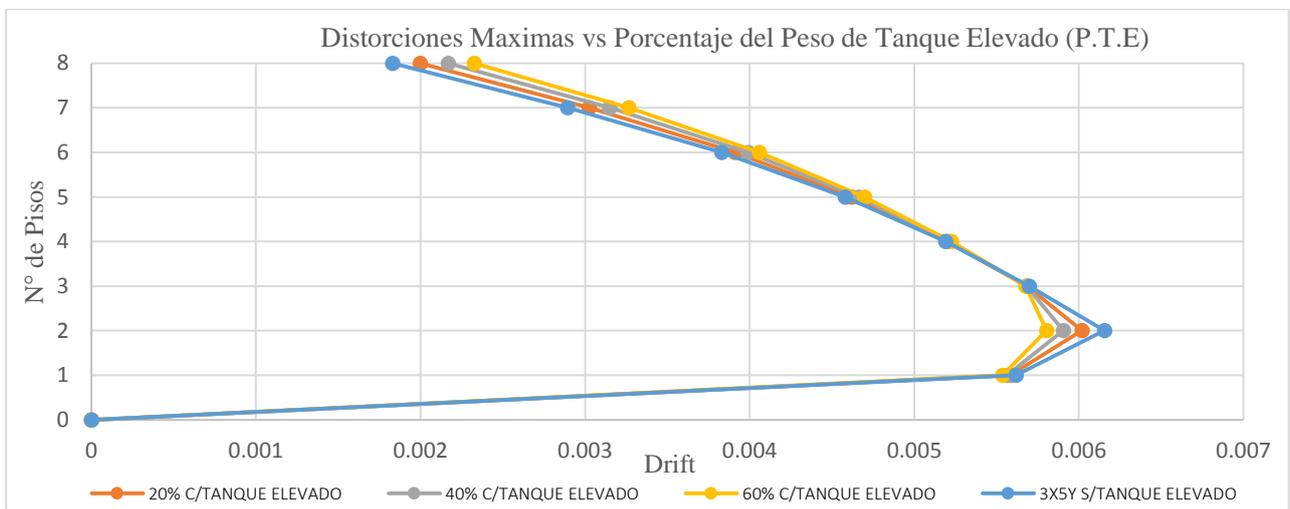


Figura 74. Grafica de distorsiones máximas (Drift) 8 niveles-3X5Y
Fuente: Elaboración Propia

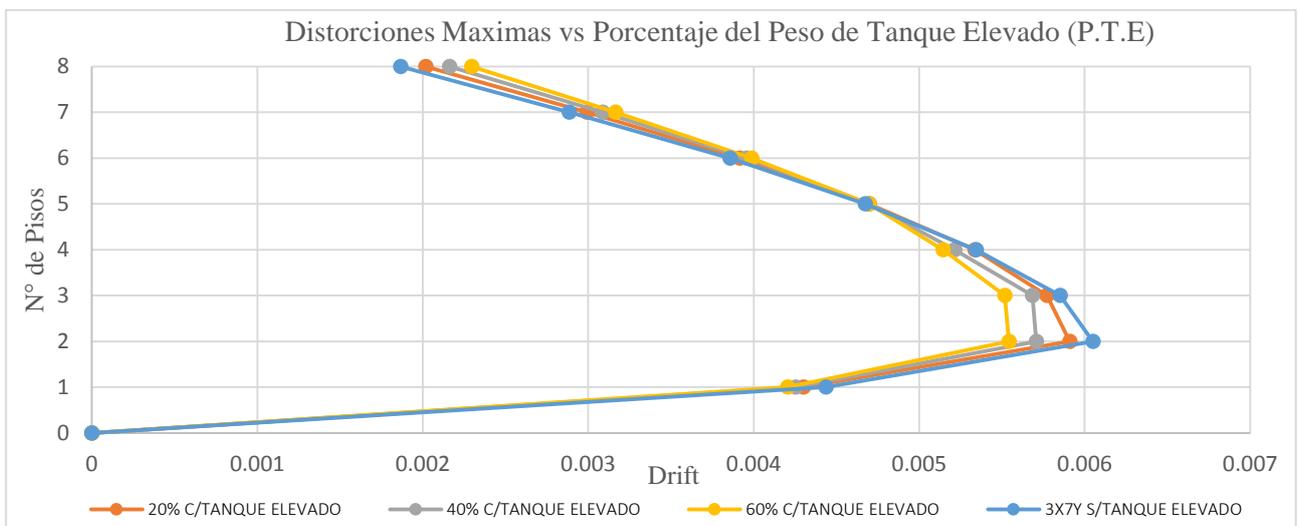


Figura 75. Grafica de distorsiones máximas (Drift) 8 niveles-3X7Y
Fuente: Elaboración Propia

3.3.3.4 Comparación de los Resultados en las Distorsiones de las Estructuras

ESTRUCTURA – 4 NIVELES

Tabla 74. Comparación de los resultados de Distorsiones Máximas 4N–20

	Niveles	Distorsiones Max (Drift)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	<u>20% Peso del Tanque Elevado</u> Peso del ultimo piso	
3X3Y	4	0.005642	0.005538	2.00%
3X5Y	4	0.00536	0.005283	1.40%
3X7Y	4	0.005229	0.005179	1.00%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 75. Comparación de los resultados de Distorsiones Máximas 4N–40

	Niveles	Distorsiones Max (Drift)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	<u>40% Peso del Tanque Elevado</u> Peso del ultimo piso	
3X3Y	4	0.005642	0.00551	2.30%
3X5Y	4	0.00536	0.005225	2.50%
3X7Y	4	0.005229	0.005145	1.60%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 76. Comparación de los resultados de Distorsiones Máximas 4N–60

	Niveles	Distorsiones Max (Drift)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	<u>60% Peso del Tanque Elevado</u> Peso del ultimo piso	
3X3Y	4	0.005642	0.005425	3.85%
3X5Y	4	0.00536	0.005187	3.20%
3X7Y	4	0.005229	0.00501	4.20%

Fuente: Elaboración Propia

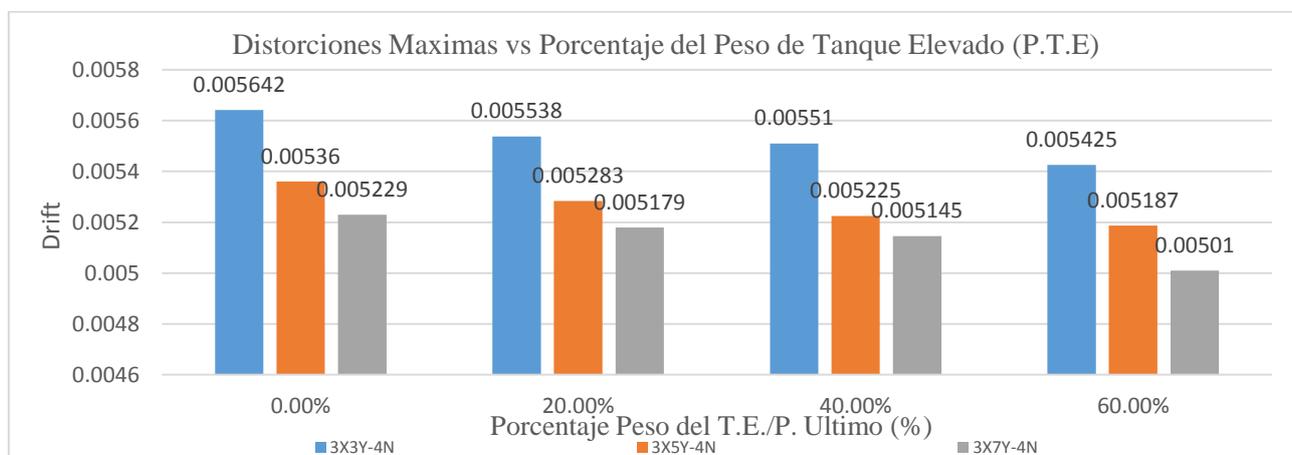


Figura 76. Gráfica de comparación de Distorsiones Máximas según el P.T.E - 4 niveles
Fuente: Elaboración Propia

ESTRUCTURA – 6 NIVELES

Tabla 77. Comparación de los resultados de Distorsiones Máximas 6N–20

	Niveles	Distorsiones Max (Drift)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	$\frac{20\% \text{ Peso del Tanque Elevado}}{\text{Peso del ultimo piso}}$	
3X3Y	6	0.005837	0.005723	2.00%
3X5Y	6	0.005896	0.005811	1.40%
3X7Y	6	0.005808	0.005672	2.30%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 78. Comparación de los resultados de Distorsiones Máximas 6N–40

	Niveles	Distorsiones Max (Drift)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	$\frac{40\% \text{ Peso del Tanque Elevado}}{\text{Peso del ultimo piso}}$	
3X3Y	6	0.005837	0.005693	2.50%
3X5Y	6	0.005896	0.005712	3.10%
3X7Y	6	0.005808	0.00561	3.40%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 79. Comparación de los resultados de Distorsiones Máximas 6N–60

	Niveles	Distorsiones Max (Drift)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	$\frac{60\% \text{ Peso del Tanque Elevado}}{\text{Peso del ultimo piso}}$	
3X3Y	6	0.005837	0.005626	3.60%
3X5Y	6	0.005896	0.0056534	4.10%
3X7Y	6	0.005808	0.005532	4.80%

Fuente: Elaboración Propia

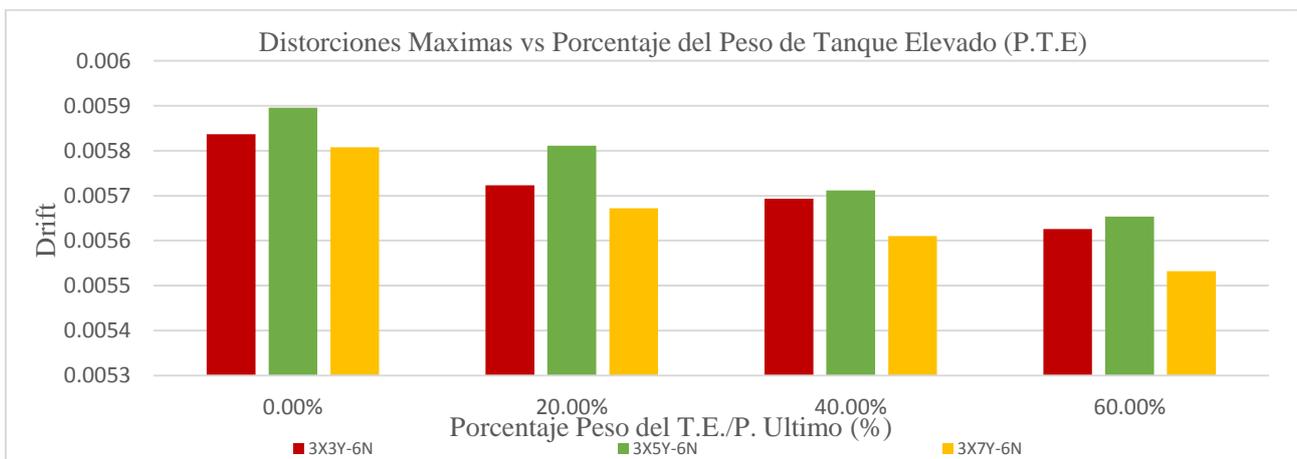


Figura 77. Gráfica de comparación de Distorsiones Máximas según el P.T.E - 6 niveles

Fuente: Elaboración Propia

ESTRUCTURA – 8 NIVELES

Tabla 80. Comparación de los resultados de Distorsiones Máximas 8N–20

	Niveles	Distorsiones Max (Drift)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	20% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo piso	
3X3Y	8	0.005893	0.005815	1.30%
3X5Y	8	0.006156	0.00602	2.20%
3X7Y	8	0.00605	0.00591	2.30%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 81. Comparación de los resultados de Distorsiones Máximas 8N–40

	Niveles	Distorsiones Max (Drift)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	40% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo piso	
3X3Y	8	0.005893	0.005698	3.30%
3X5Y	8	0.006156	0.005905	4.00%
3X7Y	8	0.00605	0.005708	6.00%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 82. Comparación de los resultados de Distorsiones Máximas 8N–60

	Niveles	Distorsiones Max (Drift)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	60% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo piso	
3X3Y	8	0.005893	0.005611	5.00%
3X5Y	8	0.006156	0.005804	6.00%
3X7Y	8	0.00605	0.005542	8.40%

Fuente: Elaboración Propia

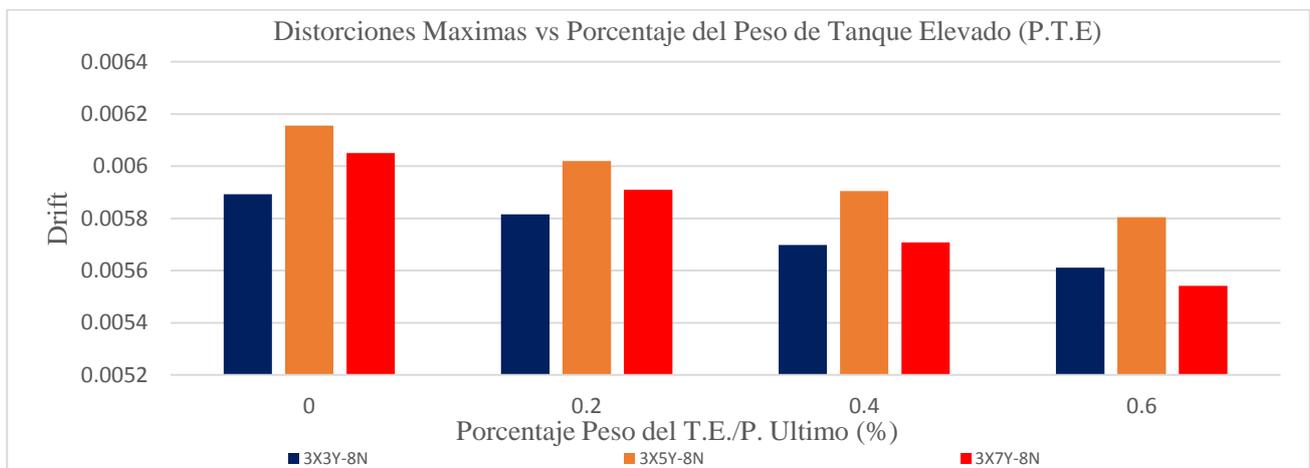


Figura 78. Grafica de comparación de Distorsiones Máximas según el P.T.E - 8 niveles

Fuente: Elaboración Propia

3.3.4 Aceleraciones de Piso

3.3.4.1 Estructuras Sin Sistema de Tanque Elevado

La aceleración de piso o Peak Floor Acceleration (PFA), es un máximo absoluto en la historia de aceleración en un nivel de una estructura. Estos valores de PFA se presentan normalizados por el valor de la aceleración máxima que una estructura experimenta debido a la fuerza sísmica o cualquier fuerza externa que afecte a la estructura, esta respuesta estará relacionada a los picos de las aceleraciones horizontales, las cuales son las más representativas en la ingeniería, la energía sísmica se dispersa en ondas desde el hipocentro causando un movimiento omnidireccional, la estructura recibe esta energía y la disipa a través de la estructura en cada piso distribuyendo de acuerdo a su masa y rigidez de sus elementos.

Tabla 83. Respuesta de Aceleraciones Máximas - 4N

		Aceleraciones	
	Niveles	X-X (m/seg ²)	Y-Y (m/seg ²)
3X3Y	4	1.5985	1.5052
3X5Y	4	1.6001	1.6006
3X7Y	4	1.7817	1.8324

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 84. Respuesta de Aceleraciones Máximas - 6N

		Aceleraciones	
	Niveles	X-X (m/seg ²)	Y-Y (m/seg ²)
3X3Y	6	1.2295	1.16
3X5Y	6	1.2193	1.2176
3X7Y	6	1.324	1.4119

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 85. Respuesta de Aceleraciones Máximas - 8N

		Aceleraciones	
	Niveles	X-X (m/seg ²)	Y-Y (m/seg ²)
3X3Y	8	1.0621	1.0049
3X5Y	8	1.0512	1.0411
3X7Y	8	1.1263	1.1803

Fuente: Elaboración Propia

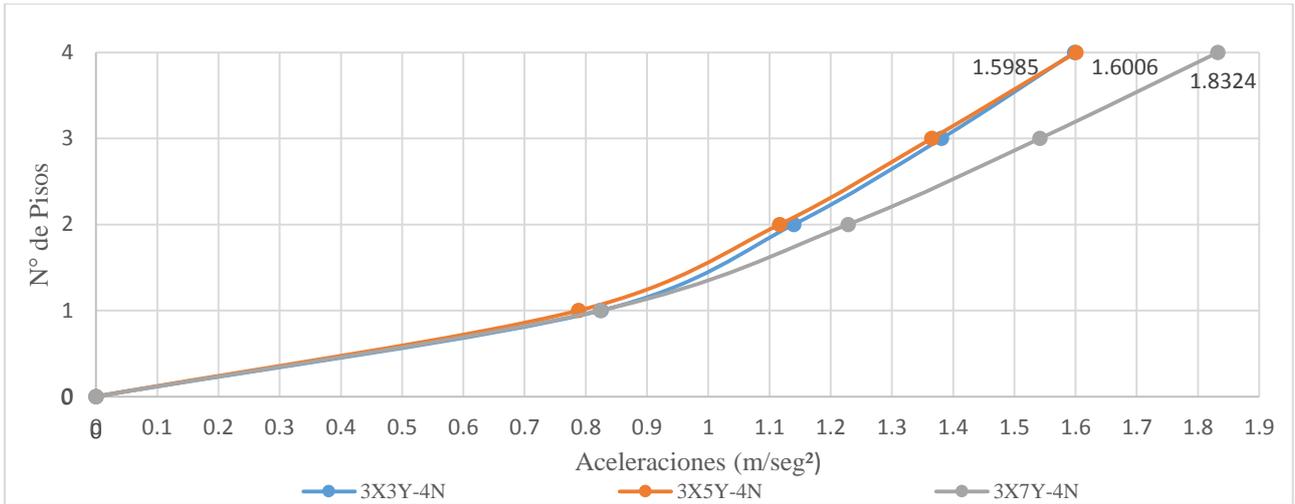


Figura 79. Gráfica de Aceleraciones (m/sec²) en 4 Niveles – DX
Fuente: Elaboración Propia

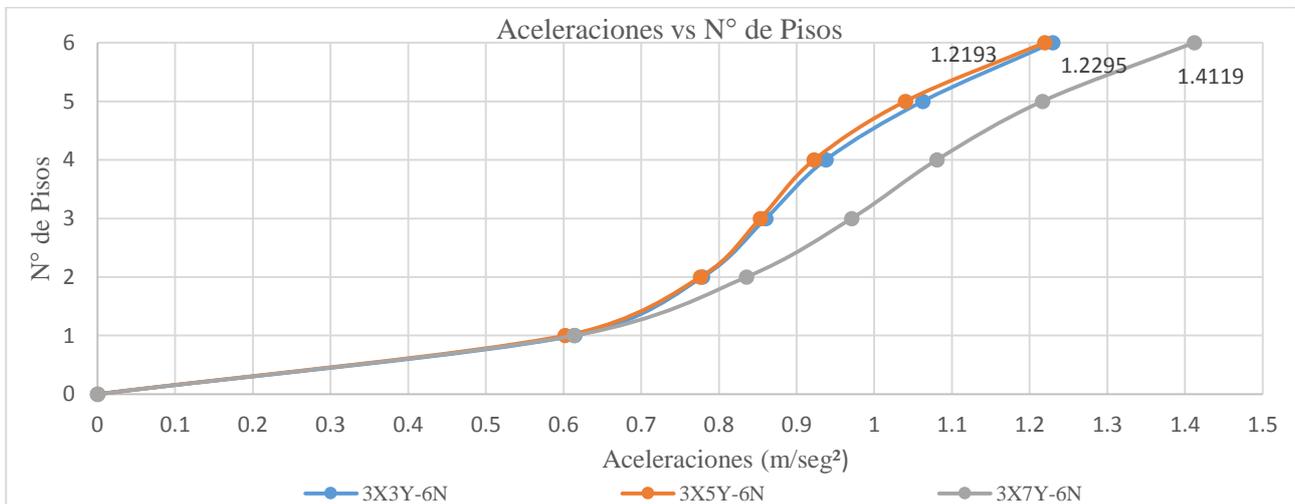


Figura 80. grafica de Aceleraciones (m/sec²) en 6 Niveles – DX
Fuente: Elaboración Propia

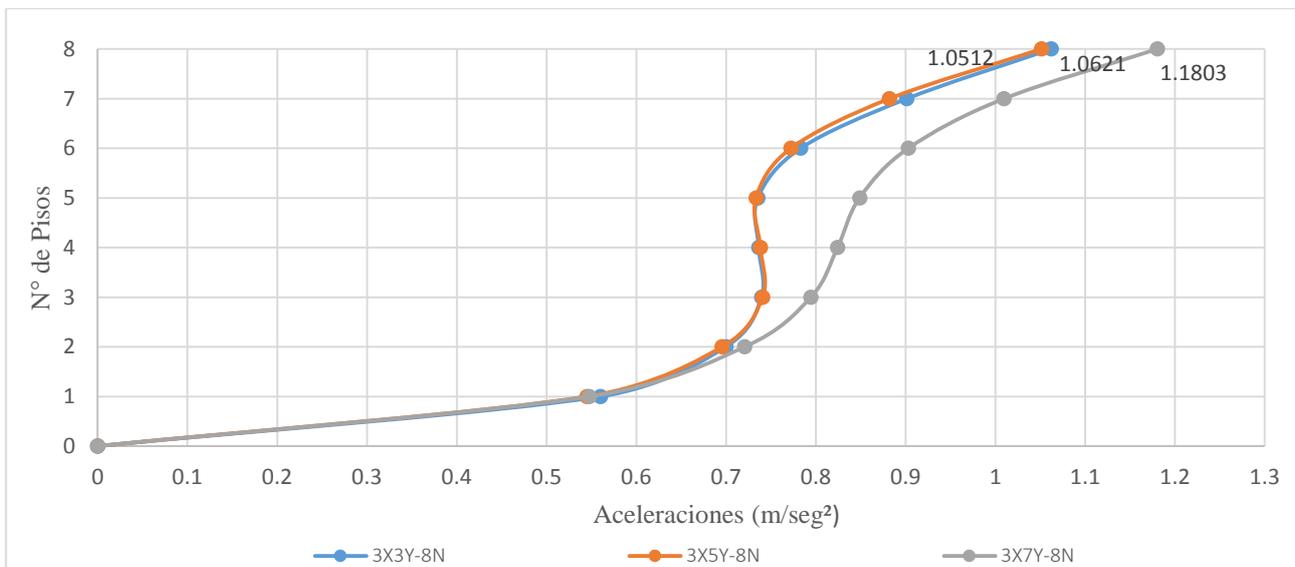


Figura 81. Gráfica de Aceleraciones (m/sec²) en 8 Niveles – DX
Fuente: Elaboración Propia

3.3.4.2 Estructuras Con Sistema de Tanque Elevado

ESTRUCTURA – 4 NIVELES

Tabla 86. Respuesta de Aceleraciones Máximas 4N-20

	Niveles	Aceleraciones Max - 20% $\left(\frac{P.T.E.}{P.U.N.}\right)$	
		X-X (m/seg ²)	Y-Y (m/seg ²)
3X3Y	4	1.6886	1.5881
3X5Y	4	1.7774	1.7874
3X7Y	4	2.2218	2.3358

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 87. Respuesta de Aceleraciones Máximas 4N-50

	Niveles	Aceleraciones Max - 40% $\left(\frac{P.T.E.}{P.U.N.}\right)$	
		X-X (m/seg ²)	Y-Y (m/seg ²)
3X3Y	4	1.6526	1.556
3X5Y	4	1.7278	1.7372
3X7Y	4	1.9965	2.1513

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 88. Respuesta de Aceleraciones Máximas 4N-60

	Niveles	Aceleraciones Max - 60% $\left(\frac{P.T.E.}{P.U.N.}\right)$	
		X-X (m/seg ²)	Y-Y (m/seg ²)
3X3Y	4	1.5896	1.4996
3X5Y	4	1.6458	1.6536
3X7Y	4	1.86	2.0567

Fuente: Elaboración Propia

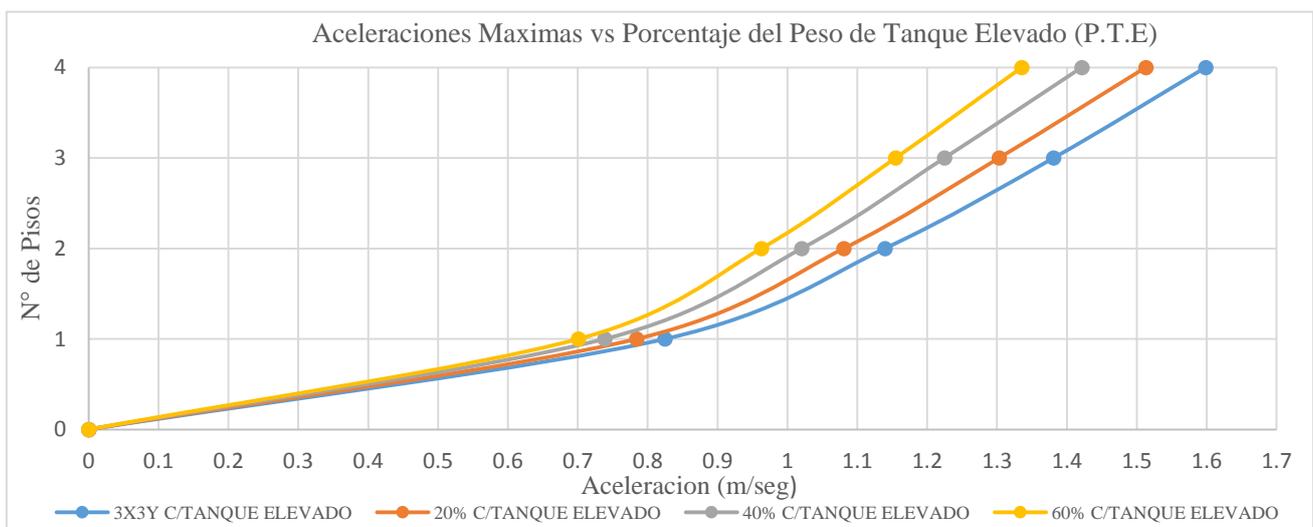


Figura 82. Grafica de Aceleraciones maximas 4 niveles–3X3Y

Fuente: Elaboración Propia

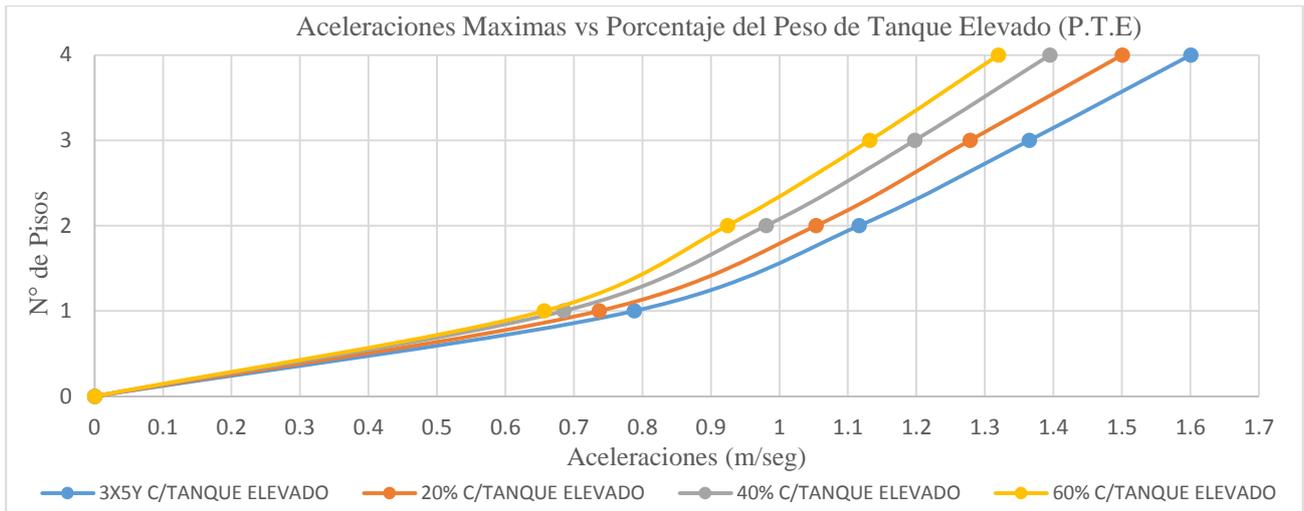


Figura 83. Grafica de Aceleraciones máximas 4 niveles-3X5Y
Fuente: Elaboración Propia

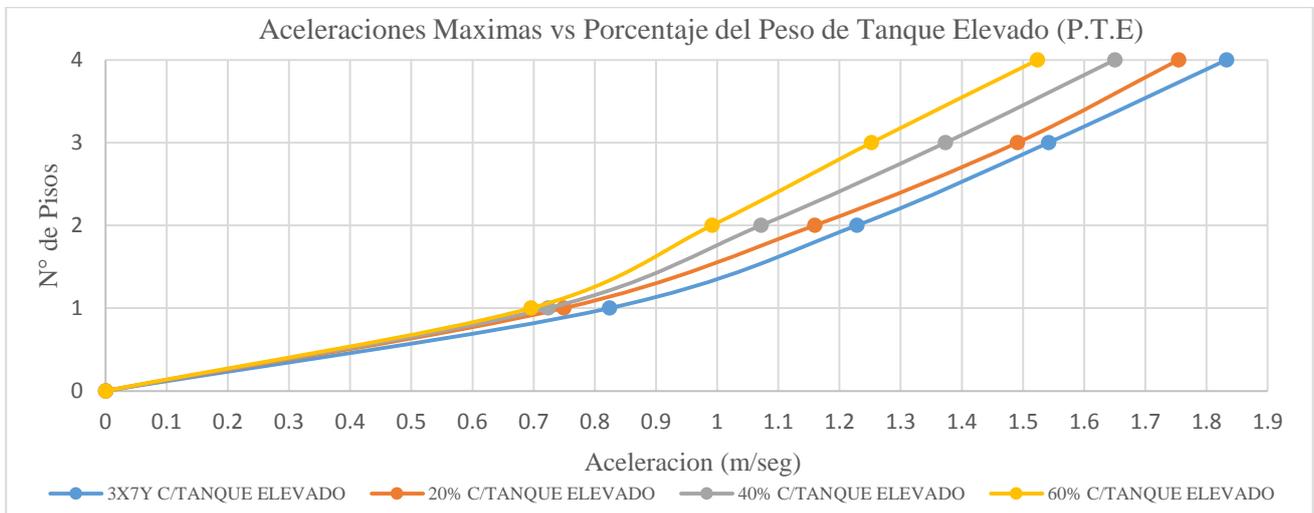


Figura 84. Grafica de Aceleraciones máximas 4 niveles-3X7Y
Fuente: Elaboración Propia

ESTRUCTURA – 6 NIVELES

Tabla 89. Respuesta de Aceleraciones Máximas 6N-20

		Aceleraciones Max - 20% ($\frac{P.T.E.}{P.I.N}$)	
		X-X (m/seg ²)	Y-Y (m/seg ²)
3X3Y	6	1.33	1.2574
3X5Y	6	1.4083	1.4122
3X7Y	6	1.7129	1.7818

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 90. Respuesta de Aceleraciones Máximas 6N-40

		Aceleraciones Max - 40% ($\frac{P.T.E.}{P.U.N.}$)	
		X-X (m/seg ²)	Y-Y (m/seg ²)
3X3Y	6	1.3246	1.2496
3X5Y	6	1.3897	1.3922
3X7Y	6	1.6385	1.7433

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 91. Respuesta de Aceleraciones Máximas 6N-60

		Aceleraciones Max - 60% ($\frac{P.T.E.}{P.U.N.}$)	
		X-X (m/seg ²)	Y-Y (m/seg ²)
3X3Y	6	1.2906	1.2161
3X5Y	6	1.3439	1.3475
3X7Y	6	1.523	1.6192

Fuente: Elaboración Propia

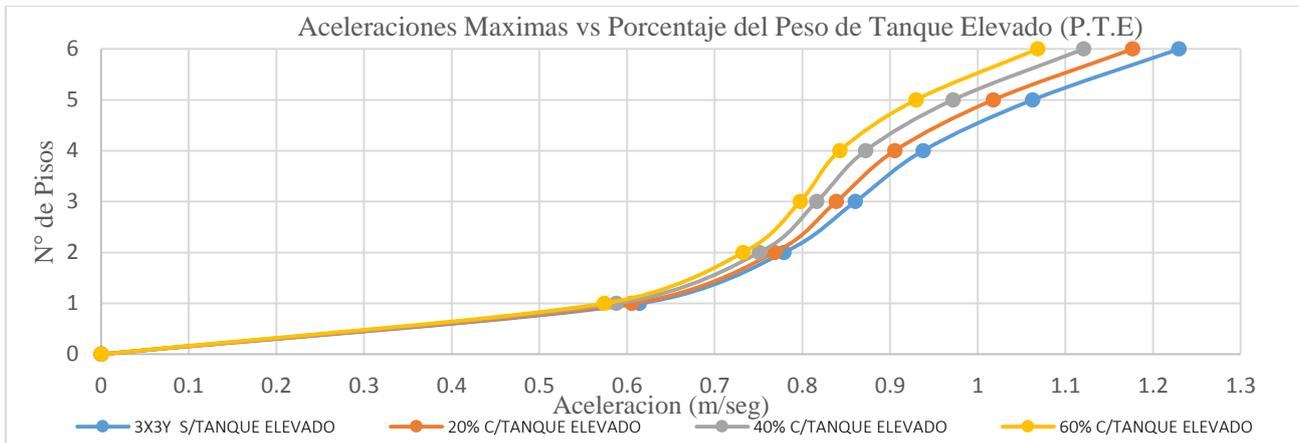


Figura 85. Grafica de Aceleraciones máximas 6 niveles-3X3Y

Fuente: Elaboración Propia

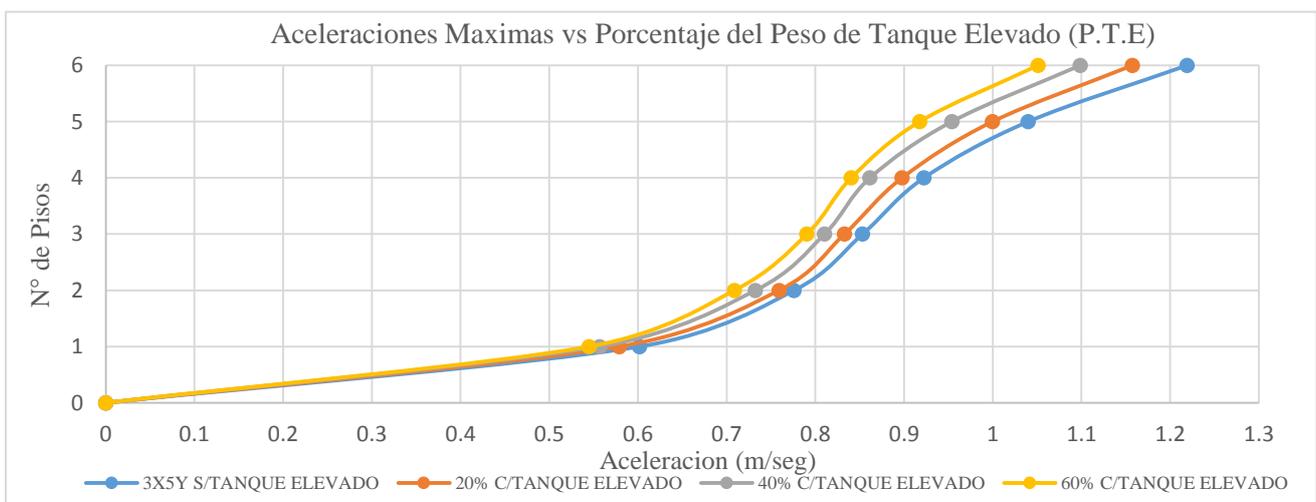


Figura 86. Grafica de Aceleraciones máximas 6 niveles-3X5Y

Fuente: Elaboración Propia

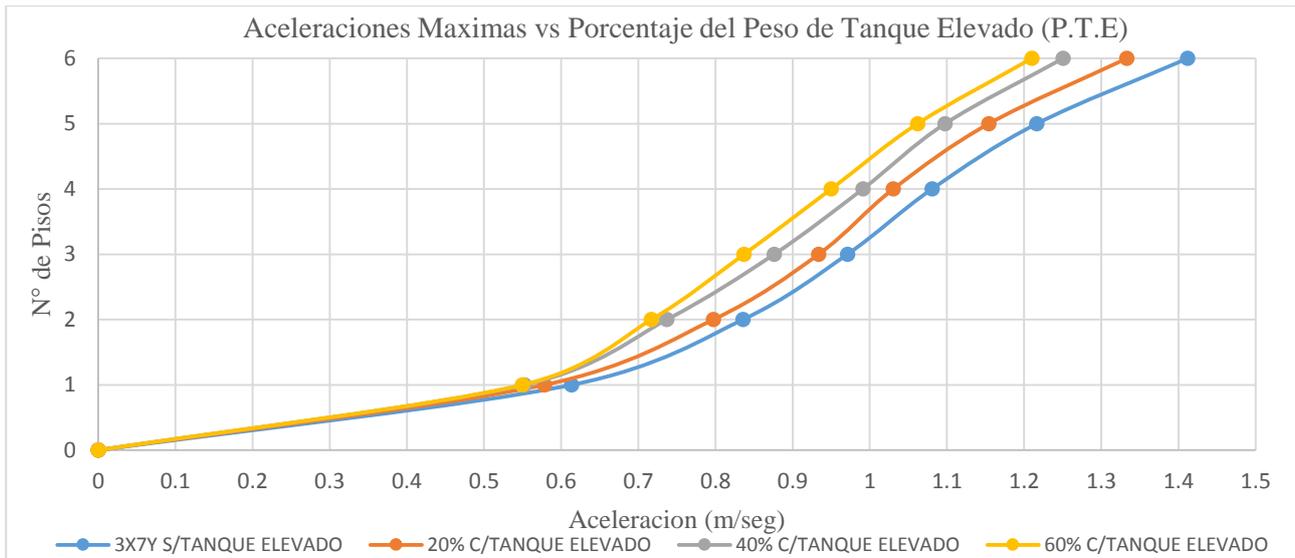


Figura 87. Grafica de Aceleraciones máximas 8 niveles-3X7Y
Fuente: Elaboración Propia

ESTRUCTURA – 8 NIVELES

Tabla 92. Respuesta de Aceleraciones Máximas 8N-20

	Niveles	Aceleraciones Max - 20% ($\frac{P.T.E.}{P.U.N.}$)	
		X-X (m/seg ²)	Y-Y (m/seg ²)
3X3Y	8	1.1012	1.0336
3X5Y	8	1.231	1.2223
3X7Y	8	1.5092	1.5719

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 93. Respuesta de Aceleraciones Máximas 8N-40

	Niveles	Aceleraciones Max - 40% ($\frac{P.T.E.}{P.U.N.}$)	
		X-X (m/seg ²)	Y-Y (m/seg ²)
3X3Y	8	1.1703	1.1015
3X5Y	8	1.2327	1.228
3X7Y	8	1.4382	1.504

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 94. Respuesta de Aceleraciones Máximas 8N-60

	Niveles	Aceleraciones Max - 60% ($\frac{P.T.E.}{P.U.N.}$)	
		X-X (m/seg ²)	Y-Y (m/seg ²)
3X3Y	8	1.1509	1.0797
3X5Y	8	1.2019	1.1986
3X7Y	8	1.3692	1.455

Fuente: Elaboración Propia

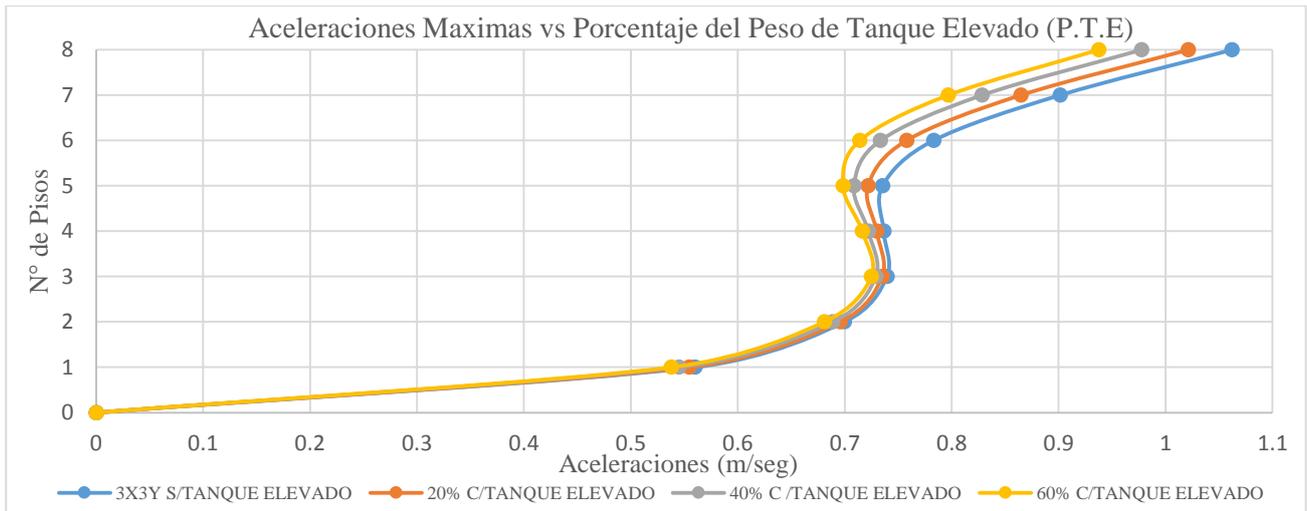


Figura 88. Grafica de Aceleraciones máximas 8 niveles-3X3Y
Fuente: Elaboración Propia

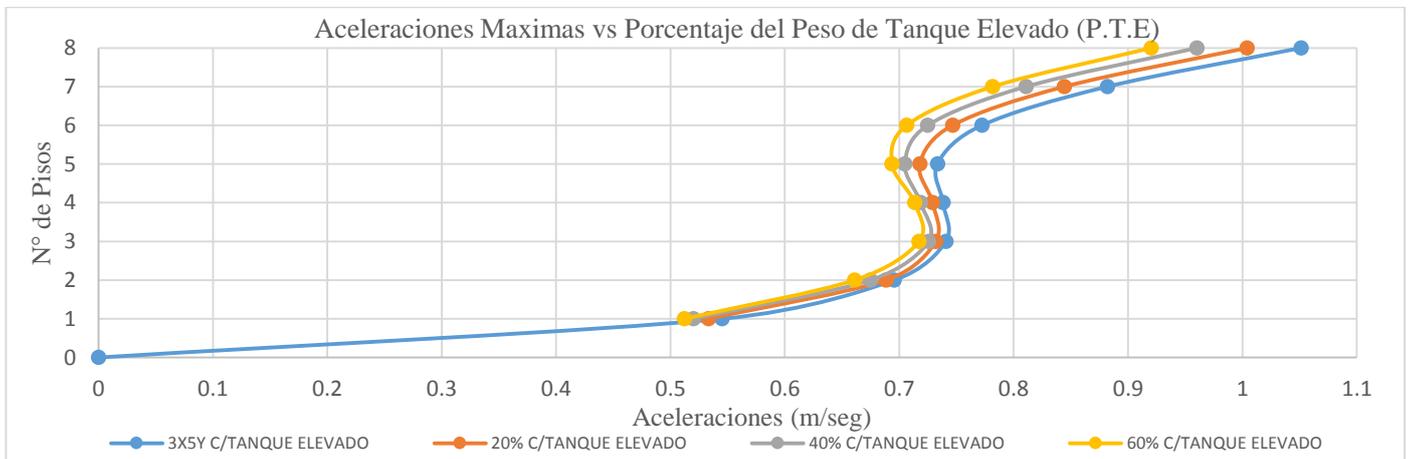


Figura 89. Grafica de Aceleraciones máximas 8 niveles-3X5Y
Fuente: Elaboración Propia

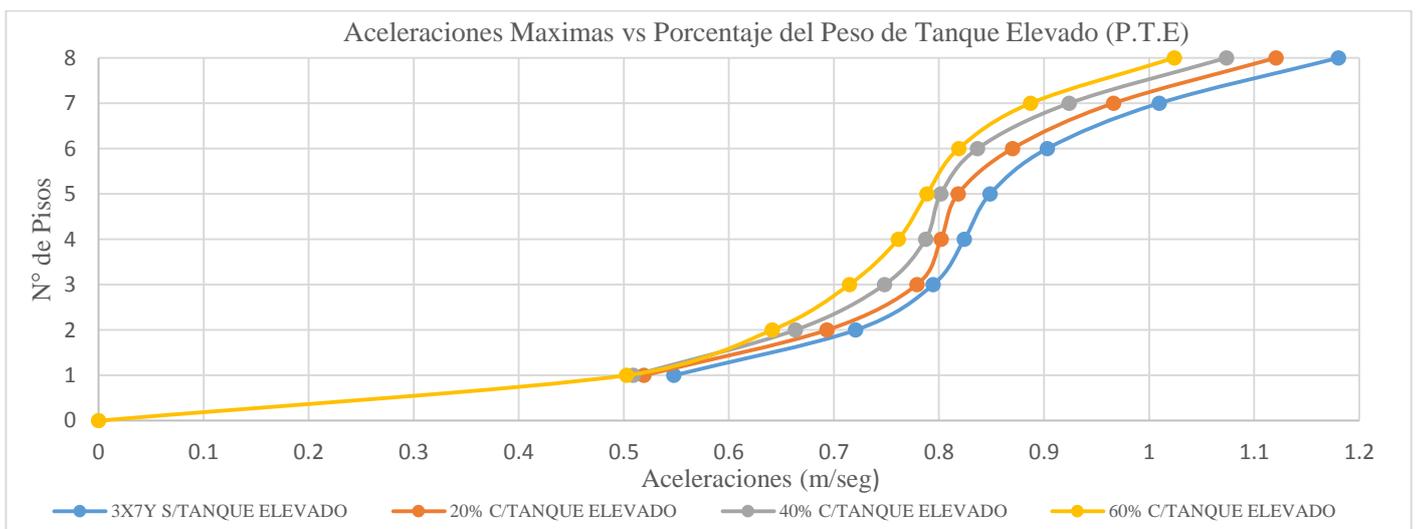


Figura 90. Grafica de Aceleraciones máximas 8 niveles-3X7Y
Fuente: Elaboración Propia

3.3.4.3 Comparación de los Resultados de las Aceleraciones Máximas

ESTRUCTURA – 4 NIVELES

Tabla 95. Comparación de los resultados de Aceleraciones Máximas 4N–20

	Niveles	Aceleraciones Max (m/seg ²)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	20% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo nivel	
3X3Y	4	1.5985	1.5128	5.40%
3X5Y	4	1.6006	1.5003	6.30%
3X7Y	4	1.8324	1.7541	4.30%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 96. Comparación de los resultados de Aceleraciones Máximas 4N–40

	Niveles	Aceleraciones Max (m/seg ²)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	40% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo nivel	
3X3Y	4	1.5985	1.4212	11.00%
3X5Y	4	1.6006	1.3949	13.00%
3X7Y	4	1.8324	1.6498	10.00%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 97. Comparación de los resultados de Aceleraciones Máximas 4N–60

	Niveles	Aceleraciones Max (m/seg ²)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	60% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo nivel	
3X3Y	4	1.5985	1.3354	16.50%
3X5Y	4	1.6006	1.3198	17.50%
3X7Y	4	1.8324	1.5234	17.00%

Fuente: Elaboración Propia

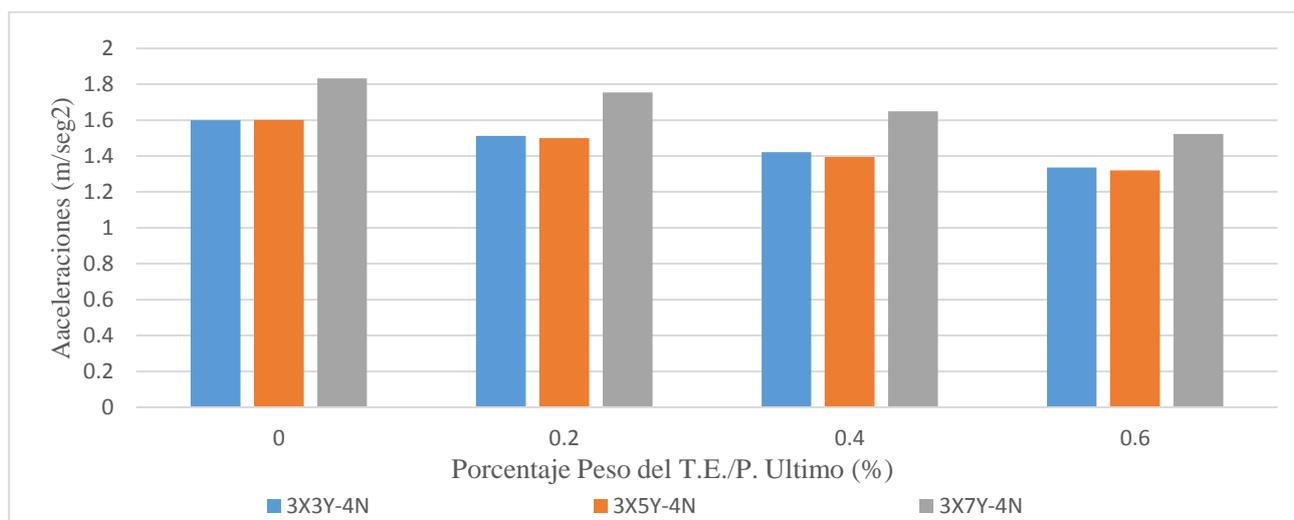


Figura 91. Gráfica de comparación de Aceleraciones Máximas según el P.T.E - 4 niveles

Fuente: Elaboración Propia

ESTRUCTURA – 6 NIVELES

Tabla 98. Comparación de los resultados de Aceleraciones Máximas 6N–20

	Niveles	Aceleraciones Max (m/seg ²)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	20% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo nivel	
3X3Y	6	1.2295	1.1767	4.30%
3X5Y	6	1.2193	1.1576	5.00%
3X7Y	6	1.4119	1.3331	5.60%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 99. Comparación de los resultados de Aceleraciones Máximas 6N–40

	Niveles	Aceleraciones Max (m/seg ²)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	40% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo nivel	
3X3Y	6	1.2295	1.1209	9.00%
3X5Y	6	1.2193	1.0988	10.00%
3X7Y	6	1.4119	1.2505	11.40%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 100. Comparación de los resultados de Aceleraciones Máximas 6N–60

	Niveles	Aceleraciones Max (m/seg ²)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	60% Peso del Tanque Elevado	
			Peso del ultimo nivel	
3X3Y	6	1.2295	1.0682	13.00%
3X5Y	6	1.2193	1.0512	13.80%
3X7Y	6	1.4119	1.2099	14.30%

Fuente: Elaboración Propia

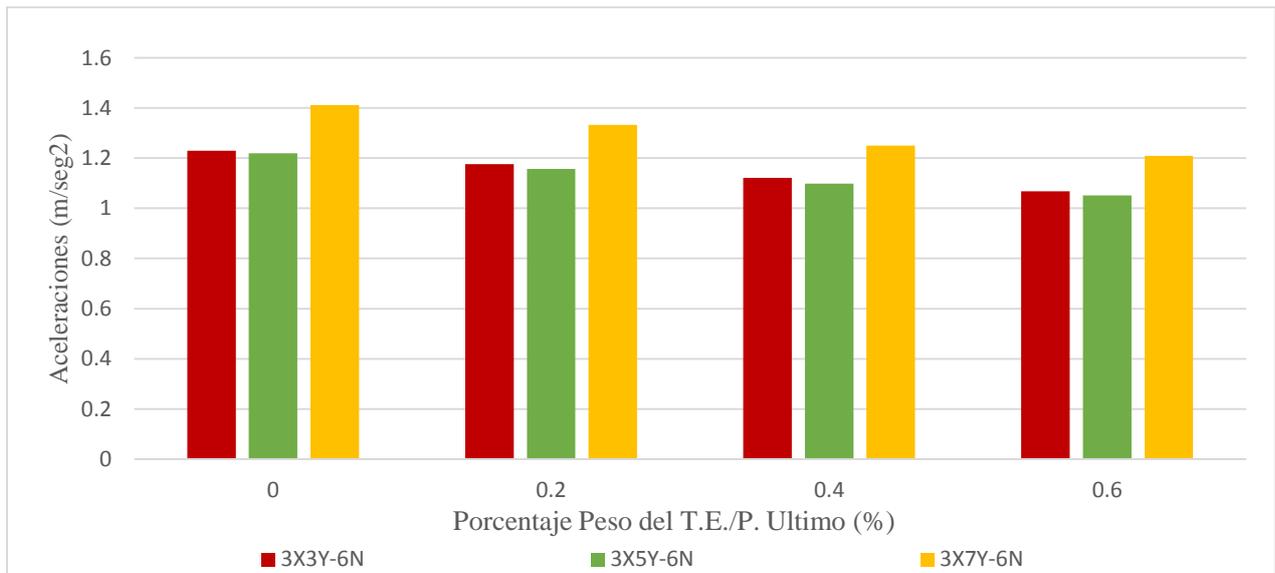


Figura 92. Gráfica de comparación de Aceleraciones Máximas según el P.T.E - 6 niveles

Fuente: Elaboración Propia

ESTRUCTURA – 8 NIVELES

Tabla 101. Comparación de los resultados de Aceleraciones Máximas 8N–20

	Niveles	Aceleraciones Max (m/seg ²)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	20% Peso del Tanque Elevado Peso del ultimo nivel	
3X3Y	8	1.0621	1.0212	4.00%
3X5Y	8	1.0512	1.004	4.50%
3X7Y	8	1.1803	1.1207	5.00%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 102. Comparación de los resultados de Aceleraciones Máximas 8N–40

	Niveles	Aceleraciones Max (m/seg ²)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	40% Peso del Tanque Elevado Peso del ultimo nivel	
3X3Y	8	1.0621	0.9776	8.00%
3X5Y	8	1.0512	0.9603	8.70%
3X7Y	8	1.1803	1.0737	9.00%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 103. Comparación de los resultados de Aceleraciones Máximas 8N–60

	Niveles	Aceleraciones Max (m/seg ²)		% DE DIFERENCIA
		Sin Tanque Elevado	60% Peso del Tanque Elevado Peso del ultimo nivel	
3X3Y	8	1.0621	0.9375	12.00%
3X5Y	8	1.0512	0.9203	12.50%
3X7Y	8	1.1803	1.0241	13.20%

Fuente: Elaboración Propia

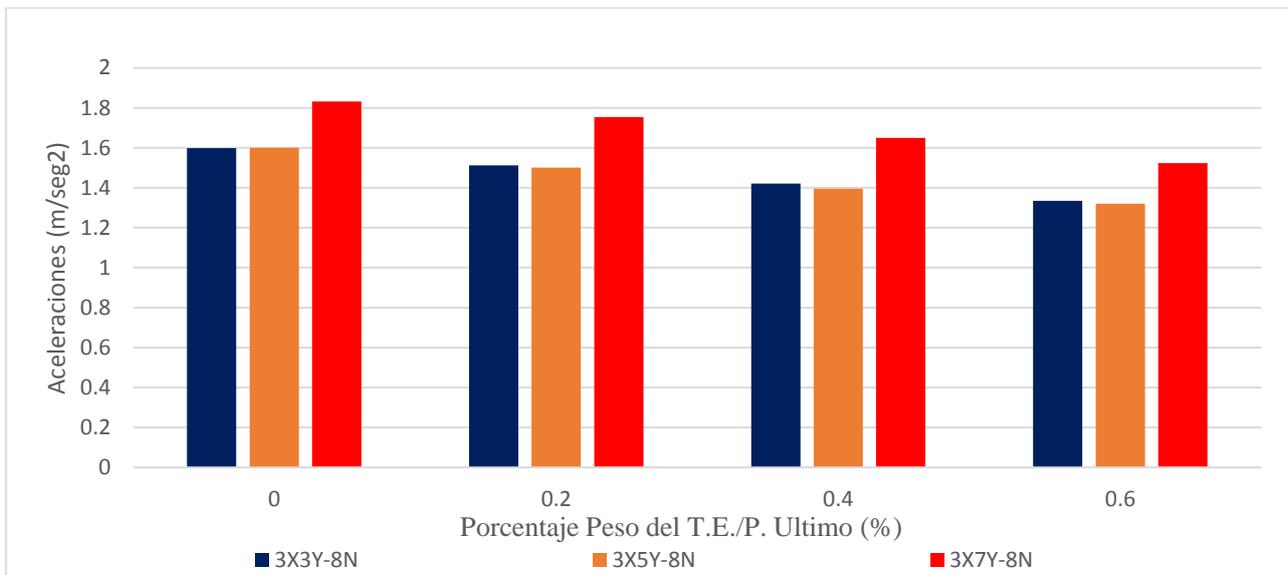


Figura 93. Gráfica de comparación de Aceleraciones Máximas según el P.T.E - 8 niveles
Fuente: Elaboración Propia

3.3.5 Ensayo Experimental de Microtremors

El método MAM o Medición de Microtrepidaciones en arreglos multicanal es un método pasivo de exploración geofísica basado en el análisis de las vibraciones ambientales, es decir utiliza como fuente el ruido ambiental, en arreglos predeterminados y mediante el análisis de dispersión de éstas, determinar el perfil de velocidades de ondas S. Para ello, este método analiza las propiedades de dispersión de los modos fundamentales de las ondas Rayleigh, las cuales se propagan a lo largo de la superficie a los receptores (Park et al., 1999)

Las vibraciones consisten ondas de movimiento con varios períodos. Entre estos el período que aparece más frecuentemente se denomina período predominante de vibración; este período se obtiene del espectro de Fourier de la vibración.

El objetivo será poder encontrar el periodo de la estructura aporticada con un sistema de tanque elevado en sus direcciones “X”, así como en “Y”. El método a utilizar es el ensayo de microtremors el cual nos permite encontrar el modo de vibración de la estructura mediante equipos de alta precisión, los cuales son capaces de graficas el comportamiento de la estructura,

El ensayo se llevó acabo en una edificación en el distrito de Pueblo Libre – Lima, aquella cuenta con 6 niveles y un área de 162 m². La empresa GEORYS S.A.C., la cual cuenta con gran experiencia en el campo de la geofísica respaldan mi investigación, El Ing. Ramiro Piedra y mi persona estuvimos trabajando en cada proceso. Se realizó un replanteo dentro de la edificación para poder encontrar los puntos de monitoreo más favorables, el proceso del ensayo se llevó acabo a horas de la mañana un día Domingo a las 7:00 am. debido a que podamos encontrar una señal más limpia sin factores que estén alterando la vibración de la edificación. El tiempo de duración del ensayo fue de 7h 30min.

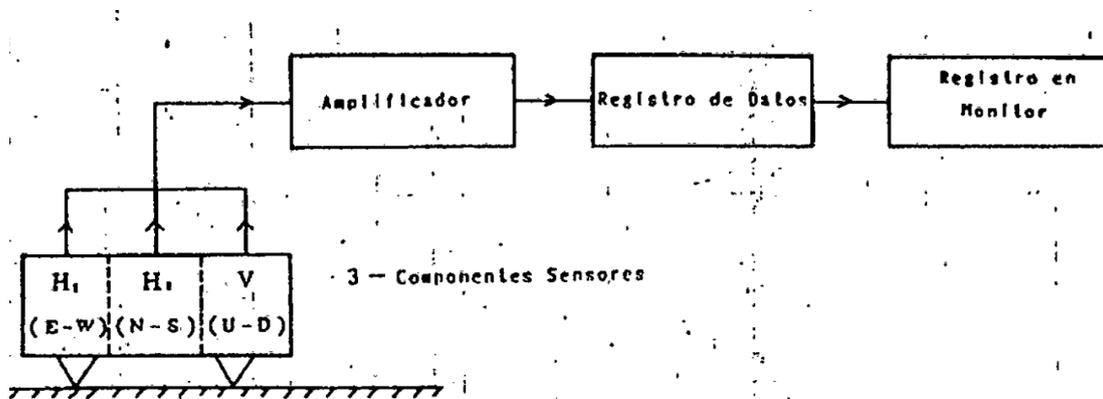


Figura 94. Representación grafica del ensayo microtremors
Fuente: Elaboración Propia

3.5.1 Nombre y Ubicación del Proyecto

- Vivienda Multifamiliar Rio Tambo
- Calle Rio Tambo cruce con Av. Galicia N°06 – Pueblo Libre

3.5.2 Especificaciones

- La edificación cuenta con 6 niveles y en la parte superior existe un sistema de tanque elevado. Cada nivel con una altura de 2.72 metros.
- El tanque elevado tiene columnas de 3.30 metros de altura en donde su área es de 3.0 m x 3.20 m. x 3.00 generando una capacidad de 28.80 m³.
- Cuenta con un área libre de 5.45 m².
- La edificación cuenta con un sistema aporticado, la cual básicamente cumple con el proceso constructivo correcto como se puede observar en las siguientes imágenes.

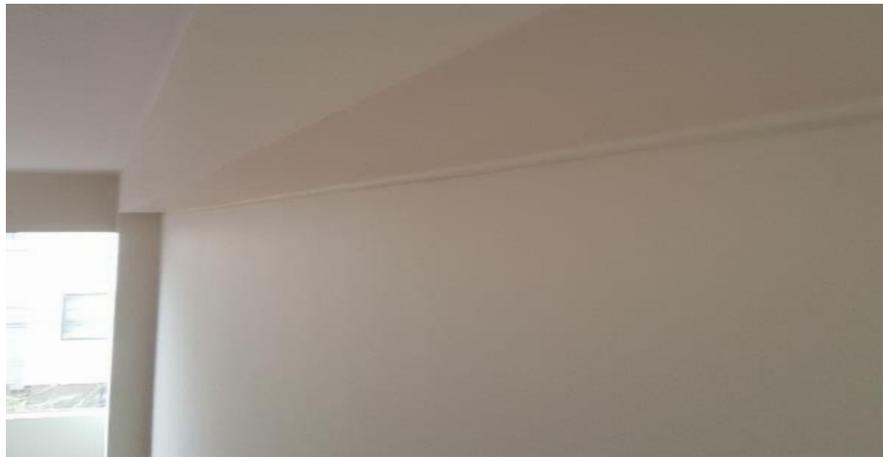


Figura 95. Muros aislados con junta de dilatación
Fuente: Elaboración Propia



Figura 96. Juntas de dilatación en edificación aporticada
Fuente: Elaboración Propia

3.5.3 Trabajo en Campo

Se presenta los puntos en cuales se tomo como referencia para la toma de datos en cuanto a la vibración de la estructura, en el plano a continuación se graficaran los puntos y estos estaran situados en la planta superior , intermedia e inferior considerando una planta tipica.



Figura 97. Vivienda Multifamiliar - Proyecto Tambo 2

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestran los puntos en donde fueron evaluados, estos están ubicados en la planta baja, intermedia y superior como se muestra a continuación en la figura ...

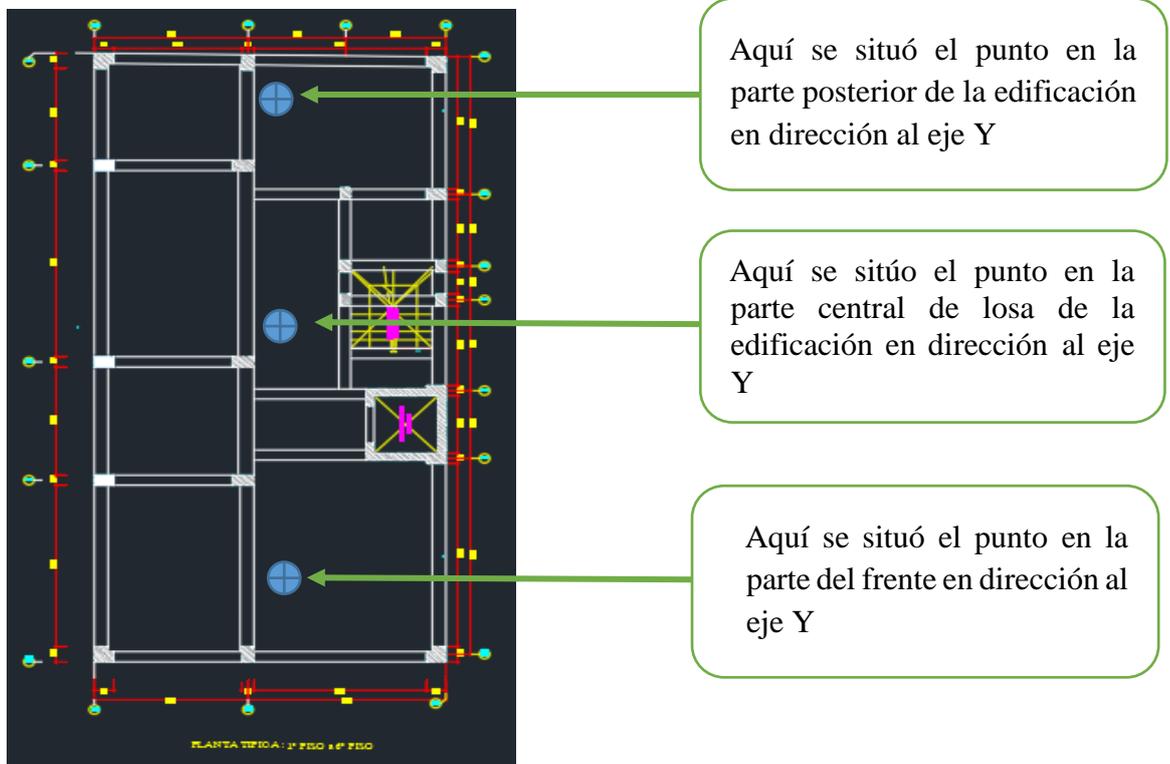


Figura 98. Puntos de Evaluación del Ensayo Microtremors

Fuente: Elaboración Propia

Equipos

- Sismógrafo Lennartz



Figura 99. Sismografo Lennartz
Fuente: Elaboración Propia

- Digitalizador 130s Reftek (0.05hz. 100 hz,)



Figura 100. Digitalizador 130s REFTEK de 3 Canales
Fuente: Elaboración Propia

- Brújula



Figura 101. Brujula de orientación
Fuente: Elaboración Propia

- Antena



Figura 102. Antena de recepción de Coordenadas y Tiempo
Fuente: Elaboración Propia

Batería de 12v



Figura 103. Bateria de 12v que alimenta al Digitalizador
Fuente: Elaboración Propia

Móvil iPhone 6



Figura 104. Equipo movil Iphone 6 Apple
Fuente: Elaboración Propia

3.5.3.1 Procedimientos del Método de Medición

Se tiene como un protocolo de calidad efectuar el ensayo de microtremors con ciertos procesos de suma importancia, estos nos ayudaran a verificar que el procedimiento es el correcto y no tener errores al momento de procesar la información, a continuación, detallare los pasos seguidos.

- Se realizó un replanteo dentro de la edificación, realizando la visita a la última losa de la edificación para poder observar el área techada y ver en qué dirección se encuentra el área libre.
- Teniendo la configuración de columnas y losas de la edificación se efectuó la designación de los puntos de ensayo para los niveles de la planta superior, plana intermedia, planta baja.

- Se procedió al desmontaje del equipo, teniendo como 3 puntos de evaluación en la planta superior, intermedia y baja. Se consideró tomar los puntos en la parte del frente y posterior con dirección al eje Y.
- Teniendo el desmontaje listo ya para empezar con la conexión de sus equipos en los cuales se utilizaron:

01 Sismógrafo Lennartz

01 Brújula

01 Digitalizador 130S Reftek (0.05 Hz 100 hz)

01 Antena warmig

01 Batería de 12v

01 Celular – modelo iPhone 6

- Se procedió como primer paso a la nivelación del Sismógrafo Lennartz el cual cuenta con una burbuja interna de nivelación el cual es calibrada por su base. Luego mediante la brújula se direcciona el equipo con dirección hacia el norte como giro de referencia para la colocación del equipo en el punto.
- El Digitalizador 130S Reftek (0.05 Hz 100 hz) cuenta con 3 canales de entrada para diferentes señales, en el cual se usarán 2 de sus entradas destinadas 1 para la antena y 1 para el Sismógrafo Lennartz. El Digitalizador 130S Reftek deberá estar situado de 1.20 metros a 1.50 metros de distancia del Sismógrafo Lennartz para una mejor recepción de señales.
- La antena que sirve como punto de ubicación GPS y recepción del tiempo es instalada en lugares abiertos para poder captar la señal satelital. La antena será conectada en uno de sus puertos del digitalizador 130S Reftek.
- El iPhone 6, un móvil el cual cuenta con un procesador de alta tecnología que nos permite monitorear el control de los equipos mediante la aplicación iFSC (Field Setup Controller), en el cual visualizaremos la ubicación, el tiempo, las señales en los diferentes ejes de dirección, así como la gráfica del proceso. El móvil cumple una función importante ya que nos ayuda a enviar la base de datos hacia el disco duro del Digitalizador 130S Reftek, esto debido a que un canal es conectado hacia el móvil.

- Teniendo todos los equipos conectados y distribuidos correctamente se procederá a alimentar al digitalizador de energía la cual esta proporcionada por la batería de 12v que estará conectada independiente hacia el Digitalizador 130S Reftek.
- Como punto de partida mediante el móvil se registra que las señales emitidas por la antena sean cargadas y visualizadas, por otra parte, el Sismógrafo Lennartz nos indica la posición de su punto de apoyo. Al tener todos los datos cargados se empezará a activar el sensor del Sismógrafo Lennartz para el registro de señales pulsando un comando en el móvil.
- El tiempo que se consideró por cada punto fue de 30 min, esto debido a que se debe tener una línea de tiempo considerable, ya que al momento de efectuar el filtrado de señal hay fracciones de la señal que serán descartadas es por eso que a mayor tiempo que se tenga la recepción de señal en un punto disminuye el margen de error durante el procesamiento de data.
- Durante el proceso de ensayo el Sismógrafo Lennartz tiene un radio de 1.20 metros, este radio se genera para evitar cualquier acercamiento hacia el equipo y así no saturar la señal ya que cuenta con sensores muy sensibles.
- Al culminar el tiempo del proceso se procede a enviar toda la información de la data obtenida hacia el disco duro del Digitalizador 130S Reftek, para posteriormente ser procesado por otro software (GEOPSY). Culminando con el desmontaje de los equipos y siendo trasladado hacia los siguientes puntos de evaluación.

3.5.4 Trabajo de Gabinete

SOFTWARE GEOPSY

El software Geopsy está desarrollando, distribuyendo y manteniendo un software de código abierto para investigación y aplicaciones geofísicas. Nacido durante el Proyecto Europeo SESAME, ha proporcionado herramientas para procesar vibraciones ambientales teniendo en cuenta la caracterización del sitio desde 2005. Progresivamente, se incluyen técnicas más convencionales (como MASW o refracción) para ofrecer una plataforma de alta calidad, completa y gratuita para la interpretación de experimentos geofísicos. Este software trabaja con diferentes tipos de formatos, en este caso el formato ASCII es el obtenido después de procesar los datos mediante el Sismógrafo Lennartz.



Figura 105. Software GEOPSY para procesamiento de datos ASCII

Fuente: Elaboración Propia

APLICACIONES

iFSC (Field Setup Controller) es una aplicación de Comando / Control para el Grabador Sísmico DAS REF TEK 130 a través del Puerto Serial. iFSC se utiliza para editar y programar los parámetros de adquisición del DAS. También proporciona monitoreo del estado de salud con un extenso conjunto de comandos de estado. El monitoreo del estado de salud incluye el estado de adquisición, el uso de la RAM y el disco, el estado del GPS, el tiempo y la temperatura de la batería principal y de respaldo. Los comandos adicionales permiten configurar las conexiones de red y verificar el estado de la red.



Figura 106. Software iFSC

Fuente: Elaboración Propia

3.5.4.1 Procesamiento de Datos con Señales del Microtremors

Teniendo los datos del ensayo realizado, estos son guardados en una carpeta de almacenamiento en donde podremos observar que cada carpeta tendrá un nombre según la fecha y hora en la que fue ensayada.

181532000_000D3EA0.rtl	22/10/2018 02:07	Archivo RTL	107 KB
183000000_000DBBA0.rtl	22/10/2018 02:07	Archivo RTL	109 KB
2018287181532000_STATI_1_1.atr	22/10/2018 02:07	Archivo ATR	968 KB
2018287181532000_STATI_1_2.atr	22/10/2018 02:07	Archivo ATR	1,066 KB
2018287181532000_STATI_1_3.atr	22/10/2018 02:07	Archivo ATR	1,010 KB
2018287183000000_STATI_1_1.atr	22/10/2018 02:07	Archivo ATR	1,004 KB
2018287183000000_STATI_1_2.atr	22/10/2018 02:07	Archivo ATR	1,092 KB
2018287183000000_STATI_1_3.atr	22/10/2018 02:07	Archivo ATR	1,034 KB
IDB721.rtl	22/10/2018 02:07	Archivo RTL	6 KB

Figura 107. Datos obtenidos del Ensayo Microtremors
Fuente: Elaboración Propia

Las carpetas serán abiertas en el software Excel 2016 con el objetivo que poder realizar procesos como son la visualización de datos, calibración y combinación de señales para poder formar el grupo de datos que serán añadidos en el siguiente software.

	A	B	C	D	E	F	G	H	Barra de fórmulas	J	K	L
1	\$ChnID=B721:0008:01:01											
2	\$Station=STATI											
3	\$Samples=173600											
4	\$Rate=200.0000											
5	\$Time=2018:287:18:15:32.000											
6	\$BitWeight=0.000002762											
7	\$Gain= 1.000											
8	\$SensorVPU= 0.000											
9	\$LLA=-12.070 -77.071 108.0											
10	-53											
11	-594											
12	-1357											
13	-1725											
14	-1876											
15	-1705											

Figura 108. Datos mostrados en software Excel
Fuente: Elaboración Propia

Los datos son los siguientes:

- \$ChnID=B721:0008:01:01
- \$Station=STATI
- \$Samples=173600
- \$Rate=200.0000
- \$Time=2018:287:18:15:32.000
- \$BitWeight=0.000002762
- \$Gain= 1.000
- \$SensorVPU= 0.000
- \$LLA=-12.070 -77.071 108.0

En donde:

- Samples: Numero de datos
- Rate: Numero de datos por segundo (200)
- Time: Año, Dia Juliano, Hora Universal, Minuto, Segundo
- \$BitWeight=0.000002762 es el factor de calibración del canal 1 (Vertical)
- -53, -594, -1357 son datos de campo del canal 1

Se tendrá que realizar una combinación de datos de las diferentes señales Z, N, E (Vertical, Norte, Este) formando grupos de datos llamados ZNE, ZNN, ZEE con el objetivo de poder evaluar dos grupos primordiales los cuales son de gran interés para el análisis. Con los datos de los grupos ZNN y ZEE se crearán archivos en formato de documento de texto (.txt) independiente para cada grupo.

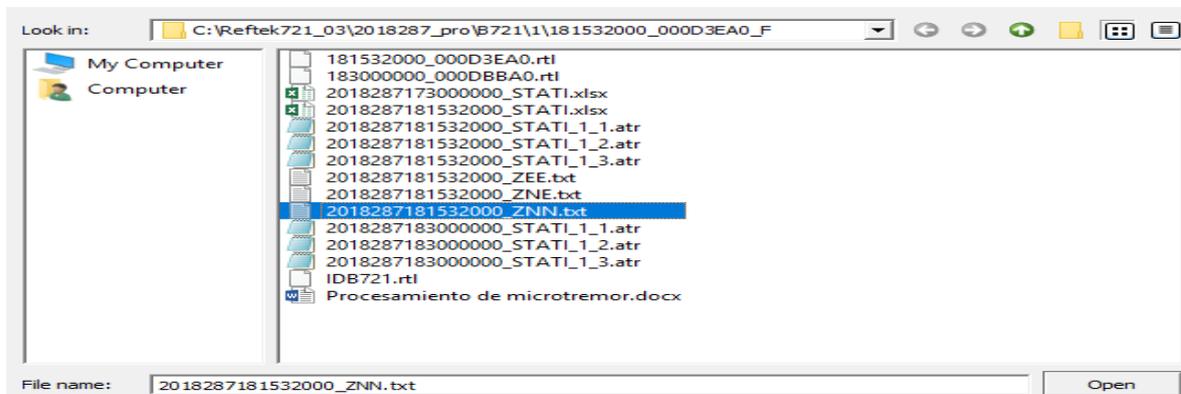


Figura 109. Importacion de datos a GEOPSY
Fuente: Elaboración Propia

Estas carpetas seran importadas hacia el software GEOPSY para asi poder evaluar los datos , cabe mencionar que este proceso se realizara para cada punto de evaluación, debido a que se tiene como muestra de resultado señales en dirección Norte y Este cada dirección sera evaluada independientemente.

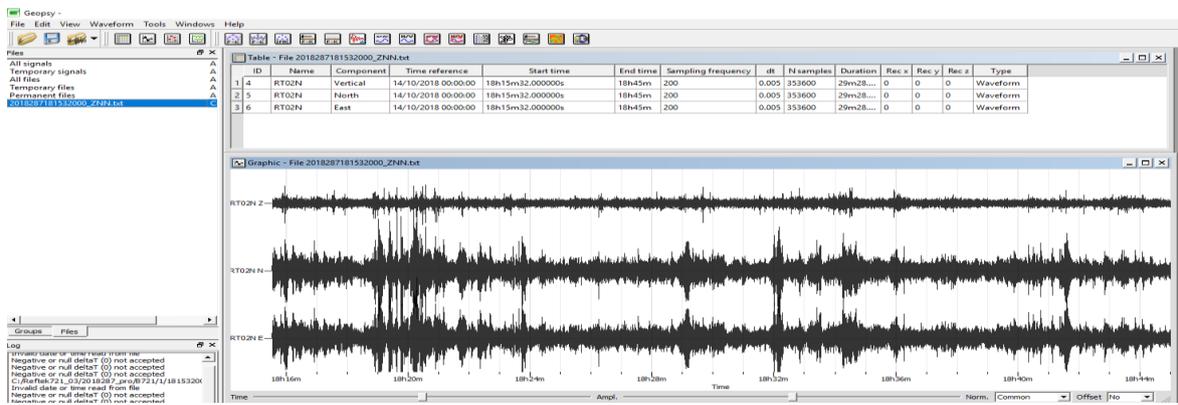


Figura 110. Importacion de datos a GEOPSY
Fuente: Elaboración Propia

La herramienta que utilizaremos para poder encontrar la frecuencia fundamental o predominante será a través de la función que se encuentra en el GEOPSY denominado H/V la cual es denominada con una correlación de razones espectrales de registros sísmológicos.

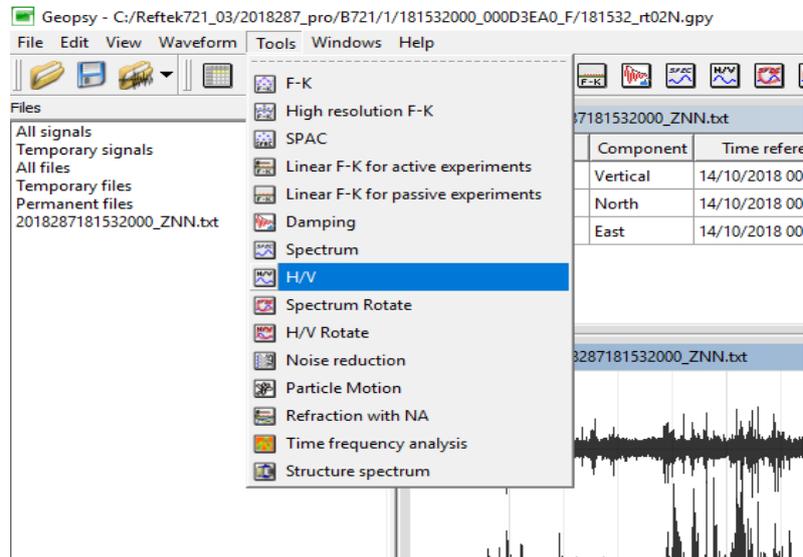


Figura 111. Herramienta H/V para el análisis
Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la siguiente figura, es el resultado que se obtiene luego de realizar los procesos llegando a mostrarnos un espectro de frecuencias.

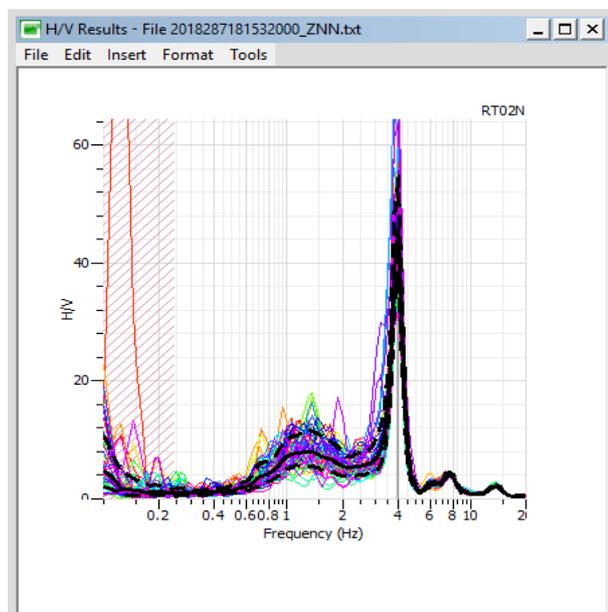


Figura 112. Respuesta de Frecuencia predominante
Fuente: Elaboración Propia

3.5.5 Resultados del Ensayo de Microtremors

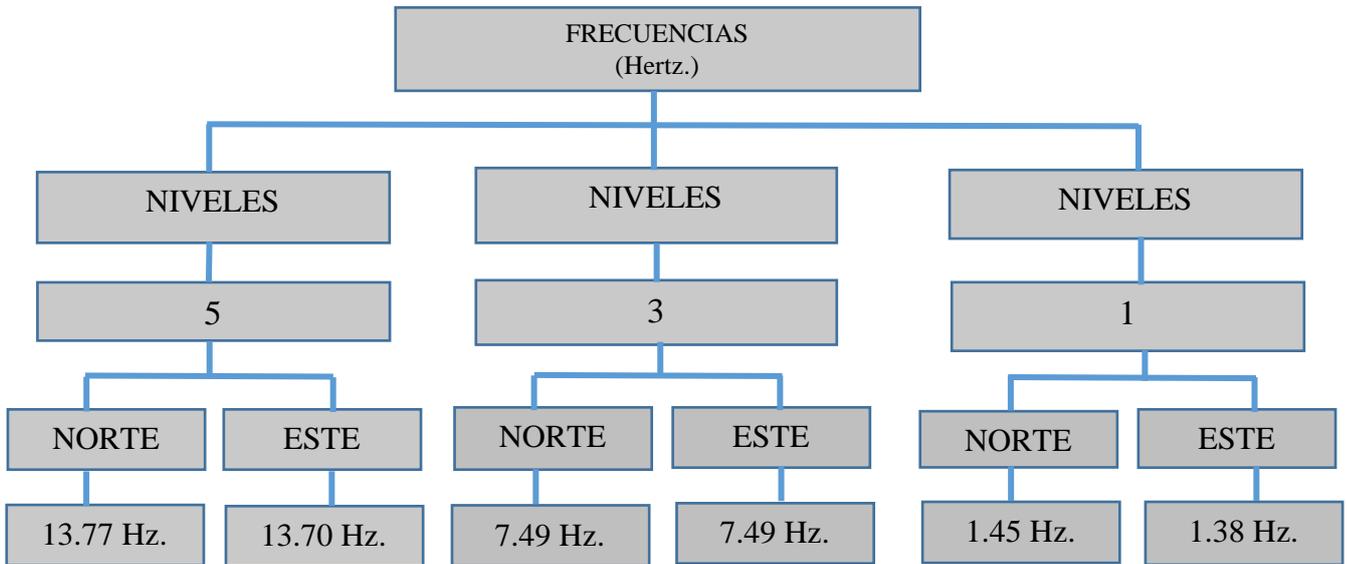


Figura 113. Esquema de Resultados y Modo de evaluación del ensayo
Fuente: Elaboración Propia

A continuación, mostraremos los gráficos de los resultados obtenidos en el programa GEOPSY luego de aplicar el H/V en cada nivel que se realizó.

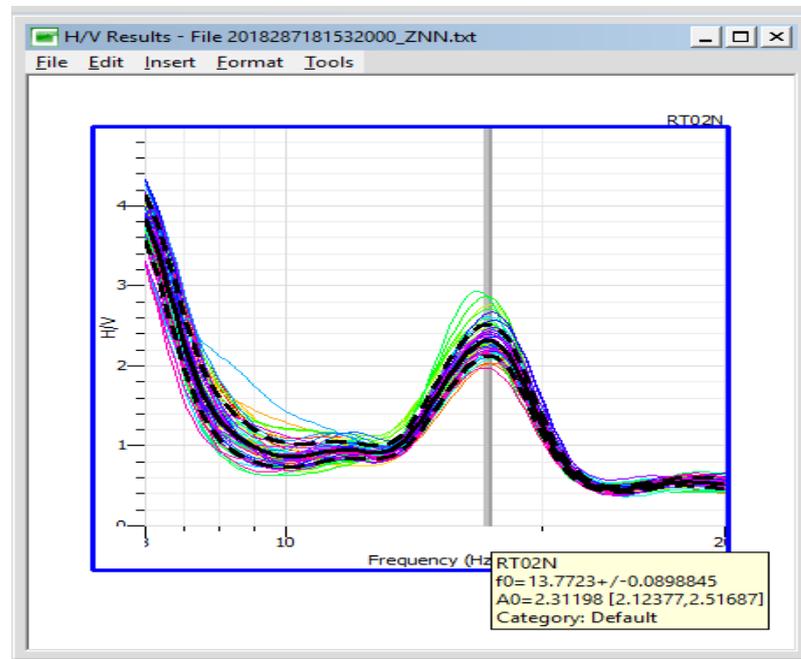


Figura 114. Frecuencia=13.77 en el Dirección Norte-5nivel
Fuente: Elaboración Propia

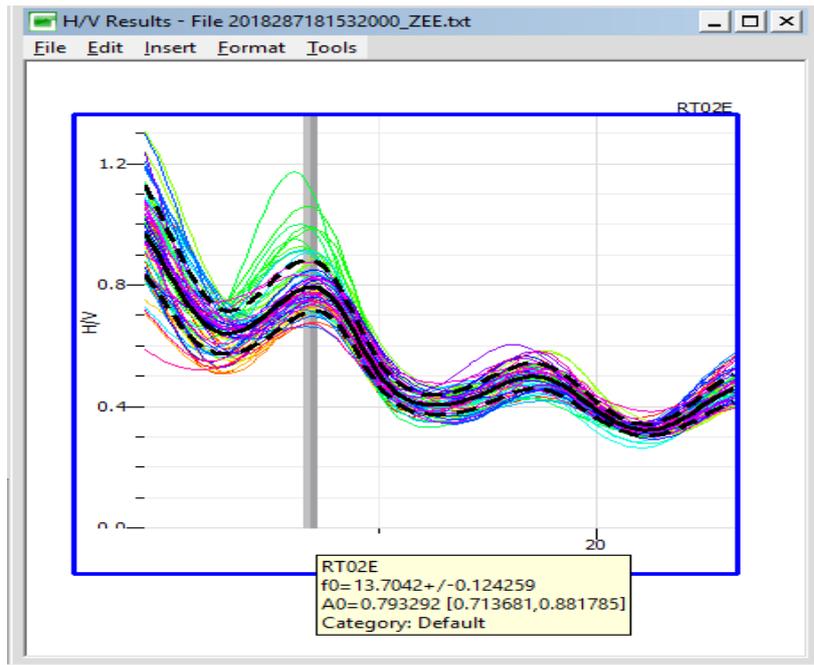


Figura 115. Frecuencia=13.70 en el Dirección Este-5 nivel
 Fuente: Elaboración Propia

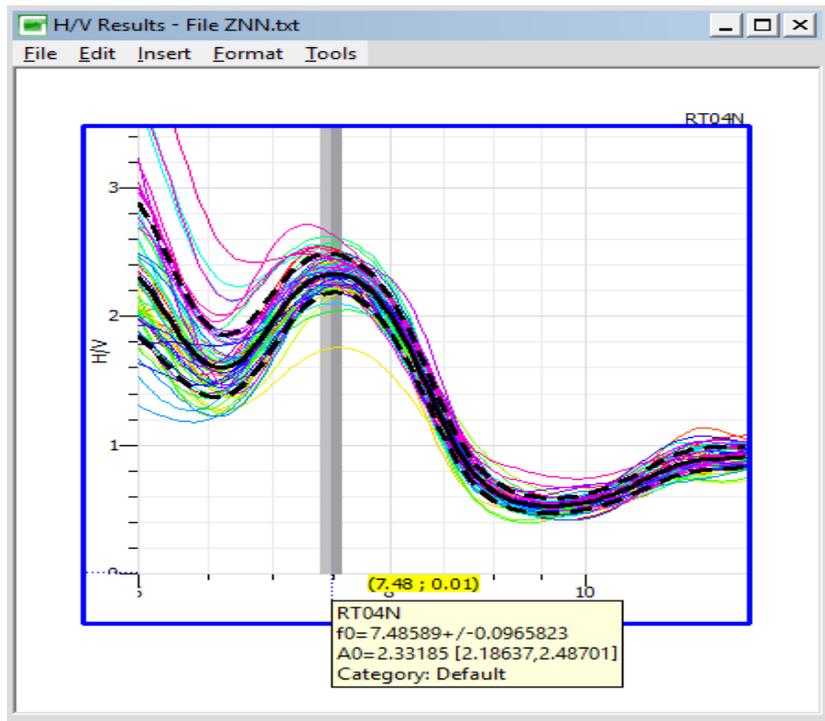


Figura 116. Frecuencia=7.485 en el Dirección Norte-3 nivel
 Fuente: Elaboración Propia

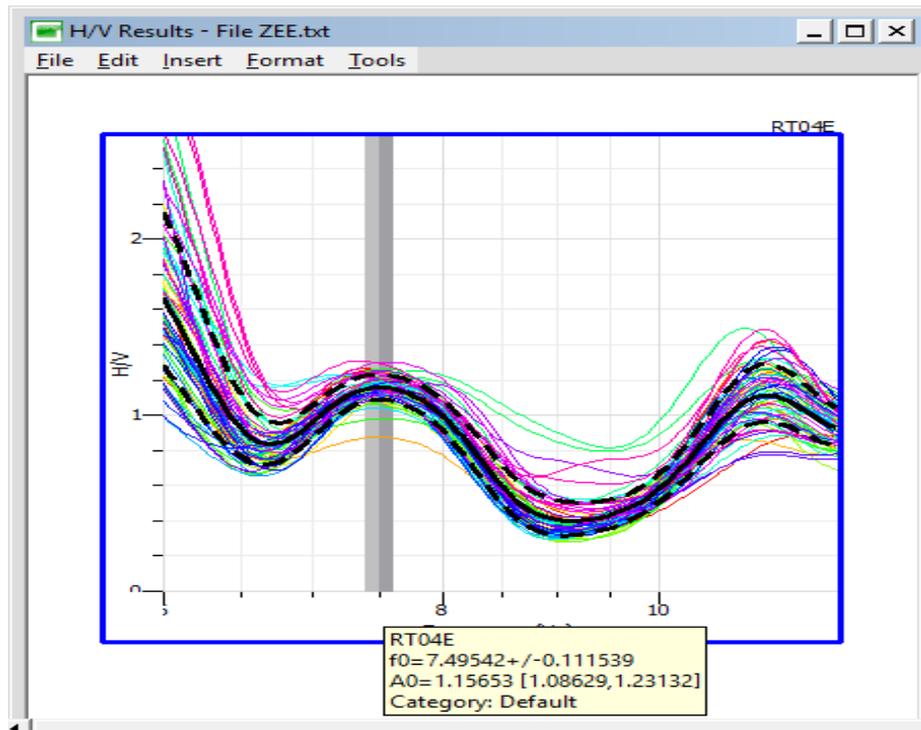


Figura 117. Frecuencia=7.495 en el Dirección Este-3nivel
Fuente: Elaboración Propia

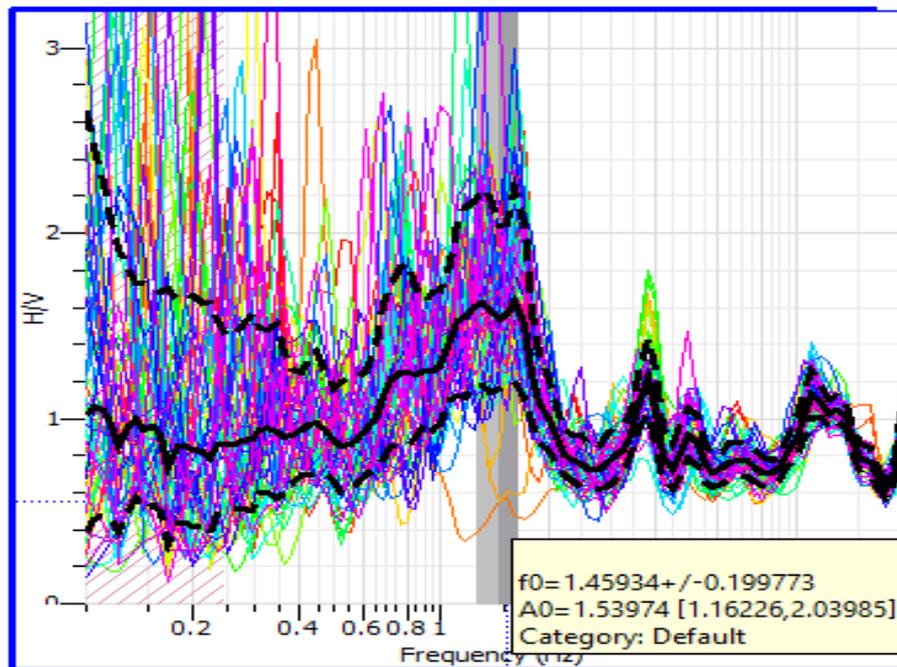


Figura 118. Frecuencia=1.459 en el Dirección Este-1 nivel
Fuente: Elaboración Propia

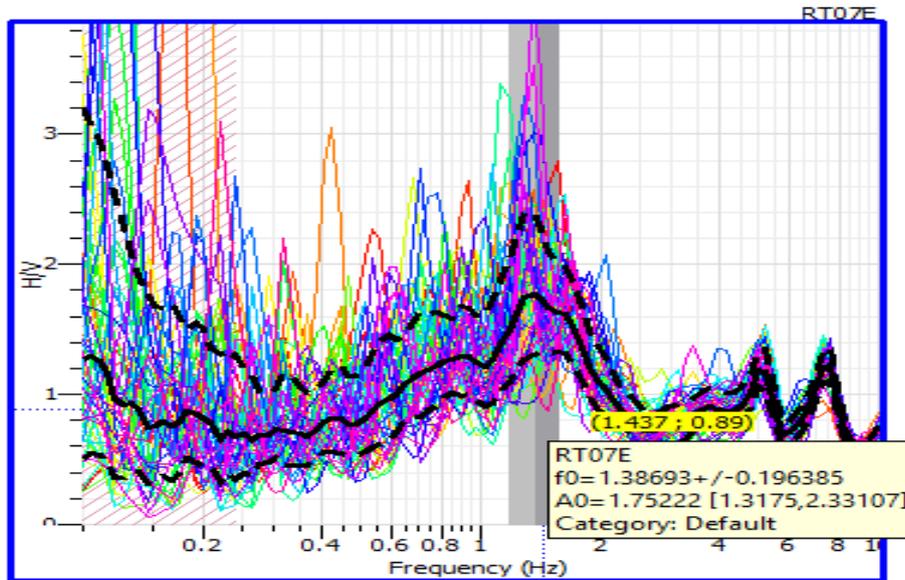


Figura 119. Frecuencia=1.386 en el Dirección Norte-1 nivel
Fuente: Elaboración Propia

Obtenido las frecuencias predominantes en cada nivel y en las direcciones Norte y Este que se encontraron procedemos a obtener el periodo fundamental en cada nivel, para luego poder conocer e interpretar los resultados del análisis con respecto a los objetivos de la investigación. Para poder hallar el periodo (T) aplicaremos la formula en donde (f) es la frecuencia.

$$T = \frac{1}{f}$$

Tabla 104. Resultados de las Frecuencias en el Ensayo Microtremors

NIVELES	FRECUENCIAS (Hz.)		PERIODO (Ts)	
	Norte	Este	Norte	Este
5	13.7723	13.7042	0.07261	0.07297
3	7.4858	7.4954	0.13359	0.13342
1	1.4593	1.3869	0.68526	0.72103

Fuente: Elaboración Propia

Debido a los resultados encontrados en la edificación mediante el ensayo de Microtremors se toma el valor de 0.72 seg. para el periodo fundamental de la estructura. Se utilizará el valor obtenido para comparar los resultados con los modelos de estudio, cabe mencionar que la comparación se realizará entre características similares a la edificación, cuenta con un peso aproximado de 916.71 toneladas y el peso de su tanque elevado contaba con un aproximado de 23% del peso de su ultimo nivel cuando se realizó el ensayo.

IV. DISCUSIÓN

Según, NIMMY, Sebastian, ABEY E., Thomas y JENCY, Kuriam. (2017). “Seismic analysis of elevated water tank in a building”. Los autores realizaron una investigación mediante dos tipos de métodos Análisis Lineal estático y Análisis Dinámico Tiempo – Historia apoyados por el programa computacional SAP 2000 en donde se desarrollaron modelos de edificaciones aporricadas variando el número de pisos entre 3, 6, 9 y 12 niveles. Cada modelo fue analizado con y sin un sistema de tanque elevado, donde se obtuvieron resultados en las aceleraciones máximas de cada nivel sin el tanque elevado de 4.28 m/seg², 5.93 m/seg², 6.74 m/seg² y 9.03 m/seg² desde los modelos con 3 pisos hasta los de 12 pisos respectivamente, llegando a obtener porcentajes de reducción desde el 52% hasta un 63%. Concluyendo que los sistemas de tanque elevado reducen las aceleraciones en cada nivel de la estructura. En comparación a los resultados de esta investigación, se utilizó el método de Análisis Dinámico Modal Espectral con el programa computacional ETABS. El estudio se hizo para 3 modelos diferentes de construcción variando en número de pisos entre 4, 6 y 8 niveles, en donde se obtuvo que las aceleraciones máximas en las edificaciones sin tanque elevado presentan valores de 1.59 m/seg² , 1.41 m/seg² y 1.18 m/seg²; llegando a obtener porcentajes de reducción desde 4% hasta un 17.50%. Por tal motivo, se coincidió con la investigación de Nimmy, Abey E. y Jency debido a que en ambas investigaciones el sistema de tanque elevado reduce las aceleraciones máximas de piso.

Según KUROIWA (2016). “Manual para la reducción del riesgo sísmico de viviendas en el Perú.”. El autor encontró que en edificaciones con masas concentradas como son los sistemas de tanques elevados o depósitos, la respuesta sísmica se incrementa cuando está siendo afectada por la fuerza sísmica. Debido a las fallas graves ocurridas en las edificaciones en donde frecuentemente son ubicadas sobre las edificaciones, varias de estas fallas presentan pesos en sus depósitos o sistemas de tanque elevados que sobrepasan el 10.50% del peso total de la estructura. Se pone en discusión los resultados obtenidos según la institución, debido a que el peso que soportara la estructura serán valores referenciados. La investigación tiene como pesos referenciados del sistema de tanque elevado su volumen de dotación y uso de la edificación en donde el rango de peso es de 26.66 ton. hasta 144.74 ton. Por tal motivo, los resultados muestran que el sistema de tanque elevado influye favorablemente en la respuesta sísmica tomando en cuenta los porcentajes de 6.30%, 6.50% y 6.67% como máximo en relación al peso total de en cada modelo observando que existe una variación de 36.50% de exceso de peso.

Según Yogesh S. (2017) “Time History Analysis of Structure having Water Tank at the Top of Building Acting as a Tuned Liquid Damper”. E autor realizó una investigación utilizando el método de Análisis Dinámico Tiempo – Historia con la herramienta computacional ETABS, en la cual presentó un modelo estructural de 6 niveles que cuentan con un sistema de tanque elevado, el cual actúa como un amortiguador de masa sintonizado empotrada a la estructura y cuenta con un peso variable considerando el estado del tanque entre vacío, medio lleno y completamente lleno, en donde se obtuvo como resultado para la estructura sin tanque elevado una fuerza cortante 1110.40 KN en la base, encontrando porcentajes de reducción del 1% hasta 2.5%. A comparación de los resultados el método utilizado en esta investigación fue el análisis dinámico modal espectral, en donde se obtuvo como resultado porcentajes de reducción del 0.04% al 0.80% para el modelo 3X3Y, para el modelo 3X5Y reducciones desde el 0.17% al 0.70% y para el modelo 3X7Y reducciones del 1.90% al 2.50%. Por tal motivo se coincidió con el autor debido a que los porcentajes de reducción obtenidos en ambas investigaciones se incrementaron conjuntamente al peso proporcional del sistema de tanque.

Según Melgar (2003). “Estudio de la distribución de fuerza sísmica en edificios de concreto armado con apéndice” Tesis para obtener el título en ingeniería civil. El autor presentó como estudio edificaciones de 4, 8 y 12 niveles con 8 casos de diferentes geometrías, con una altura en el primer piso de 3.2 m y el resto de 2.8m, en donde a cada modelo se le asignó un sistema de tanque de elevado con un peso variado y el método a utilizar fue el análisis dinámico modal espectral utilizando el sistema computacional SAP 2000. Melgar concluye que el incremento de las distorsiones de entrepiso no ocurre, como se puede observar en los diferentes casos para la estructura de 4 niveles, las distorsiones se reducen con valores desde 0.007 al 0.005, esto a medida que el peso del tanque elevado se incrementa desde el 6.11% al 17.26%, también se observó que el periodo fundamental de la estructura por otra parte se ve incrementada. Por tal motivo coincido con Melgar ya que esta investigación tiene como resultados reducciones en las distorsiones desde 1% al 4.20% a medida que el peso del tanque elevado se incrementa y conjuntamente a este resultado el periodo en las estructuras de 4 niveles se puede apreciar que existe un incremento, concluyendo en ambas investigaciones que el sistema de tanque elevado influye en la respuesta sísmica.

V. CONCLUSIONES

Se ha determinado en base a los resultados de la investigación que existen porcentajes de reducción en la respuesta sísmica, como muestra de ello los valores obtenidos en las distorsiones, aceleraciones de piso de cada modelo se ven claramente disminuidos. Por lo tanto, el reservorio elevado influye favorablemente en cada aspecto de la respuesta sísmica de la edificación.

Mediante el análisis dinámico modal espectral se pudieron obtener los resultados en las distorsiones máximas de los modelos con tanque elevado, mostrando una reducción del 1% al 4.20% en comparación a los modelos que fueron analizados sin un tanque elevado. Por lo tanto, se concluye que existe una influencia poco significativa en las distorsiones para las edificaciones con tanque elevado.

Se obtuvo un incremento del periodo progresivamente, a medida que el peso del tanque aumenta sobre cada edificación. Los porcentajes de variación del aumento del periodo fundamental van desde 2.12% a 15% en donde se pudo observar que la proporción de incremento promedio es de 0.02 seg. para cada modelo estructural. Debido a esto se concluye que existe una influencia favorable en la respuesta sísmica por parte del sistema de tanque elevado.

Las respuestas en las aceleraciones de piso de las estructuras con tanque elevado presentaron una reducción en todos sus niveles uniformemente, es por ello que se consideró los valores máximos de su respuesta, con el fin evaluar su grado de influencia más desfavorable. Al momento de analizar la comparación de resultados en los modelos con y sin sistema de tanque elevado se obtuvo porcentajes de reducción del 4% al 17.50%. Por lo tanto, se concluye que existe una influencia significativa, de esta manera se alcanza a despejar la tercera hipótesis específica.

Se ha determinado que el periodo fundamental de la muestra de ensayo experimental guarda relación con el resultado obtenido del modelo de estudio con similares características (3X3Y), debido a que se obtiene un periodo de 0.711seg. para el modelo estructural y un valor de 0.72seg. en la estructura de ensayo. Por tal motivo, se concluye que el resultado obtenido en campo se encuentra en los rangos aceptables de la investigación.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda que se utilice el método de análisis dinámico Tiempo Historia, para que en la investigación se considere los registros sísmicos y aplicados a diferentes tipos de suelos.

Se debe considerar estructuras irregulares y con diferente sistema estructural para comprobar si la influencia del sistema de tanque elevado muestra las mismas características y si posee un comportamiento efectivo en la estructura.

Se recomienda ampliar la investigación para un número de diferentes niveles en la estructura con el fin de conocer su respuesta sísmica

Investigar para diferentes tipos de sistema de tanque elevados, considerando diferente dimensionamiento a diferente altura sobre la edificación, con el fin de poder encontrar a que estado de límites el sistema de tanque elevado dejaría de considerarse un elemento no estructural debido a su masa de mayor proporción.

Se recomienda continuar con las líneas de investigación relacionadas a los sistemas no estructurales en la edificación, con el fin de poder brindar un mayor aporte a la ingeniería estructural.

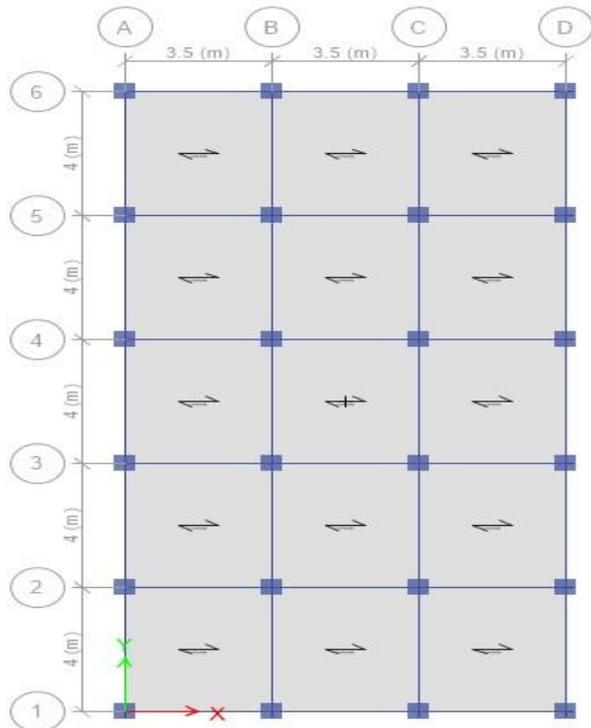
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANCONEIRA, Bach. (2017). Importancia de considerar modelos dinámicos de los tanques elevados en el análisis sísmico en edificaciones. Arequipa: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa
- BARAN et al., (2011). Construction and Performance Test of a Low-Cost Shake Table. Revista EXPERIMENTAL TECHNIQUES
- BARBAT H., Alex y CANET Miquel, Juan. (1994). Estructuras sometidas a acciones sísmicas, Cálculo por Ordenador. 2.^a Ed. Barcelona: Ediciones CIMNE.
- BORJA Suarez, Manuel. (2012). Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo
- BRITO, P. (2010). Aspectos administrativos. (Fecha de consulta: 21 de junio de 2017). Disponible en: <https://www.slideshare.net/alfat1/aspectos-administrativos-5837330>
- DOMÍNGUEZ Caicedo, Mauricio. (2014). Períodos de Vibración de las edificaciones. Revista de Arquitectura e Ingeniería. Colombia: Universidad del Valle Cali.
- EZEQUIEL , Ander. (2011). Aprender a investigar : nociones basicas para la investigación social. 1.^a Ed. Córdoba :Brujas.
ISBN: 9789875912717
- FIDIAS G., Arias. (2012). El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica. 6.^a Ed. Caracas: Editorial EPISTEME, C.A.
ISBN: 9800785299
- GARCÍA Reyes, Luis. (1998). Dinámica Estructural Aplicada al Diseño Sísmico. Bogotá.
- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA. (2010). Metodología de la Investigación. 5.^a Ed. México: McGraw-Hill/Inteamericana Editores S.A. de C.V.
ISBN: 9701057538.
- HERNÁNDEZ Landero, Hector. (2003). Análisis comparativo del comportamiento sísmico de edificios reticulares rigidizados, no rigidizados y con piso débil. Tesis Licenciatura. Ingeniería Civil. Mexico: Universidad de las Américas Puebla.
- HERNÁNDEZ Barrios, Hugo. (2006). Análisis sísmico de tanques rectangulares elevados. Puerto Vallarta: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- HOUSNER G. W. (1957). "Dynamic Pressures on Accelerated fluid containers", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 47, 15-35 pp.

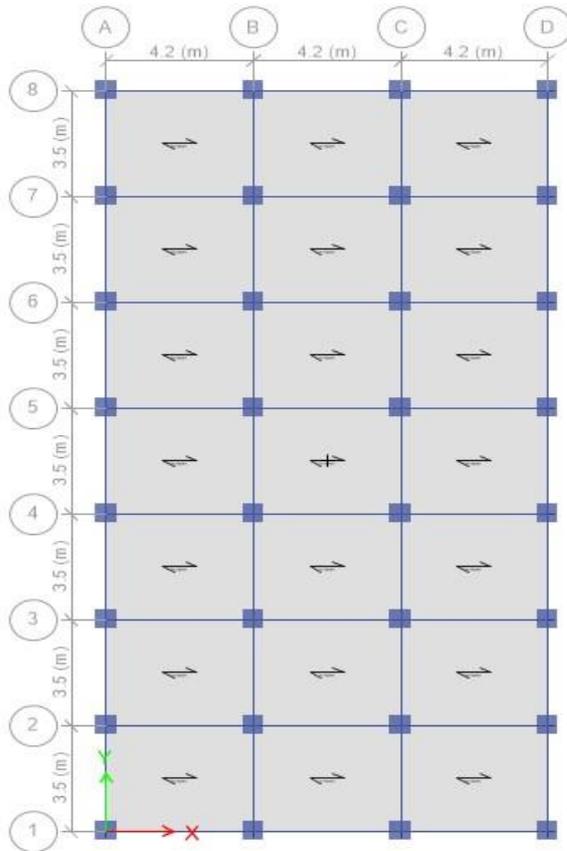
- KUROIWA, Julio. (2016). Manual para la Reducción del Riesgo Sísmico de Viviendas en el Perú. Lima: Dirección Nacional de Construcción.
- KUROIWA, Julio. (2012). Gestión de Riesgos de Desastres En la Región. Presentación Power Point. Seminario de promoción de la normatividad para el diseño y construcción de edificaciones seguras. Ica: Dirección Nacional de Construcción.
- MELGAR Gutiérrez, Wermer. (2003). Estudio de la distribución de fuerza sísmica en edificios de concreto armado con apéndice. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- MENDES de Freitas, Pedro. (2012). Anàlise dinàmica de uma estrutura. Estudio numérico e experimental. Lisboa
- MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. (2011). Normalización de infraestructura urbana y propuesta de estándares. Lima: Dirección Nacional de Urbanismo
- MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. (2006). Norma Técnica E.020: Cargas. Lima: Dirección Nacional de Construcción, 204 pp.
- NIMMY, Sebastian, ABEY E., Thomas y JENCY, Kuriam. (2017). Seismic analysis of elevated water tank in a building. Revista Internacional de Investigación de Ingeniería y Tecnología (IRJET). 1629-1632 pp.
ISSN: 2395-0056
- ONOFRE Ledesma, Eduardo. (2014). Procedimientos Constructivo de Tanques Rectos en la Planta de Aguas Residuales Atotonilco. México: Universidad Nacional Autónoma de México
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. (2004). Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud. Washington, D.C. : OPS, ©1999, 2004. ISBN 9275323046
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Terremoto de Pisco, Perú – A dos años del sismo, crónica y lecciones aprendidas en el sector salud. Washington, D.C.: PAHO, 2010.
ISBN: 9789275331248
- PORTILLO Orellana, Elman. (2009). Análisis y Diseño para estructuras de hormigó armado en tanques elevados. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala .

- RAI, Durgesh. (2003). Performance of elevated tanks in Mw 7.7 Bhuj earthquake of January 26th, 2001. India: Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology.
- RUPESH, Kumar y FAHIME, Hoseinzadeh. (2015). A study on effect of water tanks modeled as tuned mass dampers on dynamic properties of structures. *Revista Internacional de Investigación de Ingeniería y Tecnología(IRJET)*. 484-499 pp.
ISSN: 2319-1163
- SANDHYA, Rani, SRINIVAS, Reddy y KOTI, Reddy. (2015). Time history analysis of building structures with water tank as passive tuned mass damper. *Revista Internacional de Investigación de Ingeniería y Tecnología(IRJET)*
SSN: 2319-1163
- STEIB Pinto, Francisco. (2011). Aceleración de Pisos en Edificios de Hormigón Armado estructurados en base a muros sometidos a excitaciones sísmicas. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- TARQUE, Nicola, LOAIZA, Cesar. (2003). Análisis Sísmico de Edificios - *Adaptación de Dynamics of Structures: Theory and Applications Anil K. Chopra*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- URIBE Sasiain, Nicolás. (2012). Tesis de Investigación. Reproducción Numérica y Experimental del Proceso de Lanzamiento de un Puente Metálico por Empujes Sucesivos. Barcelona.
- YOGESH S. Shejul. (2015). Time History Analysis of Structure having Water Tank at the Top of Building Acting as a Tuned Liquid Damper. *Revista Internacional de Investigación de Ingeniería y Tecnología (IRJET)*.484-499 pp.
ISSN: 2319 – 1163

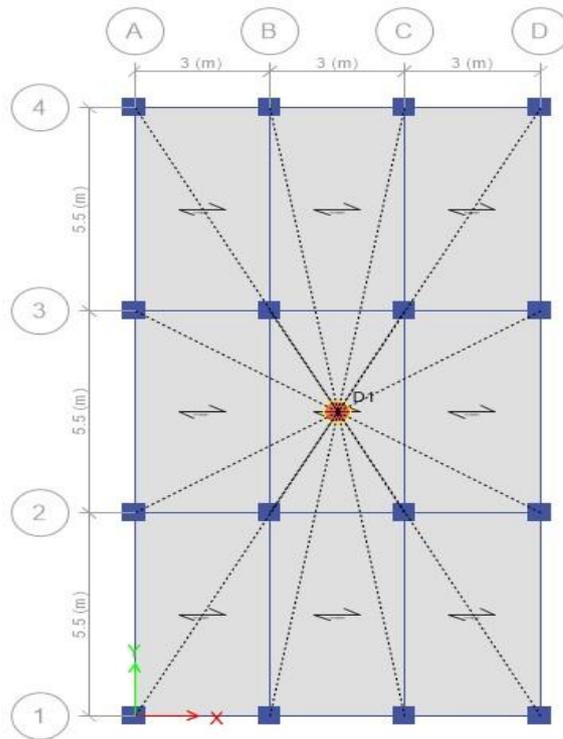
VIII. ANEXOS



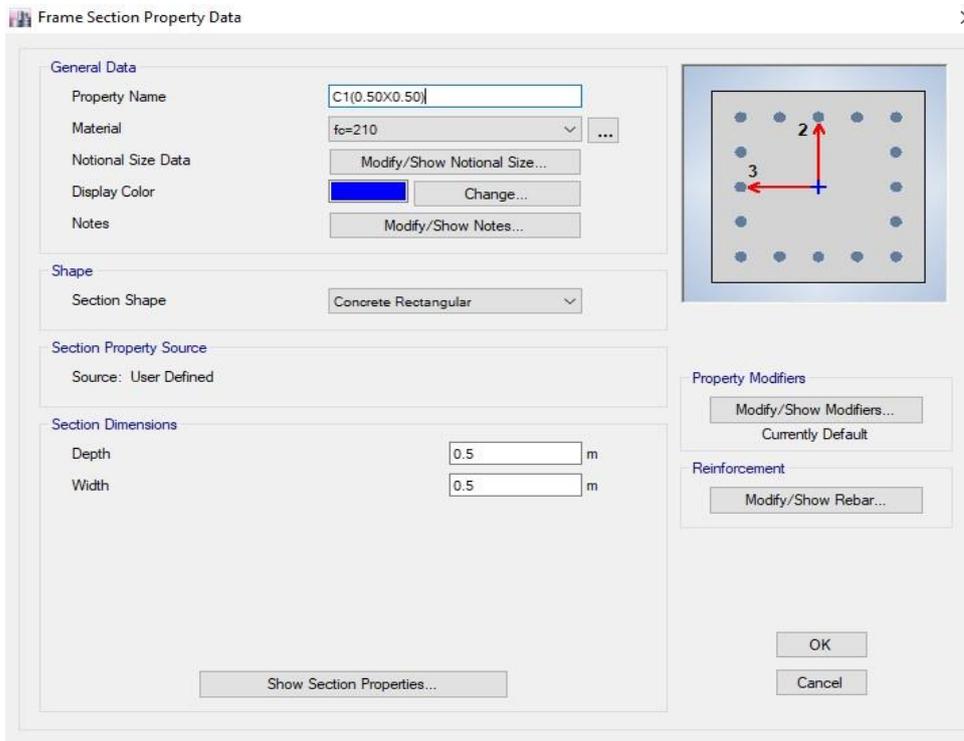
A-1. Modelo 3X5Y en planta
 Fuente: Software Computacional ETABS



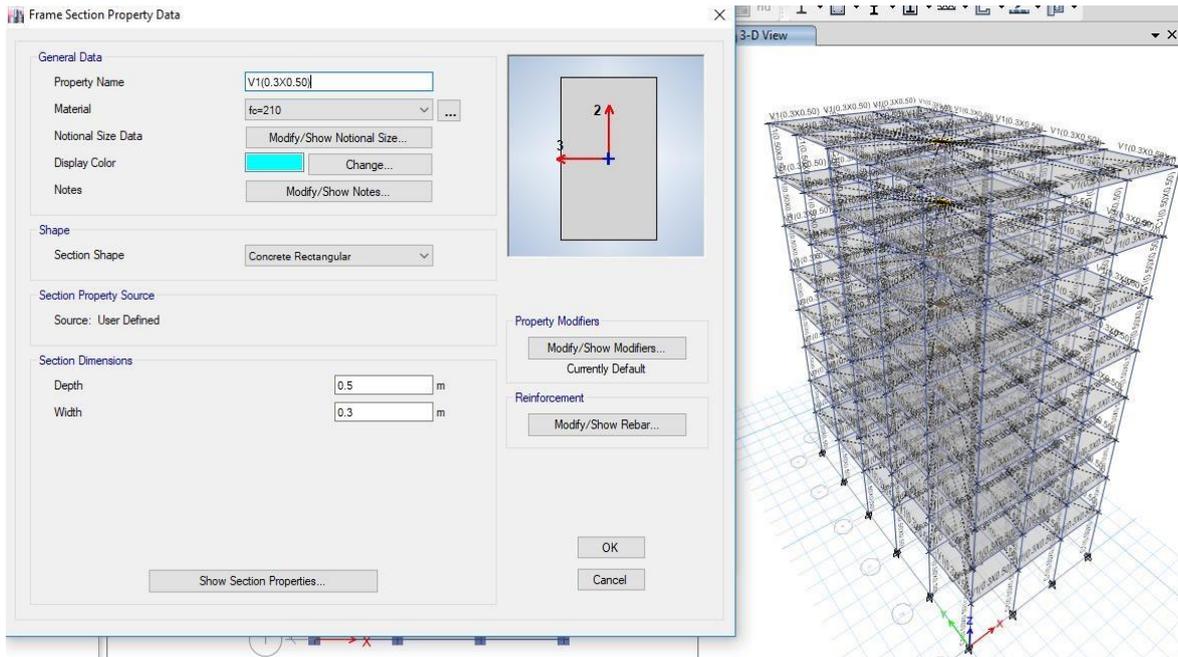
A-2. Modelo 3X7Y en planta
 Fuente: Software Computacional ETABS



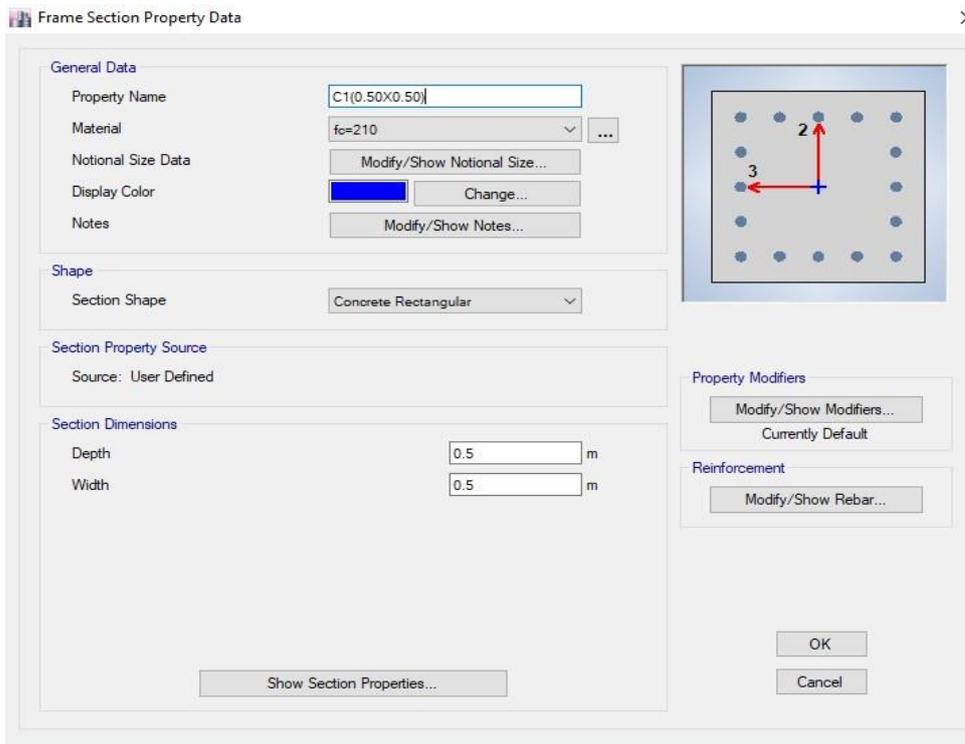
A-3. Modelo 3X3X en planta
Fuente: Software Computacional ETABS



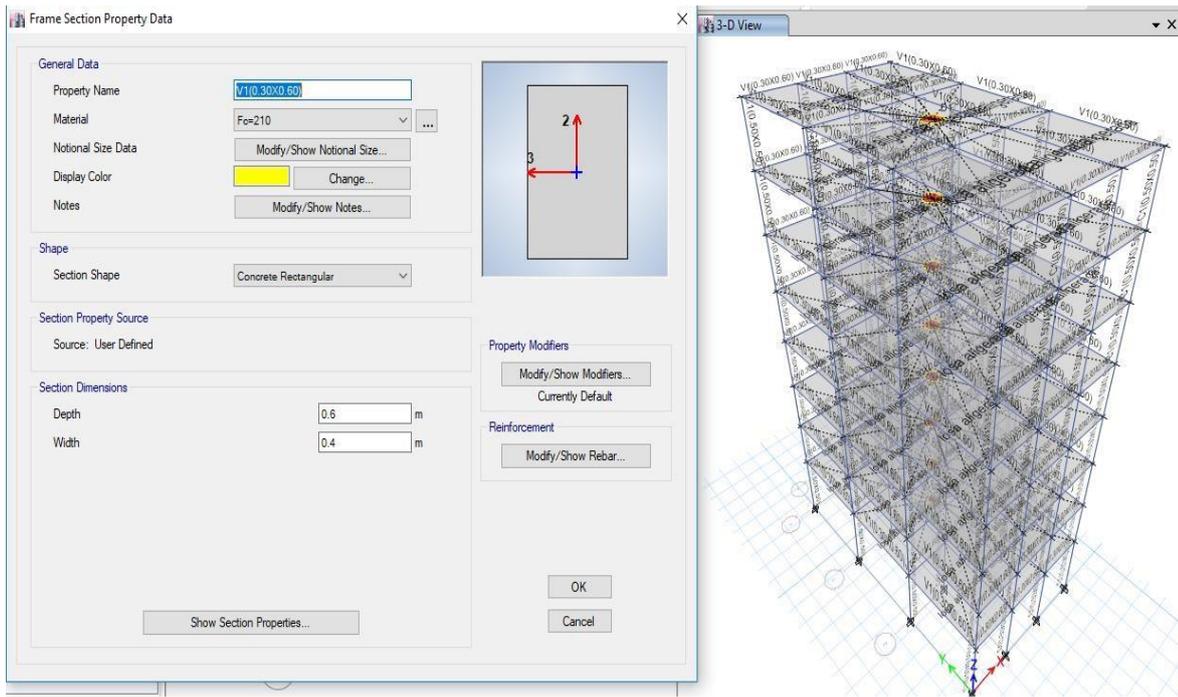
A-4. Dimensión de la Columna en el modelo 3X5Y
Fuente: Software Computacional ETABS



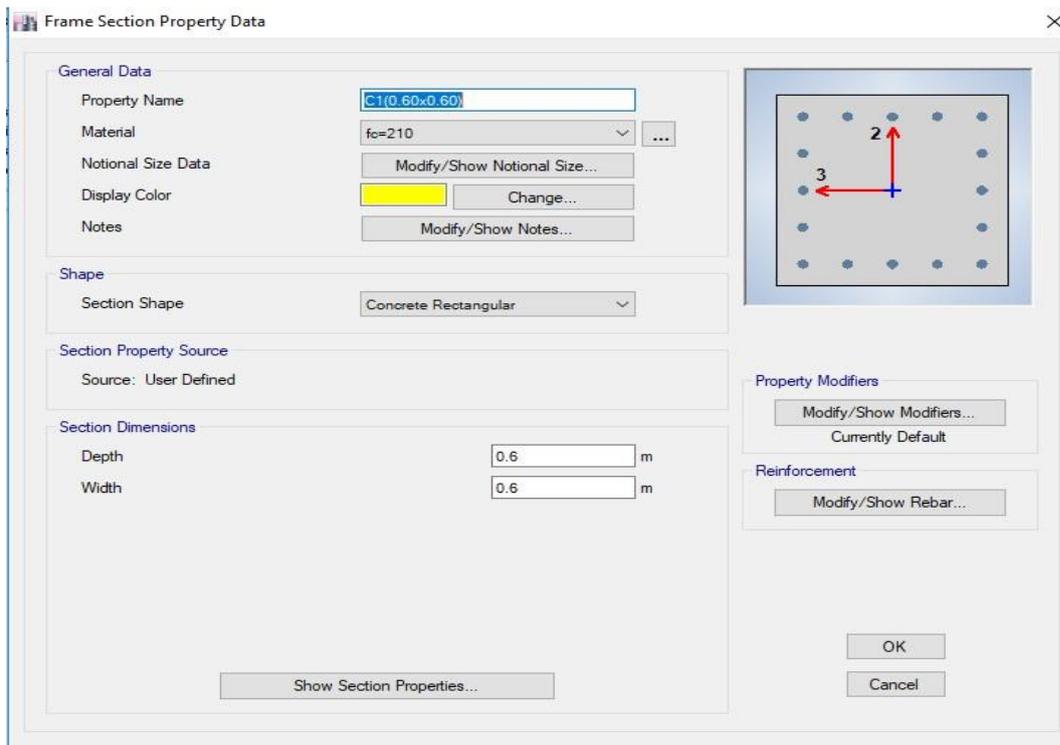
A-5. Dimensión de la Viga en el modelo 3X5Y
Fuente: Software Computacional ETABS



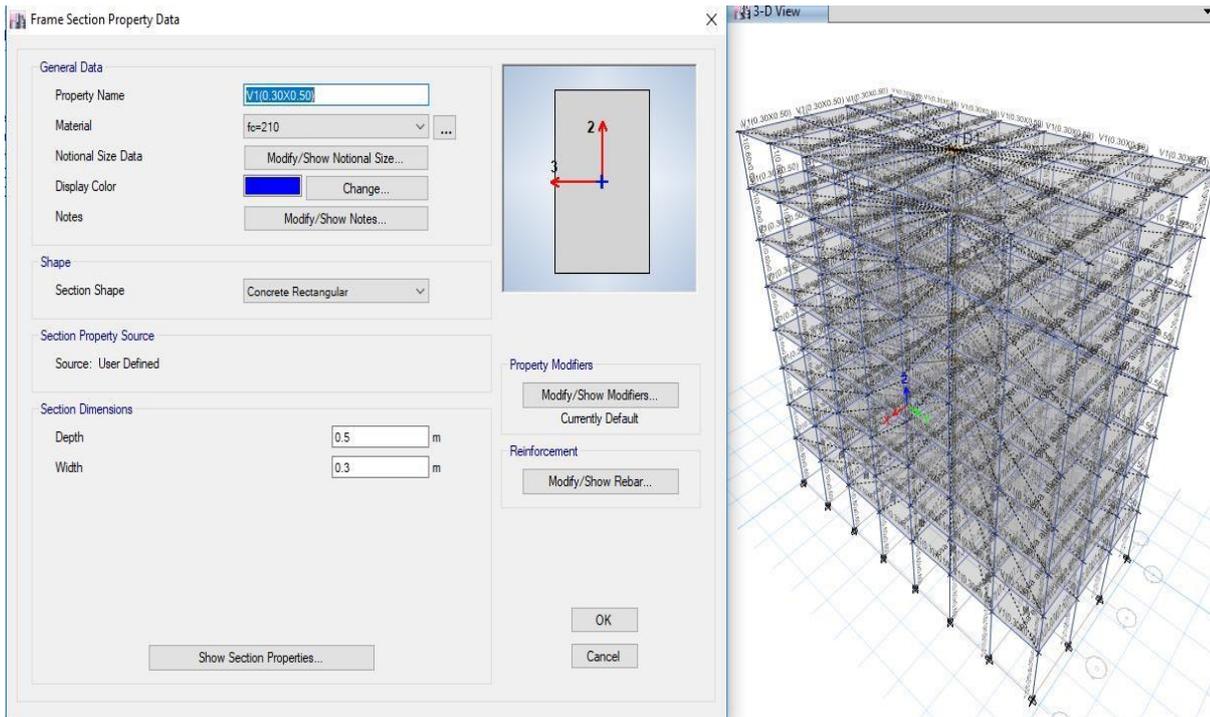
A-6. Dimensión de la Columna en el modelo 3X3Y
Fuente: Software Computacional ETABS



A-7. Dimensión de la Viga en el modelo 3X3Y
Fuente: Software Computacional ETABS



A-8. Dimensión de la Columna en el modelo 3X7Y
Fuente: Software Computacional ETABS



A-9. Dimensión de la Viga en el modelo 3X7Y
Fuente: Software Computacional ETABS

COLUMNAS		
P(PD + PL)	= 1000.00 Kg/m ²	Peso por nivel
N	= 8	
At	= 16.5 m ²	
F'c	= 210.00 Kg/cm ²	
Ubicac.	= Columnas Centradas	
P. Servicio	= 132000	
Coef. Tipo de columna	= 0.45	
A	= 1396.825397	
L	= 37.37412737	

A-10. Pre-dimensionamiento de la columnas en el modelo 3X3Y
Fuente: Elaboración Propia

COLUMNAS			
P(PD + PL)	=	1000.00 Kg/m ²	Peso por nivel
N	=	8	
At	=	12 m ²	
F'c	=	210.00 Kg/cm ²	
Ubicac.	=	Columnas Centradas	
P. Servicio	=	96000	
Coef. Tipo de columna	=	0.45	
A	=	1015.873016	
L	=	31.87276292	

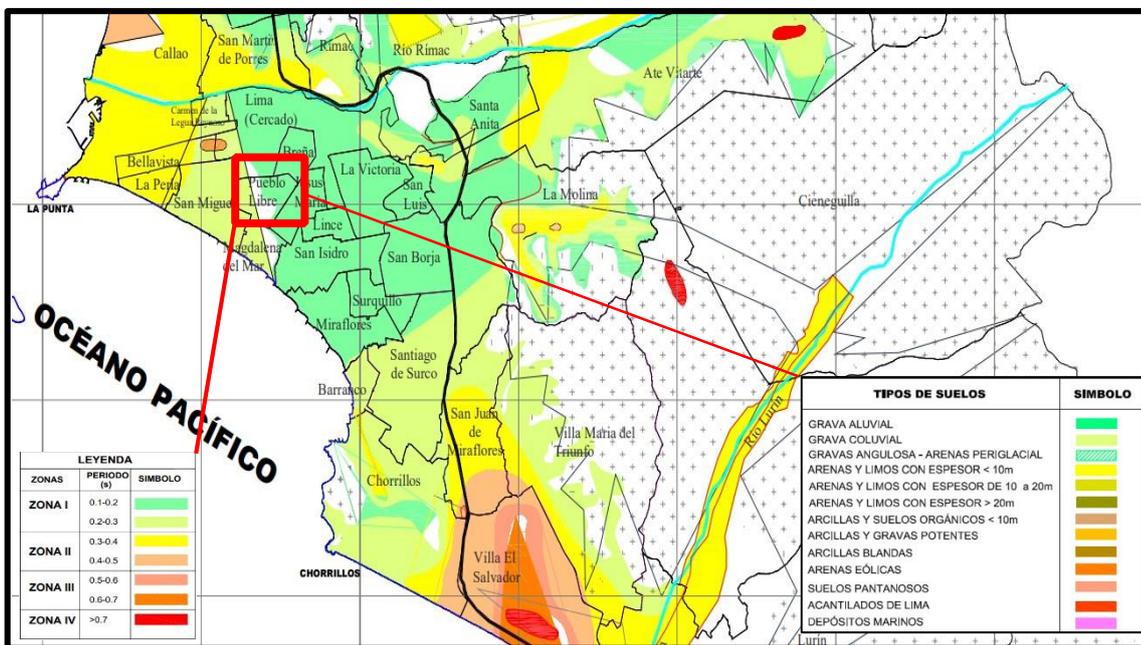
A-11. Pre-dimensionamiento de la columnas en el modelo 3X5Y
Fuente: Elaboración Propia

COLUMNAS			
P(PD + PL)	=	1000.00 Kg/m ²	Peso por nivel
N	=	6	
At	=	12 m ²	
F'c	=	210.00 Kg/cm ²	
Ubicac.	=	Columnas Centradas	
P. Servicio	=	117600	
Coef. Tipo de columna	=	0.45	
A	=	1244.444444	
L	=	35.27668415	

A-12. Pre-dimensionamiento de la columnas en el modelo 3X5Y
Fuente: Elaboración Propia



A-13. Evaluación del punto N°01 mediante el ensayo de microtremos
Fuente: Elaboración Propia



A-14. Zonificación y Tipo de suelo para lo Distritos de Lima – Pueblo libre
Fuente: Investigación de Mecanica de Suelos en Lima (CISMID),2003.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
La Escuela de Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

RIVERA ASO, César Beddini

INFORME TITULADO:

*INFLUENCIA DEL TRAZADO ELEVADO EN LA RESPUESTA SÍSMICA
DE EDIFICIOS APOYADOS DE CONCRETO ARMADO, PUEBLO LIBRE,
LIMA - 2018*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Civil

SUSTENTADO EN FECHA:

15/12/2018

NOTA O MENCIÓN :

14 (CATORCE)


[Signature]
Firma del Coordinador de Investigación de
Ingeniería Civil

Yo ,LUIS GABRIEL QUIROZ TORRES Docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, sede Lima Norte), revisor(a) de la tesis titulada:

" INFLUENCIA DEL TANQUE ELEVADO EN LA RESPUESTA SÍSMICA DE EDIFICACIONES APORTICAS DE CONCRETO ARMADO, PUEBLO LIBRE, LIMA - 2018"

del(de la) estudiante CESAR BLADIMIR RIVERA ASTO

constato que la investigación tiene un índice de similitud de 21(veintiuno)% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha..... 13/07/19



.....
Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:

LUIS GABRIEL QUIROZ TORRES

DNI: 10766248

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo CESAR BLADIMIR RIVERA ASTO, identificado con DNI N°71662101, Egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (X), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

**“INFLUENCIA DEL TANQUE ELEVADO EN LA RESPUESTA SÍSMICA DE EDIFICACIONES
APORTICADAS DE CONCRETO ARMADO, PUEBLO LIBRE, LIMA – 2018”**

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



FIRMA

DNI: 71662101

FECHA: 15 de Diciembre del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

Resumen de coincidencias

21 %

Ver fuentes en inglés (Beta)

Se están viendo fuentes estándar

coincidencias

1	Entregado a Universidad... Trabajo del estudiante	3 %
2	repositorio.uov.edu.pe Fuente de internet	3 %
3	cybertesis.unp.edu.pe Fuente de internet	2 %
4	Entregado a Universidad... Trabajo del estudiante	2 %
5	Entregado a Universidad... Trabajo del estudiante	1 %
6	documents.mx Fuente de internet	1 %
7	www.slideshare.net Fuente de internet	1 %
8	Entregado a Madan Mo... Trabajo del estudiante	1 %



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Influencia del tanque elevado en la respuesta sísmica de edificaciones aporricadas de concreto armado, Pueblo Libre, Lima - 2018"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL

AUTOR:

CÉSAR BLADIMIR RIVERA ASTO

ASESOR:

ING. LUIS G. QUIROZ TORRES, PH.D.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
DISEÑO SISMICO Y ESTRUCTURAL

