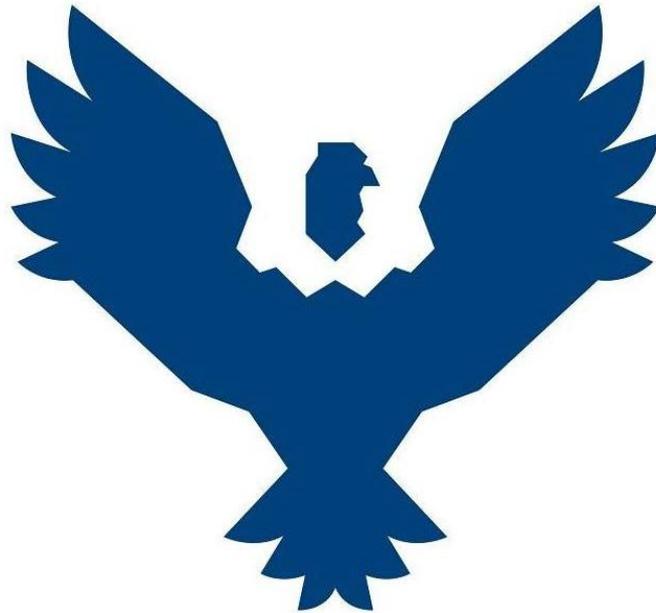




UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESPUESTA SÍSMICA Y ESTRUCTURAL DEL
RESERVORIO DE CHINCHERO SEGÚN LA NORMA ACI 350 CON RESPECTO A LA
NORMA PERUANA E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE - CUSCO 2020

Presentado por: Bach. Kevin Jordy García Rivas

Para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor: Ing. Heiner Soto Florez

CUSCO - PERÚ

2022



Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi asesor de mi tesis de investigación, Ingeniero Heiner Soto Florez, que me direccionó con gran paciencia y voluntad en las reuniones acordadas para la elaboración de esta tesis. Quiero agradecer también a mis dictaminantes de mi tesis de investigación al Doctor Eliot Pezo Zegarra y al Doctor Elvis Yuri Mamani Vargas por su tiempo, voluntad y colaboración en la metodología y mejora de mi investigación.

Quiero agradecer también al Ingeniero Dither Vargas Gutiérrez, por el apoyo brindado en el proceso tanto estructural como metodológico de esta presente investigación.

Quiero agradecer también a la municipalidad distrital de Chinchero, provincia de Urubamba y departamento de Cusco, por la facilitación de los planos y demás documentos que hicieron posible la presente investigación.

Por último quiero agradecer a mi alma mater, la Universidad Andina del Cusco y a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por sus enseñanzas y conocimientos impartidas en las aulas, quienes contribuyeron en mi formación académica.

Atte.

Kevin Jordy Garcia Rivas



Dedicatoria

En primer lugar a Dios todopoderoso, por haberme permitido llegar a este punto importante de mi vida, por bendecirme siempre, por brindarme salud y fuerza de voluntad en cada momento para así poder acabar satisfactoriamente esta hermosa etapa de mi vida académica.

A mis padres, Julio Cesar y Gladys que me dieron la vida y por confiar siempre en mí en cualquier circunstancia de la vida que se me presentaba. Muchas gracias por educarme y darme un buen futuro.

A mi asesor Ingeniero Heiner Soto Florez por el apoyo y la amistad sincera desde el pregrado que fue imprescindible e importante para el desarrollo de mi tesis de investigación.

A mis dictaminantes que brindaron de sus conocimientos para la realización de mi tema de investigación; a todos aquellos familiares y amigos.

Atte.

Kevin Jordy García Rivas



Índice general

Agradecimientos.....	ii
Dedicatoria	iii
Índice general	iv
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras	xii
Resumen	xviii
Abstract	xx
Introducción	xxii

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema.....	1
1.1.1. Descripción del problema.....	1
1.1.2. Formulación de problemas	4
1.2. Justificación de la investigación.....	5
1.2.1. Justificación técnica.....	5
1.2.2. Justificación social.....	5
1.2.3. Justificación por viabilidad.....	6
1.2.4. Justificación por relevancia	6
1.3. Limitaciones de la investigación	6
1.4. Objetivos de la investigación.....	7
1.4.1. Objetivo general	7
1.4.2. Objetivos específicos.....	7
1.5. Delimitación del estudio.....	8
1.5.1. Delimitación espacial	8
1.5.2. Delimitación temporal	8

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.....	9
2.1.1. Antecedentes a nivel internacional	9
2.1.2. Antecedentes a nivel nacional	11
2.1.3. Antecedentes a nivel local	12
2.2. Bases teóricas	13
2.2.1. Los sismos	13
2.2.2. Sismicidad	14



2.2.3. Ondas sísmicas:	14
2.2.4. Tipos de sismos	15
2.2.5. Zonas sísmicas en el mundo	16
2.2.6. Zonas sísmicas en el Perú.....	18
2.2.7. Zonas sísmicas en el Cusco	19
2.2.8. Definición de reservorio o tanque de almacenamiento	22
2.2.9. Filosofía del análisis y diseño.....	29
2.2.10. Normas técnicas para el análisis de reservorios apoyados	31
2.2.11. Norma técnica peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”	31
2.2.12. Diseño Sísmico De Estructuras Contenedoras de Líquidos (Norma ACI 350.3-06) ...	41
2.2.13. Hidrodinámica	49
2.2.14. Método de Housner	51
2.2.15. Espectro de diseño.....	54
2.2.16. Momento flector	54
2.2.17. Fuerza cortante	55
2.2.18. Fuerzas axiales.....	56
2.2.19. Frecuencia y periodo	56
2.2.20. Tipos de excitación dinámica	56
2.2.21. Elementos finitos	58
2.3. Marco conceptual	64
2.4. Hipótesis.....	65
2.4.1. Hipótesis general	65
2.4.2. Hipótesis específicas	65
2.5. Variables e indicadores.....	66
2.5.1. Identificación de variables.....	66
2.5.2. Cuadro de operacionalización de variables	68
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	
3.1. Alcance de la investigación	69
3.2. Tipo o enfoque de la investigación.....	69
3.3. Método de la investigación.....	69
3.4. Diseño de la investigación.....	69
3.4.1. Diseño metodológico.....	69
3.4.2. Diseño de ingeniería	70
3.5. Población	71



3.5.1. Descripción de la población	71
3.5.2. Cuantificación de la población	71
3.6. Muestra	71
3.6.1. Descripción de la muestra	71
3.6.2. Cuantificación de la muestra	71
3.6.3. Método de muestreo	72
3.6.4. Criterios de evaluación de muestra.....	72
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	73
3.7.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos.....	73
3.7.2. Instrumentos de ingeniería	82
3.8. Validez y confiabilidad de los instrumentos	83
3.8.1. Ensayo de esclerometría	83
3.9. Plan de análisis de datos	86
3.9.1. Datos para la elaboración del espectro de respuesta según la norma técnica peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” del año 2018.....	86
3.9.2. Datos para la elaboración del espectro de respuesta según la norma ACI 350 para la masa impulsiva	87
3.9.3. Datos para la elaboración del espectro de respuesta según la norma ACI 350 para la masa convectiva.....	88
3.9.4. Hoja de cálculo de ingreso de datos	89
3.9.5. Comparación de los parámetros normativos	90
3.9.6. Identificación de los parámetros normativos.....	97
3.9.7. Modelamiento estructural.....	99
3.10. Procedimiento de análisis de datos.....	106
3.10.1. Análisis sísmico estático.....	106
3.10.2. Análisis dinámico modal espectral	124

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Presentación de los resultados	178
4.1.1. Comparación de las fuerzas axiales en los ejes X locales para la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”	178
4.1.2. Comparación de las fuerzas cortantes para la masa convectiva e impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”	179



4.1.3.	Comparación de los momentos flectores para la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”	181
4.1.4.	Comparación de los desplazamientos para la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”	182
4.1.5.	Comparación de los periodos de vibración para masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana “Diseño Sismorresistente”	184
4.2.	Resultados del ensayo de esclerometría	185
4.3.	Estudio de Mecánica de Suelos	187
4.3.1.	Tipo de muestra	188
4.3.2.	Nivel de la napa freática	189

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1.	Contraste de resultados con referentes del marco teórico	197
5.2.	Interpretación de los resultados encontrados en la investigación	203
5.3.	Comentario de la demostración de la hipótesis	205
5.4.	Aporte de la investigación	206
	Conclusiones	213
	Recomendaciones	216
	Referencias	217
	Anexos	220



Índice de tablas

Tabla 1 <i>Coordenadas del reservorio de Chinchero</i>	4
Tabla 2 <i>Factores de zona</i>	33
Tabla 3 <i>Factor de suelo</i>	34
Tabla 4 <i>Periodos "TP" y "TL"</i>	35
Tabla 5 <i>Categoría de edificaciones</i>	36
Tabla 6 <i>Sistemas estructurales</i>	37
Tabla 7 <i>Límites para desplazamiento lateral de entrepiso</i>	40
Tabla 8 <i>Factor de zona sísmica Z</i>	44
Tabla 9 <i>Coeficiente de perfil de suelo S</i>	45
Tabla 10 <i>Factor de importancia I</i>	45
Tabla 11 <i>Factor de modificación de la respuesta R_w</i>	46
Tabla 12 <i>Operacionalización de variables</i>	68
Tabla 13 <i>Comparación de la zonificación sísmica</i>	91
Tabla 14 <i>Comparación de perfiles de suelo de ambas normas</i>	92
Tabla 15 <i>Comparaciones de los factores de Uso</i>	93
Tabla 16 <i>Comparación de los sistemas estructurales</i>	95
Tabla 17 <i>Parámetros obtenidos según la NTP E.030 "Diseño Sismorresistente"</i>	99
Tabla 18 <i>Parámetros obtenidos según la norma ACI 350.3-06</i>	99
Tabla 19 <i>Parámetros obtenidos según la norma ACI 350.3-06 para la masa impulsiva</i>	125
Tabla 20 <i>Valores de la aceleración espectral - Masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06</i>	126
Tabla 21 <i>Parámetros obtenidos según la norma ACI 350.3-06 para la masa convectiva</i>	129
Tabla 22 <i>Valores de aceleración espectral - Masa convectiva según la norma ACI 350.3-06</i>	130
Tabla 23 <i>Parámetros obtenidos de la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"</i>	133
Tabla 24 <i>Valores de aceleración espectral según la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"</i>	134
Tabla 25 <i>Comparación de valores de aceleración espectral según la norma ACI 350.3-06</i>	137
Tabla 26 <i>Comparación de los valores de aceleración espectral según la norma ACI350.3-06 y la norma peruana E. 030 "Diseño Sismorresistente"</i>	139
Tabla 27 <i>Factores de carga según la noma ACI 350.3-06</i>	141
Tabla 28 <i>Esfuerzos Permisibles y Factor de Durabilidad S_d</i>	141



Tabla 29 <i>Combinaciones de carga según el EMA-NORMAL en estructuras para Condiciones Medio Ambientales para diseño flexión y tensión</i>	142
Tabla 30 <i>Combinaciones de carga según el EMA-NORMAL en estructuras para Condiciones Medio Ambientales para diseño por corte</i>	142
Tabla 31 <i>Fuerzas axiales para la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06</i>	147
Tabla 32 <i>Fuerzas axiales para la masa convectiva según la norma ACI 350.3-06</i>	148
Tabla 33 <i>Fuerzas axiales para la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”</i>	149
Tabla 34 <i>Fuerzas axiales para la masa convectiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”</i>	150
Tabla 35 <i>Comparación de las fuerzas axiales de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06</i>	151
Tabla 36 <i>Comparación de las fuerzas axiales de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”</i>	152
Tabla 37 <i>Comparación de las fuerzas axiales de la masa convectiva y masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” y la norma ACI 350.3-06</i>	153
Tabla 38 <i>Fuerzas cortantes de la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06</i>	154
Tabla 39 <i>Fuerzas cortantes de la masa convectiva según la norma ACI 350.3-06</i>	155
Tabla 40 <i>Fuerzas cortantes de la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”</i>	156
Tabla 41 <i>Fuerzas cortantes de la masa convectiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”</i>	157
Tabla 42 <i>Comparación de las fuerzas cortantes de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06</i>	158
Tabla 43 <i>Comparación de las fuerzas cortantes de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”</i>	159
Tabla 44 <i>Comparación de las fuerzas cortantes de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”</i>	160
Tabla 45 <i>Momentos flectores de la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06</i>	161
Tabla 46 <i>Momentos flectores de la masa convectiva según la norma ACI 350.3-06</i>	162
Tabla 47 <i>Momentos flectores de masa impulsiva según NTP E.030 “Diseño Sismorresistente”</i>	163
Tabla 48 <i>Momentos flectores de la masa convectiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”</i>	164



Tabla 49 Comparación de los momentos flectores de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06	165
Tabla 50 Comparación de los momentos flectores de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”	166
Tabla 51 Comparación de los momentos flectores de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”	167
Tabla 52 Desplazamientos de la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06	168
Tabla 53 Desplazamientos de la masa convectiva según la norma ACI 350.3-06	169
Tabla 54 Desplazamientos de la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”	170
Tabla 55 Desplazamientos de la masa convectiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”	171
Tabla 56 Comparación de los desplazamientos de la masa convectiva e impulsiva según la norma ACI 350.3-06	172
Tabla 57 Comparación de los desplazamientos de la masa convectiva e impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”	173
Tabla 58 Comparación de los desplazamientos de la masa convectiva e impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”	174
Tabla 59 Valores de periodo de vibración de la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y porcentajes de participación de las masas	175
Tabla 60 Valores de periodo de vibración de masa convectiva según la norma ACI 350.3-06 y porcentajes de participación de las masas	176
Tabla 61 Valores del periodo de vibración de la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” y porcentajes de participación de las masas	176
Tabla 62 Valores del periodo de vibración de la masa convectiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” y porcentajes de participación de las masas	177
Tabla 63 Comparación de los valores del periodo de vibración para la masa impulsiva y convectiva según la norma ACI 350.3-06 y la NTP E.030 “Diseño Sismorresistente”	177
Tabla 64 Comparación de las fuerzas axiales para la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”	178
Tabla 65 Comparación de las fuerzas cortantes para la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”	180
Tabla 66 Comparación de los momentos flectores para la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”	181



Tabla 67 <i>Comparación de los desplazamientos máximos para la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”</i>	183
Tabla 68 <i>Comparación de los periodos de vibración para la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”</i>	184
Tabla 69 <i>Resultados del ensayo de esclerometría</i>	186
Tabla 70 <i>Tipos y características de las muestras</i>	189
Tabla 71 <i>Diagrama de flujo para la clasificación de suelos</i>	191
Tabla 72 <i>Capacidad de carga</i>	191
Tabla 73 <i>Módulo de reacción del sueño o módulo de Winkler o coeficiente de Balasto</i>	192
Tabla 74 <i>Interpolación para obtener el módulo de Winkler o coeficiente de Balasto</i>	192
Tabla 75 <i>Comparación de los desplazamientos de la masa convectiva e impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”</i>	197



Índice de figuras

Figura 1 <i>Reservorio antiguo de Chinchero</i>	3
Figura 2 <i>Reservorio de Nuevo Triunfo - Chinchero</i>	3
Figura 3 <i>Imagen satelital de ubicación</i>	4
Figura 4 <i>Tipos de falla</i>	13
Figura 5 <i>Definiciones geométricas de un sismo</i>	14
Figura 6 <i>Tipos de ondas</i>	15
Figura 7 <i>Principales zonas sísmicas del mundo</i>	17
Figura 8 <i>Cinturón de Fuego del Pacífico</i>	17
Figura 9 <i>Mapa de intensidades sísmicas a nivel nacional</i>	18
Figura 10 <i>Mapa de sismicidad de la región del Cusco ocurrido desde el año 1960 a 2014</i> ...	19
Figura 11 <i>Imágenes del terremoto ocurrido en el año 1950 del templo de Santo Domingo y centro de la ciudad del Cusco</i>	21
Figura 12 <i>Mapa de localización epicentral e intensidades del sismo de 1986</i>	22
Figura 13 <i>Tipos de reservorios</i>	24
Figura 14 <i>Tanque cilíndrico</i>	24
Figura 15 <i>Tanque rectangular de concreto</i>	25
Figura 16 <i>Tanque cilíndrico superficial abierto</i>	26
Figura 17 <i>Tanque cilíndrico superficial cerrado</i>	26
Figura 18 <i>Planos de un reservorio apoyado referencial</i>	27
Figura 19 <i>Zonas sísmicas</i>	32
Figura 20 <i>Distribución de presión hidrodinámica en las paredes del estanque</i>	47
Figura 21 <i>Distribución de fuerzas verticales en estanques rectangulares</i>	48
Figura 22 <i>Analogía de las masas virtuales adheridas en un depósito superficial</i>	50
Figura 23 <i>Tanque con la superficie del agua oscilando</i>	52
Figura 24 <i>Fuerzas dinámicas producidas por el agua</i>	53
Figura 25 <i>Curvaturas correspondientes al signo del momento flexionante</i>	54
Figura 26 <i>Equilibrio de las partes de una viga a la izquierda y a la derecha de una sección</i>	55
Figura 27 <i>Tipos de excitación dinámica</i>	57
Figura 28 <i>Aplicaciones del MEF de acuerdo con el tipo de ingeniería</i>	58
Figura 29 <i>Representación de un medio continuo sometido a un sistema de fuerzas externas</i>	59
Figura 30 <i>Discretización de un reservorio rectangular apoyado con SAP2000</i>	59
Figura 31 <i>Elemento unidimensional</i>	60



Figura 32 Placa cuadrada laminada simplemente apoyada	60
Figura 33 Discretización del elemento shell	61
Figura 34 Tipos de elemento 2D	61
Figura 35 Tipos de elemento 2D optado	62
Figura 36 Integración en una superficie rectangular	63
Figura 37 Sistema de coordenadas locales de elemento de tipo área usando direcciones de coordenadas	63
Figura 38 Elemento viga en 3D	64
Figura 39 Diseño de ingeniería	70
Figura 40 Indicador de resistencia a compresión kg/cm^2 en un determinado ángulo	83
Figura 41 Exploración de campo	85
Figura 42 Exploración en campo - Muro reservorio anterior	85
Figura 43 Mapa de zonas sísmicas de América del Sur	91
Figura 44 Modelamiento del reservorio rectangular de Chinchero	94
Figura 45 Distribución de isoaceleraciones para el 10% de excedencia en 50 años.	97
Figura 46 Definición y propiedades de los materiales según la norma E.030 “Diseño Sismorresistente” - Concreto	100
Figura 47 Definición y propiedades de los materiales según la norma E.030 “Diseño Sismorresistente” - Acero	101
Figura 48 Definición de las secciones y espesor de los muros del reservorio	102
Figura 49 Definición del techo del reservorio	102
Figura 50 Modelamiento tridimensional del reservorio de Chinchero	103
Figura 51 Asignación de la presión hidroestática en el reservorio de Chinchero	104
Figura 52 Patrones de puntos	105
Figura 53 Asignación de la carga viva del techo	106
Figura 54 Ubicación del modo de vibración de la estructura	112
Figura 55 Obtención del periodo impulsivo mediante el modelado de la estructura	112
Figura 56 Distribución de fuerzas en el tanque de almacenamiento o reservorio	123
Figura 57 Espectro de respuesta de la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06	127
Figura 58 Ventana de asignación de espectro de respuesta impulsivo	128
Figura 59 Espectro de respuesta de la masa convectiva según la norma ACI 350.3-06	131
Figura 60 Ventana de asignación de espectro de respuesta convectivo	132
Figura 61 Espectro de respuesta según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”	135



Figura 62 Ventana de asignación de espectro de respuesta según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”	136
Figura 63 Comparación de espectros de respuesta según la norma ACI 350.3-06.....	138
Figura 64 Comparación de los espectros de respuesta según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”	140
Figura 65 Combinaciones de carga según el EMA y LA NTP E.060 para la norma ACI 350.3-06 y la NTP E.030 “Diseño Sismorresistente” para Condiciones Medio Ambientales para diseño flexión y tensión	143
Figura 66 Combinaciones de carga según el EMA y LA NTP E060 para la norma ACI 350.3-06 y la NTP E.030 “Diseño Sismorresistente” para Condiciones Medio Ambientales para diseño por corte.....	143
Figura 67 Franja del análisis de la estructura para las fuerzas axiales.....	144
Figura 68 Solicitaciones de carga de la estructura para las fuerzas axiales.....	144
Figura 69 Franja del análisis de la estructura para las fuerzas cortantes	145
Figura 70 Solicitaciones de carga de la estructura para las fuerzas cortantes	145
Figura 71 Franja del análisis de la estructura para los momentos flectores	146
Figura 72 Solicitaciones de carga de la estructura para los momentos flectores	146
Figura 73 Gráfico de las fuerzas axiales para la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06	147
Figura 74 Gráfico de fuerzas axiales para la masa convectiva según la norma ACI 350.3-06	148
Figura 75 Gráfico de las fuerzas axiales para la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”	149
Figura 76 Gráfico de las fuerzas axiales para la masa convectiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”	150
Figura 77 Gráfico de comparación de las fuerzas axiales de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06.....	151
Figura 78 Gráfico de comparación de las fuerzas axiales de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”	152
Figura 79 Gráfico de comparación de las fuerzas axiales de la masa convectiva y la masa impulsiva según la NTP E.030 “Diseño Sismorresistente” y la norma ACI 350.3-06.....	153
Figura 80 Gráfico de las fuerzas cortantes de la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06	154



Figura 81 *Gráfico de fuerzas cortantes de la masa convectiva según la norma ACI 350.3-06*
..... 155

Figura 82 *Gráfico de las fuerzas cortantes de la masa impulsiva según la norma peruana E.030
“Diseño Sismorresistente”* 156

Figura 83 *Gráfico de las fuerzas cortantes de la masa convectiva según la norma peruana
E.030 “Diseño Sismorresistente”* 157

Figura 84 *Gráfico de comparación de las fuerzas cortantes de la masa convectiva y la masa
impulsiva según la norma ACI 350.3-06*..... 158

Figura 85 *Gráfico de comparación de las fuerzas cortantes de la masa convectiva y de la masa
impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”* 159

Figura 86 *Gráfico de comparación de las fuerzas cortantes de la masa convectiva y la masa
impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la NTP E.030 “Diseño Sismorresistente”* 160

Figura 87 *Gráfico de momentos flectores de la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06*
..... 161

Figura 88 *Gráfico de momentos flectores de la masa convectiva según norma ACI 350.3-06*
..... 162

Figura 89 *Gráfico de los momentos flectores de la masa impulsiva según la norma peruana
E.030 “Diseño Sismorresistente”* 163

Figura 90 *Gráfico de los momentos flectores de la masa convectiva según la norma peruana
E.030 “Diseño Sismorresistente”* 164

Figura 91 *Gráfico de comparación de los momentos flectores de la masa convectiva y la masa
impulsiva según la norma ACI 350.3-06*..... 165

Figura 92 *Gráfico de comparación de los momentos flectores de la masa convectiva y la masa
impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”* 166

Figura 93 *Gráfico de comparación de momentos flectores de la masa convectiva y la masa
impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la NTP E.030 “Diseño Sismorresistente”* 167

Figura 94 *Gráfica de los desplazamientos de la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06*
..... 168

Figura 95 *Gráfica de los desplazamientos de la masa convectiva según norma ACI 350.3-06*
..... 169

Figura 96 *Gráfica de los desplazamientos de la masa impulsiva según la norma peruana E.030
“Diseño Sismorresistente”* 170

Figura 97 *Gráfica de los desplazamientos de la masa convectiva según la norma peruana E.030
“Diseño Sismorresistente”* 171



Figura 98 <i>Gráfica de comparación de los desplazamientos de la masa convectiva e impulsiva según la norma ACI 350.3-06</i>	172
Figura 99 <i>Gráfica de comparación de los desplazamientos de la masa convectiva e impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”</i>	173
Figura 100 <i>Gráfica de comparación de los desplazamientos de la masa convectiva e impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”</i>	174
Figura 101 <i>Comparación de las fuerzas axiales en los ejes x locales para la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”</i>	179
Figura 102 <i>Comparación de las fuerzas cortantes para la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”</i>	180
Figura 103 <i>Comparación de los momentos flectores para la masa convectiva y masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”</i>	182
Figura 104 <i>Comparación de los desplazamientos máximos para la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”</i>	183
Figura 105 <i>Resistencia del ensayo de esclerometría</i>	187
Figura 106 <i>El área del reservorio de Chinchero con una topografía ligeramente inclinada.</i>	187
Figura 107 <i>Caracterización estratigráfica del terreno del reservorio</i>	190
Figura 108 <i>Muestreo y caracterización del terreno</i>	190
Figura 109 <i>Ingresamos el valor del coeficiente de balasto, módulo de Winkler: 2.40 kg/cm³</i>	193
Figura 110 <i>Plano de la estructura del reservorio</i>	194
Figura 111 <i>Modelamiento de la estructura para el acero - sentido longitudinal</i>	194
Figura 112 <i>Modelamiento de la estructura para el acero - sentido transversal</i>	195
Figura 113 <i>Modelo numérico del tanque de almacenamiento</i>	196
Figura 114 <i>Solicitaciones de carga de la estructura para los esfuerzos de tracción</i>	196
Figura 115 <i>Sección de la estructura</i>	198
Figura 116 <i>Sección de una viga rectangular</i>	199
Figura 117 <i>Deformación de la viga según elementos finitos</i>	200
Figura 118 <i>Discretización de la malla 1</i>	200
Figura 119 <i>Desplazamiento en el centro de la luz correspondiente a la malla generada en la Figura 105</i>	200



Figura 120 <i>Discretización de la malla 2</i>	201
Figura 121 <i>Desplazamiento en el centro de la luz correspondiente a la malla generada en la Figura 107</i>	201
Figura 122 <i>Discretización de la malla 3</i>	201
Figura 123 <i>Desplazamiento en el centro de la luz correspondiente a la malla generada en la Figura 109</i>	202
Figura 124 <i>Discretización de la malla 4</i>	202
Figura 125 <i>Desplazamiento en el centro de la luz correspondiente a la malla generada en la Figura 111</i>	202
Figura 126 <i>Comparación de los espectros de respuesta según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”</i>	206



Resumen

El objetivo de esta investigación fue realizar un análisis comparativo de la respuesta sísmica y estructural del reservorio de Chinchero ubicado en el Distrito de Chinchero, Provincia de Urubamba y Departamento del Cusco, una estructura rectangular de hormigón armado del tipo contrafuerte, según Norma Norteamericana ACI 350.3 -06 “Diseño Sísmorresistente para Estructuras de Contención de Fluidos” frente a la norma peruana E.030 “diseño sísmico”.

Teniendo en cuenta las propiedades hidrodinámicas del fluido en la estructura y su comportamiento ondulatorio en la superficie libre del fluido en caso de sismo. Para realizar este estudio se utilizó el modelo propuesto por G.W. Hausner aplicó el estándar ACI 350.3-06 para el análisis sísmico y utilizó el software SAP2000 para el modelado, a partir del cual se recopilaron los archivos de respuesta y posteriormente se analizaron. Los resultados de la investigación muestran que la fuerza axial, la fuerza cortante, el momento flector, el desplazamiento y el período de oscilación ocurren más en el bloque convectivo que en el bloque pulsado, considerando la Norma ACI 350.3-06 y la Norma Peruana E E.030 “Diseño Sísmorresistente”. En resumen, según la norma ACI 350.3-06 comparada con la norma peruana E.030 “Diseño Sísmorresistente”, la magnitud de los coeficientes de respuesta estructural y sísmica del reservorio de Chinchero en general no es mayor. El desarrollo de este estudio incluye los siguientes capítulos:

Capítulo I: Planteamiento del problema

Donde se ha descrito e identificado el problema, así como la justificación, viabilidad y trascendencia técnica y social; Objetivos, hipótesis, variables, alcances y limitaciones de esta tesis.

Capítulo II: Marco teórico

Presentan los antecedentes de la investigación actual, que se relaciona con el tema de investigación y también los aspectos teóricos relevantes, nos permite presentar completamente la base conceptual del tema de investigación. Los estudios anteriores incluyen métodos y procedimientos, entre otros.

Capítulo III: Metodología

La metodología de este estudio, que especifica el tipo, el nivel y los métodos del estudio, así como el diseño del estudio, la población y la muestra, las herramientas



metodológicas o de recopilación de datos y las herramientas técnicas, los procedimientos de recopilación y análisis de datos y el diseño técnico o diagramas; indicar. del trabajo realizado.

Capítulo VI: Resultados

Se desarrolla un análisis comparativo de la norma ACI 350.3-06 del PNT “Diseño Sismorresistente” y se interpretan los resultados, obteniendo así respuestas a los objetivos propuestos, donde se encuentran tablas, figuras, datos, cálculos y análisis de datos entre otros.

Capítulo V: Discusión

Indica el contraste de los resultados con el marco teórico, interpretación de los resultados encontrados en la investigación, comentarios de la demostración de las hipótesis, las conclusiones, recomendaciones producto de la presenta investigación, referencias, anexos entre otros.

Palabras claves: respuesta sísmica, respuesta estructural, concreto armado, diseño sísmico, estructuras contendoras de líquido, hidrodinámicas, sismo, oleaje, fluido, fuerzas axiales, fuerzas cortantes, momentos flectores, desplazamiento, periodos de vibración.



Abstract

The objective of this research was to carry out a comparative analysis of the seismic and structural response of the Chinchero reservoir located in the district of Chinchero, province of Urubamba and department of Cusco, a rectangular-shaped structure of supported-type reinforced concrete, according to the North American standard. ACI 350.3-06 "Seismic Design of Liquid Containing Structures" with respect to the Peruvian standard E.030 "Seismic-resistant Design".

It takes into consideration the hydrodynamic characteristics of the liquid contained in the structure caused by the presence of an earthquake, as it has a wave behavior on the free surface of the fluid.

To carry out this research, the model proposed by GW Housner was taken as a basis, applying it through the ACI 350.3-06 standard for seismic analysis, and for its modeling, the SAP2000 software was used, from which the response files were obtained which were later analyzed.

The results of the investigation reveal that the axial forces, shear forces, bending moments, displacements and periods of vibration are more incident in the convective mass than for the impulsive mass, taking into account the ACI 350.3-06 standard and the Peruvian standard E. 030 "Earthquake resistant design".

In conclusion, the magnitudes of the seismic and structural response parameters of the Chinchero reservoir in general are not greater, according to the ACI 350.3-06 standard with respect to that of the Peruvian standard E.030 "Seismic-resistant Design".

The development of this research is made up of the following chapters:

Chapter I: Statement of the problem

Where the problem was described and identified, as well as the technical, social, feasibility and relevance justifications; the objectives, hypotheses, variables, scope and limitations of this thesis.

Chapter II: Theoretical framework

Where the background of this research is presented, which are theses related to the subject of study and also the relevant theoretical aspects that allow us to provide the entire conceptual basis on said research topic, including methods and procedures, among others.

Chapter III: Methodology



Indicates the methodology of the present investigation, in which the type, level and method of the investigation are indicated, as well as the design of the investigation, the population and the sample, the methodological instruments or data collection, and engineering instruments, the collection procedures, data analysis and the engineering design or flowchart of the work carried out.

Chapter VI: Results

The comparative analysis of the ACI 350.3-06 standard with respect to the NTP "Earthquake Resistant Design" and interpretation of the results was developed, through which the answers of the proposed objectives were obtained, in these tables, figures, mathematical calculations, data analysis among others.

Chapter V: Discussion

Indicates the contrast of the results with the theoretical framework, interpretation of the results found in the investigation, comments on the demonstration of the hypotheses, the conclusions, recommendations resulting from the present investigation, references, annexes, among others.

Keywords: seismic response, structural response, reinforced concrete, seismic design, liquid-containing structures, hydrodynamics, earthquake, wave, fluid, axial forces, shear forces, bending moments, displacement, vibration periods.



Introducción

Los reservorios o tanques de almacenamiento de líquidos son estructuras de gran importancia ya que juegan un papel importante y principal en el sistema de abastecimiento de agua, asegurando un funcionamiento correcto y eficiente. Asimismo, deberán proveer agua suficiente para los consumidores y actividades diversas; Y en caso de terremoto, no deben colapsar bajo ninguna circunstancia.

Cabe resaltar que, el territorio peruano está situado en una zona altamente sísmica producto de la presencia del Cinturón del Pacífico y a consecuencia de este fallo habitualmente se presenta gran actividad sísmica y volcánica.

El desarrollo del presente relevamiento se inició con la identificación del tipo, ingeniería y suministro de los tanques o embalses en la provincia de Chinchero, provincia de Urubamba y provincia del Cusco, con el objetivo de realizar un análisis comparativo. Sobre el efecto de la respuesta sísmica y estructura del reservorio de Chinchero según ACI 350.3-06 frente a la NTP E.030 “Diseño Sismorresistente”.

La importancia de dicha investigación es identificar los parámetros sísmicos y estructurales de estas estructuras especiales que con la ayuda más que todo de la norma ACI 350.3-06 que es exclusiva de estas estructuras y así realizar e identificar tanto un diseño como un análisis sísmico y estructural de éstas que existen en todas los lugares rurales y urbanos de nuestro país Perú.

Desarrollada en la disciplina de ingeniería sismorresistente propuesta para análisis sísmico y estructural, la cual será evaluada de acuerdo con ACI 350.3-06 “Diseño sismorresistente de estructuras que contengan fluidos” para la NTP E.030 “Diseño sismorresistente”, las cuales serán proyectadas con las normas peruanas E.020, E.050 y E.060 de “Cargas”, “Suelos y Cimentaciones” y de “Concreto Armado” respectivamente, con la respectiva investigación se beneficiarán los pobladores de las comunidades campesinas de Nuevo Triunfo, Yanacona, Ccorccor y Lomas.

Para el análisis sísmico se empleó el software SAP2000 V22.1; el software AutoCAD 2017 para la elaboración del plano estructural y Microsoft Excel para la realización de las tablas, cálculos y el análisis sismorresistente y estructural del reservorio de Chinchero. Los resultados presentados otorgarán un análisis de dicha estructura, pero realizando una comparación con la norma ACI 350.3-06 con respecto a la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”.



CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

1.1.1. Descripción del problema

El Perú forma parte de los países con alta actividad sísmica y volcánica, incorporando la zona conocida como Cinturón de Fuego del Pacífico o Anillo del Pacífico y caracterizada como la zona más importante y sísmica del océano. del Océano Pacífico. Por otro lado, el país está prácticamente ubicado sobre una falla geológica, la subducción de la placa de Nazca en relación con la placa sudamericana, la cual es causa principal de la sismicidad existente que afecta al país, por tal razón experimentó distintos eventos sísmicos importantes en los últimos 50 años que provocó pérdidas humanas, heridos y daños materiales que en muchos casos no fueron del todo restaurados; entre los sismos más graves se encuentran: la del año 1970 en Huaraz departamento de Ancash en los departamentos de Moquegua, Tacna, Arequipa, en el año 2001, y en Pisco departamento de Ica en el año 2007.

Dado que el Perú se encuentra en una zona sísmica, las estructuras de todo tipo deben diseñarse y analizarse siempre teniendo en cuenta las condiciones de resistencia sísmica (Cusihualpa, 2016). Por otro lado, los tanques o contenedores de agua son un elemento esencial en la red de abastecimiento de agua potable porque permiten almacenar líquidos para uso futuro o para compensar cambios en la demanda horaria de un lugar en particular.

De acuerdo con la norma peruana E.030 “Diseño sismorresistente”, las denominadas edificaciones de reserva básica, el comportamiento sísmico de las edificaciones difiere del de las edificaciones, por lo que esta norma puede ser utilizada para todo lo aplicable. En cambio, la norma define requisitos mínimos para el diseño de reservorios sismorresistentes, ya que deben continuar operando después de un sismo, para asegurar la continuidad de los servicios esenciales y reducir los daños a la propiedad de la Norma ACI 360.3-06 “Diseño de estructuras sismorresistentes” que contienen líquidos”.

En el departamento de Cusco también se registraron varios eventos sísmicos, entre el más importante y recordado se encuentra el producido en el año 1950, la cual destruyó casi la totalidad de las viviendas que en el aquel entonces estaban construidas con



material de adobe. Esto debido a la presencia de fallas geológicas activas, entre las que se encuentran la falla Zurite, Chinchero, Tambomachay, Cusco, Tamboray, Pachatusan, Ocongate y Langui - Layo.

Por otro lado, los tanques o contenedores de líquidos son de gran importancia porque juegan un papel importante y significativo en el sistema de suministro de agua, asegurando un funcionamiento completo y eficiente, por el contrario, deben proporcionar suficiente agua a los consumidores y no deben colapsar bajo cualquier circunstancia como en este caso en caso de terremoto.

Para la construcción de embalses hay que tener en cuenta las fallas geológicas, porque además de causar un gran perjuicio económico, pueden presentarse otras situaciones si se interrumpe el suministro de agua, como un incendio descontrolado que se produce después de un terremoto causará más daños que el propio terremoto.

Con el tiempo, aumenta el número y tamaño de los contenedores o depósitos para líquidos; Por esta razón, la forma en que vibra bajo cargas sísmicas se ha convertido en un tema de gran interés. Por ello, desde principios del siglo XX se han realizado una serie de investigaciones para comprender el problema de las ondas de agua en diversos tipos de estructuras, entre todas las propuestas de Housner, que fueron publicadas en la década de 1960 en la “Comisión de Energía Atómica” (ahora NRC), se han aplicado ampliamente para diseñar estructuras que contienen fluidos.

En Cusco, existe como antecedente un reservorio rectangular de concreto ciclópeo construido artesanalmente en la comunidad campesina de Nuevo Triunfo, distrito de Chinchero, provincia de Urubamba y departamento de Cusco con una antigüedad de más de 20 años y con un volumen de almacenamiento aproximado de 18 metros cúbicos. A la fecha, el reservorio ya cumplió su periodo de operación ya que el caudal de agua no satisface la demanda diaria, aun siendo abastecida dos veces por semana por los manantes de Ccorccor; así mismo, el fluido almacenado no abastece a las comunidades campesinas de Nuevo Triunfo, Yanacona, Ccorccor y Lomas ya que la población ha crecido muy aceleradamente.



Figura 1

Reservorio antiguo de Chinchero



Nota: Fotografía de autoría propia del reservorio desde una vista superior, capturada por el investigador en la fecha 27/06/2021 a horas 10:30

La presente investigación tuvo como objetivo estudiar el reservorio rectangular de concreto armado, de tipo apoyado ya que fue construido directamente sobre la superficie del suelo con un volumen de almacenamiento de 82.50 metros cúbicos de agua provenientes de los manantes de Ccanay y Ccorccor, ubicado en la comunidad campesina de Nuevo Triunfo en el distrito de Chinchero, provincia de Urubamba y departamento del Cusco. En vista que dicha estructura beneficia actualmente a distintas comunidades campesinas aledañas como Nuevo Triunfo, Yanacona, Ccorccor y Lomas al dotar de agua a los pobladores para sus necesidades correspondientes.

Se verificó un análisis comparativo de la respuesta sísmica y estructural del reservorio según la norma ACI 350.3-06 con respecto a la NTP E.030 “Diseño Sismorresistente”.

Figura 2

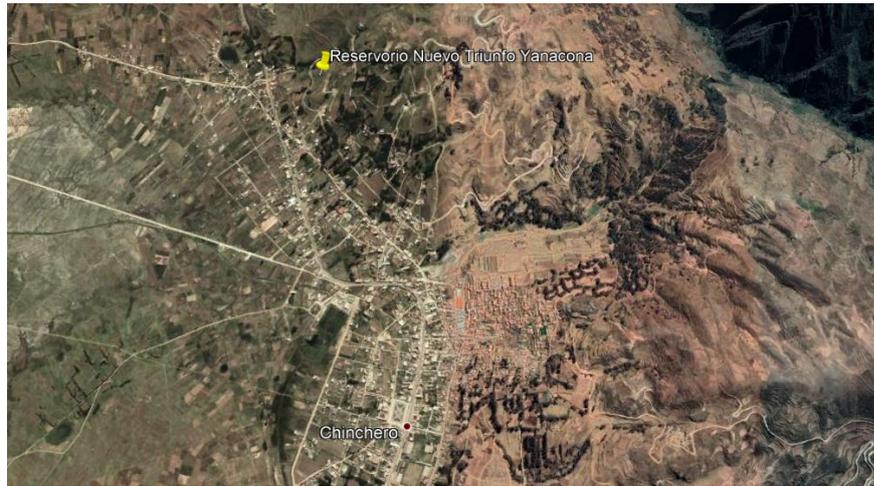
Reservorio de Nuevo Triunfo - Chinchero



Nota: Fotografía de autoría propia del reservorio capturada por el investigador en la fecha 27/06/2021 a horas 10:30

Figura 3

Imagen satelital de ubicación



Nota: Imagen obtenida de Google Earth

Tabla 1

Coordenadas del reservorio de Chinchero

Coordenadas UTM		Coordenadas geográficas	
Zona	18L	Latitud	13°22'54" S
Coordenada Este	818947.44 m	Longitud	72°03'19" O
Coordenada Norte	8518751.65 m	Altura	3768 m

Nota: Información proporcionada por Google Earth

1.1.2. Formulación de problemas

1.1.2.1. Problema general

¿Cuál es el análisis comparativo de la respuesta sísmica y estructural según la norma ACI 350 con respecto a la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente del reservorio de Chinchero?

1.1.2.2. Problemas específicos

- **Problema específico 1.** ¿Cuáles son los parámetros de la norma ACI 350 que influyen en la respuesta sísmica y estructural del reservorio de Chinchero?
- **Problema específico 2.** ¿Cómo varía el desplazamiento dinámico y la distorsión según la norma ACI 350 con respecto a la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente del reservorio de Chinchero?



- **Problema específico 3.** ¿Qué espectros de pseudoaceleraciones tiene mayores solicitudes para analizar la respuesta sísmica y estructural según la norma el ACI 350 y la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente del reservorio de Chinchero?
- **Problema específico 4.** ¿Cuáles son las fuerzas axiales, fuerza cortante y momento flector según la norma el ACI 350 y la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente del reservorio de Chinchero?
- **Problema específico 5.** ¿Cuál es el periodo de vibración según la norma ACI 350 y la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente del reservorio de Chinchero?
- **Problema específico 6.** ¿Cuál es el comportamiento dinámico de la masa impulsiva y masa convectiva según la norma ACI 350 con respecto a la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente del reservorio de Chinchero?

1.2. Justificación de la investigación

1.2.1. Justificación técnica

La presente investigación se encuentra dentro de la especialidad de estructuras bajo la línea de la dinámica estructural e ingeniería sismorresistente, por lo que dio a entender y a conocer el análisis de reservorios rectangulares y así poder comprender la respuesta sísmica y estructural de dicha estructura cuando ésta se encuentra sometida a aceleraciones horizontales del suelo por la presencia de sismos. Es por esa razón que la investigación planteo un mejor entendimiento sismorresistente y estructural.

1.2.2. Justificación social

El presente estudio de investigación es un recurso de consulta a los estudiantes de pre grado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco, puesto que proporciona una metodología de estudio sismorresistente y estructural en reservorios rectangulares, por esta razón la investigación podrá ser una herramienta fundamental para el alumnado que se dedica al servicio de la investigación.

La investigación beneficia también a las comunidades campesinas de Nuevo Triunfo, Yanacona, Ccorccor y Lomas ubicados en el distrito de Chinchero, provincia de Urubamba y departamento de Cusco, puesto que el estudio y análisis de la construcción permitirá mantener ininterrumpido el abastecimiento de agua para consumo y distintas actividades de los pobladores.



El propósito de la presente investigación fue determinar el tipo, forma geométrica, material de reservorio y analizar la respuesta sísmica y estructural para posteriormente analizar los resultados que se obtendrá mediante el análisis de la norma ACI 350.3-06 “Diseño Sísmico de Estructuras Contenedoras de Líquidos” con respecto a la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”.

1.2.3. Justificación por viabilidad

Esta investigación es posible porque contiene planos de la estructura para poder modelar la cuenca rectangular de hormigón armado de Chinchero.

Para el desarrollo se utilizó la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”, además de otras normas como: E.020 “Carga”, E.050 “Suelo y Cimentación”, E.060 “Concreto Armado” y la Norma ACI 350.3 -06 “Diseño Sísmico de Estructuras de Contenedores de Líquidos”, además de los programas SAP 2000 y Microsoft Excel, también se utilizan los ensayos no destructivos “Esclerómetro” y el ensayo de “Corte Directo”. Se utiliza para realizar la identificación geotécnica del terreno.

1.2.4. Justificación por relevancia

El estudio actual está estructuralmente bajo la corriente de dinámica estructural e ingeniería sismorresistente, ya que puede comprender y analizar reservorios rectangulares y así comprender la respuesta geológica. Los terremotos y la estructura de dicha estructura cuando experimenta una aceleración lateral de la tierra debido a un sismo. Esta es la razón por la cual la investigación ha mejorado una mejor comprensión de la resistencia a los terremotos y la resistencia estructural.

1.3. Limitaciones de la investigación

- Software de modelamiento SAP2000 V22.1.
- Lejanía del punto de estudio, en vista que la Comunidad campesina de Nuevo Triunfo en el distrito de Chinchero, provincia de Urubamba, se encuentra a dos horas de la ciudad del Cusco.
- La estructura de estudio está considerada dentro de la zonificación sísmica Zona 2 de la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”.
- Configuración estructural de forma rectangular.
- El reservorio de Chinchero es de tipo apoyado ya que fue construido directamente sobre la superficie del suelo con sistema estructural de muros estructurales.



- Estructura de concreto armado con $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$, de 5.60 metros de longitud, 5.60 metros de ancho y 3.50 metros de altura con capacidad máxima de 87.50 metros cúbicos de agua contenida, con espesor de muro de 0.20 metros, con una tapa rectangular con un espesor de 0.15 metros y un borde libre de 0.20 metros.
- Estructura de categoría A, edificación esencial según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”.
- Norma ACI 350.3-06 “Diseño Sísmico de Estructuras Contenedoras de Líquidos”.
- Norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Analizar comparativamente la respuesta sísmica y estructural según la norma ACI 350 con respecto a la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente del reservorio de Chinchero.

1.4.2. Objetivos específicos

- **Objetivo específico 1.** Identificar los parámetros de la norma ACI 350 que permiten desarrollar el análisis sísmico y estructural del reservorio de Chinchero.
- **Objetivo específico 2.** Determinar la variación de los desplazamientos dinámicos y las distorsiones según la norma ACI 350 con respecto a la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente del reservorio de Chinchero.
- **Objetivo específico 3.** Evaluar el espectro de pseudo aceleraciones que tiene mayores solicitudes para analizar la respuesta sísmica y estructural según la norma ACI 350 y la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente del reservorio de Chinchero.
- **Objetivo específico 4.** Determinar las fuerzas axiales, fuerza cortante y momento flector según la norma ACI 350 y la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente del reservorio de Chinchero.
- **Objetivo específico 5.** Determinar el periodo de vibración según la norma ACI 350 y la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente del reservorio de Chinchero.
- **Objetivo específico 6.** Evaluar el comportamiento dinámico de la masa impulsiva y masa convectiva según la norma ACI 350 con respecto a la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente del reservorio de Chinchero.



1.5. Delimitación del estudio

La presente investigación tiene las siguientes delimitaciones:

1.5.1. Delimitación espacial

La actual investigación se encontró limitada geográficamente por la comunidad campesina de Nuevo Triunfo del distrito de Chinchero, provincia de Urubamba y departamento de Cusco, en vista que el reservorio beneficia actualmente a las comunidades campesinas de Nuevo Triunfo propiamente, Yanacona, Ccorccor y Lomas.

1.5.2. Delimitación temporal

La actual investigación se elaboró en el año 2021, comprende la elaboración y presentación del proyecto de tesis, búsqueda, reconocimiento, análisis de la forma geométrica y tipo de la estructura a estudiar, recolección y procesamiento de datos, recolección de imágenes y presentación de los hallazgos.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes a nivel internacional

Velásquez (2004), en su tesis “Análisis Hidrodinámico de tanques de almacenamiento de líquidos” presentada ante la Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia; tuvo como objetivo el análisis de tanques de almacenamiento de líquidos, así mismo emplea un programa de computador mediante el cual se aplica un modelo sísmico realizado en laboratorio y ejecuta un ejemplo de diseño en el cual se muestra lo importante que es considerar estos efectos.

Mediante el análisis de estructuras existentes se puede esperar corroborar, refutar o mejorar la teoría existente referente al análisis de tanque después de un sismo y verificar el estado y el desempeño de estos durante la ocurrencia del evento. La investigación indica que, se deben proponer metodologías de procedimiento prácticas y simples para la realización de una estructura nueva, y que tengan un mínimo impacto a nivel arquitectónico, funcional y económico cuando se trate de una rehabilitación (Bazán & Meli, 2004).

Conclusiones

Los modelos con elementos finitos permiten conocer de forma aceptable el comportamiento ante un movimiento del terreno de un tanque de almacenamiento, mostrando a la vez el nivel de esfuerzos presente en todos sus elementos, contrario a lo que sucede con los métodos simplificados los cuales permiten obtener un valor para los efectos globales que ocurren sobre el tanque y que pueden indicar mediante fórmulas desarrolladas por correlaciones el nivel de esfuerzos presente en la zona inferior de las paredes del tanque.

Orihuela y Sánchez (2016), en su estudio sobre “Diseño estructural de tanques rectangulares y sus aplicaciones” tuvieron como objetivo dar a conocer las diversas aplicaciones de los tanques rectangulares de concreto armado.

La metodología estuvo basada en el comportamiento estructural natural de las losas, unidireccional o bidireccional las que dependen de las características geométricas y



condiciones de borde en los apoyos del paño (empotrado, simplemente apoyado o combinación de estos)

Cuando se presenta el caso de comportamiento unidireccional, el análisis suele ser sencillo y accesible a cualquier método de análisis estructural. Sin embargo, en el caso de losas con comportamiento bidireccional, debe recurrirse a análisis basados en matemáticas avanzadas. Para el diseño de las paredes del tanque rectangular, se ha verificado el correcto funcionamiento y se garantiza, fundamentalmente, la impermeabilidad, motivo por el cual se utilizó la metodología de diseño especificada en el ACI 350, la cual toma en cuenta tres aspectos fundamentales: diseño por resistencia en etapa última; durabilidad y control de fisuras en etapa de servicio.

Los resultados obtenidos con el método de diseño por resistencia deberán ser verificados bajo cargas de servicio, según la NTE E.060. Para prevenir fugas y garantizar la impermeabilidad que requieren los tanques, el Código Ambiental ACI 350 recomienda realizar el control de fisuras en términos de que el ancho de estas sea el mínimo posible.

Conclusiones

Después de obtener los resultados se llegó a las conclusiones siguientes:

1. Una manera simple para el análisis y diseño de las paredes con comportamiento bidireccional de los tanques rectangulares es con la ayuda de las tablas de la PCA, Bares, etc.
2. Para el diseño de tanques rectangulares, es importante aplicar las especificaciones del Código Ambiental ACI 350, lo cual se representa en la aplicación del diseño por resistencia en etapa última, amplificado por los coeficientes sanitarios (para flexión, 1,3, y para tracción, 1,65), además de la verificación del acero para el control de fisuras.
3. Un diseño eficiente de los tanques rectangulares que garanticen su resistencia, su durabilidad y la impermeabilidad contribuirá al mejoramiento del medio ambiente.
4. Para tanques superficiales de dimensiones pequeñas, las fuerzas sísmicas no son significativas para el diseño; las fuerzas que prevalecen son las estáticas.



2.1.2. Antecedentes a nivel nacional

Calderón y Meniz (2019), en su tesis “Evaluación estructural de reservorios apoyados de concreto armado en Lima Metropolitana considerando la norma ACI 350-06 y las normativas peruanas” presentada ante la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima Perú.

En esta tesis se desarrolla la evaluación estructural de cinco reservorios circulares inclinados, construidos entre 1977 y 1997, ubicados en una zona de alto riesgo sísmico de la ciudad de Lima capital y sobre suelos de dureza media desarrollo, con el objetivo de probar si estas estructuras siguen funcionando. Para mantener un diseño sísmico apropiado basado en los requisitos sísmicos actuales y, por lo tanto, si pueden resistir un evento sísmico severo y continuar en servicio.

Para modelar y determinar la respuesta de los yacimientos se utilizó el modelo de ecuaciones de Housner obteniendo así la masa pulsante y la convección, similar al programa SAP2000 con ayuda de la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”. En cuanto a la determinación de las fuerzas resistivas, para realizar la evaluación estructural correspondiente, se utilizó la norma peruana E.060-2009 “Hormigón Armado”, en la cual se recogieron e implementaron estas fuerzas.

Conclusiones

En cuanto a los resultados de las pruebas realizadas, se puede apreciar que los embalses en estudio no mantienen un diseño estructural adecuado al esfuerzo sísmico actual. Estas deficiencias se reflejan en la falta de refuerzo transversal por cortante en el muro, mínima cantidad longitudinal por cortante en el muro, refuerzo en la base del muro según momentos cortantes, requerimientos de refuerzo en la viga collarín y refuerzo en el extremo radial de la cúpula. Por lo tanto, estas estructuras, en caso de un evento sísmico severo, son vulnerables a daños estructurales.



2.1.3. Antecedentes a nivel local

Cusihuallpa (2016) en su tesis “Análisis de las magnitudes de los parámetros de respuesta estructural de reservorio Zona Sur de concreto armado de la ciudad del Cusco según la norma ACI 350.3-01 y consideraciones de la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente”. Presentada ante la Universidad Andina del Cusco.

El propósito del estudio fue realizar un análisis de los parámetros de respuesta estructural de una estructura circular de concreto reforzado de tipo apoyado, reservorio del sureste ubicado en la ciudad del Cusco, de acuerdo a la norma ACI 350.3-01 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”. Se consideraron las propiedades hidrodinámicas de los fluidos involucrados en estructuras provocadas por la presencia de sismos, ya que se comportan como ondas en la superficie libre del fluido. Para llevar a cabo la investigación, G.W. Housner aplicó el análisis sísmico a través del estándar ACI 350.3-01 y utilizó el software SAP2000 para el modelado, a partir del cual se recolectaron y analizaron los archivos de respuesta. Como resultado, de acuerdo con las consideraciones de la norma ACI 350.3-01, las amplitudes de los parámetros de respuesta estructural de los reservorios son generalmente superiores a las de la norma E.030 "Diseño Sismorresistente".

Conclusiones

Se ha encontrado que el factor de reducción 'R' es un valor que afecta significativamente el cálculo de los espectros para ambos estándares. Por lo tanto, el cálculo del espectro de diseño para los valores de la Norma Americana ACI 350.3-01 arroja valores superiores a la Norma Peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”.

Se reconoce que las dimensiones de los parámetros sísmicos en ambas normas son similares, pero existen diferencias significativas entre el factor 'I' (importancia) y el factor 'R' (uso y reducción). La Norma ACI 350.3-01 es superior a la Norma Peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”. Este es el primer estándar específicamente para estructuras que contienen líquidos como los reservorios del Sector Sureste.

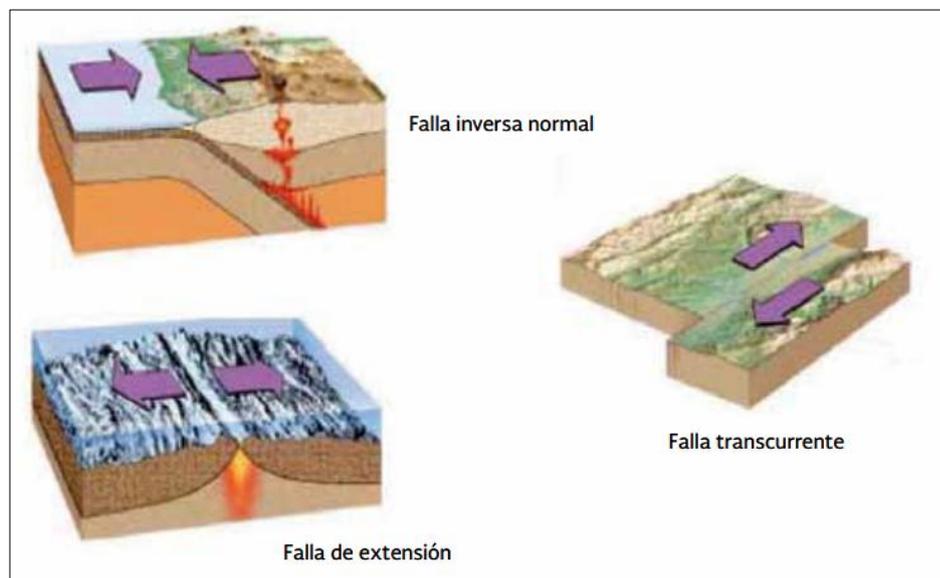
2.2. Bases teóricas

2.2.1. Los sismos

Son movimientos irregulares del terreno en cualquier dirección y son causados por actividad volcánica o tectónica, los más graves son de origen tectónico. Estos últimos se producen por la ruptura del terreno, la longitud de las fallas puede ser de varios cientos de kilómetros y se generan a profundidades de 10 a 50 km o aún mayores. Existen distintas formas de fallamiento, las cuales se muestran en la figura 4. (Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento, 2006)

Figura 4

Tipos de falla



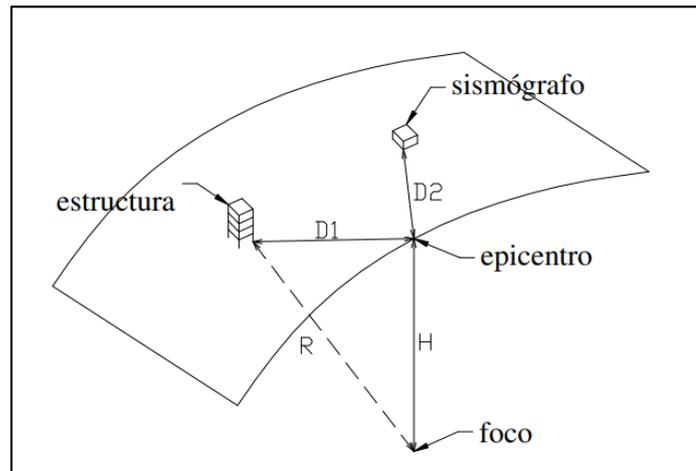
Nota: (Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, 2006)

En general, el movimiento de la corteza se produce por un choque o movimiento brusco ocurrido a una cierta profundidad bajo la superficie terrestre en un punto teórico denominado foco o hipocentro, a su proyección sobre la superficie terrestre se le denomina epicentro.



Figura 5

Definiciones geométricas de un sismo



Nota: Imagen obtenida de Análisis de estructura bajo acciones dinámicas de Cassano (2009)

2.2.2. Sismicidad

Es la actividad sísmica de una región determinada y es caracterizada por: magnitud, intensidad y frecuencia.

No pueden predecirse los sismos en cuanto a magnitud, intensidad, ubicación ni frecuencia. Lo cual implica que sólo se puede estudiar la sismicidad desde un enfoque probabilístico.

2.2.3. Ondas sísmicas:

El desplazamiento del suelo es la suma de varias ondas en movimiento que hacen vibrar una estructura a través de sus cimientos. Las ondas sísmicas se clasifican de la siguiente manera:

A. Ondas de Cuerpo:

A.1. Longitudinales (ondas P o primarias): “Son las más rápidas y las primeras que se registran. Producen compresión y expansión de las partículas. Provocan a la roca esfuerzos normales” (Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, 2006, p.45).

A.2. Transversales (ondas S o secundarias): “Son más lentas y provocan movimientos perpendiculares al sentido de su propagación. Transmiten más energía y por lo tanto ocasionan mayores daños” (Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, 2006, p.45).

B. Ondas Superficiales:

“Son creados por ondas S y ondas P y se ven como ondas en la superficie del océano. Son más lentas y también se conocen como ondas largas o L”. (Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, 2006, p.45)

Figura 6

Tipos de ondas



Nota: Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (2006)

2.2.4. Tipos de sismos

Los sismos se pueden clasificar, con base en su origen, en naturales y artificiales. Los sismos de origen natural son los que en general liberan una mayor cantidad de energía y, por tanto, sus efectos en la superficie son mayores.

Los sismos de origen natural pueden ser de tres tipos:

A. Sismos Tectónicos

Fueron creados por la interacción de las placas tectónicas. Se han identificado dos tipos de tales sismos: los interplaca, ocasionados por una fricción en las zonas de contacto entre las placas, de la manera descrita anteriormente, y los intraplaca que ocurren lejos del límite de placas conocidos. Estos Terremotos, son el resultado de la deformación continental debido a las colisiones entre placas, son mucho menos frecuentes y generalmente menos violentos que los terremotos entre placas.



Un tipo particular de sismos intraplaca son los llamados locales, que son producto de deformaciones de los materiales terrestres debido a la concentración de fuerzas en una región limitada. (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 1999, p.78)

B. Sismos Volcánicos

Estos acompañan a las erupciones volcánicas y son ocasionados principalmente por el fracturamiento de rocas debido al movimiento del magma. Este tipo de sismos generalmente no llegan a ser tan grandes como los anteriores. (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 1999, p.78)

C. Sismos de Colapso

“Son los producidos por derrumbamiento del techo de cavernas y minas. Generalmente, estos sismos ocurren cerca de la superficie y se llegan a sentir en un área reducida” (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 1999, p.78).

Terremotos provocados por el hombre causados por explosiones convencionales o nucleares, con el propósito de exploración, investigación o extracción de materias primas para la industria (como la minería). Las explosiones nucleares a veces son lo suficientemente fuertes como para detectar dispositivos en diferentes partes del planeta, pero solo en lugares cercanos al sitio de prueba. (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 1999)

2.2.5. Zonas sísmicas en el mundo

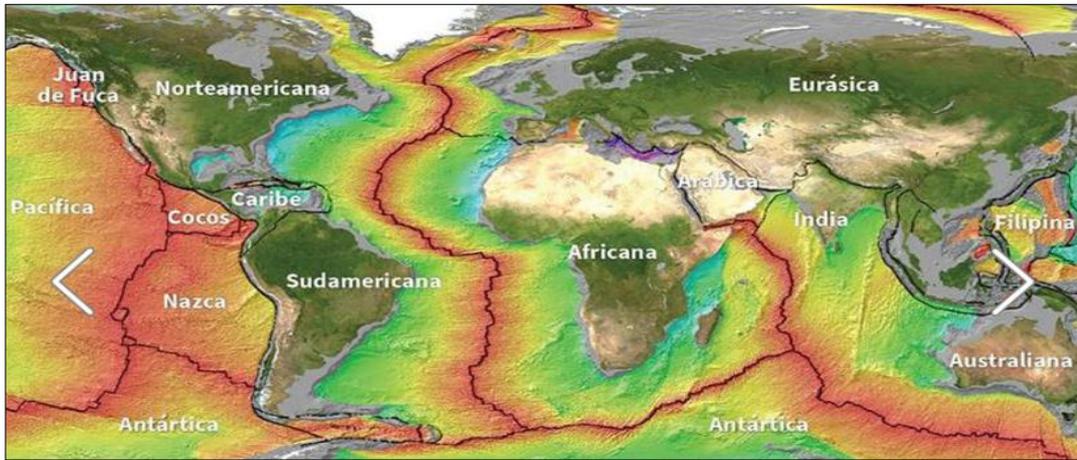
Según el Centro Nacional de Prevención de Desastres (1999, p.14):

Desde el acaecimiento de la sismología moderna, cuando los brotes de terremotos registrados durante un cierto período de tiempo aparecen en un mapa, siempre se han concentrado en bandas relativamente estrechas, lo que es una señal de que estas regiones son altamente sísmicas. A su vez, estos márgenes limitan o separan grandes áreas de océanos y continentes con poca o ninguna actividad sísmica.



Figura 7

Principales zonas sísmicas del mundo



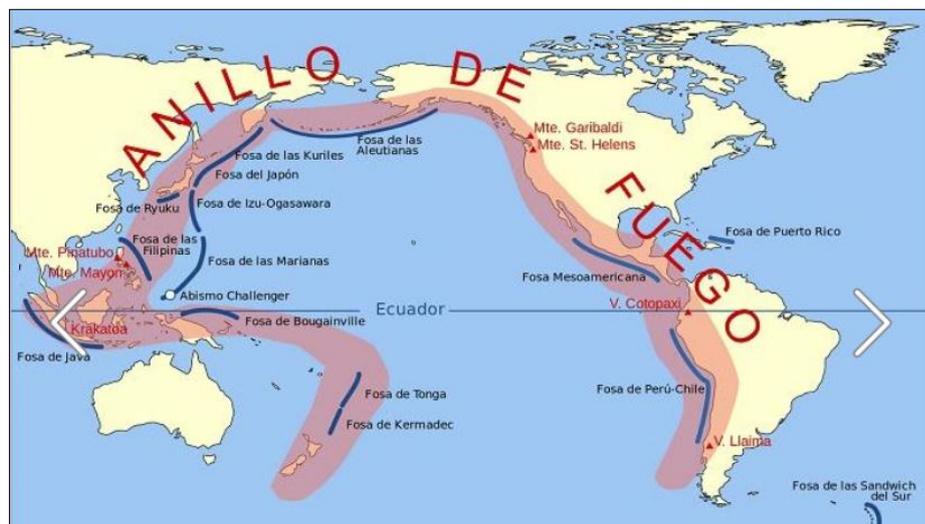
Nota: Imagen proporcionada por Gonzáles (2019)

Según el Centro Nacional de Prevención de Desastres (1999, p. 28):

Las bandas sísmicas más importantes se encuentran en la periferia del Océano Pacífico. Esto incluye Patagonia y Chile en Sudamérica, Centroamérica, México, Estados Unidos y Canadá; Se extiende más allá de Alaska a través de las islas Aleutianas, a través de la península de Kamchatka, Japón, Filipinas y Nueva Zelanda hacia el sur. Esta zona sísmica también se caracteriza por una intensa actividad volcánica. Es por eso que se llama el Anillo de Fuego del Pacífico o simplemente la Cuenca del Pacífico.

Figura 8

Cinturón de Fuego del Pacífico



Nota: Imagen proporcionada por Gonzáles (2019)

2.2.6. Zonas sísmicas en el Perú

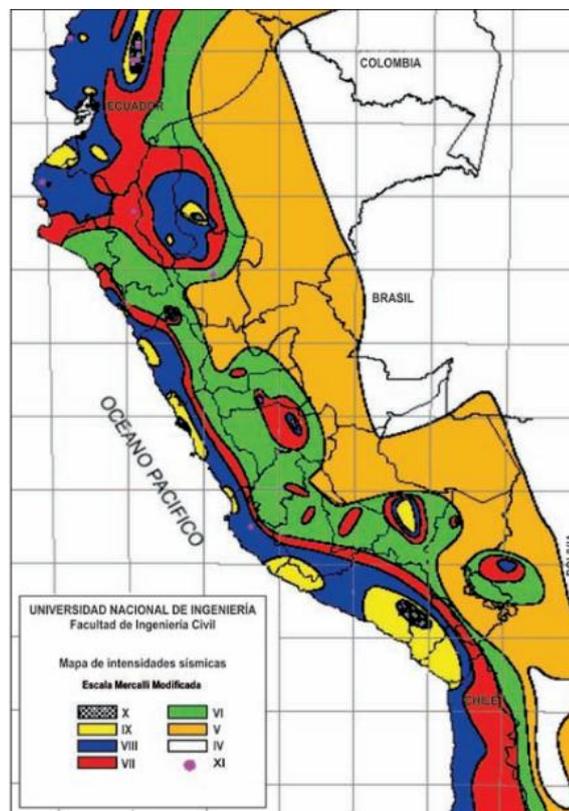
El Perú está comprendido entre uno de los países de alta actividad sísmica ya que está ubicado en la zona del cinturón de fuego del pacífico que soporta el 80% de la actividad sísmica y volcánica del planeta por lo que está expuesto a este peligro que conlleva a pérdidas de vidas humanas y pérdidas materiales. La historia de nuestro país muestra que el litoral es una zona de alta actividad sísmica, las distintas ciudades del Perú han sufrido sismos destructores seguidos de grandes maremotos. Estos antecedentes recomiendan la aplicación de componentes de gestión del riesgo en proyectos públicos y privados, y el fortalecimiento de la mitigación y los preparativos para desastres, así como el desarrollo de una cultura de la seguridad. (Morales Soto & Zavala, 2008, p.29)

2.2.6.1. Antecedentes sísmicos en el Perú

Según Morales y Zavala (2008), “los historiadores han documentado una larga lista de eventos sísmicos que ocasionaron inmensa destrucción en la zona costera y andina del litoral central del país en los últimos cinco siglos” (p. 21).

Figura 9

Mapa de intensidades sísmicas a nivel nacional



Nota: CISMID/FIC-UNI

2.2.7. Zonas sísmicas en el Cusco

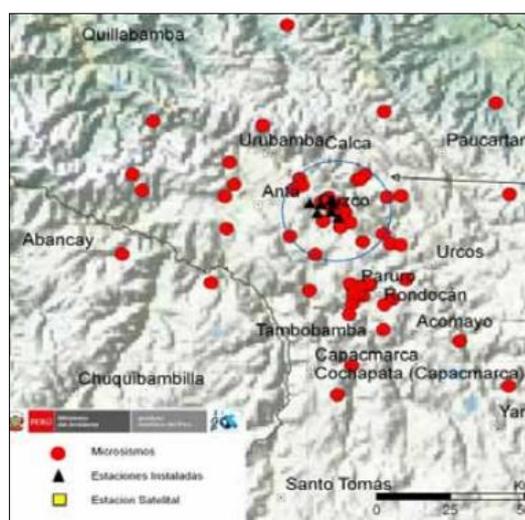
Cusco es una región altamente sísmica, lo que indica que la región se encuentra en gran parte dentro de la Región II; y las provincias de Chumbivilcas y Espinar en la Región III, según norma técnica peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”. A lo largo de la historia de esta región se han registrado sismos destructivos con magnitudes superiores a 5 ML, particularmente los de 1650, 1905, 1950 y 1986, algunos de los cuales se originaron en los sistemas de fallas de Tambomachay, Qoricocha o la falla Cusco. Siendo en 1950, el terremoto más grande destruyó la mayoría de las casas (hechas de adobe). Se han registrado terremotos en los últimos años causando daños menores a muchos edificios y daños estructurales graves a un porcentaje muy pequeño de edificios.

Los estudios desde la década de 1980 han revelado fallas activas que van de norte a sur, entre nuestras principales fallas tenemos: Zurite, Chinchero, Cusco, Tambomachay, Tamboray, Qoricocha, Pachatusan, Ocongate y Langui-Layo. (INDECI, 2015, p. 28)

En la Figura 10, se muestra el mapa sísmico de la región de Cusco a partir del Catálogo Sísmico Nacional del IGP, el cual evidencia los sismos ocurridos desde 1960 al 2014. Muestra la sismicidad local registrada por el IGP mediante una red sísmica local compuesto por seis estaciones sísmica ubicadas en las inmediaciones de las distintas fallas. (INDECI, 2015, p. 28)

Figura 10

Mapa de sismicidad de la región del Cusco ocurrido desde el año 1960 a 2014



Nota: Imagen proporcionada por Instituto Geofísico del Perú



En la actualidad, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) a través de la Red Sísmica Nacional (RSN) viene monitoreando la sismicidad a nivel nacional. Más aún, a fin de monitorear la microsismicidad de las distintas fallas de la región del Cusco, ha realizado campañas de medición mediante la colocación de una Red Sísmica Local de sismómetros y equipos geodésicos para monitorear su actividad y/o desplazamiento debido a que ésta representa un gran peligro para la región del Cusco. (INDECI, 2015, p. 29)

2.2.7.1. Registro histórico sísmico en la región del Cusco

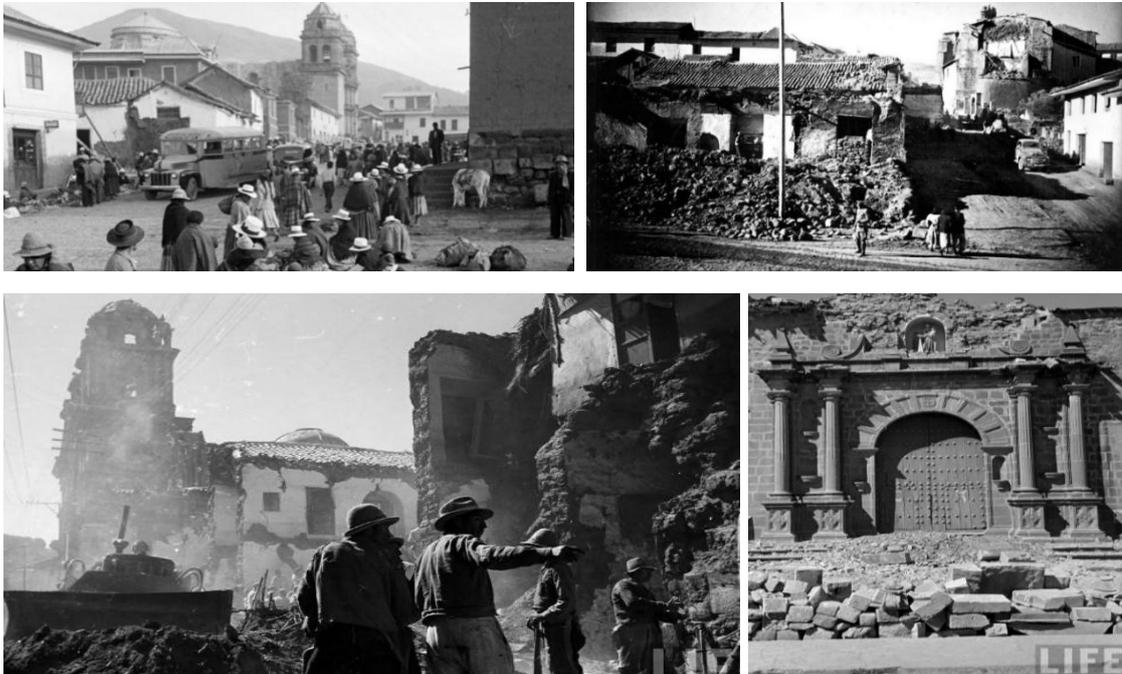
- **Sismo del 21 de mayo de 1950**

Uno de los sismos más grandes y recientes, tuvo como área epicentral el valle del Cusco (unos doce km²) con una magnitud de 7.0 Mw e intensidad de VIII en la escala de Mercalli Modificada. Produjo el 50% de daños en las viviendas, 120 muertos y 275 heridos. Entre los edificios que más sufrieron a consecuencia del terremoto, estuvieron los templos, reliquias arquitectónicas, muros hechos de bloques de piedra con techos abovedados de ladrillo, sustentados en arcos de piedra. (Silgado, 1978, p.35)

Durante el sismo se produjo una licuefacción del suelo generando el levantamiento del nivel freático al sur de la cuenca del Cusco, con niveles de hasta 40 cm en la superficie. Información periodística y fotográfica de este terremoto indica la formación de grietas importantes en zona agrícolas del distrito de San Sebastián. El titular de "La Tierra se Abre en San Sebastián" da indicios de la existencia de una falla en esta zona, la cual podría haber sufrido desplazamiento relativo durante dicho evento. Esta característica hace suponer la posible presencia de una falla geológica a lo largo del valle de Cusco. En relación a esta falla, Silgado indica que hacia el SE del distrito de San Sebastián, se generaron extensas fisuraciones en una longitud de 5 km con aberturas de hasta 2 metros de profundidad y 10-50 metros de longitud y también se presentaron deslizamientos en laderas escarpadas y taludes de gravas aluviales. (INDECI, 2015, p. 29)

Figura 11

Imágenes del terremoto ocurrido en el año 1950 del templo de Santo Domingo y centro de la ciudad del Cusco



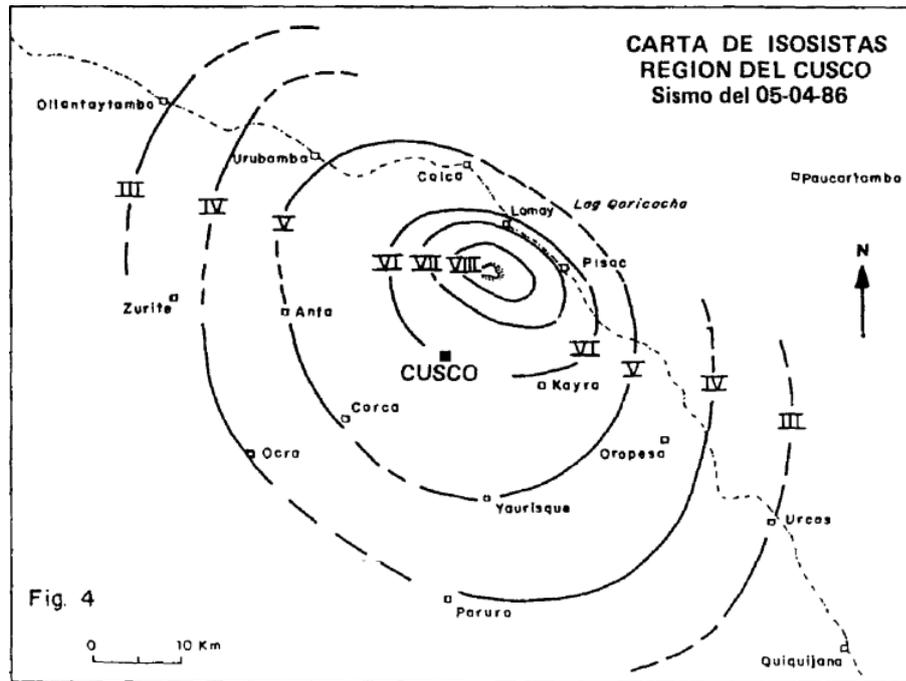
Nota: Serie de fotografías presentadas por Sosa (2015)

- **Sismo del 5 de abril de 1986**

Fue un sismo con magnitud de 5.4 Mw, foco superficial e intensidades entre IV y VI en la escala de Mercalli Modificada. Según Cabrera y Sébrier (1998), este sismo fue localizado a 8 km al NE de la ciudad de Cusco como se ve en la Figura 12. Fue generado por la reactivación de la falla Chinchero-Qoricocha, presentó una longitud de 3 km y desplazamiento de hasta 10 cm, con extensión en dirección norte-sur. Causó la muerte de 7 personas, 80 heridos y aproximadamente 13,000 damnificados. (INDECI, 2015, p. 29)

Figura 12

Mapa de localización epicentral e intensidades del sismo de 1986



Nota: Imagen proporcionada por (Huamán, 1987)

- **Sismo de Paruro - Cusco**

El 27 de setiembre del 2014 a las 21:35 horas, se produjo un sismo con magnitud 5.1 ML, ubicado a 7 km al SO de la localidad de Paruro a una profundidad de 8 km. Las intensidades observadas fueron de V-VI en Paruro (Comunidad Misca) y Rondocán, y de II - III en Cusco. Produjo daños personales y materiales en la localidad de Misca, distrito de Paruro, provincia de Paruro y departamento de Cusco. De acuerdo al COE – Salud, éste sismo produjo un total de cuatro heridos y ocho fallecidos, entre ellos cuatro niños y cuatro adultos. Asimismo, cuatro instituciones educativas fueron afectadas, dos en Misca y dos en Cusibamba. (INDECI, 2015, p.29)

2.2.8. Definición de reservorio o tanque de almacenamiento

“Los reservorios o tanques de almacenamiento son estructuras especiales construidas con el objetivo de almacenar algún material o sustancia. Principalmente son utilizados para almacenar agua u otros líquidos tales como combustibles, químicos, además de almacenar vapor, etc.” (Salvá, 2014, p.35).

También pueden ser utilizados:



Para el almacenamiento de residuos, tanto sólidos como líquidos, donde pueden ser parte de un proceso productivo como almacenamiento de partículas, sedimentación, cristalización, y en ocasiones utilizados como reactores. Los tanques de almacenamiento, especialmente los tanques de agua potable, son estructuras muy importantes en la sociedad, y su correcto diseño es muy importante, ya que la pérdida de líquidos por la falla del tanque hará que el público no lo supervise, y esto se debe a la falta de agua potable para los humanos. Esto también puede causar problemas de salud. (Salvá, 2014, p.35)

2.2.8.1. Tipos de reservorio

Los reservorios de almacenamiento pueden ser elevados, apoyados y enterrados.

“**Los elevados**, que pueden tomar la forma esférica, cilíndrica, y de paralelepípedo, son construidos sobre torres, columnas, pilotes, etc.” (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004, p.18).

Los apoyados, son en su mayoría rectangulares y circulares, y están construidos directamente sobre la superficie del suelo. (p.18)

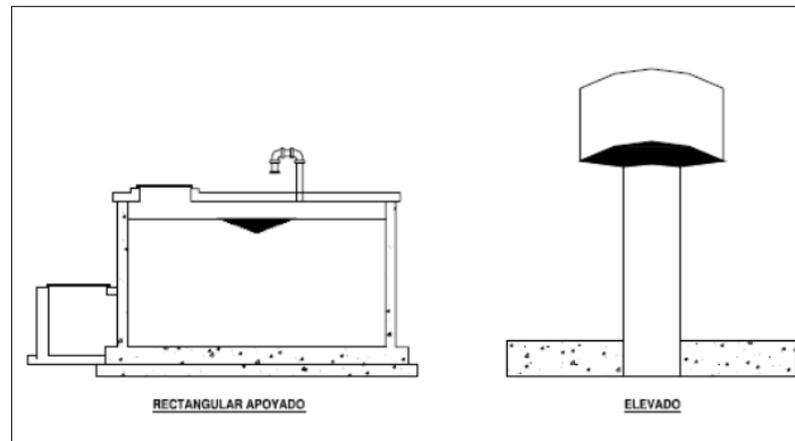
Los enterrados, de forma rectangular y circular, son construidos por debajo de la superficie del suelo (cisternas). (p.18)

Para capacidades pequeñas y medianas, como es el caso de proyectos de agua potable residencial rural, es clásico y económico construir reservorios cuadrados o circulares apoyados. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004).

De acuerdo al código técnico peruano E.030 Diseño Sismorresistente, estas estructuras se clasifican como esenciales según el **Capítulo III: Categoría, sistema estructural y regularidad de las edificaciones, Artículo 15.- Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)**, las cuales deberían continuar con su servicio ante el acontecimiento de un sismo.

Figura 13

Tipos de reservorios



Nota: Imagen proporcionada por CEPIS/OPS

Existen varios criterios para la clasificación de los reservorios. Una de las formas más básicas de clasificar los tanques es observar su geometría. Las formas más comunes incluyen rectángulos, cuadrados y cilindros. El criterio principal utilizado para determinar la forma del tanque de almacenamiento es su propósito. Esto se debe a que las propiedades del material a almacenar juegan un papel importante en la determinación del material con el que se construye el tanque. Otros criterios que se pueden usar para seleccionar un formulario incluyen el espacio disponible para construirlo, los materiales utilizados y el costo de construcción. La forma del tanque también tiene en cuenta el espesor provisto para las paredes del tanque, la relación altura-radio para tanques circulares, la relación altura-longitud para tanques rectangulares y su carga. debe soportar. (Salvá, 2014, p.20)

Figura 14

Tanque cilíndrico



Nota: Imagen proporcionada por Salvá (2014)



Figura 15

Tanque rectangular de concreto



Nota: Imagen proporcionada por Salvá (2014)

Además, los tanques se pueden clasificar según se construyan sobre el suelo o bajo tierra. Un tanque construido sobre el suelo tiene casi toda su estructura expuesta. Suelen apoyarse en el suelo o en una base de hormigón. (Salvá, 2014, p.20)

Existen otras clasificaciones de tanques como son abiertos o cerrados. Dentro de los tanques cerrados existen otras clasificaciones según la forma que tenga el techo. Esta forma se determina y elige principalmente de acuerdo con el uso previsto y el tamaño del tanque.

Algunos techos son más efectivos que otros, resistiendo la presión de los fluidos almacenados, los vientos y otras cargas que afectan la estructura.

Otra forma de clasificar los tanques o reservorios es en base a los materiales que se utilizarán en su construcción. Los materiales se eligen en función del costo del material, la facilidad y la velocidad de construcción, la resistencia a la corrosión, la compatibilidad con los materiales en existencia y, en algunos casos, la disponibilidad de materiales sí. Los materiales más utilizados son: acero, hormigón espiral, hormigón armado y aluminio. Cada uno de estos tanques tiene una serie de características que los hacen ideales para transportar un determinado tipo de líquido o material. (Salvá, 2014, p. 21)



Figura 16

Tanque cilíndrico superficial abierto



Nota: Imagen proporcionada por Salvá (2014)

Figura 17

Tanque cilíndrico superficial cerrado



Nota: Imagen proporcionada por Salvá (2014)

2.2.8.2. Definición de reservorio apoyado

“Los reservorios apoyados, que principalmente tienen forma rectangular y circular, son construidos directamente sobre la superficie del suelo” (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004, p.38)

2.2.8.3. Partes de un reservorio de una sección rectangular

“Es importante conocer la forma geométrica, las dimensiones y el volumen del reservorio, los cuales se encuentran descritos en los planos respectivos” (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004, p.38).

El reservorio consta de las siguientes partes:

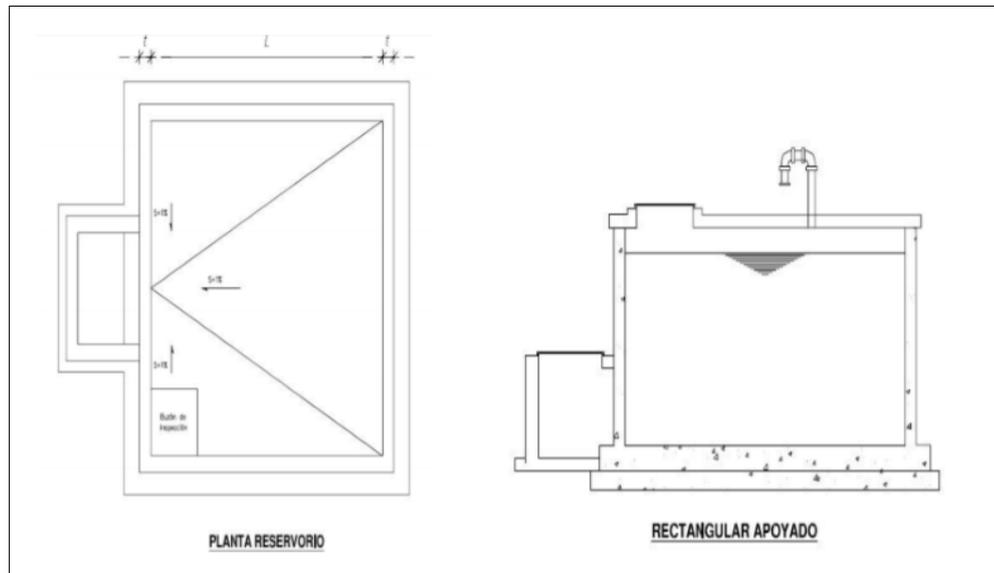
- Losa de fondo de concreto armado.

- Muros de sección rectangular de concreto armado.
- Losa de cubierta de concreto armado provista de buzón de inspección.

Además, constará de una caseta de válvulas y escalera interior.

Figura 18

Planos de un reservorio apoyado referencial



Nota: Imagen proporcionada por CEPIS/OPS

Capacidad del reservorio:

De acuerdo al Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (2004, p.40), la capacidad del reservorio está determinada por los siguientes factores:

- En la compensación de las variaciones horarias.
- En la emergencia para incendios.
- En la provisión de reservas para cubrir daños e interrupciones en la aducción o en las bombas.
- Funcionamiento como parte del sistema de distribución.

2.2.8.4. Funciones de los tanques o reservorios rectangulares

De acuerdo con Orihuela y Sanchez (2016, p. 28), “los tanques rectangulares cumplen múltiples funciones en diversas obras de la ingeniería civil, las cuales contribuyen a mejorar el medio ambiente, satisfacer necesidades requeridas por los seres humanos, animales y plantas”, como se mencionan a continuación:



- **Almacenamiento y abastecimiento de agua potable:** tanques o reservorios superficiales o apoyados, tanques elevados y tanques cisterna.
- **Almacenamiento y abastecimiento para riego:** reservorios de almacenamiento de agua para riego.
- **Con fines recreativos - deportivos:** piscinas.
- **Con fines productivos:** estanques para cultivo de peces.
- **Tratamiento de agua potable:** plantas potabilizadoras.
- **Tratamiento de aguas residuales:** desarenadores, sedimentadores, tanque imhoff, lecho de secado, laguna de estabilización, tanque séptico.
- **Conducción de aguas:** puente canal, conducto cubierto.

2.2.8.5. Definición según la norma técnica peruana (NTP) E.030 “Diseño Sismorresistente”

“Estas estructuras son catalogadas como esenciales según el **Capítulo III: Categoría, Sistema Estructural y Regularidad de las Edificaciones, Artículo 15.- Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)**, las cuales deberían permanecer en condiciones operativas luego de un sismo severo”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, p. 9)

2.2.8.6. Definición según la norma ACI 350.3-06 “Diseño Sísmico de Estructuras Contenedoras de Líquidos”

Según esta norma clasifican a los reservorios para líquidos en estructuras apoyados en tierra según su sección en base a las siguientes características:

- Configuración general (rectangular o circular).
- Tipo de unión-base (empotrada, simple, o de base flexible).
- Método constructivo (hormigón armado o pre-tensado).

1. Tanques rectangulares

Tipo 1.1 base empotrada

Tipo 1.2 base simplemente apoyada

2. Tanques circulares

Tipo 2.1 base empotrada

(1) hormigón armado

(2) hormigón pre-tensado



Tipo 2.2 base simplemente apoyada

- (1) hormigón armado
- (2) hormigón pre-tensado

Tipo 2.3 base flexible (sólo hormigón pre-tensado)

- (1) anclados
- (2) no anclados, llenos
- (3) no anclados, vacíos

2.2.9. Filosofía del análisis y diseño

El diseño de estos gabinetes requiere que el diseñador no solo cumpla con los requisitos mínimos de capacidad, sino que también considere los requisitos funcionales; Por lo tanto, el tanque debe ser capaz de soportar la carga aplicada sin agrietamiento significativo que pueda provocar fugas y pérdidas de materiales. Así como un buen diseño y construcción de conexiones y el uso de hormigón de buena calidad. (Salvá Huerta, 2014, p. 28)

Las cargas a las que se llevan a cabo el diseño y el análisis del tanque varían según una serie de razones, como la ubicación del tanque, cuál es la función principal del tanque, qué tan crítica es la estructura y las consecuencias de ocurrir una falla en el mismo. (Salvá, 2014, p. 28)

De acuerdo a Salvá (2014, p. 28), “basándose en estos criterios podemos identificar los estados de carga para los cuales se podría analizar y diseñar un tanque” y estas son:

- Cargas gravitacionales
- Cargas por presiones internas
- Cargas sísmicas
- Cargas de viento.

2.2.9.1. Objetivos de diseño sísmico

La peculiaridad del problema sísmico radica no solo en la complejidad de la respuesta estructural a los efectos dinámicos sísmicos, sino sobre todo en la imprevisibilidad del fenómeno y su intensidad, muy poco probable que ocurra a lo largo de la vida. Por lo tanto, el diseño de otras acciones tiene como objetivo operar la estructura dentro de un rango lineal, libre de daños, incluso en el máximo que la fuerza aplicada pueda alcanzar.



Sí, en el diseño sísmico se reconoce en general no es económicamente viable diseñar edificios para mantener la alineación antes de los terremotos de diseño. (Bazán & Meli, 2004, p.24)

El problema se plantea rigurosamente como un problema de optimización donde las inversiones razonables para garantizar la seguridad estructural deben equilibrarse frente a las probabilidades de posibles fallas. La mayoría de las reglas modernas de diseño sísmico se establecen con el objetivo de evitar el colapso, por un lado, pero aceptando daños en caso de un sismo particularmente severo que pueda ocurrir a lo largo de su vida útil. Por otro lado, para evitar cualquier tipo de daño en caso de un sismo moderado con alta probabilidad de colapso. (Bazán & Meli, 2004, p.24)

2.2.9.2. Análisis de la estructura

Tipos de diseño de un reservorio

Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería Costa Rica (2010, p. 35) “la construcción de un reservorio se involucra básicamente en dos tipos de diseños”:

A. Estructural

“Se relaciona al sistema de muro (pantalla) que se va a utilizar como presa y cuya función es detener el cauce natural en una zona tras la cual se forma una represa (el estanque o piscina para almacenar el agua)” (p. 35).

“Dependiendo del tamaño de la presa y sobre todo de la altura y profundidad del reservorio, este muro puede ser desde el más básico (tabiques de madera o muros reforzados con tierra o piedra) hasta grandes barreras de hormigón armado. Utilizado en grandes presas para generar electricidad.” (p. 35).

B. Hidráulico

“Se determina las dimensiones requeridas para las tuberías de conducción y manejo de los niveles de almacenamiento del líquido” (Ministerio de Agricultura y Ganadería Costa Rica, 2010, p. 35).

2.2.9.3. Aspectos principales del diseño sísmico

Según Bazán y Meli (2004, p.21), los aspectos a tener en cuenta son los siguientes:

La selección de un sistema estructural adecuado: Los sistemas estructurales deben ser capaces de absorber y disipar la energía introducida por los terremotos sin que se generen efectos particularmente adversos tales como concentración o difusión. (p. 21)



El análisis sísmico: Las regulaciones definen la actividad sísmica para la cual se deben calcular las respuestas estructurales y proporcionar métodos analíticos más o menos detallados. (p. 22)

El dimensionamiento de las secciones.

Detallado de la estructura: Para que las estructuras tengan un comportamiento dúctil es necesario detallar sus elementos y conexiones para dotarlos de una importante capacidad de deformación antes del colapso. (p. 22)

2.2.10. Normas técnicas para el análisis de reservorios apoyados

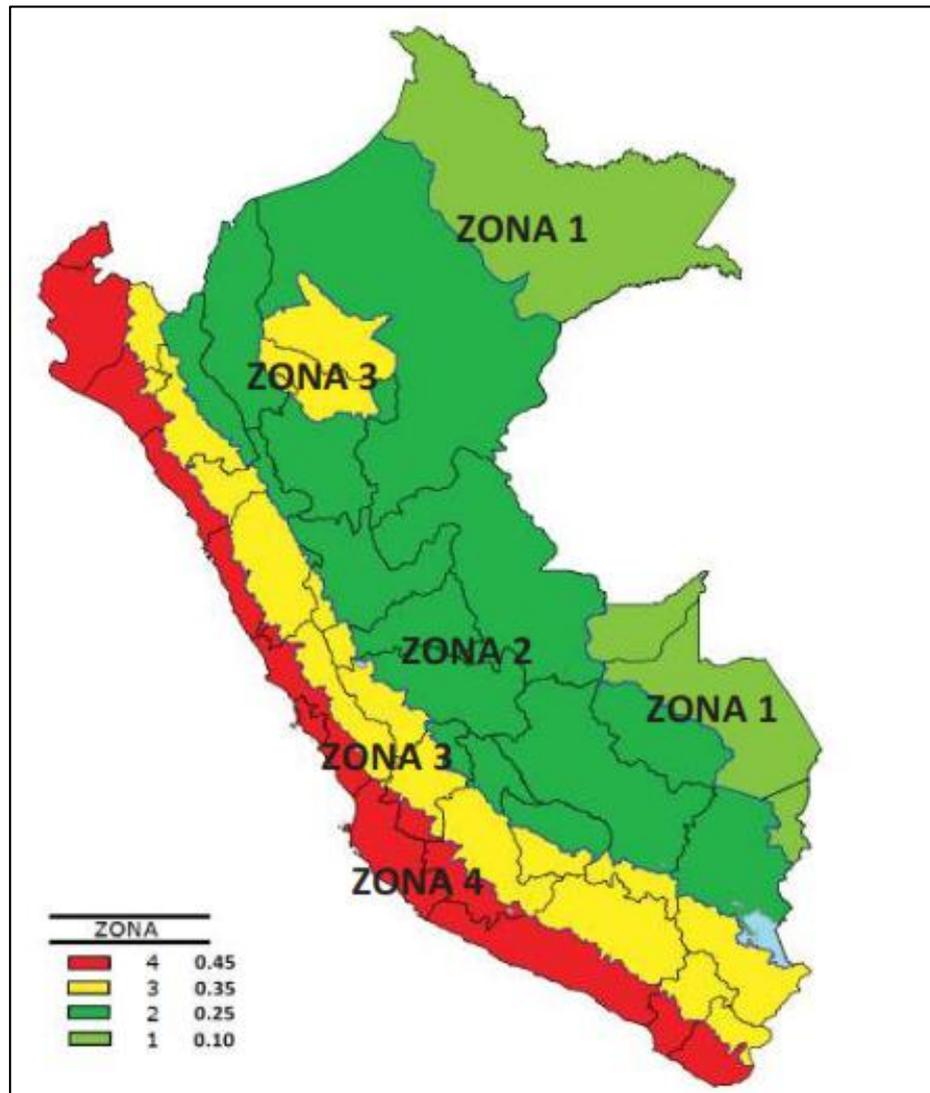
“En Perú no se dispone de una norma específica para realizar el análisis y diseño de estructuras hidráulicas, como lo son, los reservorios apoyados de forma rectangular. Existen códigos o normas extranjeras que proporcionan recomendaciones mínimas a tener en cuenta durante la etapa de análisis y diseño” (Huaríngá, 2015, p. 38).

2.2.11. Norma técnica peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

2.2.11.1. Zonificación

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Figura 19. La división propuesta se basa en la distribución espacial de los sismos observados, en las características generales de los movimientos sísmicos y su mitigación según la distancia del epicentro, así como en la información neotectónica. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018. p. 12)

Figura 19
Zonas sísmicas



Nota: Imagen proporcionada por la Norma Técnica Peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

A cada región se le asigna un factor “Z” como se muestra en la Tabla 1. Este factor se interpreta como la aceleración de fondo máxima con una probabilidad de exceder el 10% durante 50 años. El factor "Z" se expresa como una fracción de la aceleración debida a la gravedad.



Tabla 2

Factores de zona

Factores de zona "Z"	
Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Nota: Imagen proporcionada por la Norma Técnica Peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

2.2.11.2. Perfiles de suelo

Los tipos de perfiles de suelos son cinco:

a) Perfil tipo S0: Roca dura:

Este tipo corresponde a rocas acústicas con una velocidad de propagación de ondas de corte \bar{V}_s superior a 1500 m/s. Las medidas corresponden al sitio del proyecto o a perfiles de la misma roca en la misma formación con igual o mayor intemperismo o fracturas. Cuando se sabe que la roca sólida es continua hasta una profundidad de 30 metros, las mediciones de la velocidad de la onda de corte superficial se pueden usar para estimar el valor de \bar{V}_s . (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018. p. 13)

b) Perfil tipo S1: Roca o suelos muy rígidos

Este tipo corresponde a rocas con diferentes grados de fractura, masas homogéneas y los suelos extremadamente duros con velocidades de propagación de ondas de corte \bar{V}_s , entre 500 m/s y 1500 m/s. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018. p. 13)

c) Perfil tipo S2: Suelos intermedios

Esta categoría corresponde a suelos medianamente duros, con velocidades de propagación de ondas de corte \bar{V}_s , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyendo casos basados en: arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT \bar{N}_{60} , entre 15 y 50; y suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada \bar{S}_u , entre 50 kPa (0,5 kg/cm²) y 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas aumentan con la profundidad. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018. p. 13)



d) Perfil tipo S3: Suelos blandos

Esta clase incluye suelos blandos con velocidades de propagación de onda de corte \bar{V}_s , menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre: arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT \bar{N}_{60} menor que 15; y suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada \bar{S}_u , entre 25 kPa (0,25 kg/cm²) y 50 kPa (0,5 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas y físicas que aumentan gradualmente con la profundidad. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018. p. 13)

e) Perfil tipo S4: Condiciones excepcionales

Esta categoría corresponde a suelos particularmente blandos y ubicaciones con condiciones geológicas y/o topográficas particularmente desfavorables que requieren una investigación específica del sitio. Considere la configuración tipo S4 una vez que el estudio de mecánica de suelos (EMS) haya determinado la configuración tipo S4. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018. p. 13)

2.2.11.3. Parámetros de sitio

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018. p. 12), se debe considerar el tipo de perfil de suelo que mejor represente las condiciones locales, utilizando los valores respectivos para la ganancia de suelo S y de los periodos T_P y T_L que se dan en la tabla a continuación.

Tabla 3
Factor de suelo

		Factor de suelo			
Zona	Suelo	S0	S1	S2	S3
	Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
	Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
	Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
	Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

Nota: Imagen proporcionada por la Norma Técnica Peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”



Tabla 4
Periodos "T_P" y "T_L"

Periodos "T _P " Y "T _L "				
	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
T_P	0.3	0.4	0.6	1.0
T_L	3.0	2.5	2.0	1.6

Nota: Imagen proporcionada por la Norma Técnica Peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"

2.2.11.4. Factor de amplificación sísmica (C)

De acuerdo al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018. p. 13), según las propiedades de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por los siguientes enunciados:

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

$$T_P < T < T_L \quad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right) \quad (1)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right); C \leq 2.5$$

Este factor se entiende como el factor de amplificación de la aceleración de la estructura con respecto a la aceleración del terreno.

2.2.11.5. Categoría de las edificaciones y factor de uso

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018. p. 15), cada estructura se clasificará de acuerdo con las categorías que se muestran en la Tabla 4, el factor de uso o importancia (U), especificado en esta tabla se usa según la clasificación realizada.

Para edificios con aislamiento sísmico en la base se podrá considerar $U = 1$.

Tabla 5
Categoría de edificaciones

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistema masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso pueden representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas, y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	1.5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1.3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1.0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Nota: Imagen proporcionada por la Norma Técnica Peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”



Nota 1: Las edificaciones nuevas de Categoría A1 tendrán aislamiento sísmico en la base cuando estén ubicadas en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la autoridad responsable podrá decidir si se utiliza o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor U debe ser de al menos 1,5.

Nota 2: En dichas edificaciones, a discreción del diseñador, se debe proporcionar suficiente resistencia y rigidez para los impactos laterales. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, p. 15)

2.2.11.6. Sistemas estructurales

Sistemas estructurales y coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas

Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales utilizados y los sistemas estructurales sismorresistente en cada dirección de análisis, tal como se muestra en la Tabla 5.

En la dirección de análisis, tomarán los coeficientes que contengan más de un sistema estructural, se tomará el menor coeficiente R que corresponda.

Tabla 6
Sistemas estructurales

Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R_o (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
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	7(**)

Nota: Imagen proporcionada por la Norma Técnica Peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”



(*) Estos coeficientes se aplican únicamente a estructuras donde los elementos verticales y horizontales permiten disipar de la energía asegurando la estabilidad de la estructura. No se aplica a estructuras del tipo péndulo invertido.

(**) Para diseño por esfuerzos admisibles.

2.2.11.7. Modelos para el análisis

El modelo analítico debe tener en cuenta la distribución espacial adecuada de masa y rigidez para calcular los aspectos más importantes del comportamiento dinámico de la estructura. A los efectos de la norma, se pueden analizar estructuras de hormigón armado y mampostería teniendo en cuenta la inercia de las secciones rugosas, ignorando fisuras y armaduras. Para edificios donde se puede esperar razonablemente que los sistemas de piso actúen como diafragmas rígidos, modele con concentración de masa y tres grados de libertad para cada diafragma asociada con dos componentes ortogonales de desplazamiento horizontal y movimiento de rotación. En este caso, la deformación de los elementos debe ser consistente con la condición del diafragma rígido, y la distribución de las fuerzas transversales en el suelo debe depender de la rigidez de los elementos de apoyo. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, p. 15)

“Se deberá verificar que los diafragmas tengan la rigidez y resistencia suficiente para asegurar la distribución antes mencionada, en caso contrario, se toma en cuenta su flexibilidad para la distribución de las fuerzas sísmicas” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, p. 15).

2.2.11.8. Análisis dinámico modal espectral

“Cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral según lo especificado en este numeral”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, p. 15)

2.2.11.9. Modos de vibración

Los modos de vibración se pueden determinar mediante un procedimiento analítico que considere adecuadamente las propiedades de rigidez y la distribución de masa.

En cada dirección, se debe considerar que estos modos de vibración tienen una masa efectiva total de al menos el 90% de la masa total, pero se deben considerar al menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, p. 15)



2.2.11.10. Aceleración espectral

Para cada una de las direcciones horizontales examinadas se utilizará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g \quad (2)$$

“Para el análisis en la dirección vertical se puede utilizar un espectro con valores iguales a los 2/3 del espectro empleado para las direcciones horizontales” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, p. 16)

2.2.11.11. Criterios de combinación

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018, p. 16), a través de las referidas normas comunes, se puede lograr la máxima respuesta elástica esperada (r) tanto para los esfuerzos internos en los elementos que componen la estructura, como para los parámetros generales del edificio como la resistencia al corte en la base, cortantes de entrepiso, momentos de volteo, desplazamientos totales y relativos de entrepiso. La respuesta máxima elástica esperada (r) correspondiente al efecto conjunto de los diferentes modos de vibración empleados (r_i) se puede determinar utilizando un conjunto de valores cuadráticos completos, y el valor se calcula para cada modo.

$$r = \sqrt{\sum \sum r_i \cdot \rho_{ij} \cdot r_j} \quad (3)$$

Donde r representa las respuestas modales, desplazamientos o fuerzas. Y la proporción de correlación están dados por:

$$\rho_{ij} = \frac{8 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \lambda) \cdot \lambda^{3/2}}{(1 - \lambda^2)^2 + 4 \cdot \beta^2 \cdot \lambda \cdot (1 + \lambda)^2} \quad \lambda = \frac{\omega_j}{\omega_i} \quad (4)$$

$\beta = 0,05$, fracción del amortiguamiento crítico, que se puede asumir constante para todos los modos; ω_i , ω_j son las frecuencias angulares de los modos i , j .

2.2.11.12. Fuerza cortante mínima

Para cada dirección considerada en el análisis, el esfuerzo cortante del primer entrepiso del edificio no será inferior al 80% de los valores calculados según los modelos analíticos para estructuras convencionales, y no inferior al 90% para la estructura irregular. . . Si es necesario aumentar el corte para cumplir con un mínimo especificado,

todos los demás resultados obtenidos se escalan a escala, excepto las compensaciones. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, p. 15)

2.2.11.13. Desplazamientos laterales relativos admisibles

De acuerdo al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018, p. 16), el máximo desplazamiento relativo de entrepiso, no deberá sobrepasar la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la Tabla 7.

Tabla 7

Límites para desplazamiento lateral de 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

Nota: Imagen proporcionada por la Norma Técnica Peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

2.2.11.14. Análisis estático

2.2.11.14.1. Fuerza cortante en la base

Conforme al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018, p. 16), la fuerza cortante total en la base de la estructura, corresponde a la dirección considerada, se establece por la siguiente expresión:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P \quad (5)$$

El valor de C/R no se considera menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0.11 \quad (6)$$

2.2.11.14.2. Distribución de fuerza sísmica en altura

De acuerdo al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018, p. 17), las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i , correspondientes a la dirección considerada, se calculan mediante:

$$F_i = \alpha_i \cdot V \quad (7)$$



$$\alpha_i = \frac{P_i \cdot (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j \cdot (h_j)^k}$$

Donde n es el número de pisos del edificio, k es una potencia relacionada con el período fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo:

- a) Para T menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1,0$.
- b) Para T mayor que 0,5 segundos: $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$.

2.2.11.14.3. Periodo fundamental de vibración

De acuerdo al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018, p. 17), el período fundamental de vibración para cada dirección se estima con la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_T} \quad (8)$$

2.2.12. Diseño Sísmico De Estructuras Contenedoras de Líquidos (Norma ACI 350.3-06)

2.2.12.1. Requerimientos de diseño

Las paredes, pisos y techos de las instalaciones que contienen fluidos están diseñados para resistir la aceleración de diseño (horizontal y vertical), junto con los efectos de las cargas estáticas del diseño aplicado.

En cuanto a las aceleraciones horizontales, se debe tener en cuenta en el diseño: el efecto de transferencia de las secciones inferiores combinadas entre la pared y la cimentación y entre la pared y el techo y la presión dinámica que actúa sobre las paredes de la cimentación.

Los efectos de la máxima aceleración lateral y longitudinal se combinan mediante el método de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados. (ACI COMMITTEE 350, 2006).

2.2.12.2. Cargas sísmicas de diseño

Según la norma ACI COMMITTEE 350 (2006, p. 18) tenemos las siguientes fuerzas:

A. Presiones sísmicas sobre la base



Las paredes de las estructuras que contienen fluidos están diseñadas para las siguientes fuerzas dinámicas sumadas a la presión hidrostática:

- Fuerzas de inercia P_w y P_r .
- El choque de la presión hidrodinámica P_i del líquido que contiene.
- Presión convectiva hidrodinámica P_c del líquido que contiene.
- La resistencia dinámica del suelo como resultado del efecto del suelo saturado y no saturado sobre el muro enterrado.
- El efecto de la aceleración vertical.

B. Fuerzas dinámicas laterales

Las fuerzas dinámicas laterales se determinarán sobre la base de la siguiente manera:

$$P_w = C_i \cdot I \cdot \left(\frac{\varepsilon \cdot W_w}{R_i} \right) \quad (9)$$

$$P'_w = C_i \cdot I \cdot \left(\frac{\varepsilon \cdot W'_w}{R_i} \right) \quad (10)$$

$$P_r = C_i \cdot I \cdot \left(\frac{W_r}{R_i} \right) \quad (11)$$

$$P_i = C_i \cdot I \cdot \left(\frac{W_i}{R_i} \right) \quad (12)$$

$$P_c = C_c \cdot I \cdot \left(\frac{W_c}{R_c} \right) \quad (13)$$

Donde:

P_w : Fuerza de inercia del muro.

P_r : Fuerza de inercia de la cubierta.

eW_w : La masa efectiva del muro del tanque.

eW_r : La masa efectiva de la cubierta del tanque.

W_i : Componente impulsiva de la masa del líquido.

W_c : Componente convectiva de la masa del líquido.

Z : Factor de zona sísmica.

C_i : Factor de amplificación espectral impulsiva.



Cc: Factor de amplificación espectral convectiva.

I: Factor de seguridad.

Rwi: Factor de modificación de respuesta impulsiva.

Rwc: Factor de modificación de respuesta convectiva.

C. Corte basal total

El corte basal debido a fuerzas sísmicas aplicado en el fondo del estanque será determinado por la siguiente ecuación:

$$V = \sqrt{(P_i + P_w + P_r)^2 + P_c^2} \quad (14)$$

Donde:

Pi: Fuerza total impulsiva

Pc: Fuerza total convectiva

D. Fuerzas dinámicas laterales

El momento de flexión a través de la sección transversal del estanque, justo por encima del fondo de la pared del estanque:

$$M_w = P_w \cdot h_w \quad (15)$$

$$M_r = P_r \cdot h_r \quad (16)$$

$$M_i = P_i \cdot h_i \quad (17)$$

$$M_c = P_c \cdot h_c \quad (18)$$

Cuando corresponda, "las fuerzas laterales dinámicas debidas a las presiones de la tierra y el agua que actúan sobre las paredes de la parte sumergida del estanque deben tenerse en cuenta para determinar el momento del fondo del estanque". (ACI Committee 350, 2006, p. 14)

E. Aceleración vertical

Según la norma ACI Committee 350 (2006, p. 14), los estanques deben diseñarse para soportar los efectos de la aceleración vertical. En ausencia de un espectro de respuesta



específico de la posición, el cociente b entre las aceleraciones vertical y horizontal no debe ser inferior a $2/3$. La carga hidrostática q_{hy} del componente del tanque se multiplica por la aceleración espectral \ddot{u}_v para representar la aceleración vertical.

La presión hidrodinámica resultante p_{vy} será calculada por la siguiente expresión:

$$p_{vy} = \ddot{u}_v \cdot q_{hy} \quad (19)$$

Donde:

p_{vy} : Presión hidrodinámica

\ddot{u}_v : Aceleración efectiva espectral

q_{hy} : Carga hidrostática

F. Aplicación de espectros de respuesta específicos

Espectros de respuesta específicos para el movimiento del suelo con un 10 % de probabilidad a 50 años y un 5 % de amortiguamiento (tasa de amortiguamiento $\beta=5$) para el componente impulsivo y un 0,5 % de amortiguamiento para el componente convectivo (cociente de amortiguamiento $\beta = 0,5$).

Tabla 8

Factor de zona sísmica Z

Zona sísmica	Factor "Z"
1	0.075
2A	0.15
2B	0.2
3	0.3
4	0.4

Nota: Imagen proporcionada por la ACI COMMITTEE 350 (2006)



Tabla 9

Coefficiente de perfil de suelo S

Tipo	Descripción del perfil	Coefficiente
A	Perfil con: (a) material rocoso caracterizado por una velocidad de onda de corte mayor que 2500 pies/seg. (762 m/s), o por otra forma conveniente de clasificación; o (b) medio-densa a densa o semi-rígido a rígido con profundidades menores a 200 pies (60960 mm).	1.0
B	Un perfil de suelo con predominación de condiciones de suelo-densa a densa o semi-rígida a rígida, donde la profundidad del estrato excede 200 pies (60960 mm).	1.2
C	Un perfil de suelo con más de 20 pies (60960 mm) de arcilla blanda a medio-rígido, pero no más de 40 pies (12192 mm) de arcilla blanda.	1.5
D	Un perfil de suelo con más de 40 pies (12192 mm) de arcilla blanda caracterizado por una velocidad de onda de corte menor que 500 pies/seg (152.40 m/s).	2.0

Nota: Imagen proporcionada por la ACI COMMITTEE 350 (2006)

Tabla 10

Factor de importancia I

Uso de estanque	Factor I
Estanques que contienen material peligroso.	1.5
Estanques cuyo material contenido es usable para distintos propósitos después de un terremoto, o estanques que son parte de sistemas de salvataje.	1.25
Otros	1.0

Nota: Imagen proporcionada por la ACI COMMITTEE 350 (2006)



Tabla 11

Factor de modificación de la respuesta R_w

Tipo de estructura	R_{wi} superficial o en pendiente	Enterrado	R_{wc}
A. Anclados, base flexible	4.75	4.5+	1.0
B. Empotrados o simple apoyo	2.75	4	1.0
C. No anclados, llenos o vacíos **	2.0	2.75	1.0
D. Estanques elevados	3.0	-	1.0

Nota: Imagen proporcionada por la ACI COMMITTEE 350 (2006)

2.2.12.3. Distribución de cargas sísmicas

De acuerdo con el Comité 350 de ACI (2006, p. 14), en ausencia de un análisis más riguroso para tener en cuenta las variaciones complejas en las presiones hidrodinámicas horizontales y verticales, las estructuras portadoras de fluidos deben diseñarse de acuerdo con los siguientes requisitos. la distribución de carga estática tiene las siguientes distribuciones dinámicas de corte y presión.

A. Transferencia de corte

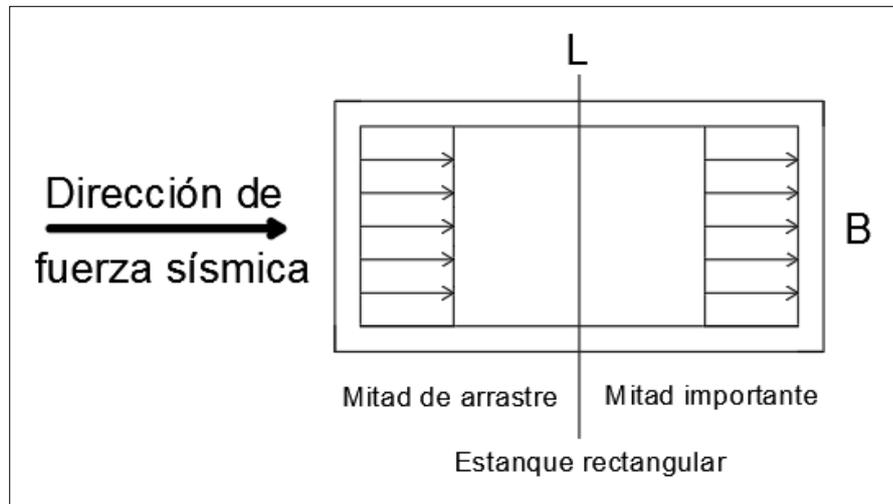
La fuerza sísmica horizontal V provoca desplazamiento entre muros y cimientos y entre muros y techos.

Las juntas muro-piso, muro-muro y muro-cubierta de estanques rectangulares deben ser diseñados para las fuerzas de corte sísmicas según los fundamentos del siguiente mecanismo de transferencia de corte:

- Muros perpendiculares a la dirección de la fuerza sísmica deben ser analizados como losas, sujetos a presiones horizontales tal como se puede observar en la Figura 20. El corte a través de las juntas de fondo y laterales, y las juntas superiores en el caso de estanques con cielo cubierto, deben corresponder a las reacciones de las losas. (p. 15)
- Muros paralelos a la dirección de la fuerza sísmica deben ser analizados como muros de corte sujetos fuerzas en el plano, observadas en la Figura 20.

Figura 20

Distribución de presión hidrodinámica en las paredes del estanque



Nota: Imagen proporcionada por la ACI COMMITTEE 350 (2006)

B. Distribución de fuerzas dinámicas sobre la base

Los muros perpendiculares a la fuerza sísmica y en la mitad de importancia (leading half) del estanque, debe ser cargada perpendicular a su plano (dimensión **B**), por:

- La fuerza de inercia propia del muro **P**.
- La mitad de la fuerza impulsiva **P_i**.
- La mitad de la fuerza convectiva **P_c**.

Los muros paralelos a la fuerza sísmica deben ser cargados en su plano (dimensión **L**), por:

- La fuerza de inercia propia de muro en ese plano.
- Las fuerzas laterales correspondientes a las reacciones de borde de los muros colindantes.

Superpuesto a estas fuerzas laterales no-balanceadas, debe estar la fuerza hidrodinámica lateral, que resulta de la presión hidrodinámica debido al efecto de la aceleración vertical p_{vy} , que actúa en cada pared. (ACI COMMITTEE 350, 2006)

2.2.12.4. Fuerzas dinámicas combinadas para estanques rectangulares

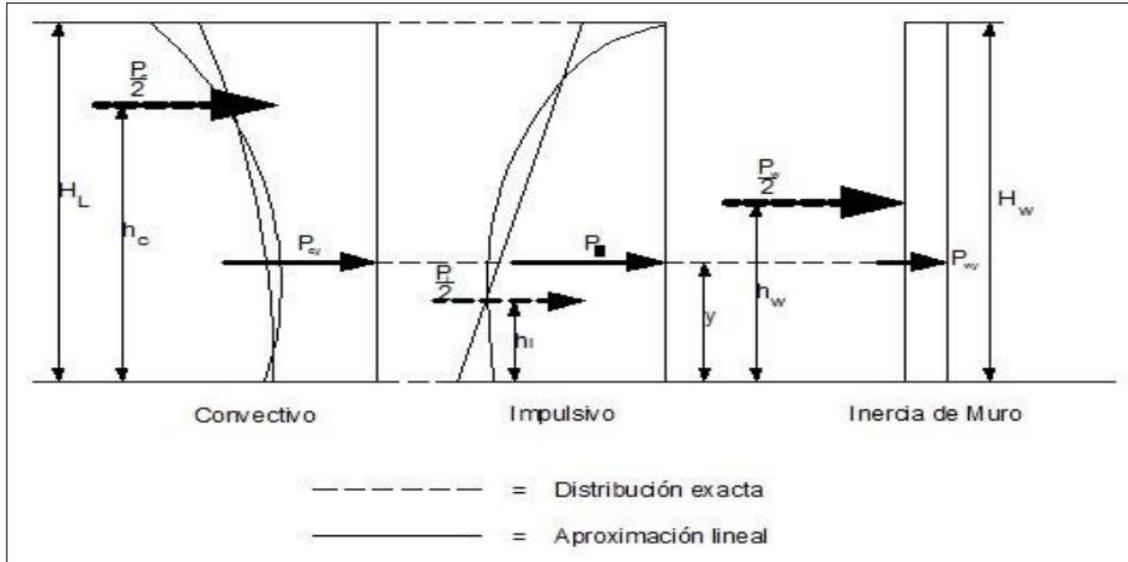
Según la norma ACI COMMITTEE 350 (2006, p.16), las fuerzas hidrodinámicas a una altura y dada desde la base, debe ser determinada por la siguiente ecuación:

$$P_y = \sqrt{(P_{iy} + P_{wy})^2 + (P_{cy})^2 + (pvy \cdot B)^2} \quad (20)$$

Donde sea aplicable, el efecto dinámico de la tierra y presiones de aguas subterráneas contra la porción enterrada de los muros, debe ser incluido.

Figura 21

Distribución de fuerzas verticales en estanques rectangulares



Nota: Imagen proporcionada por la ACI COMMITTEE 350 (2006)

$$P_{wy} = \frac{Z \cdot S \cdot I \cdot \left(\frac{C_i}{R_{wi}}\right) \cdot (\varepsilon \cdot \gamma_c \cdot B \cdot t_w)}{12} \quad (21)$$

$$P_{wy} = Z \cdot S \cdot I \cdot \left(\frac{C_i}{R_{wi}}\right) \cdot (\varepsilon \cdot \gamma_c \cdot B \cdot t_w) \quad (22)$$

$$P_{iy} = \frac{\left(\frac{P_i}{2}\right) \cdot \left(4H_L - 6H_i - (6H_L - 12h_i) \cdot \left(\frac{y}{H_L}\right)\right)}{(H_L)^2} \quad (23)$$

$$P_{cy} = \frac{\left(\frac{P_c}{2}\right) \cdot \left(4H_L - 6H_c - (6H_L - 12h_c) \cdot \left(\frac{y}{H_L}\right)\right)}{(H_L)^2} \quad (24)$$

Según la norma ACI COMMITTEE 350 (2006, p.17), la distribución de presiones dinámicas a través del muro de ancho B, es

$$P_{wy} = \frac{P_{wy}}{B} \quad (25)$$



$$P_{iy} = \frac{P_{iy}}{B} \quad (26)$$

$$P_{cy} = \frac{P_{cy}}{B} \quad (27)$$

$$P_{vy} = \ddot{u}_v \cdot q_{hy} \quad (28)$$

2.2.12.5. Esfuerzos

Bajo fuerzas sísmicas horizontales, los esfuerzos de flexión y cortante verticales y horizontales en los muros y en la parte inferior de los muros se calcularán como si fueran losas utilizando distribuciones de presión aceptables. (ACI COMMITTEE 350, 2006, p. 20)

2.2.13. Hidrodinámica

Estudia el comportamiento del movimiento de los fluidos; en sí la hidrodinámica se fundamenta principalmente en los fluidos incompresibles es decir los líquidos; para ello considera la velocidad, presión, flujo y gasto.

El estudio de los líquidos en movimiento considera que:

- Son completamente incompresibles.
- Ideales, esto es que carecen de viscosidad.
- El flujo es estacionario o estable, porque se considera que la velocidad de cada partícula de líquido que pasa por el mismo punto es igual.

“Se aplica en el diseño y construcción de presas, canales, acueductos, cascos de barcos, aviones, hélices, turbinas, frenos, amortiguadores, colectores pluviales entre otras aplicaciones” (Del Ángel, 2014, p. 26).

2.2.13.1. Efectos hidrodinámicos

Cuando una estructura que está en contacto o contiene agua en su interior, es sometida a una excitación lateral, cierta porción del líquido actúa como si fuera un cuerpo sólido de masa “Mo” unido rígidamente a las paredes. Si se supone que el recipiente se mueve como cuerpo rígido de modo que las paredes y el fondo tengan la misma aceleración, esa masa ejerce sobre las paredes una fuerza lateral impulsiva proporcional a la aceleración del recipiente. Asimismo, otra parte del líquido actúa como si fuera un

cuerpo sólido de masa “ M_1 ” unido elásticamente a las paredes. Debido al soporte flexible se presenta un fenómeno de amplificación dinámica, por lo que esa masa ejerce sobre las paredes una fuerza lateral convectiva proporcional a la aceleración amplificada que experimenta ella. (Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, 2006, p. 44)

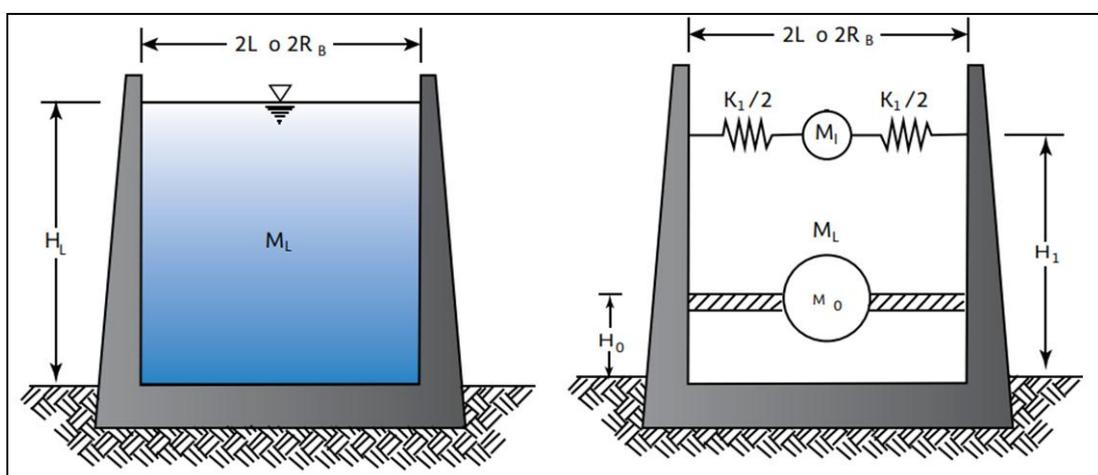
Para el diseño sísmico de estructuras que estén en contacto con al agua es necesario tomar en consideración la masa del conjunto (estructura-agua) así como los efectos hidrodinámicos del agua en movimiento. Las paredes y el fondo del cuerpo se someten a presiones hidrodinámicas impulsivas, debidas al impacto del líquido y también a presiones convectivas se deben a las oscilaciones del fluido.

En el diseño estructural se establecen las ecuaciones de equilibrio dinámico para un sistema equivalente que permita describir los efectos de inercia producidos sobre la estructura y se obtienen las respuestas de diseño mediante la aplicación del método modal espectral.

El sistema equivalente considera reemplazar el fluido almacenado por dos masas virtuales ligadas al recipiente. Una masa impulsiva, ligada rígidamente, que representa los efectos hidrodinámicos debidos al movimiento de cuerpo rígido del recipiente y una masa convectiva, ligada flexiblemente, que representa los efectos hidrodinámicos debidos al modo fundamental de vibración del líquido. (Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, 2006, p. 45)

Figura 22

Analogía de las masas virtuales adheridas en un depósito superficial



Nota: Imagen proporcionada por el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (2006)



2.2.14. Método de Housner

2.2.14.1. Modelo mecánico para tanques

El modelo más utilizado es el desarrollado por G.W. Housner. El modelo utiliza como requisito el espectro de diseño, donde se determina la máxima respuesta sísmica y el espectro pertenece al dominio de análisis.

Housner, en su modelo, describe el movimiento del agua contenida en un tanque de paredes rígidas mediante un modelo en el que una parte de la masa total de agua está asociada con el movimiento de la pared del tanque y la masa de impacto nombrada. La otra parte, por otro lado, está modelada por una masa en movimiento conectada a la pared del tanque por resortes y se llama masa convectiva. (Housner, 1963, P. 16)

Housner (1963) hizo un análisis exhaustivo considerando solo los efectos de una componente horizontal del movimiento del suelo, definiendo un modelo simplificado considerando que una parte del líquido contenido del tanque se movía rígidamente con éste y que la otra parte actuaba como una masa sujeta a las paredes por medio de resorte para así lograr representar el chapoteo del líquido. Como ya se había mencionado anteriormente los efectos dinámicos de la porción del líquido adherido en forma líquida a la pared del tanque se denominan como presiones impulsivas, mientras que los efectos del movimiento oscilatorio del fluido se conocen como presiones convectivas. (p.19)

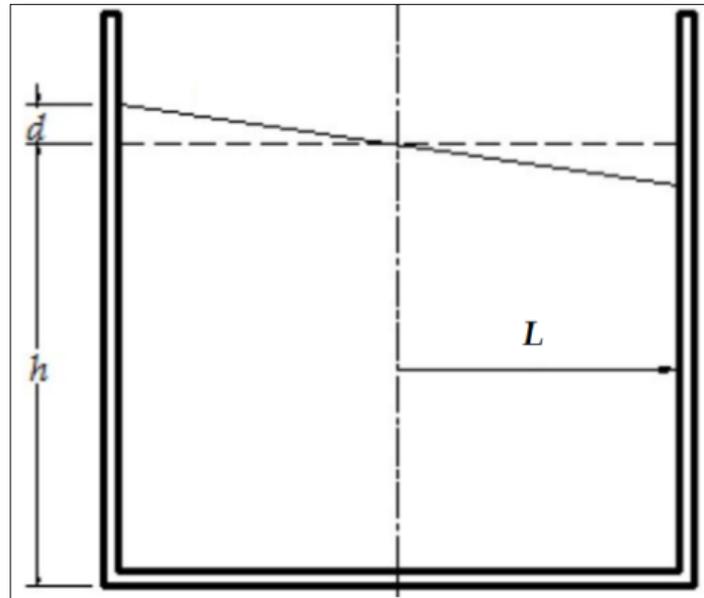
2.2.14.2. Fenómeno de sloshing o análisis de oleaje

De acuerdo con Housner (1963, p. 19), un tanque de almacenamiento de agua o reservorio sobre el suelo tendrá su contenido (el agua) excitado por oscilación inducida por un sismo provocando el fenómeno de sloshing o el oleaje y a la vez la amplitud de este fenómeno obedecerá a la intensidad del movimiento del suelo.

Si el tanque con una superficie sin agua que está sometida a la aceleración horizontal del suelo la fuerza que ejerce el agua sobre el tanque es de dos tipos.

Figura 23

Tanque con la superficie del agua oscilando



Nota: Imagen proporcionada por Housner (1963)

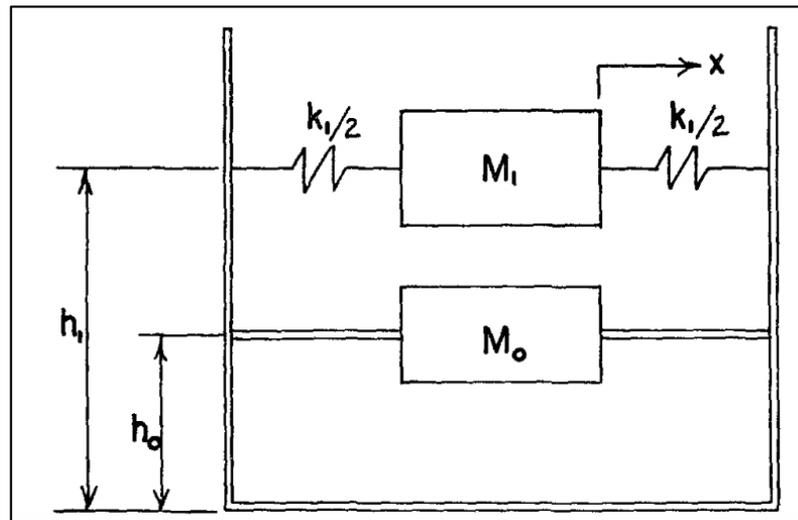
- A. Primero, a medida que la pared del tanque acelera de izquierda a derecha, una cierta porción del agua se ve obligada a participar en el movimiento, lo que resulta en una reacción en el tanque, similar a la masa “ M_0 ”. Está bien sujeto al tanque a la altura adecuada, como se muestra en la Figura 22.

La masa “ M_0 ” está relacionada con la altura h_0 , aunque la fuerza horizontal actuante esté alineada con la fuerza neta ejercida por el agua equivalente. (p. 22)

- B. Segundo, el movimiento de la pared del tanque hace que el agua vibre, lo que a su vez ejerce una fuerza vibratoria sobre el tanque. Esta fuerza vibratoria es la misma que la fuerza ejercida por la masa “ M_1 ” que puede oscilar horizontalmente con un resorte restringido, como se muestra en la Figura 24. (p. 22)

Figura 24

Fuerzas dinámicas producidas por el agua



Nota: Imagen proporcionada por Housner (1963)

Donde:

M_o : Masa impulsiva conectada rígidamente a las paredes del tanque a una altura h_o .

M_1 : Masa convectiva conectada a la pared del tanque a una altura h_i mediante un resorte de rigidez k_i .

K_i : Rigidez del resorte que conecta la masa impulsiva a la pared.

H_i : Altura de la resultante de las presiones dinámicas convectiva.

H_o : Altura de la resultante de las presiones dinámicas impulsivas.

2.2.14.3. Integración de cargas

Según ACI Committee 350 (2006, p.21), para el diseño del tanque debe considerar un rango de propiedades supuestas para determinar las cargas gravitacionales y fuerzas horizontales que se describen a continuación:

A. Carga muerta

La carga estática de diseño será el peso total de hormigón armado de columnas, vigas, muros, pisos, cimientos y accesorios. (p.21)

B. Carga viva

La carga móvil es el peso total de las personas involucradas en el montaje del tanque o durante el mantenimiento y reparación del tanque, el que sea mayor de los dos, en este caso tomaremos el peso del agua como carga móvil. (p.21)

C. Cargas laterales (sismos)

Los terremotos ejercen cargas laterales sobre las estructuras a través de la interacción de los movimientos del suelo y las características de respuesta del edificio. Este tipo de aceleración lateral es muy importante. (p.21)

2.2.15. Espectro de diseño

Al diseñar una estructura ubicada en un área de alta actividad sísmica, se requiere un espectro que tenga en cuenta la actividad sísmica regional para describir la aceleración máxima local esperada.

Para determinar el espectro se pueden utilizar los resultados de estudios locales de segmentación fina, que están permitidos por la norma general. (Meneses y Alva, 1986, p. 56)

2.2.16. Momento flector

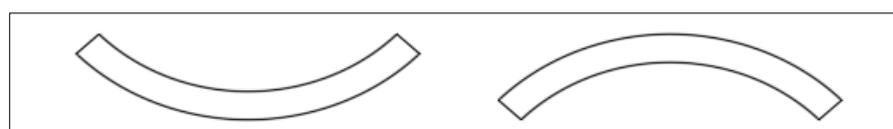
El momento flector, flexionante o flexor es la suma de los momentos de todas las fuerzas que actúan en la porción de viga a la izquierda o a la derecha de una sección, respecto al eje perpendicular al plano de las fuerzas y que pasa por el centro de gravedad centroide de la sección considerada. Analíticamente viene dado por la siguiente ecuación (Pytel & Singer, 1994, p.39):

$$M = (\Sigma M)_{izq} = (\Sigma M)_{der} \quad (29)$$

El criterio más extendido es que el momento flexionante es positivo si la flexión que produce en la viga presenta la concavidad hacia arriba, como se observa en la Figura 21. Un criterio equivalente es que las fuerzas que actúan hacia arriba respecto de cualquier sección producen momentos flexionantes positivos y las fuerzas que actúan hacia abajo dan lugar a momentos flexionantes negativos. (p.40)

Figura 25

Curvaturas correspondientes al signo del momento flexionante.



Flexión positiva

Flexión negativa

Nota: Imagen proporcionada por Pytel y Singer (1994)

El momento de flexión (o también “flexor”), o momento de flexión, es el momento de fuerza debido a la distribución de la tensión a lo largo de la sección transversal de un prisma mecánico doblado o placa perpendicular al eje longitudinal sobre el que se produce la flexión. Este es un requisito común para vigas, columnas y losas. Todos estos elementos tienden a deformarse, principalmente por flexión. Los momentos de flexión pueden ocurrir cuando estos elementos son accionados por momentos (torques) o por fuerzas específicas o distribuidas. (Ortiz, 1990, p. 32)

2.2.17. Fuerza cortante

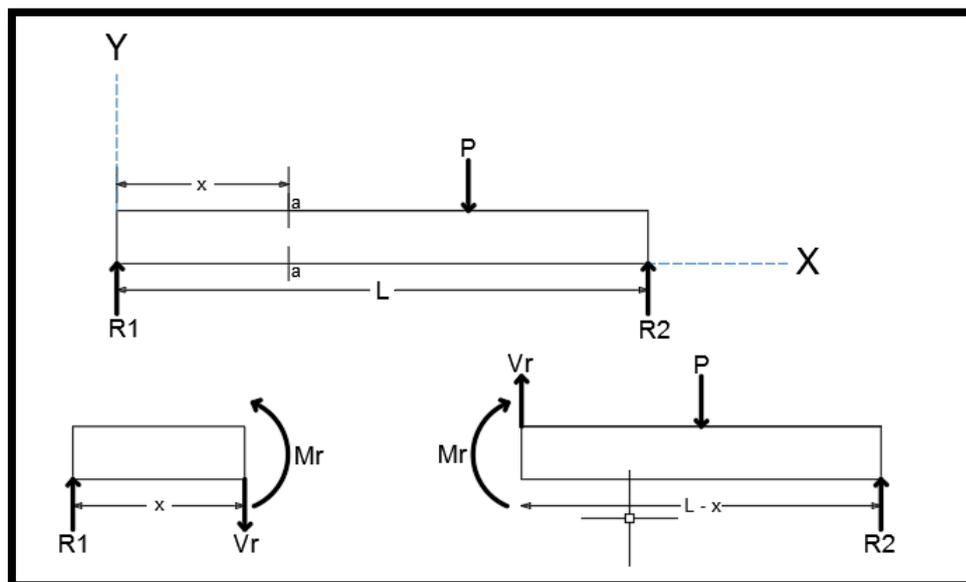
Según Ortiz (1990, p. 35), las fuerzas cortantes, de corte, de cizalla o de cortadura son fuerzas internas o resultado de esfuerzos paralelos a la sección transversal de prismas mecánicos como vigas o columnas. Se designa de diversas formas como T, V o Q.

Según Pytel & Singer (1994, p.27), la cortante, fuerza cortante o fuerza de corte vertical representada por V es la suma de los componentes verticales de las fuerzas exteriores que actúan a uno u otro lado de la sección o sumar las fuerzas que actúan en la porción de viga a la izquierda de la sección conduce a esta expresión analítica:

$$V = (\Sigma Y)_{izq} \tag{30}$$

Figura 26

Equilibrio de las partes de una viga a la izquierda y a la derecha de una sección



Nota: Imagen proporcionada por Pytel y Singer (1994)



2.2.18. Fuerzas axiales

Las fuerzas axiales son fuerzas que actúan directamente sobre el centro axial de un objeto en la dirección de su eje longitudinal. Estas fuerzas pueden ser de compresión o tracción, dependiendo de la dirección de la fuerza. Si se aplica una fuerza axial a lo largo del eje longitudinal y este eje pasa por el centro geométrico del objeto, también es una fuerza concéntrica.

De lo contrario, será una fuerza excéntrica. Las fuerzas perpendiculares al eje longitudinal de un objeto se denominan colectivamente fuerzas normales. (Ortiz, 1990, p. 46)

2.2.19. Frecuencia y periodo

Según Paz (1992, p. 32), este período suele expresarse en segundos por ciclo, o simplemente segundos por segundo, y se entiende propiamente como segundos por ciclo. El recíproco del período es la frecuencia natural resultante “f” obteniéndose:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \quad (31)$$

La frecuencia natural f suele expresarse en hercios o ciclos por segundo (cps). Dado que la cantidad ω solo difiere de la frecuencia natural f por un factor constante de 2π , a veces se le llama frecuencia natural (Paz, 1992).

Para distinguir entre estas dos expresiones de frecuencia natural, ω puede denominarse frecuencia circular o frecuencia angular. A menudo, las dos dimensiones se distinguen por contexto o entidades. Como se muestra, la frecuencia natural f se expresa en cps y la frecuencia circular ω se expresa en radianes por segundo (rad/seg) (Paz, 1992).

“La respuesta dinámica de una estructura depende de dos parámetros fundamentales: su período de vibración y la forma asumida de desplazamiento. Estos criterios son aplicables tanto a sistemas simples con un grado de libertad como a sistemas complejos con múltiples grados de libertad” (Fratelli, 2001, p. 56).

2.2.20. Tipos de excitación dinámica

Según García (1998, p. 32), cada estructura se ve afectada varias veces durante su vida por influencias dinámicas que van desde un tamaño insignificante hasta influencias que pueden poner en peligro su estabilidad. Entre los tipos de excitación dinámica que puede realizar una estructura o elemento estructural, entre otros, se encuentran:

Causada por equipos mecánicos: Esta sección incluye los efectos causados por máquinas y equipos cuyas partes rotan o se mueven regularmente (Garcia, 1998).

Causada por impacto: “El hecho de que una masa choque con otra hace que se aplique una fuerza de impacto a ambas masas, provocando vibraciones” (Garcia, 1998, p. 32).

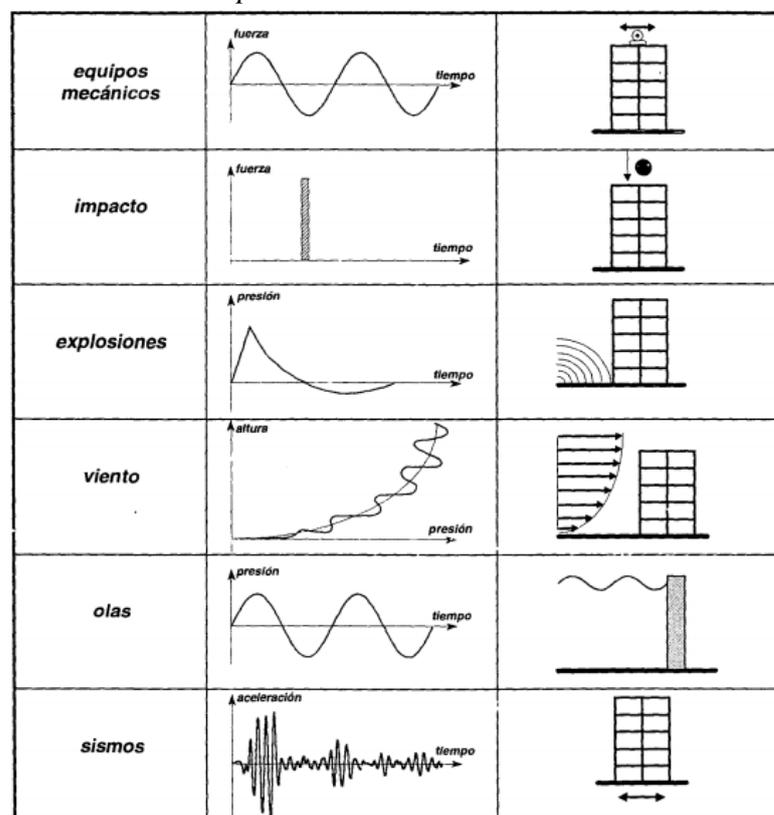
Causada por explosiones: Una explosión crea ondas de presión en el aire o movimiento del suelo. Ambos efectos afectan estructuras ubicadas cerca del lugar de la explosión (Garcia, 1998).

Causada por el viento: “La intensidad de la presión ejercida por el viento sobre las estructuras cambia con el tiempo. Esto provoca un efecto de vibración en ellos” (Garcia, 1998, p. 32).

Causada por olas: “En las estructuras hidráulicas, las olas producen efectos dinámicos que corresponden a cambios en la presión hidráulica sobre ellas” (Garcia, 1998, p. 32).

Causada por sismos: “El impacto de la deformación del suelo causada por los terremotos en las estructuras conduce a grandes vibraciones estructurales” (Garcia, 1998, p. 32).

Figura 27
Tipos de excitación dinámica



Nota: Imagen proporcionada por Garcia Reyes (1998)



2.2.21. Elementos finitos

2.2.21.1. Definición

El Método de Elementos Finitos (MEF), es un método numérico utilizado para la solución aproximada de diversos problemas de ingeniería de alto grado de complejidad cuya formulación propuesta permite que estos sean planteados con base en una serie de ecuaciones diferenciales muchas más complejas. El MEF fue desarrollado inicialmente por Richard Courant en 1943 para obtener soluciones aproximadas a un sistema de vibración (Soto, 2021).

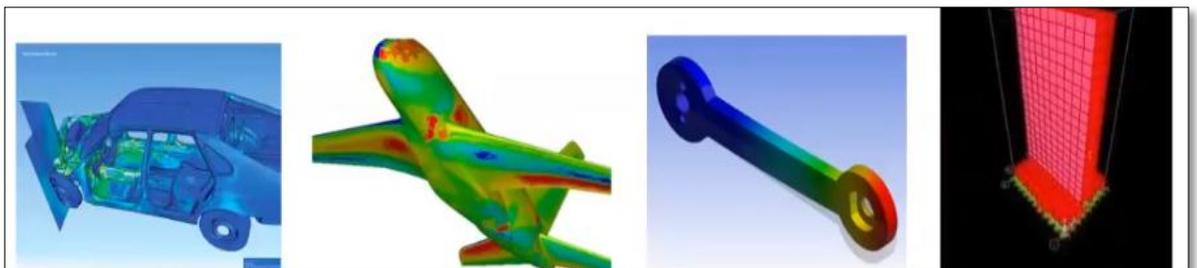
2.2.21.2. Aplicaciones

Según Soto (2021, p.8), este método puede ser aplicado en el análisis estructural para la obtención de desplazamientos, deformaciones y esfuerzos, además de que permite representar diferentes escenarios y evaluar el rendimiento de productos con aplicación de criterios de resistencia, rigidez o fatiga. Los tipos de análisis que se pueden efectuar con el MEF pueden ser estáticos o dinámicos, y ambos pueden ser lineales o no lineales. Los programas actuales de cálculo estructural a nivel profesional están basados en el MEF, como, por ejemplo:

- SAP2000
- ETABS
- ANSYS

Figura 28

Aplicaciones del MEF de acuerdo con el tipo de ingeniería

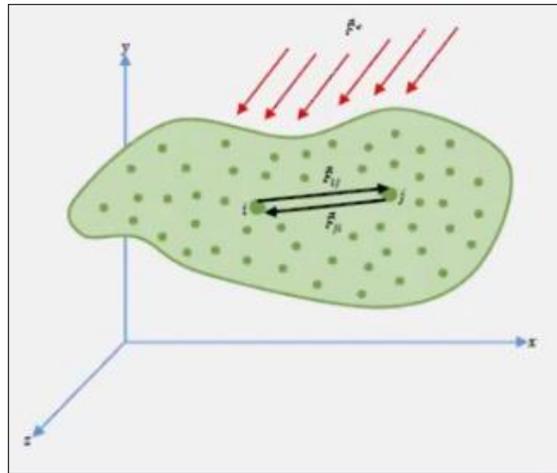


Nota: Imagen proporcionada por (Soto, 2021)

MEF permite obtener una solución aproximada sobre un objeto o dominio (medios continuos). Una ecuación diferencial particular se define en una forma débil que caracteriza el comportamiento físico del problema. Esto lo divide en una serie de subdominios llamados “Elemento finito” (Soto, 2021).

Figura 29

Representación de un medio continuo sometido a un sistema de fuerzas externas

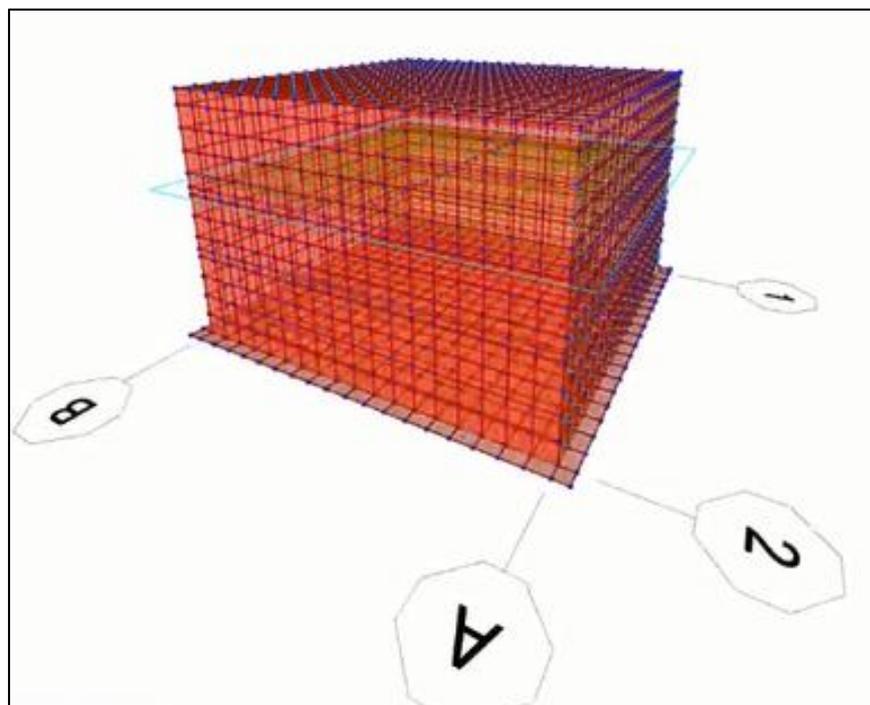


Nota: Imagen proporcionada por (Soto, 2021)

“Un conjunto de elementos finitos que forman una partición de un dominio se llama discretización. Dentro de cada elemento hay un conjunto de puntos representativos llamados nodos. Un conjunto de nodos adyacentes se denomina malla.” (Soto, 2021, p. 10).

Figura 30

Discretización de un reservorio rectangular apoyado con SAP2000



Nota: Elaboración propia



2.2.21.3. Pasos para el análisis de elementos finitos

- A. Discretización o modelado de la estructura a realizar
- B. Definir las propiedades del elemento
- C. Ensamblar las matrices de rigidez de los elementos
- D. Aplicación de las cargas
- E. Definir las condiciones de frontera
- F. Solucionar el sistema de ecuaciones algebraicas lineales

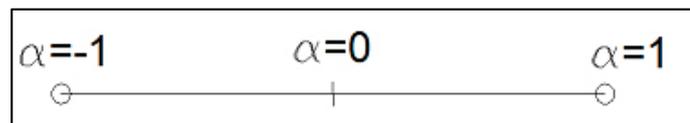
2.2.21.4. Tipos de elementos finitos

2.2.21.4.1. Unidimensionales

Son aquellos elementos finitos que son idealizados con una simple línea.

Figura 31

Elemento unidimensional



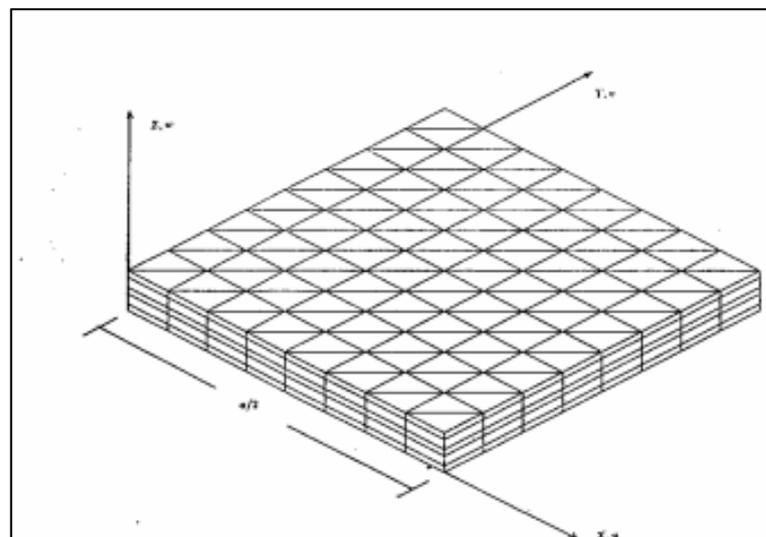
Nota: Imagen proporcionada por (Soto, 2021)

2.2.21.4.2. Bidimensionales

Son aquellos elementos finitos que son idealizados con un elemento área o Shell.

Figura 32

Placa cuadrada laminada simplemente apoyada

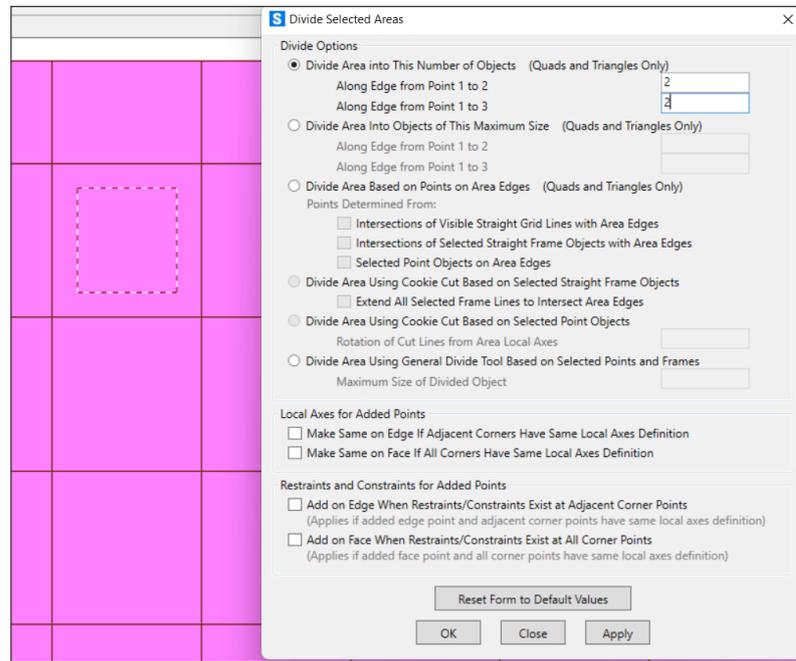


Nota: Imagen proporcionada por (Soto, 2021)



Figura 33

Discretización del elemento shell



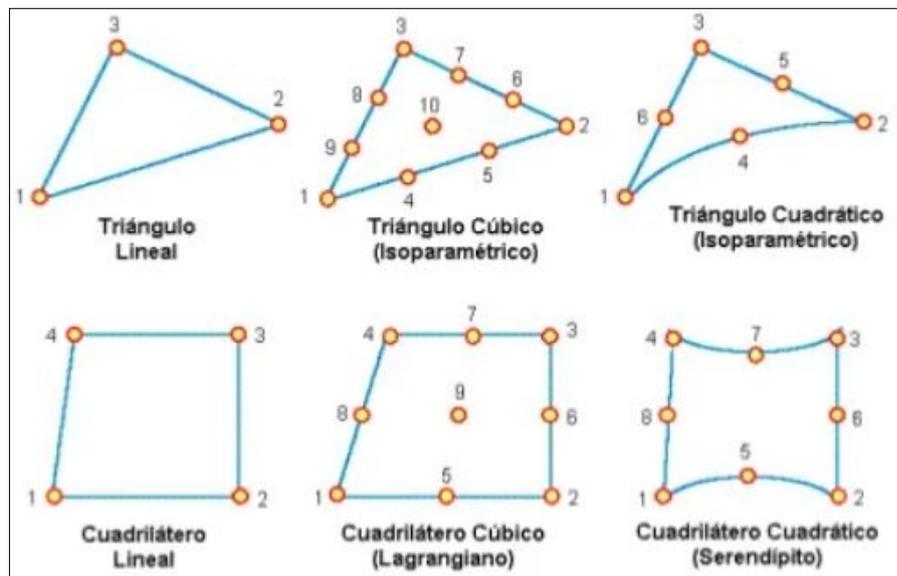
Nota: Imagen proporcionada por el software SAP2000

Tipos de elementos 2D

Según (Julca, 2011), los tipos de elementos área más comunes son las láminas y cáscaras con geometría triangular de 3-6-10 nodos y cuadriláteros 4-8-9 nodos, que además pueden ser lineales, cuadráticos y cúbicos.

Figura 34

Tipos de elemento 2D

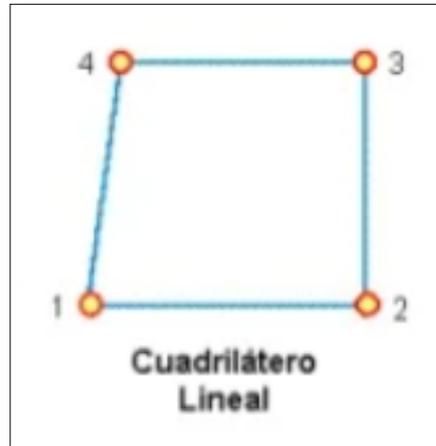


Nota: Imagen proporcionada por (Julca, 2011)

En el respectivo modelamiento se utilizó el tipo cuadrilátero lineal.

Figura 35

Tipos de elemento 2D optado



Nota: Imagen proporcionada por (Julca, 2011)

- **Integración numérica**

Según Vásquez y López (2001), el cálculo numérico de una integral se conoce por cuadratura, siendo la cuadratura de Gauss la más utilizada para determinar las integrales en el método de los elementos finitos. Aplicaremos dicha cuadratura primeramente a integrales de una dimensión y después a integrales de dos y tres dimensiones.

- **Integración bidimensional**

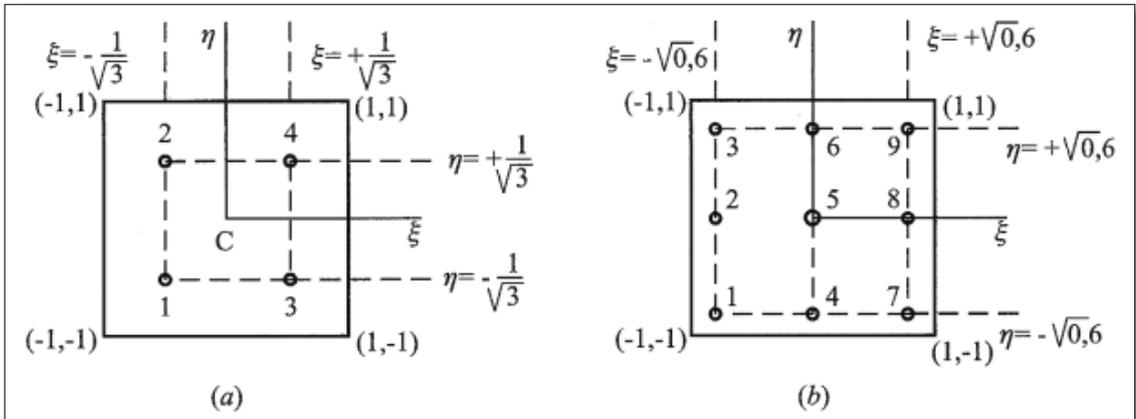
La integración numérica de la función bidimensional:

$$I = \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 \phi(\xi, \eta) d\xi d\eta$$

Se realiza aplicando sucesivamente las reglas de la integración numérica unidimensional. Así, para integrar numéricamente la función, se integra numéricamente la 1ra función manteniendo E constante y después se integra numéricamente respecto a n.

Figura 36

Integración en una superficie rectangular



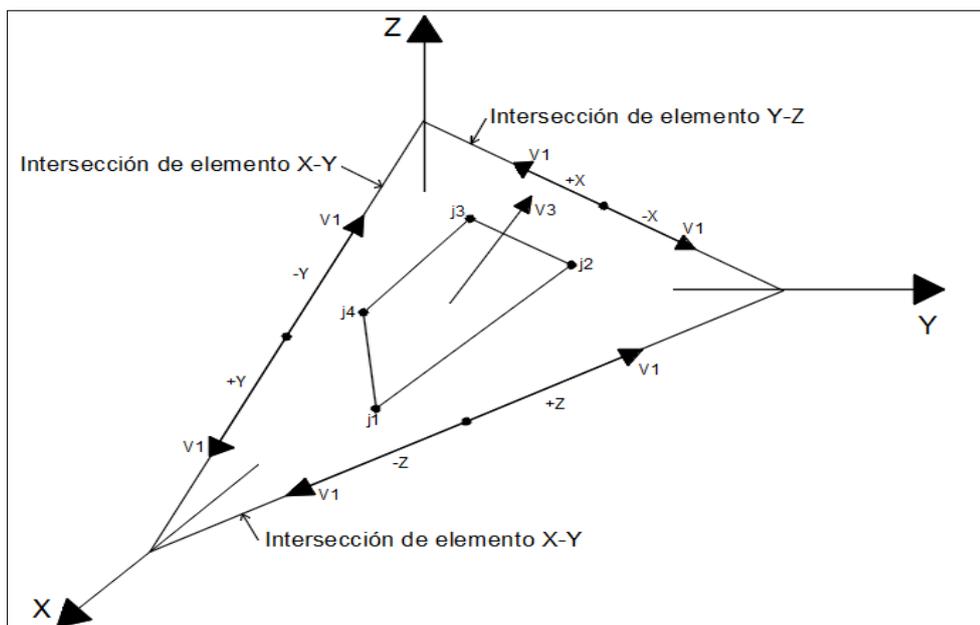
Nota: Imagen proporcionada por el (Julca, 2011)

Supongamos que para hallar la integral numérica en la figura de la función en una superficie rectangular se eligen cuatro puntos de Gauss como se ve en la figura. Los factores de peso W_i son iguales a 1 y lo mismo sucede con los dos factores de peso W_j . En este caso la integración numérica se reduce a:

$$I = 1 \cdot 1 \cdot \phi_1 + 1 \cdot 1 \cdot \phi_2 + 1 \cdot 1 \cdot \phi_3 + 1 \cdot 1 \cdot \phi_4 ,$$

Figura 37

Sistema de coordenadas locales de elemento de tipo área usando direcciones de coordenadas



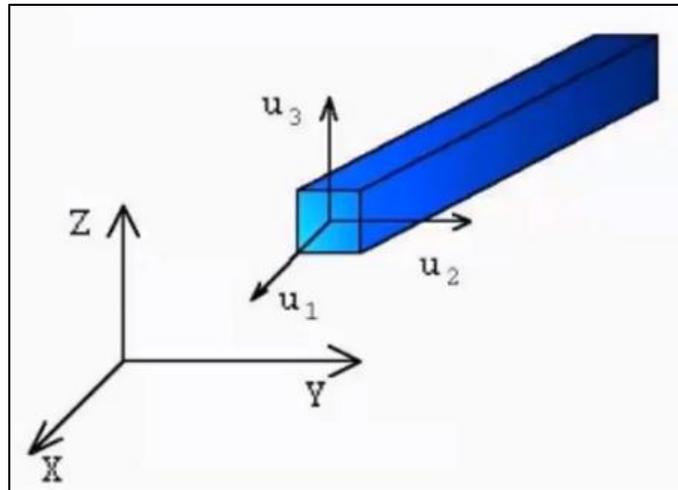
Nota: Imagen proporcionada por el manual del software SAP2000

2.2.21.4.3. Tridimensionales

Son aquellos elementos finitos que son idealizados con un volumen.

Figura 38

Elemento viga en 3D



Nota: Imagen proporcionada por (Soto, 2021)

2.3. Marco conceptual

Contenedor de líquido

O llamado contenedor de almacenamiento o reservorios propiamente, son estructuras especiales construidas las cuales tienen el objetivo de almacenar algún tipo de material o sustancia, en este caso almacenará líquido.

Análisis hidrodinámico

Es aquel análisis el cuál será evaluado el movimiento del líquido, en este caso del agua dentro del contenedor líquido o reservorio implicando la longitud, altura, ancho de muro, presión del líquido, etc. de la estructura.

Análisis sísmico

Es aquel análisis que se realiza a la estructura estudiada para poder encontrar las distintas fuerzas y momentos internos producidos por la carga sísmica.

Oleaje

Son ondas que se desplazan a través de una superficie de mares, océanos, ríos, lagos, canales, reservorios o tanques de almacenamiento y otros cuerpos de agua.



Modelo de Housner

Se relaciona con el movimiento del agua en un tanque o reservorio de paredes rígidas utilizando un modelo en el cual todas las partes del agua están acopladas al movimiento de las paredes del tanque o reservorio y se denomina masa impulsiva; La otra parte de la masa está conectada a la pared del reservorio por medio de resortes y se denomina masa convectiva.

Masa convectiva

Según el modelo de Housner, esto representa la masa de la onda de agua durante un terremoto.

Masa impulsiva

Es un cuerpo de agua rígidamente adherido a una pared o a la pared de un reservorio durante un sismo según el modelo de Housner.

Altura de masa convectiva

Es la altitud a la que se encuentra el modelo térmico de Housner.

Altura de masa impulsiva

Esta es la altura a la que se encuentra la masa convectiva según el modelo térmico de Housner.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El análisis comparativo de la respuesta sísmica y estructural mediante la aplicación de la norma ACI 350 es más incidente con respecto a la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente del reservorio de Chinchero.

2.4.2. Hipótesis específicas

- **Hipótesis específica 1.** Los parámetros de la norma ACI 350 que son más incidentes son el factor zona (Z) y el factor de reducción estructural (R) del reservorio de Chinchero.
- **Hipótesis específica 2.** Los desplazamientos dinámicos y las distorsiones según la norma ACI 350 son mayores con respecto a la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente del reservorio de Chinchero.



- **Hipótesis específica 3.** Los espectros que tienen mayores solicitudes para analizar la respuesta sísmica y estructural es la norma ACI 350 con respecto a la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente del reservorio de Chinchero.
- **Hipótesis específica 4.** Según la norma ACI 350 son mayores las fuerzas axiales, fuerza cortante y momento flector con respecto a la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente del reservorio de Chinchero.
- **Hipótesis específica 5.** El periodo de vibración es menor según la norma ACI 350 con respecto a la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente del reservorio de Chinchero.
- **Hipótesis específica 6.** El comportamiento dinámico de la masa impulsiva y masa convectiva origina mayores desplazamientos según la norma ACI 350 con respecto a la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente del reservorio de Chinchero.

2.5. Variables e indicadores

2.5.1. Identificación de variables

2.5.1.1. Variables 1

X1: Respuesta sísmica

Descripción:

Análisis de resultado que produce una fuerza sísmica.

Indicadores:

- Distancia
- Desplazamiento relativo/Altura
- Tiempo

X2: Respuesta estructural

Descripción:

Son las fuerzas internas elementales causadas por las cargas externas (sísmicas).

Indicadores:

- Fuerza normal
- Fuerza cortante
- Momento flector

X3: Masa impulsiva

Descripción:



Porción del líquido que permanece rígidamente fija a las paredes.

Indicador:

- Cantidad de masa

X4: Masa convectiva

Descripción:

Movimiento del oleaje de la superficie libre

Indicador:

- Cantidad de masa

2.5.1.2. Variables 2

Y1: Parámetros de la norma ACI 350

Descripción:

Obtención de los parámetros adquiridos de la norma ACI 350.

Indicadores:

- Ubicación
- Rigidez del suelo
- Sistema estructural
- Importancia estructural
- Aceleraciones
- Isoaceleraciones

Y2: Parámetros de la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"

Descripción:

Obtención de los parámetros adquiridos de la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente".

Indicadores:

- Ubicación
- Rigidez del suelo
- Sistema estructural
- Importancia estructural
- Aceleraciones
- Isoaceleraciones

Y3: Reservorio de Chinchero

Descripción:

Reservorio rectangular de concreto armado ubicado en Chinchero.

Indicadores:

- Altura
- Distancia

2.5.2. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 12

Operacionalización de variables

Tipo de Variable	Nombre de la variable	Definición de la variable	Nivel de la variable	Indicador	Unidad	Herramientas metodológicas o instrumentos
Variable 1	X1: Respuesta sísmica	Análisis de resultado que produce una fuerza sísmica.	•Desplazamiento •Distorsión •Periodo	•Distancia •Desplazamiento relativa/Altura •Tiempo	•Mm. •M/m. •S.	<ul style="list-style-type: none"> •Hojas de cálculo (Excel) •Software SAP 2000 •Planos de la estructura •Norma técnica E.020 •Norma técnica E.030 •Norma técnica E.050 •Norma técnica E.060 •Norma ACI 350
	X2: Respuesta estructural	Son las fuerzas internas elementales causadas por las cargas externas (sísmicas).	•Fuerzas axiales •Fuerzas cortantes •Momento flector	•Fuerza normal •Fuerza cortante •Momento flector	•Tn. •Tn. •Tn*m.	
	X3: Masa impulsiva	Porción del líquido que permanece rígidamente fija a las paredes.	•Masa	•Cantidad de masa	•Tn*s ² /m	
	X4: Masa convectiva	Movimiento del oleaje de la superficie libre.	•Masa	•Cantidad de masa	•Tn*s ² /m	
Variable 2	Y1: Parámetros de la norma ACI 350	Obtención de los parámetros adquiridos de la norma ACI 350.	•Factor de zona •Coeficiente perfil de suelo •Factor de reducción sísmica •Factor de importancia •Pseudoaceleraciones	•Ubicación •Rigidez del suelo •Sistema estructural •Importancia estructural •Aceleraciones •Isoaceleraciones	•Zona 1,2,3,4 •SPT - escala •M/s ² •M/s ²	
	Y2: Parámetros de la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"	Obtención de los parámetros adquiridos de la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente".	•Factor de zona •Coeficiente perfil de suelo •Factor de reducción sísmica •Categoría •Pseudoaceleraciones	•Ubicación •Rigidez del suelo •Sistema estructural •Importancia estructural •Aceleraciones •Isoaceleraciones	•Zona 1,2,3,4 •SPT - escala •M/s ² •M/s ²	
	Y3: Reservoirio de Chinchero	Reservoirio rectangular de concreto armado ubicado en Chinchero.	•Altura del reservoirio •Longitud del reservoirio	•Altura •Distancia	•M. •M.	

Nota: Elaboración Propia



CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Alcance de la investigación

El alcance del estudio fue descriptivo, ya que el estudio presentó una comparación de los análisis paramétricos y estructurales de la respuesta sísmica del reservorio de Chinchero e intentó describir las respuestas sísmicas y estructurales cuando se analizan dinámicamente E.030 “Diseño Sísmico” y ACI Norma 350.3-06 en el reservorio Chinchero.

3.2. Tipo o enfoque de la investigación

El tipo o método de análisis fue numérico, debido a que fue posible pronosticar el comportamiento del embalse Chinchero a través de mediciones de sus parámetros de respuesta sísmica y estructural. Además, se miden las fuerzas, esfuerzos, deformaciones, periodos de vibración, entre otros parámetros obtenidos del análisis sísmico y de respuesta estructural realizado en el reservorio de Chinchero.

3.3. Método de la investigación

El método fue deductivo porque el análisis parte de una teoría y el resultado final del estudio está determinado por la reducción calculada de los parámetros sísmicos y la respuesta.

3.4. Diseño de la investigación

3.4.1. Diseño metodológico

Es un diseño de estudio no experimental realizado sin manipulación deliberada de variables, porque solo se analizarán los eventos observados en su entorno natural.

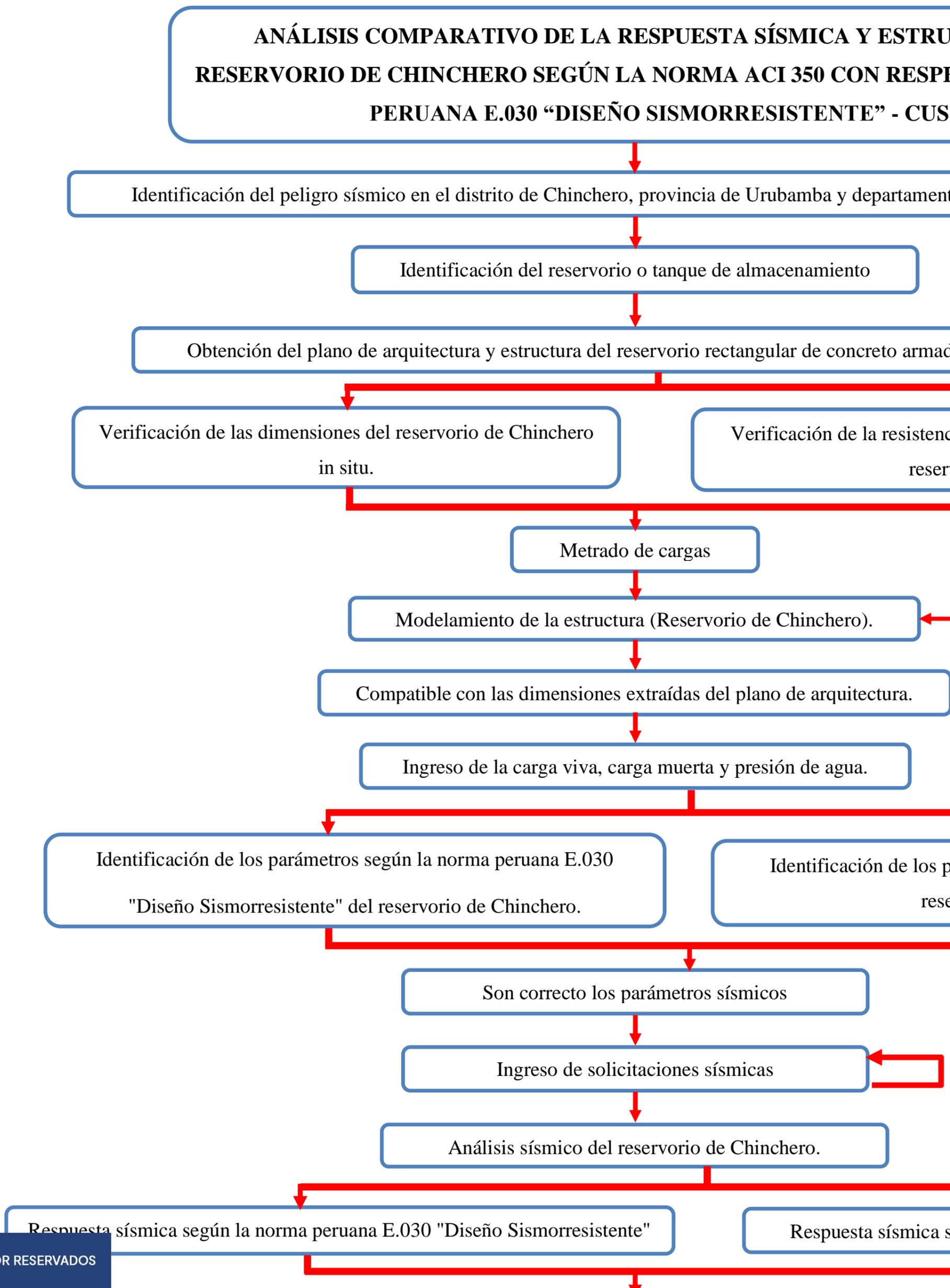
De acuerdo con Hernández (2014, p. 76), un estudio no experimental observa situaciones que ya existen y que no están siendo provocadas intencionalmente para la investigación. En este tipo de investigación, las variables independientes ocurren y no se pueden controlar directamente. No pueden ser influenciados porque ya han ocurrido, al igual que sus efectos.



3.4.2. Diseño de ingeniería

Figura 39

Diseño de ingeniería





3.5. Población

3.5.1. Descripción de la población

Todos los componentes estructurales del reservorio rectangular de hormigón armado perteneciente a la comunidad campesina Nuevo Triunfo, la cual se encuentra ubicada en el distrito de Chinchero, provincia de Urubamba, departamento del Cusco, y que es una edificación de categoría A, con una sismicidad perteneciente a la Zona 2 (norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”), comprendió la población investigada

Contribuyendo con los siguientes detalles:

- Construcción de muros de tanques de hormigón armado con $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ y $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.
- El reservorio de Nuevo Triunfo ubicado en los distritos de Chinchero de la provincia de Urubamba y departamento de Cusco, se encuentra construido directamente sobre el suelo con un sistema de muros en su cimentación, un volumen máximo de 87,50 m³.

3.5.2. Cuantificación de la población

El reservorio Nuevo Triunfo, situado en el departamento de Cusco, provincia Urubamba en el distrito de Chinchero es una estructura rectangular de hormigón armado y es la población del presente estudio.

3.6. Muestra

3.6.1. Descripción de la muestra

La muestra consta de un reservorio de almacenamiento rectangular, realizado con materiales de hormigón armado en el distrito de Chinchero, Urubamba y perteneciente a la comunidad de Nuevo Triunfo en la provincia del Cusco. Los estudios de mecánica de suelos muestran que el tipo de suelo fue grava limosa de baja plasticidad.

3.6.2. Cuantificación de la muestra

Se analizó 01 reservorio rectangular de concreto armado de Nuevo Triunfo ubicado en el distrito de Chinchero, provincia de Urubamba y departamento de Cusco.



3.6.3. Método de muestreo

La muestra de la investigación es de tipo no probabilístico puesto que el elemento de estudio fue seleccionado a criterio del investigador, y en este caso es el reservorio rectangular de concreto armado de Nuevo Triunfo es finito. También fue de tipo censal porque tanto la muestra como la población son idénticas.

3.6.4. Criterios de evaluación de muestra

Para la evaluación de la muestra se aplicaron los criterios de la norma ACI 350.3-06 “Diseño Sísmico de Estructuras Contenedoras de Líquidos y Comentarios” con respecto a la norma peruana E.030 “Diseño Simorresistente”.

Se aplicaron también algunos criterios de la norma E.020 “Cargas”, la norma E.050 “Suelos y Cimentaciones” y la norma E.060 “Concreto Armado” para el análisis comparativo del reservorio rectangular de concreto armado ubicado en el distrito de Chinchero, provincia de Urubamba y departamento de Cusco.



3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos

3.7.1.1. Elaboración del espectro de respuesta según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” del año 2018.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL



NOMBRE DE LA TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESPUESTA SÍSMICA Y ESTRUCTURAL DEL RESERVOIRIO DE CHINCHERO SEGÚN LA NORMA ACI 350 CON RESPECTO A LA NORMA PERUANA E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE - CUSCO 2020

Autor:	Bach. Kevin Jordy Garcia Rivas
Fecha:	

Formato N° 01

Elaboración del espectro de respuesta según la NTP E.030 "Diseño Sismorresistente"

Z =	
U =	
S =	
R =	

T	C	ZUCS	Sa
0.00			
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00			
1.10			
1.20			
1.30			
1.40			
1.50			
1.60			
1.70			
1.80			
1.90			
2.00			
2.10			
2.20			
2.30			
2.40			
2.50			



Nota: Elaboración propia



3.7.1.2. **Elaboración del espectro de respuesta según la norma ACI 350.3-06 para la masa impulsiva**

	<p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>																																																																																																																				
<p>NOMBRE DE LA TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESPUESTA SÍSMICA Y ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO DE CHINCHERO SEGÚN LA NORMA ACI 350 CON RESPECTO A LA NORMA PERUANA E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE – CUSCO 2020</p>																																																																																																																					
Autor:	Bach. Kevin Jordy Garcia Rivas																																																																																																																				
Fecha:																																																																																																																					
<p>Formato N° 02</p>																																																																																																																					
<p>Elaboración del espectro de respuesta según la norma ACI 350 para la masa impulsiva</p>																																																																																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Z =</td><td></td></tr> <tr><td>I =</td><td></td></tr> <tr><td>S =</td><td></td></tr> <tr><td>Rwi =</td><td></td></tr> </table>	Z =		I =		S =		Rwi =		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>T</th> <th>Ci</th> <th>ZICiS</th> <th>Sa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.00</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0.10</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0.20</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0.30</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0.40</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0.50</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0.60</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0.70</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0.80</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0.90</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1.00</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1.10</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1.20</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1.30</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1.40</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1.50</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1.60</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1.70</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1.80</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1.90</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2.00</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2.10</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2.20</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2.30</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2.40</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2.50</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	T	Ci	ZICiS	Sa	0.00				0.10				0.20				0.30				0.40				0.50				0.60				0.70				0.80				0.90				1.00				1.10				1.20				1.30				1.40				1.50				1.60				1.70				1.80				1.90				2.00				2.10				2.20				2.30				2.40				2.50			
Z =																																																																																																																					
I =																																																																																																																					
S =																																																																																																																					
Rwi =																																																																																																																					
T	Ci	ZICiS	Sa																																																																																																																		
0.00																																																																																																																					
0.10																																																																																																																					
0.20																																																																																																																					
0.30																																																																																																																					
0.40																																																																																																																					
0.50																																																																																																																					
0.60																																																																																																																					
0.70																																																																																																																					
0.80																																																																																																																					
0.90																																																																																																																					
1.00																																																																																																																					
1.10																																																																																																																					
1.20																																																																																																																					
1.30																																																																																																																					
1.40																																																																																																																					
1.50																																																																																																																					
1.60																																																																																																																					
1.70																																																																																																																					
1.80																																																																																																																					
1.90																																																																																																																					
2.00																																																																																																																					
2.10																																																																																																																					
2.20																																																																																																																					
2.30																																																																																																																					
2.40																																																																																																																					
2.50																																																																																																																					

Nota: Elaboración propia



3.7.1.3. Elaboración del espectro de respuesta según la norma ACI 350 para la masa convectiva



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL



NOMBRE DE LA TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESPUESTA SÍSMICA Y ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO DE CHINCHERO SEGÚN LA NORMA ACI 350 CON RESPECTO A LA NORMA PERUANA E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE – CUSCO 2020

Autor:	Bach. Kevin Jordy Garcia Rivas
Fecha:	

Formato N° 03

Elaboración del espectro de respuesta según la norma ACI 350 para la masa convectiva

Z =			
I =			
S =			
Rwc =			
T	Cc	ZICcS	Sa
0.00			
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00			
1.10			
1.20			
1.30			
1.40			
1.50			
1.60			
1.70			
1.80			
1.90			
2.00			
2.10			
2.20			
2.30			
2.40			
2.50			

Nota: Elaboración propia



3.7.1.4. Fuerzas axiales máximas



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL



NOMBRE DE LA TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESPUESTA SÍSMICA Y ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO DE CHINCHERO SEGÚN LA NORMA ACI 350 CON RESPECTO A LA NORMA PERUANA E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE – CUSCO 2020

Autor:	Bach. Kevin Jordy García Rivas
Fecha:	

Formato N° 04

Fuerzas axiales máximas

Fuerzas axiales			
H	Caso de la carga	Fuerzas axiales	
		Positivo	Negativo
		Tn	Tn
0.50			
1.00			
1.50			
2.00			
2.50			
3.00			
3.50			
4.00			
4.50			
5.00			

Fuerzas axiales máximas		
H	Caso de carga	Max
		Tn
0.50		
1.00		
1.50		
2.00		
2.50		
3.00		
3.50		
4.00		
4.50		
5.00		

Nota: Elaboración propia



3.7.1.5. Fuerzas cortantes máximas



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL



NOMBRE DE LA TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESPUESTA SÍSMICA Y ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO DE CHINCHERO SEGÚN LA NORMA ACI 350 CON RESPECTO A LA NORMA PERUANA E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE – CUSCO 2020

Autor:	Bach. Kevin Jordy Garcia Rivas
Fecha:	

Formato N° 05

Fuerzas cortantes máximas

Fuerzas cortantes			
H	Caso de la carga	Fuerzas cortantes	
		Positivo	Negativo
		Tn	Tn
0.50			
1.00			
1.50			
2.00			
2.50			
3.00			
3.50			
4.00			
4.50			
5.00			

Fuerzas cortantes máximas		
H	Caso de carga	Max
		Tn
0.50		
1.00		
1.50		
2.00		
2.50		
3.00		
3.50		
4.00		
4.50		
5.00		

Nota: Elaboración propia



3.7.1.6. Momentos flectores máximos



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL



NOMBRE DE LA TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESPUESTA SÍSMICA Y ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO DE CHINCHERO SEGÚN LA NORMA ACI 350 CON RESPECTO A LA NORMA PERUANA E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE – CUSCO 2020

Autor:	Bach. Kevin Jordy Garcia Rivas
Fecha:	

Formato N° 06

Momentos flectores máximos

Momentos flectores			
H	Caso de la carga	Momentos flectores	
		Positivo	Negativo
		Tn*m	Tn*m
0.50			
1.00			
1.50			
2.00			
2.50			
3.00			
3.50			
4.00			
4.50			
5.00			

Momentos flectores máximos		
H	Caso de carga	Max
		Tn*m
0.50		
1.00		
1.50		
2.00		
2.50		
3.00		
3.50		
4.00		
4.50		
5.00		

Nota: Elaboración propia



3.7.1.7. Desplazamientos laterales máximos



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL



NOMBRE DE LA TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESPUESTA SÍSMICA Y ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO DE CHINCHERO SEGÚN LA NORMA ACI 350 CON RESPECTO A LA NORMA PERUANA E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE – CUSCO 2020

Autor:	Bach. Kevin Jordy Garcia Rivas
Fecha:	

Formato N° 07

Desplazamientos laterales máximos

Desplazamientos laterales máximos				
Elemento	Caso de carga	En el eje X		
		Máximo	Mínimo	Abs
		mm	mm	mm
0.00	Env			
0.50	Env			
1.00	Env			
1.50	Env			
2.00	Env			
2.50	Env			
3.00	Env			
3.50	Env			
4.00	Env			
4.50	Env			
5.00	Env			
Elemento	Caso de carga	En el eje Y		
		Máximo	Mínimo	Abs
		mm	mm	mm
0.00	Env			
0.50	Env			
1.00	Env			
1.50	Env			
2.00	Env			
2.50	Env			
3.00	Env			
3.50	Env			
4.00	Env			
4.50	Env			
5.00	Env			

Nota: Elaboración propia



3.7.1.8. Periodo de vibración



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL



NOMBRE DE LA TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESPUESTA SÍSMICA Y ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO DE CHINCHERO SEGÚN LA NORMA ACI 350 CON RESPECTO A LA NORMA PERUANA E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE – CUSCO 2020

Autor:	Bach. Kevin Jordy Garcia Rivas
Fecha:	

Formato N° 08

Periodo de vibración

Periodo y frecuencia de vibración

Modo	Periodo	Frecuencia
	s	rad/s
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		

Participación de masa

Modo	Perido	UX	UY	UZ
	s	-	-	-
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				

Nota: Elaboración propia



3.7.1.9. Hoja de cálculo de ingreso de datos



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL



NOMBRE DE LA TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESPUESTA SÍSMICA Y ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO DE CHINCHERO SEGÚN LA NORMA ACI 350 CON RESPECTO A LA NORMA PERUANA E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE – CUSCO 2020

Autor:	Bach. Kevin Jordy Garcia Rivas
Fecha:	

Datos de la geometría de la estructura

Descripción	Símbolo	Unidad	Valor
Largo interior	L	m	
Ancho interior	A	m	
Altura interior	H	m	
Altura interior máxima del líquido	H _L	m	
Espesor del muro	e _{muro}	m	

Datos del techo de la estructura

Descripción	Símbolo	Unidad	Valor
Largo	L _t	m	
Ancho	A _t	m	
Altura	H _t	m	

Datos de los materiales

Descripción	Símbolo	Unidad	Valor
Peso volumétrico del concreto	γ_c	kg/m ³	
Resistencia del concreto	f'c	kg/cm ²	
Resistencia del acero	f _y	kg/cm ²	
Gravedad	g	m/s ²	
Módulo de elasticidad del concreto	E _c	kg/cm ²	
Densidad de masa del concreto	d _c	Kn-s ² /m ⁴	
Densidad de masa del agua contenida	d _l	Kn-s ² /m ⁴	

Nota: Elaboración propia



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL



NOMBRE DE LA TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESPUESTA SÍSMICA Y ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO DE CHINCHERO SEGÚN LA NORMA ACI 350 CON RESPECTO A LA NORMA PERUANA E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE – CUSCO 2020

Autor:	Bach. Kevin Jordy Garcia Rivas
Fecha:	

Datos del líquido contenido

Descripción	Símbolo	Unidad	Valor
Peso volumétrico del líquido	γ_L	kg/cm ³	
Altura del líquido	H _L	m	
Volumen del líquido contenido	V _L	m ³	
Borde libre	b _L	m	

Datos para el análisis sísmico

Descripción	Símbolo	Unidad	Valor
Factor de zona sísmica	Z	-	
Coefficiente de perfil de suelo	S	-	
Factor de importancia	I	-	
Factor de modificación de respuesta	R _{wi}	-	
	R _{wc}	-	

Nota: Elaboración propia

3.7.2. Instrumentos de ingeniería

- Reglamento nacional de edificaciones - Norma técnica peruana E.020 “Cargas”.
- Reglamento nacional de edificaciones - Norma técnica peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”.
- Reglamento nacional de edificaciones - Norma técnica peruana E.050 “Suelos y Cimentaciones”.
- Reglamento nacional de edificaciones - Norma técnica peruana E.060 “Concreto Armado”.
- Norma ACI 350.3-06 “Diseño Sísmico de Estructuras Contenedoras de Líquidos”.
- Software en ingeniería en estructuras SAP2000 V22.1.
- Software de Microsoft Excel para realizar las hojas de cálculo.

3.8. Validez y confiabilidad de los instrumentos

3.8.1. Ensayo de esclerometría

3.8.1.1. Calibración del instrumento de la evaluación de datos

Según Ccahuana (2020, p.98), el esclerómetro sirve para el control no destructivo de la calidad de hormigón en obras ya ejecutadas (construcción normal de edificios, reservorios y de puentes).

Para su empleo, es conveniente efectuar periódicamente la calibración del esclerómetro, anualmente en condiciones de uso eventual o semestral al emplearse regularmente. Es aconsejable que la calibración se efectúe por lo menos 200 determinaciones o puntos.

Para la presente investigación, se efectuó con anticipación la calibración del equipo para verificar el correcto funcionamiento del esclerómetro, además de esto se hizo un adecuado análisis de los datos recolectados en los ensayos esclerométricos, para finalmente realizar la comparación cuantitativa de los resultados de 3 ensayos esclerométricos. (p. 98)

Figura 40

Indicador de resistencia a compresión kg/cm^2 en un determinado ángulo

IMPACT ANGLE α					
R	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	0°	$\alpha = +45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$
20	125	115			
21	135	125			
22	145	135	110		
23	160	145	120		
24	170	160	130		
25	180	170	140	100	
26	198	185	158	115	
27	210	200	165	130	105
28	220	210	180	140	120
29	238	220	190	150	138
30	250	238	210	170	145
31	260	250	220	180	160
32	280	265	238	190	170
33	290	280	250	210	190
34	310	290	260	220	200
35	320	310	280	238	218
36	340	320	290	250	230
37	350	340	310	265	245
38	370	350	320	280	260
39	380	370	340	300	280
40	400	380	365	310	295
41	410	400	370	330	310
42	425	415	380	345	325
43	440	430	400	360	340
44	460	450	420	380	360
45	470	460	430	395	375
46	490	480	450	410	390
47	500	495	465	430	410
48	520	510	480	445	430
49	540	525	500	460	445
50	550	540	515	480	460
51	570	560	530	500	480
52	580	570	550	515	500
53	600	590	565	530	520
54	Over 600	Over 600	580	550	530
55	Over 600	Over 600	600	570	550

Nota: Datos del Esclerómetro HT 225



3.8.1.2. Determinación de la resistencia del concreto

3.8.1.2.1. Elección de los puntos de ensayo:

Para la elección de puntos de ensayo, fueron tomadas en consideración las superficies verticales, por sobre las horizontales o inclinadas de la obra, asimismo se evitaron juntas de encofrado, nidos de grava y regiones con poros. Posteriormente se seleccionaron puntos con especial cuidado en elementos delgados (losas y paredes de menos de 10 cm, y pilares de menos de 12 cm de espesor), puesto que la elasticidad de la pieza puede influir en las indicaciones del esclerómetro y dar así resultados erróneos.

Por otra parte, en un hormigón de poca calidad deberá considerarse que la dureza al choque, y en forma análoga la resistencia, puede ir disminuyendo considerablemente de abajo hacia arriba en una misma amasada. (p. 98)

3.8.1.2.2. Preparación de la superficie a examinar

Antes del ensayo se eliminaron todos los recubrimientos de un posible estuco o pintura, así como pequeñas desigualdades debidas a un encofrado con madera no cepillada, estas fueron suprimidas a mano con la piedra de pulir adjunta al instrumento. Para lograr una superficie limpia, fue necesario pulir el hormigón hasta que aparezca su estructura normal.

En un hormigón viejo deberá eliminarse hasta unos 10 mm la capa carbonatada, si ésta existe. Según la experiencia se puede emplear para este trabajo una máquina portátil de pulir, de altas revoluciones (más o menos 750 Watt de potencia y 6000 revoluciones por minuto), con una muela de 120 mm de diámetro. La superficie pulida deberá ser lo suficientemente grande para poder aplicar los golpes necesarios con el esclerómetro sobre el mortero sin tocar granos grandes. (p. 99)

3.8.1.2.3. Realización del ensayo:

Se procede al ensayo de percusión en los puntos que se hayan previsto en la superficie preparada. Se establece el promedio de las 10 lecturas del esclerómetro. Al calcularse el promedio deberá ser considerado cada una de las mediciones particulares

Cuando se tuvo el valor de la “media de prueba”, se procedió a realizar la lectura con el esclerómetro, se realizaron 10 lecturas válidas realizadas sobre la retícula que indica la norma UNE correspondiente, sin tener en cuenta los valores evidentemente falsos los cuales fueron eliminados y remplazados por nuevas mediciones. En la práctica, los



valores de este tipo se presentan cuando el golpe es dado sobre un grano grueso, que se encuentra inmediatamente debajo de la superficie, o sobre un poro.

Obtenidos los 10 valores válidos se calculó la respectiva media, valor que posteriormente obtendrá correcciones.

Figura 41

Exploración de campo



Nota: Fotografía de autoría propia capturada en la fecha 27/06/2021 a horas 10:30

Figura 42

Exploración en campo - Muro reservorio anterior



Nota: Fotografía de autoría propia capturada en la fecha 27/06/2021 a horas 10:30



3.9. Plan de análisis de datos

3.9.1. Datos para la elaboración del espectro de respuesta según la norma técnica peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” del año 2018.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL



NOMBRE DE LA TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESPUESTA SÍSMICA Y ESTRUCTURAL DEL RESERVOIRIO DE CHINCHERO SEGÚN LA NORMA ACI 350 CON RESPECTO A LA NORMA PERUANA E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE - CUSCO 2020

Autor:	Bach. Kevin Jordy García Rivas
Fecha:	

Formato N° 01

Elaboración del espectro de respuesta según la NTP E.030 "Diseño Sismorresistente"

Datos	Valor	Unidad
Z	0.25	-
S	1.20	-
TP	0.60	s
TL	2.00	s
U	1.50	-
R	1.00	-
g	9.81	m/s ²

T (s)	C	ZUCS/R	Sa (m/s ²)
0.000	1.000	0.075	0.736
0.010	1.125	0.084	0.828
0.020	1.250	0.094	0.920
0.030	1.375	0.103	1.012
0.040	1.500	0.113	1.104
0.050	1.625	0.122	1.196
0.060	1.750	0.131	1.288
0.070	1.875	0.141	1.380
0.080	2.000	0.150	1.472
0.085	2.063	0.155	1.517
0.090	2.125	0.159	1.563
0.095	2.188	0.164	1.609
0.120	2.500	0.188	1.839
0.200	2.500	0.188	1.839
0.300	2.500	0.188	1.839
0.400	2.500	0.188	1.839
0.500	2.500	0.188	1.839
0.600	2.500	0.188	1.839
0.700	2.143	0.161	1.577
0.800	1.875	0.141	1.380
0.900	1.667	0.125	1.226
1.000	1.500	0.113	1.104
1.500	1.000	0.075	0.736
2.000	0.750	0.056	0.552
2.500	0.480	0.036	0.353
3.000	0.333	0.025	0.245
3.500	0.245	0.018	0.180
4.000	0.188	0.014	0.138
4.500	0.148	0.011	0.109
5.000	0.120	0.009	0.088
6.000	0.083	0.006	0.061
7.000	0.061	0.005	0.045
8.000	0.047	0.004	0.034
9.000	0.037	0.003	0.027
10.000	0.030	0.002	0.022
11.000	0.025	0.002	0.018
12.000	0.021	0.002	0.015
13.000	0.018	0.001	0.013
14.000	0.015	0.001	0.011
15.000	0.013	0.001	0.010



Nota: Elaboración propia



3.9.2. Datos para la elaboración del espectro de respuesta según la norma ACI 350 para la masa impulsiva

	<p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>																																																																																																																																																																																								
<p>NOMBRE DE LA TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESPUESTA SÍSMICA Y ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO DE CHINCHERO SEGÚN LA NORMA ACI 350 CON RESPECTO A LA NORMA PERUANA E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE – CUSCO 2020</p>																																																																																																																																																																																									
Autor:	Bach. Kevin Jordy Garcia Rivas																																																																																																																																																																																								
Fecha:																																																																																																																																																																																									
Formato N° 02																																																																																																																																																																																									
Elaboración del espectro de respuesta según la norma ACI 350 para la masa impulsiva																																																																																																																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Datos</th> <th>Valor</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Z =</td> <td>0.30</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>I =</td> <td>1.50</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>S =</td> <td>1.20</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Rwi =</td> <td>2.75</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>g =</td> <td>9.81</td> <td>m/s²</td> </tr> </tbody> </table>	Datos	Valor	Unidad	Z =	0.30	-	I =	1.50	-	S =	1.20	-	Rwi =	2.75	-	g =	9.81	m/s ²	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>T</th> <th>Ci</th> <th>ZICi/Rwi</th> <th>Sa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.000</td><td>2.292</td><td>0.450</td><td>4.415</td></tr> <tr><td>0.010</td><td>2.292</td><td>0.450</td><td>4.415</td></tr> <tr><td>0.020</td><td>2.292</td><td>0.450</td><td>4.415</td></tr> <tr><td>0.030</td><td>2.292</td><td>0.450</td><td>4.415</td></tr> <tr><td>0.040</td><td>2.292</td><td>0.450</td><td>4.415</td></tr> <tr><td>0.050</td><td>2.292</td><td>0.450</td><td>4.415</td></tr> <tr><td>0.060</td><td>2.292</td><td>0.450</td><td>4.415</td></tr> <tr><td>0.070</td><td>2.292</td><td>0.450</td><td>4.415</td></tr> <tr><td>0.080</td><td>2.292</td><td>0.450</td><td>4.415</td></tr> <tr><td>0.085</td><td>2.292</td><td>0.450</td><td>4.415</td></tr> <tr><td>0.090</td><td>2.292</td><td>0.450</td><td>4.415</td></tr> <tr><td>0.095</td><td>2.292</td><td>0.450</td><td>4.415</td></tr> <tr><td>0.120</td><td>2.292</td><td>0.450</td><td>4.415</td></tr> <tr><td>0.200</td><td>2.292</td><td>0.450</td><td>4.415</td></tr> <tr><td>0.300</td><td>2.292</td><td>0.450</td><td>4.415</td></tr> <tr><td>0.400</td><td>2.292</td><td>0.450</td><td>4.415</td></tr> <tr><td>0.500</td><td>1.984</td><td>0.390</td><td>3.822</td></tr> <tr><td>0.600</td><td>1.757</td><td>0.345</td><td>3.385</td></tr> <tr><td>0.700</td><td>1.586</td><td>0.311</td><td>3.054</td></tr> <tr><td>0.800</td><td>1.450</td><td>0.285</td><td>2.794</td></tr> <tr><td>0.900</td><td>1.341</td><td>0.263</td><td>2.583</td></tr> <tr><td>1.000</td><td>1.250</td><td>0.245</td><td>2.408</td></tr> <tr><td>1.500</td><td>0.954</td><td>0.187</td><td>1.838</td></tr> <tr><td>2.000</td><td>0.787</td><td>0.155</td><td>1.517</td></tr> <tr><td>2.500</td><td>0.679</td><td>0.133</td><td>1.307</td></tr> <tr><td>3.000</td><td>0.601</td><td>0.118</td><td>1.158</td></tr> <tr><td>3.500</td><td>0.542</td><td>0.106</td><td>1.045</td></tr> <tr><td>4.000</td><td>0.496</td><td>0.097</td><td>0.956</td></tr> <tr><td>4.500</td><td>0.459</td><td>0.090</td><td>0.883</td></tr> <tr><td>5.000</td><td>0.427</td><td>0.084</td><td>0.823</td></tr> <tr><td>6.000</td><td>0.379</td><td>0.074</td><td>0.729</td></tr> <tr><td>7.000</td><td>0.342</td><td>0.067</td><td>0.658</td></tr> <tr><td>8.000</td><td>0.313</td><td>0.061</td><td>0.602</td></tr> <tr><td>9.000</td><td>0.289</td><td>0.057</td><td>0.557</td></tr> <tr><td>10.000</td><td>0.269</td><td>0.053</td><td>0.519</td></tr> <tr><td>11.000</td><td>0.253</td><td>0.050</td><td>0.487</td></tr> <tr><td>12.000</td><td>0.238</td><td>0.047</td><td>0.459</td></tr> <tr><td>13.000</td><td>0.226</td><td>0.044</td><td>0.436</td></tr> <tr><td>14.000</td><td>0.215</td><td>0.042</td><td>0.415</td></tr> <tr><td>15.000</td><td>0.206</td><td>0.040</td><td>0.396</td></tr> </tbody> </table>			T	Ci	ZICi/Rwi	Sa	0.000	2.292	0.450	4.415	0.010	2.292	0.450	4.415	0.020	2.292	0.450	4.415	0.030	2.292	0.450	4.415	0.040	2.292	0.450	4.415	0.050	2.292	0.450	4.415	0.060	2.292	0.450	4.415	0.070	2.292	0.450	4.415	0.080	2.292	0.450	4.415	0.085	2.292	0.450	4.415	0.090	2.292	0.450	4.415	0.095	2.292	0.450	4.415	0.120	2.292	0.450	4.415	0.200	2.292	0.450	4.415	0.300	2.292	0.450	4.415	0.400	2.292	0.450	4.415	0.500	1.984	0.390	3.822	0.600	1.757	0.345	3.385	0.700	1.586	0.311	3.054	0.800	1.450	0.285	2.794	0.900	1.341	0.263	2.583	1.000	1.250	0.245	2.408	1.500	0.954	0.187	1.838	2.000	0.787	0.155	1.517	2.500	0.679	0.133	1.307	3.000	0.601	0.118	1.158	3.500	0.542	0.106	1.045	4.000	0.496	0.097	0.956	4.500	0.459	0.090	0.883	5.000	0.427	0.084	0.823	6.000	0.379	0.074	0.729	7.000	0.342	0.067	0.658	8.000	0.313	0.061	0.602	9.000	0.289	0.057	0.557	10.000	0.269	0.053	0.519	11.000	0.253	0.050	0.487	12.000	0.238	0.047	0.459	13.000	0.226	0.044	0.436	14.000	0.215	0.042	0.415	15.000	0.206	0.040	0.396
Datos	Valor	Unidad																																																																																																																																																																																							
Z =	0.30	-																																																																																																																																																																																							
I =	1.50	-																																																																																																																																																																																							
S =	1.20	-																																																																																																																																																																																							
Rwi =	2.75	-																																																																																																																																																																																							
g =	9.81	m/s ²																																																																																																																																																																																							
T	Ci	ZICi/Rwi	Sa																																																																																																																																																																																						
0.000	2.292	0.450	4.415																																																																																																																																																																																						
0.010	2.292	0.450	4.415																																																																																																																																																																																						
0.020	2.292	0.450	4.415																																																																																																																																																																																						
0.030	2.292	0.450	4.415																																																																																																																																																																																						
0.040	2.292	0.450	4.415																																																																																																																																																																																						
0.050	2.292	0.450	4.415																																																																																																																																																																																						
0.060	2.292	0.450	4.415																																																																																																																																																																																						
0.070	2.292	0.450	4.415																																																																																																																																																																																						
0.080	2.292	0.450	4.415																																																																																																																																																																																						
0.085	2.292	0.450	4.415																																																																																																																																																																																						
0.090	2.292	0.450	4.415																																																																																																																																																																																						
0.095	2.292	0.450	4.415																																																																																																																																																																																						
0.120	2.292	0.450	4.415																																																																																																																																																																																						
0.200	2.292	0.450	4.415																																																																																																																																																																																						
0.300	2.292	0.450	4.415																																																																																																																																																																																						
0.400	2.292	0.450	4.415																																																																																																																																																																																						
0.500	1.984	0.390	3.822																																																																																																																																																																																						
0.600	1.757	0.345	3.385																																																																																																																																																																																						
0.700	1.586	0.311	3.054																																																																																																																																																																																						
0.800	1.450	0.285	2.794																																																																																																																																																																																						
0.900	1.341	0.263	2.583																																																																																																																																																																																						
1.000	1.250	0.245	2.408																																																																																																																																																																																						
1.500	0.954	0.187	1.838																																																																																																																																																																																						
2.000	0.787	0.155	1.517																																																																																																																																																																																						
2.500	0.679	0.133	1.307																																																																																																																																																																																						
3.000	0.601	0.118	1.158																																																																																																																																																																																						
3.500	0.542	0.106	1.045																																																																																																																																																																																						
4.000	0.496	0.097	0.956																																																																																																																																																																																						
4.500	0.459	0.090	0.883																																																																																																																																																																																						
5.000	0.427	0.084	0.823																																																																																																																																																																																						
6.000	0.379	0.074	0.729																																																																																																																																																																																						
7.000	0.342	0.067	0.658																																																																																																																																																																																						
8.000	0.313	0.061	0.602																																																																																																																																																																																						
9.000	0.289	0.057	0.557																																																																																																																																																																																						
10.000	0.269	0.053	0.519																																																																																																																																																																																						
11.000	0.253	0.050	0.487																																																																																																																																																																																						
12.000	0.238	0.047	0.459																																																																																																																																																																																						
13.000	0.226	0.044	0.436																																																																																																																																																																																						
14.000	0.215	0.042	0.415																																																																																																																																																																																						
15.000	0.206	0.040	0.396																																																																																																																																																																																						

Nota: Elaboración propia



3.9.4. Hoja de cálculo de ingreso de datos



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL



NOMBRE DE LA TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESPUESTA SÍSMICA Y ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO DE CHINCHERO SEGÚN LA NORMA ACI 350 CON RESPECTO A LA NORMA PERUANA E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE – CUSCO 2020

Autor:	Bach. Kevin Jordy García Rivas
Fecha:	

Datos de la geometría de la estructura

Descripción	Símbolo	Unidad	Valor
Largo interior	L	m	5.00
Ancho interior	A	m	5.00
Altura interior	H	m	3.50
Altura interior máxima del líquido	H _L	m	3.30
Espesor del muro	e _{muro}	m	0.20

Datos del techo de la estructura

Descripción	Símbolo	Unidad	Valor
Largo	L _t	m	5.50
Ancho	A _t	m	5.50
Altura	H _t	m	0.15

Datos de los materiales

Descripción	Símbolo	Unidad	Valor
Peso volumétrico del concreto	γ_c	kg/m ³	2400.00
Resistencia del concreto	f'c	kg/cm ²	200.00
Resistencia del acero	f _y	kg/cm ²	4200.00
Gravedad	g	m/s ²	9.81
Módulo de elasticidad del concreto	E _c	kg/cm ²	217370.65
Densidad de masa del concreto	d _c	Kn-s ² /m ⁴	2.40
Densidad de masa del agua contenida	d _L	Kn-s ² /m ⁴	1.00

Nota: Elaboración propia



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL



NOMBRE DE LA TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESPUESTA SÍSMICA Y ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO DE CHINCHERO SEGÚN LA NORMA ACI 350 CON RESPECTO A LA NORMA PERUANA E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE – CUSCO 2020

Autor:	Bach. Kevin Jordy García Rivas
Fecha:	

Datos del líquido contenido

Descripción	Símbolo	Unidad	Valor
Peso volumétrico del líquido	γ_L	kg/cm ³	1000
Altura del líquido	H _L	m	3.30
Volumen del líquido contenido	V _L	m ³	8250.00
Borde libre	b _L	m	0.20

Datos para el análisis sísmico

Descripción	Símbolo	Unidad	Valor
Factor de zona sísmica	Z	-	0.25
Coefficiente de perfil de suelo	S	-	1.20
Factor de importancia	I	-	1.50
Factor de modificación de respuesta	R _{wi}	-	2.75
	R _{wc}	-	1.00

Nota: Elaboración propia

3.9.5. Comparación de los parámetros normativos

Se compara la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” y la ACI 350.3-06 “Diseño Sísmico de Estructuras de Contenedores de Líquidos”. Con estos parámetros se calculó el espectro de respuesta que utiliza cada norma para su análisis individual.

3.9.5.1. Factor de zona

Según la Norma Técnica Peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”, el suelo peruano se divide en cuatro categorías sísmicas; cada zona sísmica se calcula como la velocidad horizontal máxima en suelo seco, que es probable que aumente un 10 % en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción del aumento debido a la gravedad.

En la norma americana ACI 350.3-06, existen cinco zonas sísmicas, cada zona tiene un factor Z de la zona sísmica, según esta norma, es la velocidad máxima asociada al movimiento del suelo que tiene un 90% de probabilidad de exceder en 50 años.

Tabla 13

Comparación de la zonificación sísmica

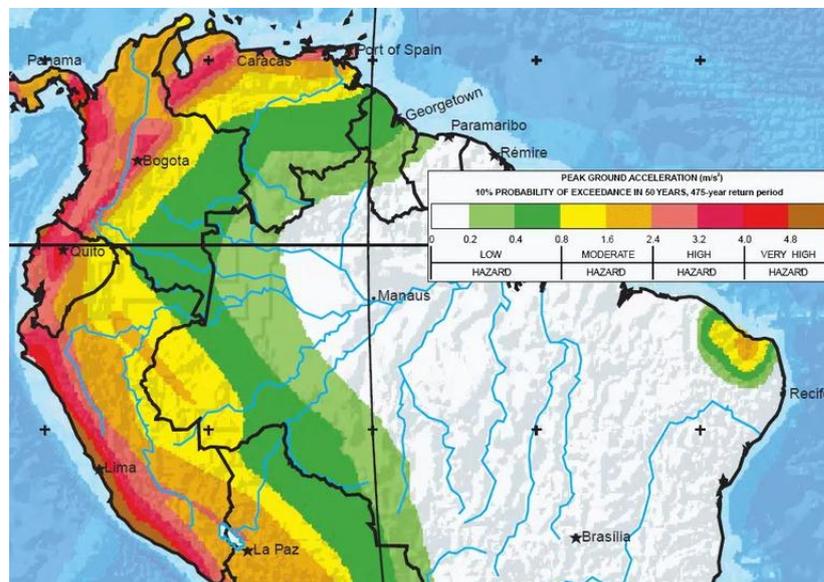
Norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"		Norma ACI 350.3-06	
Se identifican 4 zonas sísmicas:		Se identifican 4 zonas sísmicas, estando la zona 2 dividida en dos:	
Factores de zona		Factor sísmico de zona Z	
Zona	Factor Z	Zona sísmica	Factor Z
4	0.45	1	0.075
3	0.35	2A	0.15
2	0.25	2B	0.20
1	0.10	3	0.30
		4	0.40

Nota: Elaboración propia

Se puede mostrar en la Tabla 13 que el factor de terremoto es el mismo en todas las dimensiones, y esto se debe a que la segregación en el país continúa en todo el continente y no es independiente entre sí, como se muestra en la Figura 38.

Figura 43

Mapa de zonas sísmicas de América del Sur



Nota: Imagen proporcionada por Programa Global de Evaluación de Peligros Sísmicos

Cabe resaltar que la mayoría de los grandes terremotos se produjeron en las profundidades de la superficie terrestre, más que todo en los extremos de las placas tectónicas. Y por acción de la fuerza que ejerce presión en sus extremos, las capas tectónicas cambian bruscamente de posición, quiebran las rocas y desplazan la corteza



terrestre. La energía acumulada se libera en forma de choques subterráneos de diversas intensidades.

3.9.5.2. Coeficiente de suelo

La norma técnica peruana E.030 “Diseño sismorresistente” divide la región peruana en cuatro categorías de suelos que toman en cuenta las siguientes características: la rapidez promedio de propagación de la onda de vibración (V_s), la densidad promedio N60 (SPT) por la prueba de penetración estándar, o la medición de la resistencia bruta de la superficie (agua), además considera que cada suelo tiene una característica que está determinada por la ubicación de la región.

Cuatro perfiles de suelo conforman la clasificación de la norma americana ACI 350.3-06. El espesor y la velocidad de la onda de corte se tienen en cuenta al clasificar el perfil del suelo. Estos perfiles se componen de:

Perfil A: (a) material rocoso caracterizado por velocidades de ondas de corte superiores a 762 m/s. (b) perfil de suelo moderado a denso o semirrígido a duro con una profundidad de menos de 60,96 m/s; Perfil B: con predominio de suelos moderados a compactados o semirrígidos a rígidos con profundidad de estratos mayor a 60.96 m/s; Perfil C: arcilla blanda a medianamente dura por encima de los 6,10 m/s, pero la arcilla blanda tiene 12,19 m/s menos; Perfil D para la arcilla blanda por encima de 12,19 m/s se caracteriza por velocidades de onda de corte inferiores a 152,4 m/s.

Tabla 14

Comparación de perfiles de suelo de ambas normas

Norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"					Norma ACI 350.3-06	
Se describen 4 perfiles de suelo relacionado con el factor de zona:					Se describen 4 perfiles de suelo:	
FACTOR DE SUELO					COEFICIENTE DE PERFIL DE SUELO	
ZONA \ SUELO	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	TIPO	COEFICIENTE
Z ₄	0.80	1.00	1.05	1.10	A	1.0
Z ₃	0.80	1.00	1.15	1.20	B	1.2
Z ₂	0.80	1.00	1.20	1.40	C	1.5
Z ₁	0.80	1.00	1.60	2.00	D	2.0
PERIODOS "T _P " Y "T _L "						
	Perfil de suelo					
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃		
T _P	0.3	0.4	0.6	1.0		
T _L	3.0	2.5	2.0	1.6		

Nota: Elaboración propia

La Norma Técnica Peruana E.030 " Diseño Sismorresistente" y la Norma Norteamericana ACI 350.3-06 poseen cuatro perfiles de suelo en su clasificación y sus valores son similares. Además, proporciona intervalos de vibración adicionales como TP y TL para cada perfil de suelo, pero estos intervalos están destinados principalmente a edificios.

3.9.5.3. Factor de uso

La norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente" clasifica las edificaciones en 4 categorías "U" (esenciales, importantes, comunes y temporales) teniendo cada categoría un factor de uso.

La norma ACI 350.3-06 tiene una clasificación específica de estructuras (tanques) que contienen líquidos y una clasificación según la importancia "I" de uso, dividida en tres categorías.

Tabla 15

Comparaciones de los factores de Uso

Norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"			Norma ACI 350.3-06	
Se identifican 4 categorías de las edificaciones:			Se identifican 3 usos para los contenedores de líquidos:	
CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"			FACTOR DE IMPORTANCIA "I"	
CATEGORÍA	FACTOR DE USO "U"		USO DEL TANQUE	FACTOR I
A	A1	Ver nota 1 (Tabla)	Tanques que contienen material peligroso.	1.50
	A2	1.5	Tanques cuyo contenido es usable para distintos propósitos después de un terremoto, o tanques que son parte de sistemas de salvataje.	1.25
B	1.3		Otros.	1.00
C	1.0			
D	Ver nota 2 (Tabla)			

Nota: Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 15, la Norma Peruana E.030 "Diseño Sismorresistente" presenta clasificación general para estructuras que la Norma Norteamericana ACI 350.3-06, que tiene una categorización determinada para estructuras que contienen materiales. Además, encontramos que los dos estándares tienen valores muy similares según su importancia estructural.



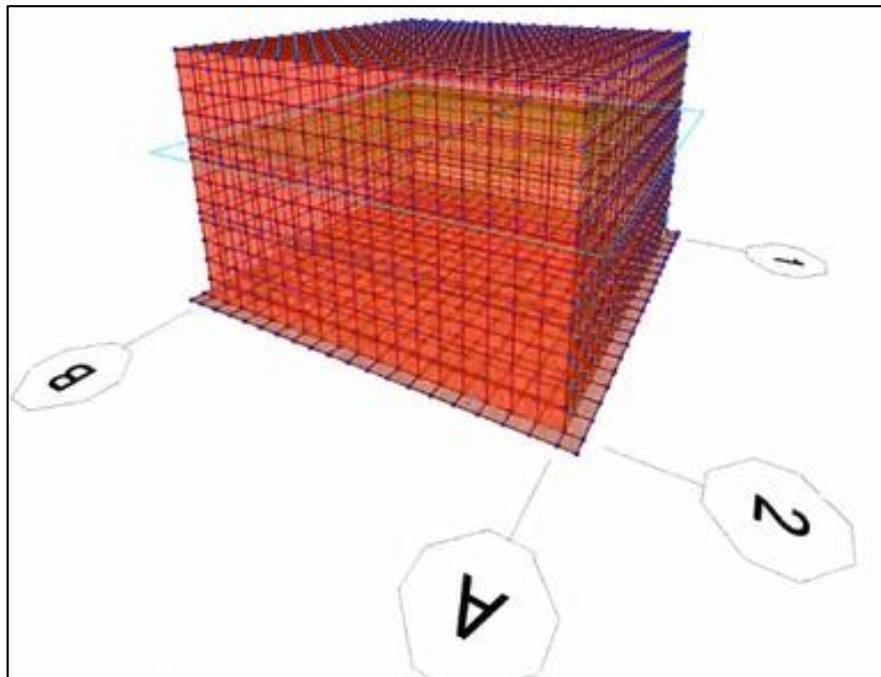
3.9.5.4. Factor de reducción y sistema estructural

De acuerdo con la unidad de medida peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”, los sistemas estructurales se categorizan de acuerdo con los materiales utilizados y la estructura sismorresistente en cada dirección de análisis, tomando en cuenta cada sistema estructural y su coeficiente de reducción.

De acuerdo al tipo de estructura que sujeta líquidos y al modelo que se sugiere en la norma ACI 350.3-06 se dan valores para los factores de modificación de respuesta

Figura 44

Modelamiento del reservorio rectangular de Chinchero



Nota: SAP2000



Tabla 16

Comparación de los sistemas estructurales

Norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"	Norma ACI 350.3-06																																																								
Los sistemas estructurales se clasifican según el material usado:	Se clasifican según el tipo de estructura, tipo de apoyo y el almacenamiento																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">SISTEMAS ESTRUCTURALES</th> </tr> <tr> <th>Sistema estructural</th> <th>Coefficiente de Reducción "R"</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Acero:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SMF</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>IMF</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>OMF</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>SCBF</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>OCBF</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>EBF</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Concreto Armado:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pórticos</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Dual</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Muros estructurales</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Muros de ductibilidad limitada</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Albañilería armada o confinada</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Madera para diseño por esfuerzos admisibles</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table>	SISTEMAS ESTRUCTURALES		Sistema estructural	Coefficiente de Reducción "R"	Acero:		SMF	8	IMF	5	OMF	4	SCBF	7	OCBF	4	EBF	8	Concreto Armado:		Pórticos	8	Dual	7	Muros estructurales	6	Muros de ductibilidad limitada	4	Albañilería armada o confinada	3	Madera para diseño por esfuerzos admisibles	7	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">FACTOR DE MODIFICACIÓN DE RESPUESTA "Rw"</th> </tr> <tr> <th>Tipo de estructura</th> <th>Rwi superficial o en pendiente</th> <th>Enterrado</th> <th>Rwc</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Anclados</td> <td>4.5</td> <td>4.5++</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Empotrado o simple apoyado</td> <td>2.75</td> <td>4</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>No anclados, llenos o vacíos</td> <td>2</td> <td>2.75</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Tanques elevados</td> <td>0.4</td> <td>--</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	FACTOR DE MODIFICACIÓN DE RESPUESTA "Rw"				Tipo de estructura	Rwi superficial o en pendiente	Enterrado	Rwc	Anclados	4.5	4.5++	1	Empotrado o simple apoyado	2.75	4	1	No anclados, llenos o vacíos	2	2.75	1	Tanques elevados	0.4	--	1
SISTEMAS ESTRUCTURALES																																																									
Sistema estructural	Coefficiente de Reducción "R"																																																								
Acero:																																																									
SMF	8																																																								
IMF	5																																																								
OMF	4																																																								
SCBF	7																																																								
OCBF	4																																																								
EBF	8																																																								
Concreto Armado:																																																									
Pórticos	8																																																								
Dual	7																																																								
Muros estructurales	6																																																								
Muros de ductibilidad limitada	4																																																								
Albañilería armada o confinada	3																																																								
Madera para diseño por esfuerzos admisibles	7																																																								
FACTOR DE MODIFICACIÓN DE RESPUESTA "Rw"																																																									
Tipo de estructura	Rwi superficial o en pendiente	Enterrado	Rwc																																																						
Anclados	4.5	4.5++	1																																																						
Empotrado o simple apoyado	2.75	4	1																																																						
No anclados, llenos o vacíos	2	2.75	1																																																						
Tanques elevados	0.4	--	1																																																						

Nota: Elaboración Propia

La norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente" a diferencia de la norma norteamericana ACI 350.3-06, que tiene una clasificación específica para las estructuras que contienen líquidos, según el modelo dinámico utilizado al considerar factores para masas reactivas (convectivas e impulsivas), y según el tipo de soporte que tengan; tiene una clasificación según el material utilizado y el sistema de estructuración.

3.9.5.5. Periodo de vibración

La Norma Peruana E.030 "Diseño Sismorresistente" permite el cálculo de los periodos fundamentales de vibración de una estructura en cada dirección, pero los ratios o relaciones que dan son relativos a la edificación y al tipo de estructura como tanques de almacenamiento de líquidos y reservorios. La siguiente expresión, sin embargo, se usa para determinar el período de vibración:

$$T = \frac{h_n}{C_T} \tag{32}$$



Donde:

$C_T = 35$ edificaciones con pórticos de hormigón armado sin muros de corte o pórticos de acero dúctil con conexiones resistentes a momento que no requieran arriostramientos como elementos resistentes en la dirección considerada.

$C_T = 45$ para estructuras que tengan como elementos resistentes pórticos de acero arriostrado, muros en huecos de ascensores y escaleras y pórticos de hormigón armado en la dirección analizada.

$C_T = 60$ para edificios de albañilería y todos los edificios de hormigón armado doble, muros de carga y muros de ductilidad limitada.

h_N = Altura total de la estructura.

Por otro lado, el estándar norteamericano ACI 350.3-06 es específico para contenedores de líquidos, de ahí que se pueda obtener los ciclos de oscilación para cada masa de reacción propuesta en el modelo.

Para el cálculo del periodo fundamental de oscilación del estanque (más la componente impulsiva del contenido) se emplea la siguiente fórmula:

$$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i} \quad (33)$$

Donde:

ω_i : Frecuencia circular del modo impulsivo de vibración; unidad: rad/s.

T_i : Periodo fundamental de oscilación del reservorio, unidad: segundos.

El cálculo del periodo natural del primer modo (convectivo) de batimiento de agua, se efectuó con la siguiente expresión:

$$T_c = \frac{2\pi}{\omega_c} = \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right) \cdot \sqrt{D} \quad (34)$$

Donde:

T_c : Periodo natural del primer modo (convectivo) de batimiento de agua; unidad: segundos.

D : Diámetro; unidad: metros.

3.9.6. Identificación de los parámetros normativos

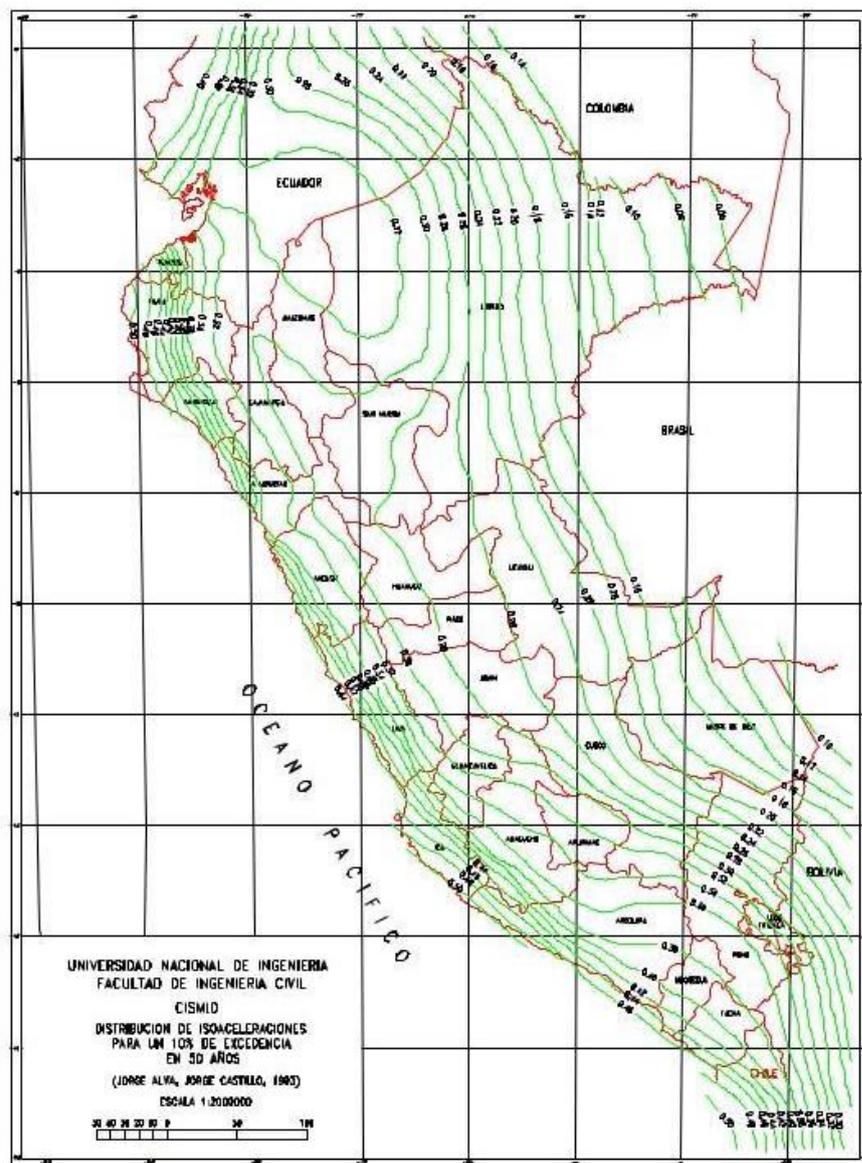
Se determinaron valores para cada estándar para calcular el espectro de respuesta utilizado en el análisis

3.9.6.1. Identificación de zona

La Figura 40 muestra los valores isométricos de 50 años de Perú. Se utilizaron valores de la Norma Técnica Peruana E. 030 “Diseño Sismorresistente” para calcular el espectro de las dos normas. Ambos criterios tienen una probabilidad de superar el 10% en 50 años.

Figura 45

Distribución de isoaceleraciones para el 10% de excedencia en 50 años.



Nota: Imagen proporcionada por (Marín Guillén , 2012)



3.9.6.2. Identificación de coeficiente de suelo

Las particularidades del suelo de embalses rectangulares de concreto reforzado de Chinchero se definen como suelo moderadamente duro, compacto, arena gruesa a mediana o grava de consistencia firme. De igual forma, según la clasificación de la Norma Peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”, las propiedades del suelo que bordea el reservorio pertenecen a las propiedades de la sección tipo S2. Suelo intermedio con un factor de 1.20.

Según la Norma Norteamericana ACI 350.3-06 y las propiedades del suelo a orillas del reservorio Chinchero, el perfil del suelo se encuentra clasificado como Tipo B con un factor de 1.20.

3.9.6.3. Identificación de factor de uso

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” y su categorización de elementos de obra, el sistema de investigación se dice que es clase A con una tasa de disponibilidad de 1.50.

De acuerdo con ACI 350.3-06 y su tipología de estructuras, los tanques o reservorios de almacenamiento de líquidos en este estudio se utilizan como suministros de agua potable y, debido a sus volúmenes medianos y grandes, siempre deben funcionar incluso después de que un terremoto y/o sismo, considerado con un factor de severidad de 1.50.

3.9.6.4. Identificación de factor de reducción

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”, el reservorio Chinchero es de hormigón armado y el tipo de muros tiene un factor de reducción de 6, de ahí la clasificación del sistema estructural según los materiales utilizados en la construcción.

De acuerdo con ACI.350.3-06 y su clasificación de tipo de construcción, el embalse de Chinchero o tanques de almacenamiento de líquidos pertenecen a la categoría de “empotrado o simple apoyo”, por ende, los modificadores de respuesta de masa de pulso corresponden a 2.75, 4.0 para entierro y 1.0 para masa convectiva.



Tabla 17

Parámetros obtenidos según la NTP E.030 "Diseño Sismorresistente"

Parámetros según la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"		
Parámetro		Factor
Zona	Z	0.25
Perfil de suelo	S	1.20
Factor de uso	U	1.50
Coeficiente de reducción	R	1.00

Nota: Elaboración propia

Tabla 18

Parámetros obtenidos según la norma ACI 350.3-06

Parámetros según la norma ACI 350.3-06		
Parámetro		Factor
Zona	Z	0.30
Perfil de suelo	S	1.20
Importancia	I	1.50
Factor de modificación de respuesta	Rwi	2.75
	Rwc	1.00

Nota: Elaboración propia

3.9.7. Modelamiento estructural

El modelo de tanque rectangular de concreto reforzado de Chinchero está construido para observar estructuras, aplicando una variedad de casos de carga tales como presión de agua, esfuerzos sísmicos y otros.

3.9.7.1. Definición de los materiales

Las medidas utilizadas para el modelado estructural son kgf, m y C.

Para comenzar el modelado estructural, se determinan los materiales a aplicarse a la distribución del tanque. A continuación, determine la resistencia del hormigón de la tapa y las cuatro paredes rectas de acuerdo con el método de Ensayo No Destructivo para Concreto – Esclerómetro, que indica resistencia de 200,23 kg/cm². Por otro lado, la medida de flexibilidad del concreto utilizado para el modelado estructural es la Norma Peruana E.060 "Concreto Armado" (15000xRAIZ (f'c)) y la norma americana ACI 350.3-06 (15100xRAIZ (f'c)).



Figura 46

Definición y propiedades de los materiales según la norma E.030 "Diseño Sismorresistente" - Concreto

S Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: CON200

Material Type: Concrete

Material Grade: CON200

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 2400.

Mass per Unit Volume: 244.7319

Units

Units: Kgf, m, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 2.121E+09

Poisson, U: 0.18

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 9.900E-06

Shear Modulus, G: 8.989E+08

Other Properties For Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f_c: 2000000.

Expected Concrete Compressive Strength: 2000000.

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor: [disabled]

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Nota: Captura de pantalla del Software SAP 2000 V22.1



Figura 47

Definición y propiedades de los materiales según la norma E.030 “Diseño Sismorresistente” - Acero

Section	Property	Value
General Data	Material Name and Display Color	Gr60
	Material Type	Rebar
	Material Grade	Grade 60
	Material Notes	Modify/Show Notes...
Weight and Mass	Weight per Unit Volume	7850.
	Mass per Unit Volume	800.4772
Units	Units	Kgf, m, C
Uniaxial Property Data	Modulus Of Elasticity, E	2.000E+10
	Poisson, U	0.3
	Coefficient Of Thermal Expansion, A	1.170E-05
	Shear Modulus, G	
Other Properties For Rebar Materials	Minimum Yield Stress, Fy	42000000.
	Minimum Tensile Stress, Fu	42000000.
	Expected Yield Stress, Fye	42000000.
	Expected Tensile Stress, Fue	42000000.

Nota: Captura de pantalla del Software SAP 2000 V22.1

3.9.7.2. Definición de las secciones del material

En la Figura 46 y la Figura 47, se muestran los valores que toman las secciones de los muros y el techo del reservorio rectangular de Chinchero.



Figura 48

Definición de las secciones y espesor de los muros del reservorio

S Shell Section Data

Section Name: MURO

Section Notes: Modify/Show...

Display Color: [Dark Grey]

Type:

- Shell - Thin
- Shell - Thick
- Plate - Thin
- Plate Thick
- Membrane
- Shell - Layered/Nonlinear

Modify/Show Layer Definition...

Thickness:

Membrane: 0.2

Bending: 0.2

Material:

Material Name: + CON200

Material Angle: 0.

Time Dependent Properties: Set Time Dependent Properties...

Concrete Shell Section Design Parameters: Modify/Show Shell Design Parameters...

Stiffness Modifiers: Set Modifiers...

Temp Dependent Properties: Thermal Properties...

OK Cancel

Nota: Captura de pantalla del Software SAP 2000 V22.1

Figura 49

Definición del techo del reservorio

S Shell Section Data

Section Name: TECHO

Section Notes: Modify/Show...

Display Color: [Yellow]

Type:

- Shell - Thin
- Shell - Thick
- Plate - Thin
- Plate Thick
- Membrane
- Shell - Layered/Nonlinear

Modify/Show Layer Definition...

Thickness:

Membrane: 0.15

Bending: 0.15

Material:

Material Name: + CON200

Material Angle: 0.

Time Dependent Properties: Set Time Dependent Properties...

Concrete Shell Section Design Parameters: Modify/Show Shell Design Parameters...

Stiffness Modifiers: Set Modifiers...

Temp Dependent Properties: Thermal Properties...

OK Cancel

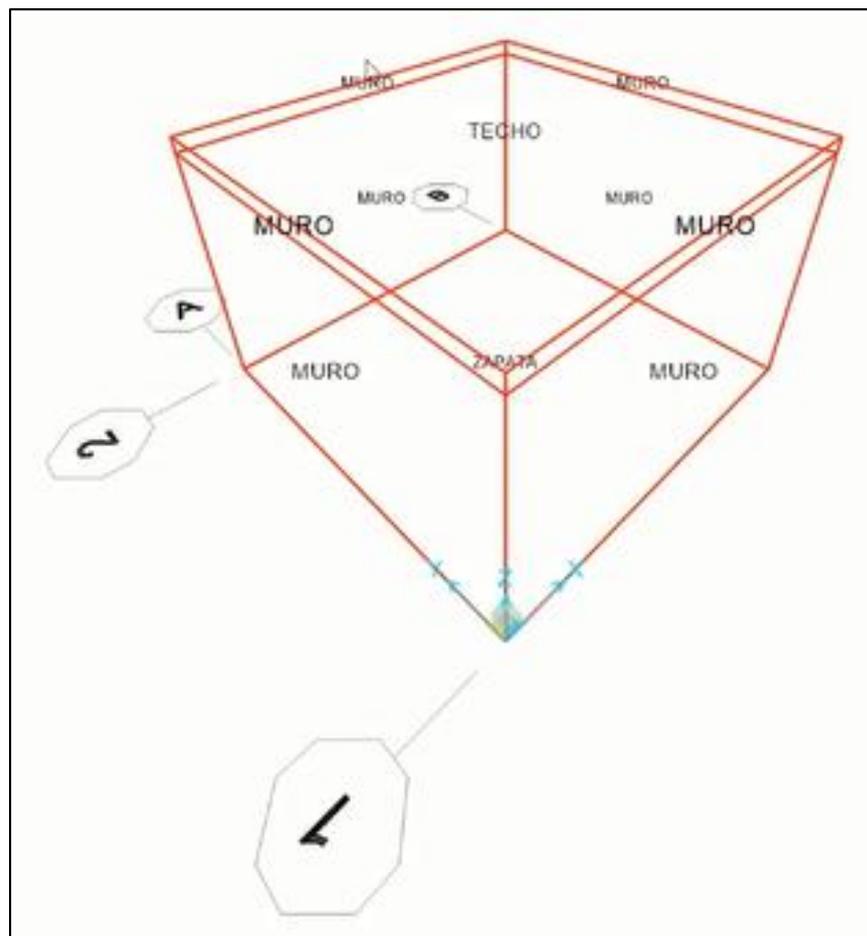
Nota: Captura de pantalla del Software SAP 2000 V22.1

Una vez determinadas las características del material de la estructura utilizada en el modelo, en este caso el hormigón, y determinadas las partes de los componentes de la estructura, se crea un modelo representativo de la textura investigada en este estudio.

Para la estructura investigada se consideraron todos los “elementos área o shell” y se fijaron los respectivos espesores de pared considerando los valores de la Fig. 49 y la Fig. 49.

Figura 50

Modelamiento tridimensional del reservorio de Chinchero



Nota: Captura de pantalla del Software SAP 2000 V22.1

Luego de realizado el modelado de la estructura descrita anteriormente, se aplican los mecanismos respectivos a cada uno de sus elementos y se aplican las cargas correspondientes.



3.9.7.3. Asignación de cargas

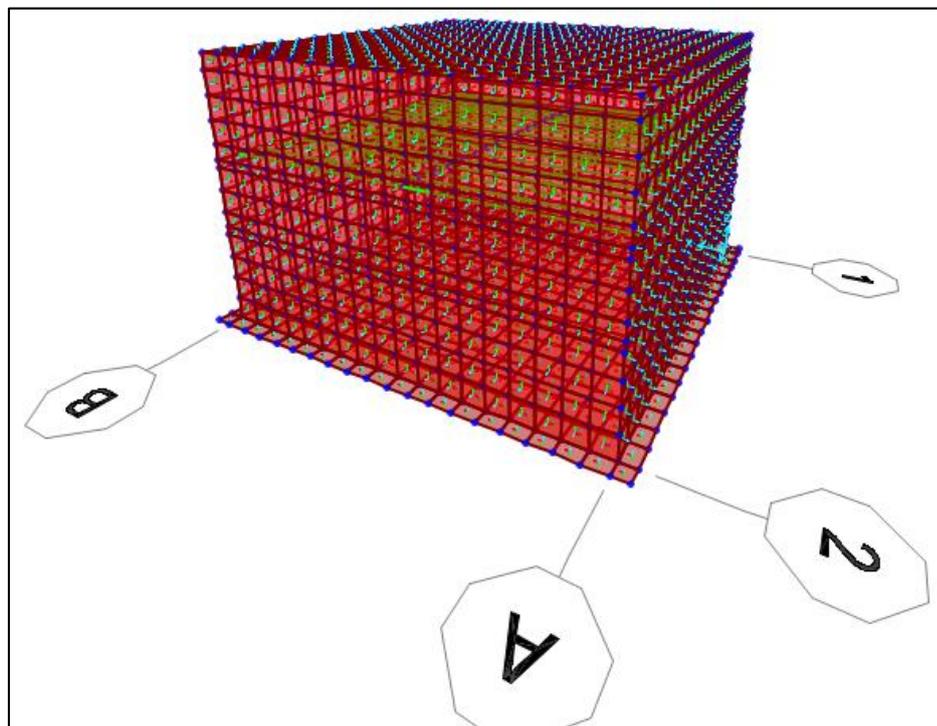
3.9.7.3.1. Asignación de la carga estática del agua

La presión ejercida por la carga de agua sobre los muros estructurales, con la presión más alta ocurriendo en la base y más baja ocurriendo a la altura del nivel del agua en el reservorio.

Para aplicar presión al modelo, se define primero un patrón de puntos (Fig. 51) seguidamente se asigna a las paredes del tanque para que el área donde se aplica la carga en forma de presión sea la superficie.

Figura 51

Asignación de la presión hidroestática en el reservorio de Chinchero



Nota: Captura de pantalla del Software SAP 2000 V22.1

Figura 52
Patrones de puntos

S Assign Joint Pattern Data

General

Joint Pattern Name: AGUA

Pattern Assignment Type

X, Y, Z Multipliers (Pattern Value = $Ax + By + Cz + D$)

Z Coordinate at Zero Pressure and Weight per Unit Volume

Pattern Value = $Ax + By + Cz + D$

Constant A	0	1/m
Constant B	0	1/m
Constant C	-1000	1/m
Constant D	3500	

Restrictions

Use All Values

Zero Negative Values

Zero Positive Values

Options

Add to Existing Values

Replace Existing Values

Delete Existing Values

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

Nota: Captura de pantalla del Software SAP 2000 V22.1

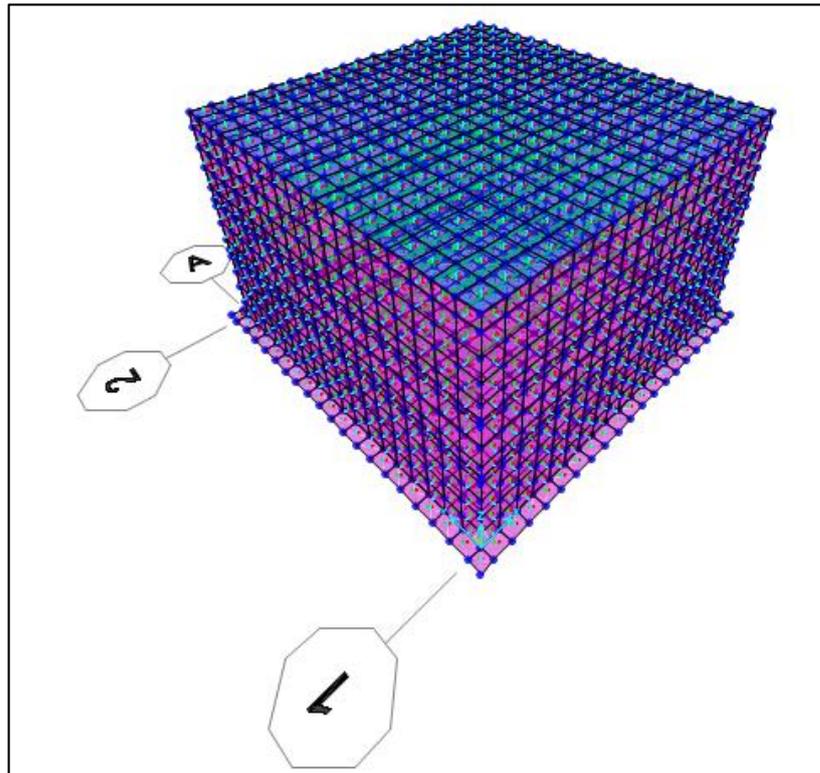
3.9.7.3.2. Asignación de la carga viva

La carga directa de la estructura, se consigna en la carga el techo de la esquina del tanque; aplicada según la Norma Peruana E.020 Código Nacional de Edificación “Carga”, 100kg/m^2 .



Figura 53

Asignación de la carga viva del techo



Nota: Captura de pantalla del Software SAP 2000 V22.1

3.10. Procedimiento de análisis de datos

Para los estudios estructurales se realizaron los siguientes pasos:

En primer lugar, se realizan los análisis estáticos de la estructura de acuerdo con la Norma ACI 350.3-06; esto predetermina los parámetros sísmicos.

Los valores de parámetros sísmicos recomendados según la Norma ACI 350.3-06 y Norma Peruana E.030 "Diseño Sismorresistente". Incluyen la utilización, el factor del suelo, el factor zonal, el factor de amortiguamiento o modifique la respuesta. Los factores se detallan en la sección anterior titulada " Identificación de los parámetros normativos". Luego de definido el análisis sísmico estático de la estructura, se efectúa un análisis dinámico tipo espectro modal. En este análisis, se aplicó el espectro de respuesta de diseño y se construyó con parámetros. Los números de terremotos son proporcionados por estándares peruanos y estadounidenses.

3.10.1. Análisis sísmico estático

Los procedimientos realizados para el análisis sísmico estático se realizaron en vista de la Norma ACI 350.3-06.



Primero, se determinó la masa de los elementos que componen la estructura del tanque: la masa de las paredes y el techo. Los valores de masa de convección y masa de pulso se calculan luego utilizando las siguientes fórmulas:

$$W_i = W_L \cdot \left(\frac{\tanh \left(0.866 \cdot \frac{L}{H_L} \right)}{0.866 \cdot \frac{L}{H_L}} \right) \quad (35)$$

Siendo:

L: Longitud del reservorio

H_L: Altura del agua

W_L: Peso total del líquido del reservorio

W_i: Peso impulsivo

Para:

L = 5.20 metros

H_L = 3.30 metros

W_L = 82,500 kgf

W_i = 53,048.43 kgf

$$W_c = W_L \cdot \left(0.264 \cdot \frac{L}{H_L} \cdot \tanh \left(3.16 \cdot \frac{H_L}{L} \right) \right) \quad (36)$$

Siendo:

L: Longitud del reservorio

H_L: Altura del agua

W_L: Peso total del líquido del reservorio

W_c: Peso convectivo

Para:

L = 5.20 metros

H_L = 3.30 metros

W_L = 82,500 kgf



$$W_c = 33,098.415 \text{ kgf}$$

Calculados los valores de las masas reactivas, convectiva e impulsiva, se procede al cálculo de la altura de la estructura, la cual se obtiene mediante la siguiente fórmula:

Para reservorios con:

$$\frac{L}{H_L} < 1.333 \quad (37)$$

$$\frac{h_i}{H_L} = 0.5 - 0.09375 \left(\frac{L}{H_L} \right) \quad (38)$$

Y para reservorios con:

$$\frac{L}{H_L} \geq 1.333 \quad (39)$$

$$\frac{h_i}{H_L} = 0.375 \quad (40)$$

Reemplazando en la fórmula con los datos respectivos, se tiene:

$$\frac{L}{H_L} = \frac{5.20}{3.30} = 1.576 \quad (41)$$

Entonces aplicamos la siguiente fórmula:

$$\frac{h_i}{H_L} = 0.375 \quad (42)$$

Aplicando la segunda relación, el resultado es:

$$h_i = 0.375 \cdot H_L = 1.238 \text{ m} \quad (43)$$

$h_i = 1.238$ metros; altura impulsiva

Para todos los reservorios:

$$h_c = H_L \cdot \left(1 - \frac{\cosh \left(3.16 \cdot \frac{H_L}{L} \right) - 1}{3.16 \cdot \frac{H_L}{L} \cdot \sinh \left(3.16 \cdot \frac{H_L}{L} \right)} \right) \quad (44)$$

Siendo:



L: Longitud del reservorio

H_L: Altura del agua

h_c: Altura convectiva

Para:

L = 5.20 metros

H_L = 3.30 metros

h_c = 2.045 metros; altura convectiva

Cálculo de la masa convectiva:

$$m_c = \frac{W_c}{g} \quad (45)$$

Siendo:

W_c: Peso convectivo

g: Gravedad

Para:

W_c = 33,098.415 kgf

g = 9.81 m/s²

Entonces:

m_c: 3,375.099 (s².kgf)/m

Donde:

E_c: Módulo de elasticidad del concreto

$$E_c = 1500 \cdot \sqrt{f'_c \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} \quad (46)$$

Donde:

f'_c: Resistencia a la compresión del concreto

Para:



$$f'c = 200 \text{ kgf/cm}^2$$

Entonces:

$$Ec = 212,132.034 \text{ kgf/cm}^2$$

m_i : Masa impulsiva del contenido líquido por unidad de ancho del reservorio

$$m_i = \frac{W_i}{g} \quad (47)$$

Donde:

W_i : Peso convectivo

g : Gravedad

Para:

$$W_i = 53048.43 \text{ kgf}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Entonces:

$$m_i = 5409.434 \text{ (s}^2\text{.kgf)/m}$$

Calculando la masa del muro:

$$m_w = H_w \cdot t_w \cdot \frac{\gamma_c}{g} \quad (48)$$

Donde:

H_w : Altura sobre la base del muro

t_w : Espesor del muro

γ_c : Peso específico del concreto

g : Gravedad

Para:

$$H_w = 3.50 \text{ metros}$$

$$t_w = 0.20 \text{ metros}$$

$$\gamma_c = 2400 \text{ kgf/m}^3$$



$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Entonces:

$$m_w = 1,680 \text{ kg/m}$$

Calculando el peso del muro:

$$W_w = m_w \cdot L \cdot 4 \cdot g \quad (49)$$

Siendo:

m_w : masa del muro

L: longitud del reservorio

g: gravedad

Para:

$$m_w = 1,680 \text{ kg/m}$$

$$L = 5.20 \text{ m}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Entonces:

$$W_w = 34,944 \text{ kgf}$$

Se obtuvo el periodo impulsivo verificando el modo de vibración traslacional en la dirección del análisis.

Periodo del componente impulsivo extraído del SAP 2000

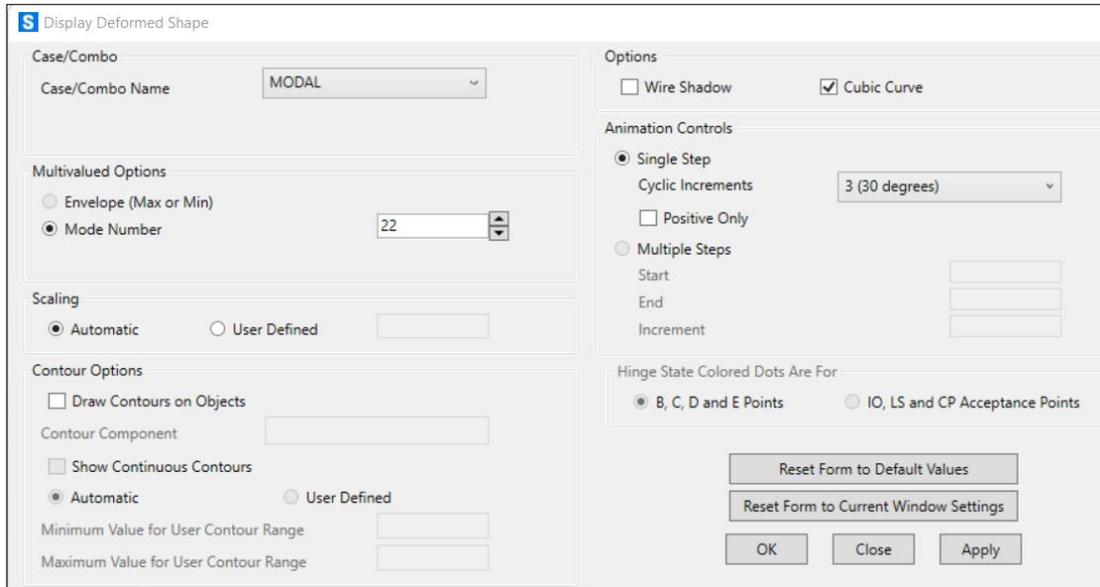
$$T_i = 0.01693 \text{ s} \quad (50)$$

Se obtuvo el periodo impulsivo aproximadamente en el modo número 22 tal como se evidencia en la Figura 54.



Figura 54

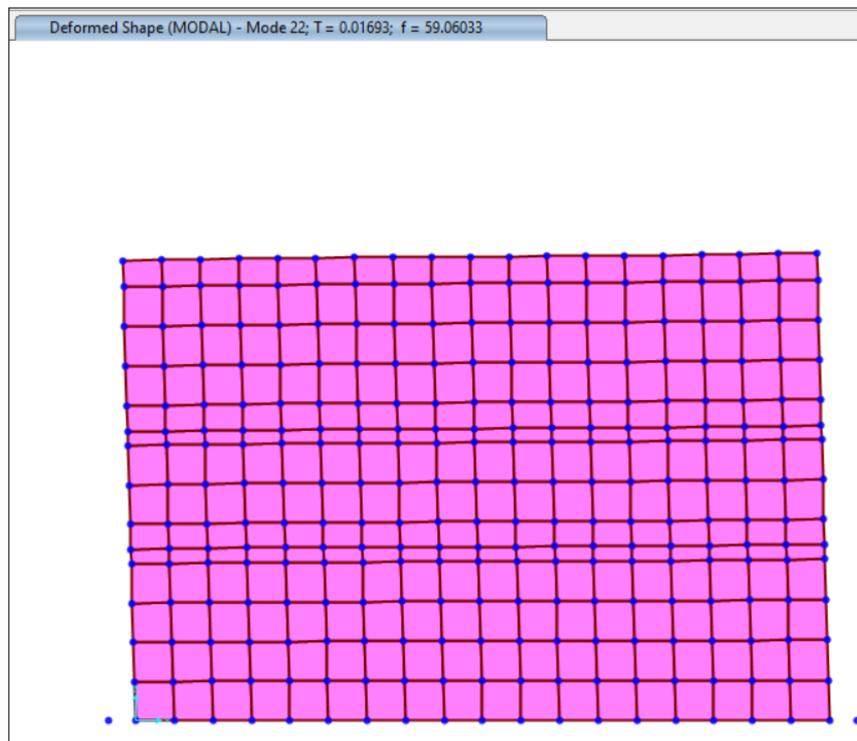
Ubicación del modo de vibración de la estructura



Nota: Captura de pantalla del Software SAP 2000 V22.1

Figura 55

Obtención del periodo impulsivo mediante el modelado de la estructura



Nota: Captura de pantalla del Software SAP 2000 V22.1



De manera similar, la frecuencia de vibración circunferencial (ω_i) del primer modo de pulso de agitación viene dada por la siguiente ecuación:

$$\omega_i = \frac{2\pi}{T_i} \quad (51)$$

Donde:

T_i : Periodo del componente impulsivo

ω_i : Frecuencia circular del modo impulsivo

Para:

$$T_i = 0.01693 \text{ s}$$

Entonces:

$$\omega_i = 329.999 \text{ rad/s}$$

De manera similar, la frecuencia de oscilación circular (ω_c) del primer modo convectivo de agitación de agua viene dada por:

$$\omega_c = \frac{\lambda}{\sqrt{L}} \quad (52)$$

Siendo:

ω_c : Frecuencia circular del modo convectivo

λ : Coeficiente

$$\lambda = \sqrt{3.16 \cdot g \cdot \tanh\left(3.16 \cdot \frac{H_L}{L}\right)} \quad (53)$$

Siendo:

H_L : Altura del agua

L : Longitud del reservorio

g : Gravedad

Para:

$$H_L = 3.30 \text{ metros}$$

$$L = 5.20 \text{ metros}$$



$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Entonces:

$$\lambda = 5.467 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$$

L: Longitud del reservorio

Para:

$$\lambda = 5.467 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$$

$$L = 5.20 \text{ metros}$$

Entonces:

$$\omega_c = 2.397 \text{ rad/s}$$

En seguida se calculó el periodo del componente convectivo aplicando la siguiente fórmula:

$$T_c = \frac{2\pi}{\omega_c} \quad (54)$$

Donde:

Tc: Periodo del componente convectivo

ω_c : Frecuencia circular del modo convectivo

Para:

$$\omega_c = 2.397 * (1/\text{s})$$

Entonces:

$$T_c = 2.56 \text{ s}$$

Calculando el peso del techo:

$$W_r = t_r \cdot L \cdot B \cdot \gamma_c \quad (55)$$

Siendo:

Wr: peso del techo del reservorio

tr: espesor del techo

L: longitud del reservorio



B: ancho del reservorio

γ_c : peso específico del concreto

Para:

$$t_r = 0.15 \text{ m}$$

$$L = 5.20 \text{ m}$$

$$B = 5.20 \text{ m}$$

$$\gamma_c = 2400 \text{ kgf/m}^3$$

Entonces:

$$W_r = 9,734.40 \text{ kgf}$$

Luego, los coeficientes de ampliación espectral para el pulso 'Ci' y los bloques de convección 'Cc' se calculan con:

- Condiciones para el factor de ampliación espectral para la masa impulsiva "Ci":

$$\text{Si } T_i \leq 0.31s$$

$$C_i = \frac{2.75}{S} \quad (56)$$

$$\text{Si } T_i > 0.31s$$

$$C_i = \frac{1.25}{(T_i)^{\frac{2}{3}}} \leq \frac{2.75}{S} \quad (57)$$

- Condiciones para el factor de ampliación espectral para la masa convectiva "Cc":

$$\text{Si } T_c \geq 2.4s$$

$$C_c = \frac{6.0}{(T_c)^2} \quad (58)$$

Luego se calculó el coeficiente de masa efectiva ϵ :



$$\varepsilon = \left(0.0151 \cdot \left(\frac{L}{H_L} \right)^2 - 0.1908 \cdot \frac{L}{H_L} + 1.021 \right) \quad (59)$$

Donde:

H_L : Altura del agua

L : Longitud del reservorio

Para:

$H_L = 3.30$ metros

$L = 5.20$ metros

Entonces:

$$\varepsilon' = 0.758$$

A continuación, se calcularon las fuerzas dinámicas laterales de la estructura:

Donde los elementos corresponden a:

Z : Factor de zona sísmica

S : Coeficiente de perfil de suelo

I : Factor de importancia

C_i : Factor de amplificación espectral del componente impulsivo

C_c : Factor de amplificación espectral del componente convectivo

R_{wi} : Factor de modificación de respuesta del componente impulsivo

R_{wc} : Factor de modificación de respuesta del componente convectivo

W_w : Peso del muro

W_r : Peso del techo

W_i : Peso impulsivo

W_c : Peso convectivo

ε : Coeficiente de masa efectiva

Para:

$$Z = 0.30$$



$$S = 1.20$$

$$I = 1.50$$

$$C_i = 2.292$$

$$C_c = 0.873$$

$$R_{wi} = 2.75$$

$$R_{wc} = 1.00$$

$$W_w = 34944 \text{ kgf}$$

$$W_r = 10890 \text{ kgf}$$

$$W_i = 53048.43 \text{ kgf}$$

$$W_c = 33098.415 \text{ kgf}$$

$$\varepsilon = 0.758$$

- Calculando la fuerza dinámica lateral del muro

$$P_w = Z \cdot S \cdot I \cdot C_i \cdot \varepsilon \cdot \frac{W_w}{R_{wi}} \quad (60)$$

Entonces

P_w : Fuerza dinámica lateral del muro

$$P_w = 11,916.866 \text{ kgf}$$

- Calculando la fuerza dinámica lateral del techo

$$P_r = Z \cdot S \cdot I \cdot C_i \cdot \frac{W_r}{R_{wi}} \quad (61)$$

Entonces:

P_r : Fuerza dinámica lateral del techo

$$P_r = 4,380.48 \text{ kgf}$$

- Calculando la fuerza dinámica lateral impulsiva

$$P_i = Z \cdot S \cdot I \cdot C_i \cdot \frac{W_i}{R_{wi}} \quad (62)$$



Entonces:

Pi: Fuerza dinámica lateral impulsiva

$$P_i = 23,871.793 \text{ kgf}$$

- Calculando la fuerza dinámica lateral convectiva

$$P_c = Z \cdot S \cdot I \cdot C_c \cdot \frac{W_c}{R_{wc}} \quad (63)$$

Pc: Fuerza dinámica lateral convectiva

$$P_c = 15,611.938 \text{ kgf}$$

- Calculando la cortante basal:

$$V = \sqrt{(P_i + P_w + P_r)^2 + (P_c)^2} \quad (64)$$

Siendo:

V: Cortante basal

Pi: Fuerza dinámica lateral impulsiva

Pw: Fuerza dinámica lateral del muro

Pr: Fuerza dinámica lateral del techo

Pc: Fuerza dinámica lateral convectiva

Para:

$$P_i = 23,871.793 \text{ kgf}$$

$$P_w = 11,916.866 \text{ kgf}$$

$$P_r = 4,380.48 \text{ kgf}$$

$$P_c = 15,611.938 \text{ kgf}$$

Entonces:

$$V = 43,096.315 \text{ kgf}$$

- Calculando el momento del muro



$$M_w = P_w \cdot H_w \quad (65)$$

Siendo:

Mw: momento del muro

Pw: fuerza dinámica lateral del muro

Hw: altura del muro

Para:

$$P_w = 11,916.866 \text{ kgf}$$

$$H_w = 3.50 \text{ m}$$

Entonces:

$$M_w = 41,709.03 \text{ kgf.m}$$

- Calculando el momento del techo

$$M_r = P_r \cdot (H_w + 7.50 \text{ cm}) \quad (66)$$

Siendo:

Mr: momento del techo

Pr: fuerza dinámica lateral del techo

Hw: altura del muro

Para:

$$P_r = 4,380.48 \text{ kgf}$$

$$H_w = 3.50 \text{ m}$$

Entonces:

$$M_r = 15,660.216 \text{ kgf.m}$$

- Momento impulsivo

$$M_i = P_i \cdot h_i \quad (67)$$

Siendo:

Mi: momento impulsive



Pi: fuerza dinámica lateral impulsiva

hi: altura del componente impulsivo

Para:

$$P_i = 23,871.793 \text{ kgf}$$

$$h_i = 1.238 \text{ m}$$

Entonces:

$$M_i = 29,541.344 \text{ kgf.m}$$

- Momento convectivo

$$M_c = P_c \cdot h_c \quad (68)$$

Siendo:

Mc: momento convectivo

Pc: fuerza dinámica lateral convectivo

hc: altura del componente convectivo

Para:

$$P_c = 15,611.938 \text{ kgf}$$

$$h_c = 2.045 \text{ m}$$

Entonces:

$$M_c = 31,924.648 \text{ kgf.m}$$

- Momento de flexión en la sección transversal

$$M_b = \sqrt{(M_i + M_w + M_r)^2 + (M_c)^2} \quad (69)$$

Siendo:

Mb: momento de flexión en la sección transversal

Mi: momento impulsivo

Mw: momento del muro

Mr: momento del techo



Mc: momento convectivo

Para:

$$M_i = 29,541.344 \text{ kgf.m}$$

$$M_w = 41,709.03 \text{ kgf.m}$$

$$M_r = 15,660.216 \text{ kgf.m}$$

$$M_c = 31,924.648 \text{ kgf.m}$$

Entonces:

$$M_b = 92,588.519 \text{ kgf.m}$$

- Rigidez de la masa convectiva

$$K_c = \frac{W_c}{g} \cdot (\omega_c)^2 \quad (70)$$

Siendo:

Kc: rigidez de la masa convectiva

Wc: peso convectivo

ω_c : frecuencia circular del modo convectivo

g: gravedad

Para:

$$W_c = 33,098.415 \text{ kgf}$$

$$\omega_c = 2.397 \text{ (1/s)}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Entonces:

$$K_c = 19,397.728 \text{ kgf/m}$$

- Rigidez de la masa impulsiva

$$K_i = (\omega_i)^2 \cdot m_i \quad (71)$$

Siendo:



K_i : rigidez de la masa impulsiva

ω_i : frecuencia circular del modo impulsivo

m_i : Masa impulsiva del contenido líquido

Para:

$$\omega_i = 329.999 \text{ rad/s}$$

$$m_i = 5409.434 \text{ (s}^2\cdot\text{kgf)/m}$$

Entonces:

$$K_i = 589'084,647.688 \text{ kgf/m}$$

- Fuerza de inercia lateral de muro

$$P_{wy} = Z \cdot S \cdot I \cdot C_i \cdot \varepsilon \cdot \frac{t_w \cdot \gamma_c \cdot L}{R_{wi}} \quad (72)$$

Siendo:

P_{wy} : fuerza de inercia lateral de muro

Z : factor zona sísmica

S : factor de perfil de suelo

I : factor de importancia

C_i : factor de amplificación espectral del componente impulsivo

ε : coeficiente de masa efectiva

t_w : Espesor del muro

γ_c : peso específico del concreto

L : longitud del reservorio

R_{wi} : factor de modificación de respuesta del componente impulsivo

Para:

$$Z = 0.30$$

$$S = 1.20$$



$$I = 1.50$$

$$C_i = 2.292$$

$$\varepsilon = 0.758$$

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

$$\gamma_c = 2400 \text{ kgf/m}^3$$

$$L = 5.20 \text{ m}$$

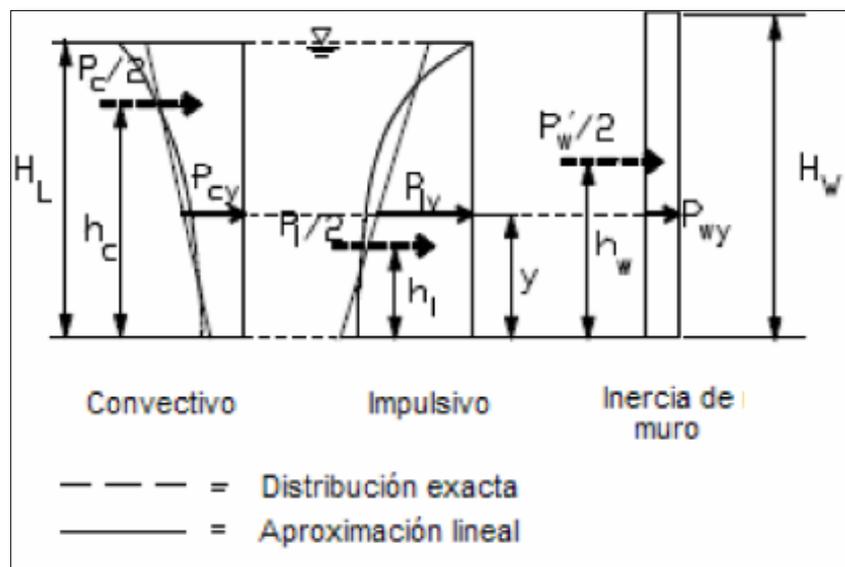
$$R_{wi} = 2.75$$

Entonces:

$$P_{wy} = 851.205 \text{ kgf/m}$$

Figura 56

Distribución de fuerzas en el tanque de almacenamiento o reservorio



Nota: Imagen proporcionada por la ACI COMMITTEE 350 (2006)

- Fuerza lateral impulsiva

$$P_{iy}(y) = \frac{\frac{P_i}{2} \cdot (4H_L - 6h_i - (6H_L - 12h_i) \cdot \frac{y}{H_L})}{H_L^2} \quad (73)$$

Donde:

P_i : fuerza dinámica lateral impulsiva



H_L : altura del agua

h_i : altura del componente impulsivo

- Fuerza lateral convectiva

$$P_{cy}(y) = \frac{\frac{P_c}{2} \cdot (4H_L - 6h_c - (6H_L - 12h_c) \cdot \frac{y}{H_L})}{H_L^2} \quad (74)$$

Donde:

P_c : fuerza dinámica lateral convectiva

H_L : altura del agua

h_i : altura del componente convectivo

Entonces tabulamos y desde la base hasta la altura del líquido para $y = 0$:

- Presión convectiva en la base

$$P_{cy}(0 \text{ m}) = 254.667 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \quad (75)$$

- Presión convectiva en la superficie

$$P_{cy}(H_L) = 1551.329 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \quad (76)$$

- Presión impulsiva en la base

$$P_{iy}(0 \text{ m}) = 5232.926 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \quad (77)$$

- Presión impulsiva en la superficie

$$P_{iy}(H_L) = 747.561 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \quad (78)$$

3.10.2. Análisis dinámico modal espectral

Se crearon dos espectros de diseño para el análisis de la estructura utilizando los parámetros sísmicos tomados del estándar norteamericano ACI 350.3-06 para las masas reactivas, impulsiva y convectiva del modelo investigado.



Así mismo, se completó un espectro de diseño teniendo en cuenta los parámetros sísmicos proporcionados por la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”, para el tipo, ubicación, categoría y material del reservorio.

El análisis dinámico espectral se realiza después de que se haya creado el modelo y se hayan aplicado las cargas estáticas a la estructura.

3.10.2.1. Espectro de diseño

3.10.2.1.1. Espectro de diseño según la norma ACI 350.3-06

Para determinar los espectros de diseño según la norma norteamericana ACI 350.3-06, se usaron las siguientes relaciones:

A. Para la masa impulsiva:

$$S_a = \frac{Z \cdot I \cdot S \cdot C_i}{R_{wi}} \cdot g \quad (79)$$

Donde:

Z: Factor de zona sísmica

I: Factor de importancia

S: Coeficiente de perfil de suelo

R_{wi}: Factor de modificación de respuesta del componente impulsivo

C_i: Factor de amplificación espectral del componente impulsivo

g: Aceleración de la gravedad

Tabla 19

Parámetros obtenidos según la norma ACI 350.3-06 para la masa impulsiva

Parámetros según la norma ACI 350.3-06		
Parámetro		Factor
Zona	Z	0.30
Perfil de suelo	S	1.20
Importancia	I	1.50
Factor de modificación de respuesta	R _{wi}	2.75
	R _{wc}	1.00

Nota: Elaboración propia



Tabla 20

Valores de la aceleración espectral - Masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06

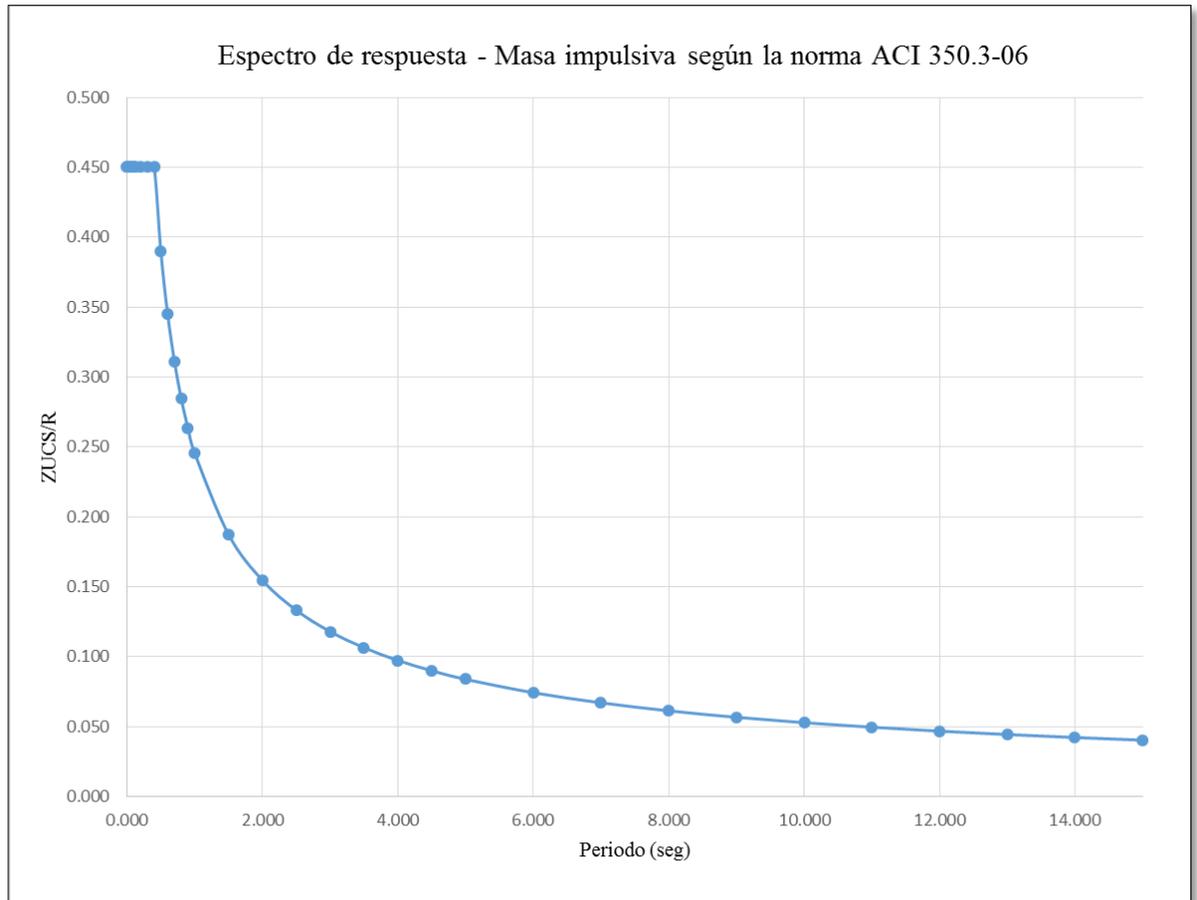
Espectro de diseño			
T	Ci	ZICiS/Rwi	Sa (m/s²)
0.000	2.292	0.450	4.415
0.010	2.292	0.450	4.415
0.020	2.292	0.450	4.415
0.030	2.292	0.450	4.415
0.040	2.292	0.450	4.415
0.050	2.292	0.450	4.415
0.060	2.292	0.450	4.415
0.070	2.292	0.450	4.415
0.080	2.292	0.450	4.415
0.085	2.292	0.450	4.415
0.090	2.292	0.450	4.415
0.095	2.292	0.450	4.415
0.120	2.292	0.450	4.415
0.200	2.292	0.450	4.415
0.300	2.292	0.450	4.415
0.400	2.292	0.450	4.415
0.500	1.984	0.390	3.822
0.600	1.757	0.345	3.385
0.700	1.586	0.311	3.054
0.800	1.450	0.285	2.794
0.900	1.341	0.263	2.583
1.000	1.250	0.245	2.408
1.500	0.954	0.187	1.838
2.000	0.787	0.155	1.517
2.500	0.679	0.133	1.307
3.000	0.601	0.118	1.158
3.500	0.542	0.106	1.045
4.000	0.496	0.097	0.956
4.500	0.459	0.090	0.883
5.000	0.427	0.084	0.823
6.000	0.379	0.074	0.729
7.000	0.342	0.067	0.658
8.000	0.313	0.061	0.602
9.000	0.289	0.057	0.557
10.000	0.269	0.053	0.519
11.000	0.253	0.050	0.487
12.000	0.238	0.047	0.459
13.000	0.226	0.044	0.436
14.000	0.215	0.042	0.415
15.000	0.206	0.040	0.396

Nota: Elaboración propia

Calculados los valores del periodo y de la aceleración espectral de la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 en la tabla anterior se realizó el espectro de respuesta, como se muestra en la Figura 50.

Figura 57

Espectro de respuesta de la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06



Nota: Elaboración propia

3.10.2.1.1.1. Definición del espectro de respuesta de la masa impulsiva como una función

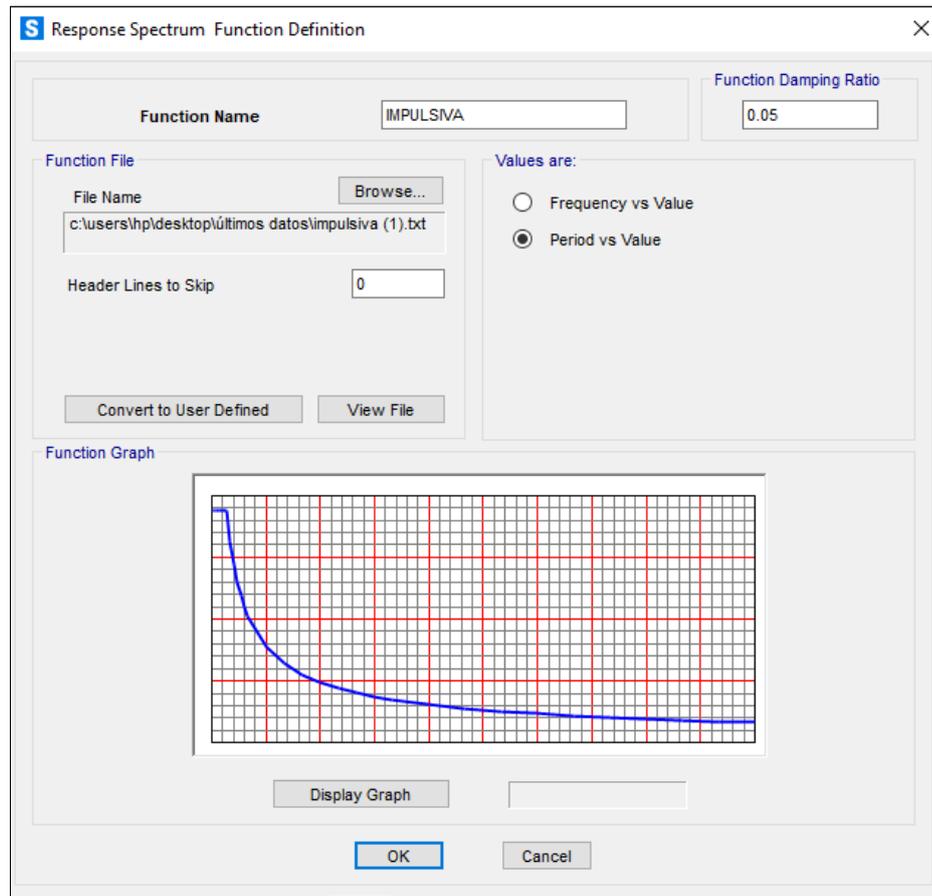
Para poder colocar el espectro de diseño en el modelo efectuado de dicha estructura, se desarrolló la siguiente función:

Define > Functions > Response Spectrum > Add new function > From File



Figura 58

Ventana de asignación de espectro de respuesta impulsivo



Nota: Elaboración propia

B. Para la masa convectiva

Se realiza la siguiente ecuación:

$$S_a = \frac{Z \cdot I \cdot S \cdot C_c}{R_{wc}} \cdot g \quad (80)$$

Donde:

Z: Factor de zona sísmica

I: Factor de importancia

S: Coeficiente de perfil de suelo

R_{wc}: Factor de modificación de respuesta del componente convectivo

C_i: Factor de amplificación espectral del componente convectivo

g: Aceleración de la gravedad



Tabla 21

Parámetros obtenidos según la norma ACI 350.3-06 para la masa convectiva

Parámetros según la norma ACI 350.3-06		
Parámetro		Factor
Zona	Z	0.30
Perfil de suelo	S	1.20
Importancia	I	1.50
Factor de modificación de respuesta	Rwi	2.75
	Rwc	1.00

Nota: Elaboración propia



Tabla 22

Valores de aceleración espectral - Masa convectiva según la norma ACI 350.3-06

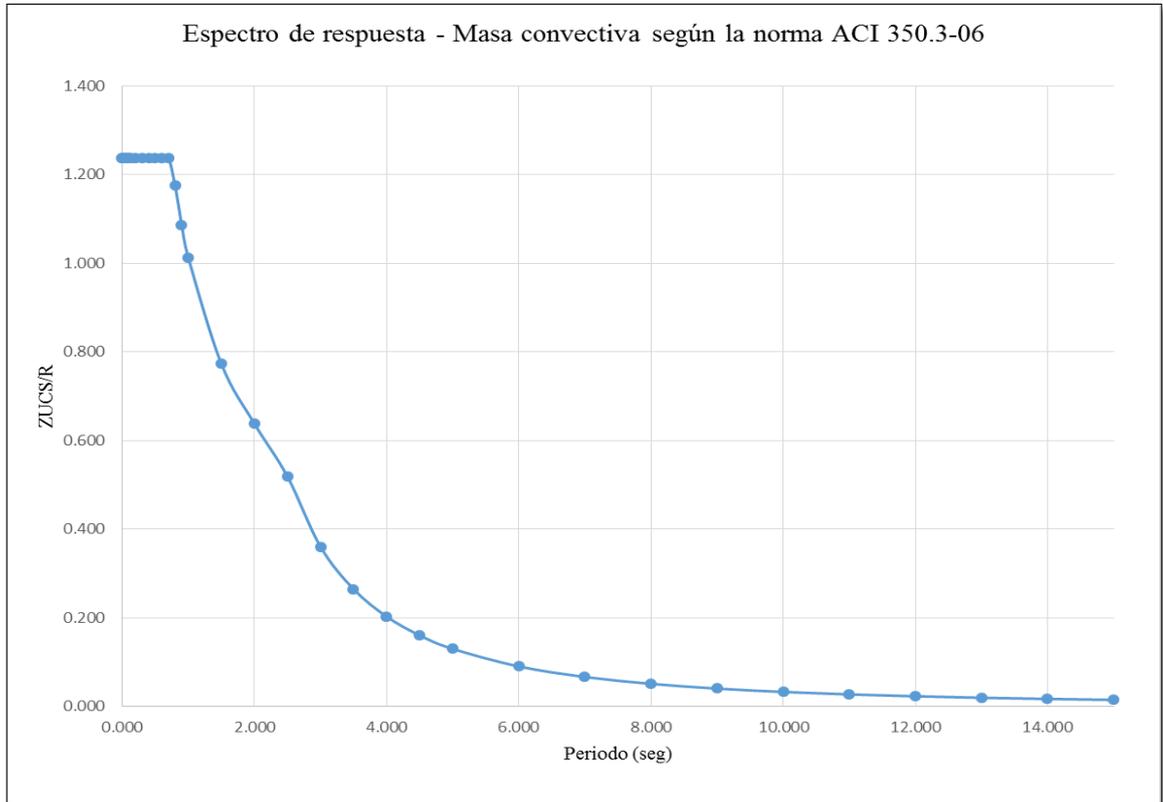
Espectro de diseño			
T	Ci	ZICiS/Rwc	Sa (m/s²)
0.000	2.292	1.238	12.140
0.010	2.292	1.238	12.140
0.020	2.292	1.238	12.140
0.030	2.292	1.238	12.140
0.040	2.292	1.238	12.140
0.050	2.292	1.238	12.140
0.060	2.292	1.238	12.140
0.070	2.292	1.238	12.140
0.080	2.292	1.238	12.140
0.085	2.292	1.238	12.140
0.090	2.292	1.238	12.140
0.095	2.292	1.238	12.140
0.120	2.292	1.238	12.140
0.200	2.292	1.238	12.140
0.300	2.292	1.238	12.140
0.400	2.292	1.238	12.140
0.500	2.292	1.238	12.140
0.600	2.292	1.238	12.140
0.700	2.292	1.238	12.140
0.800	2.176	1.175	11.526
0.900	2.011	1.086	10.655
1.000	1.875	1.013	9.933
1.500	1.431	0.773	7.580
2.000	1.181	0.638	6.257
2.500	0.960	0.518	5.086
3.000	0.667	0.360	3.532
3.500	0.490	0.264	2.595
4.000	0.375	0.203	1.987
4.500	0.296	0.160	1.570
5.000	0.240	0.130	1.271
6.000	0.167	0.090	0.883
7.000	0.122	0.066	0.649
8.000	0.094	0.051	0.497
9.000	0.074	0.040	0.392
10.000	0.060	0.032	0.318
11.000	0.050	0.027	0.263
12.000	0.042	0.023	0.221
13.000	0.036	0.019	0.188
14.000	0.031	0.017	0.162
15.000	0.027	0.014	0.141

Nota: Elaboración propia

Calculados los valores del periodo y de la aceleración espectral de la masa convectiva según la norma ACI 350.3-06 en la Tabla 22, se graficó el espectro de respuesta, que se muestra en la Figura 52.

Figura 59

Espectro de respuesta de la masa convectiva según la norma ACI 350.3-06



Nota: Elaboración propia

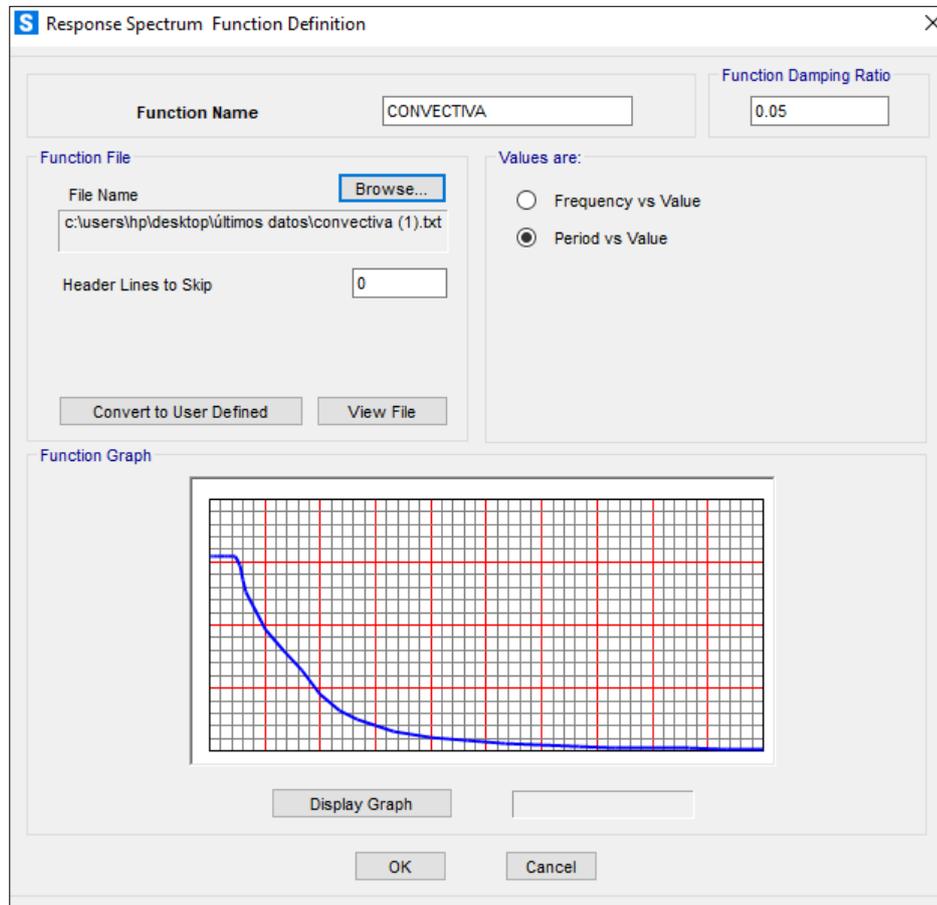
3.10.2.1.1.2. Definición del espectro de respuesta de la masa convectiva como una función

Se agregó una función que incluye el siguiente formulario para posicionar el espectro de diseño de acuerdo al modelo de la estructura.

Define > Functions > Response Spectrum > Add new function > From File

Figura 60

Ventana de asignación de espectro de respuesta convectivo



Nota: Elaboración propia

3.10.2.1.2. Espectros de diseño según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Para determinar el espectro de diseño según la peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”, se usó la siguiente relación:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g \quad (81)$$

Donde:

Z: Factor de zona

U: Factor de Uso

S: Factor de perfil de Suelo

C: Factor de amplificación sísmica



R: Coeficiente básico de reducción

g: Aceleración de la gravedad

Tabla 23

Parámetros obtenidos de la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"

Parámetros según la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"		
Parámetro		Factor
Zona	Z	0.25
Perfil de suelo	S	1.20
Factor de uso	U	1.50
Coeficiente de reducción	R	1.00

Nota: Elaboración propia



Tabla 24

Valores de aceleración espectral según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

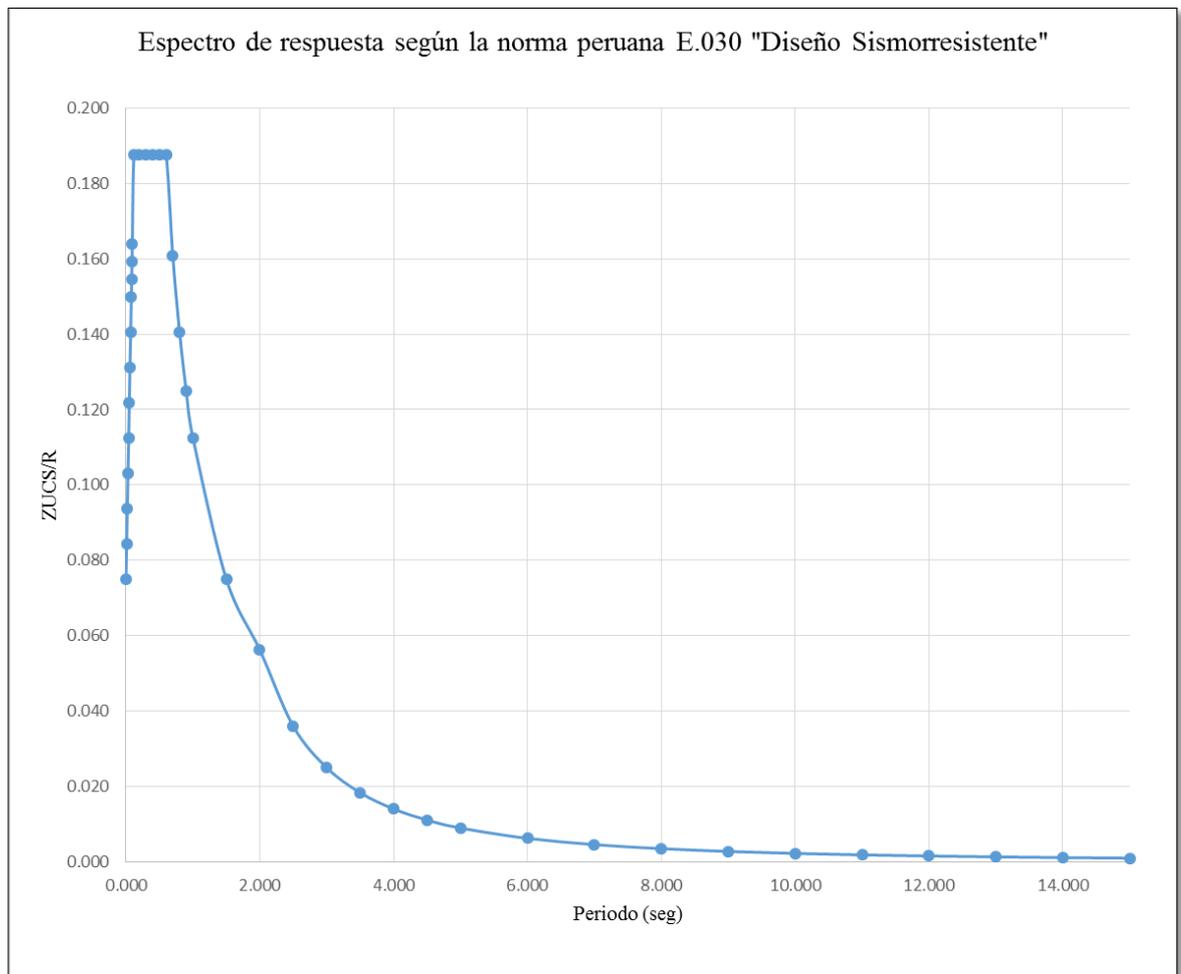
Espectro de diseño			
T	C	ZUCS/R	Sa (m/s²)
0.000	1.000	0.075	0.736
0.010	1.125	0.084	0.828
0.020	1.250	0.094	0.920
0.030	1.375	0.103	1.012
0.040	1.500	0.113	1.104
0.050	1.625	0.122	1.196
0.060	1.750	0.131	1.288
0.070	1.875	0.141	1.380
0.080	2.000	0.150	1.472
0.085	2.063	0.155	1.517
0.090	2.125	0.159	1.563
0.095	2.188	0.164	1.609
0.120	2.500	0.188	1.839
0.200	2.500	0.188	1.839
0.300	2.500	0.188	1.839
0.400	2.500	0.188	1.839
0.500	2.500	0.188	1.839
0.600	2.500	0.188	1.839
0.700	2.143	0.161	1.577
0.800	1.875	0.141	1.380
0.900	1.667	0.125	1.226
1.000	1.500	0.113	1.104
1.500	1.000	0.075	0.736
2.000	0.750	0.056	0.552
2.500	0.480	0.036	0.353
3.000	0.333	0.025	0.245
3.500	0.245	0.018	0.180
4.000	0.188	0.014	0.138
4.500	0.148	0.011	0.109
5.000	0.120	0.009	0.088
6.000	0.083	0.006	0.061
7.000	0.061	0.005	0.045
8.000	0.047	0.004	0.034
9.000	0.037	0.003	0.027
10.000	0.030	0.002	0.022
11.000	0.025	0.002	0.018
12.000	0.021	0.002	0.015
13.000	0.018	0.001	0.013
14.000	0.015	0.001	0.011
15.000	0.013	0.001	0.010

Nota: Elaboración propia

Con los valores del periodo y de la aceleración espectral según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” calculados en la Tabla 24, se realizó el gráfico del espectro de respuesta, como se muestra en la Figura 54.

Figura 61

Espectro de respuesta según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”



Nota: Elaboración propia

3.10.2.1.2.1. Definición del espectro de respuesta para la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” como una función

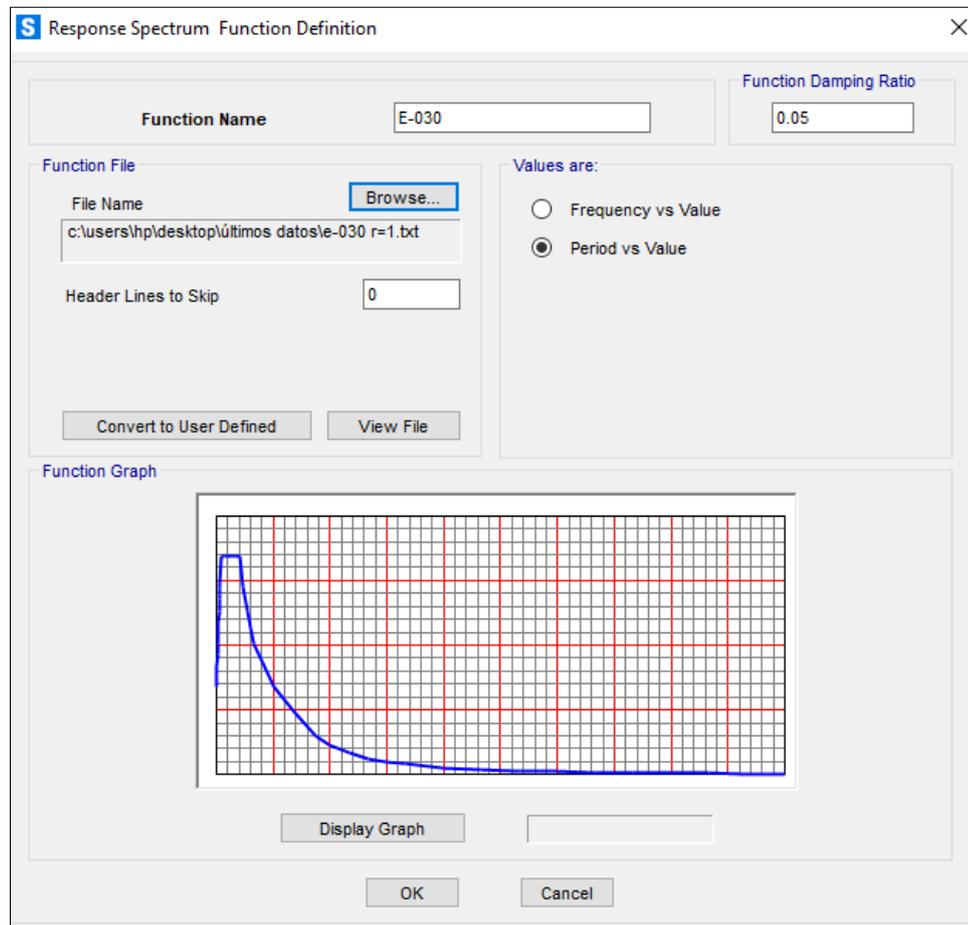
Se ingresó lo siguiente como una función para incluir el espectro de diseño como un sismo dentro del modelado de la estructura.

Define > Functions > Response Spectrum > Add new function > From File



Figura 62

*Ventana de asignación de espectro de respuesta según la norma peruana E.030
“Diseño Sismorresistente”*



Nota: Elaboración propia

3.10.2.1.3. Comparación de los espectros de respuesta

3.10.2.1.3.1. Comparación de los espectros de respuesta para las masas reactivas según la norma ACI 350.3-06

La comparación de los espectros obtenidos de acuerdo con la norma norteamericana ACI 350.3-06 se realizó utilizando los valores, de la masa impulsiva y convectiva.



Tabla 25

Comparación de valores de aceleración espectral según la norma ACI 350.3-06

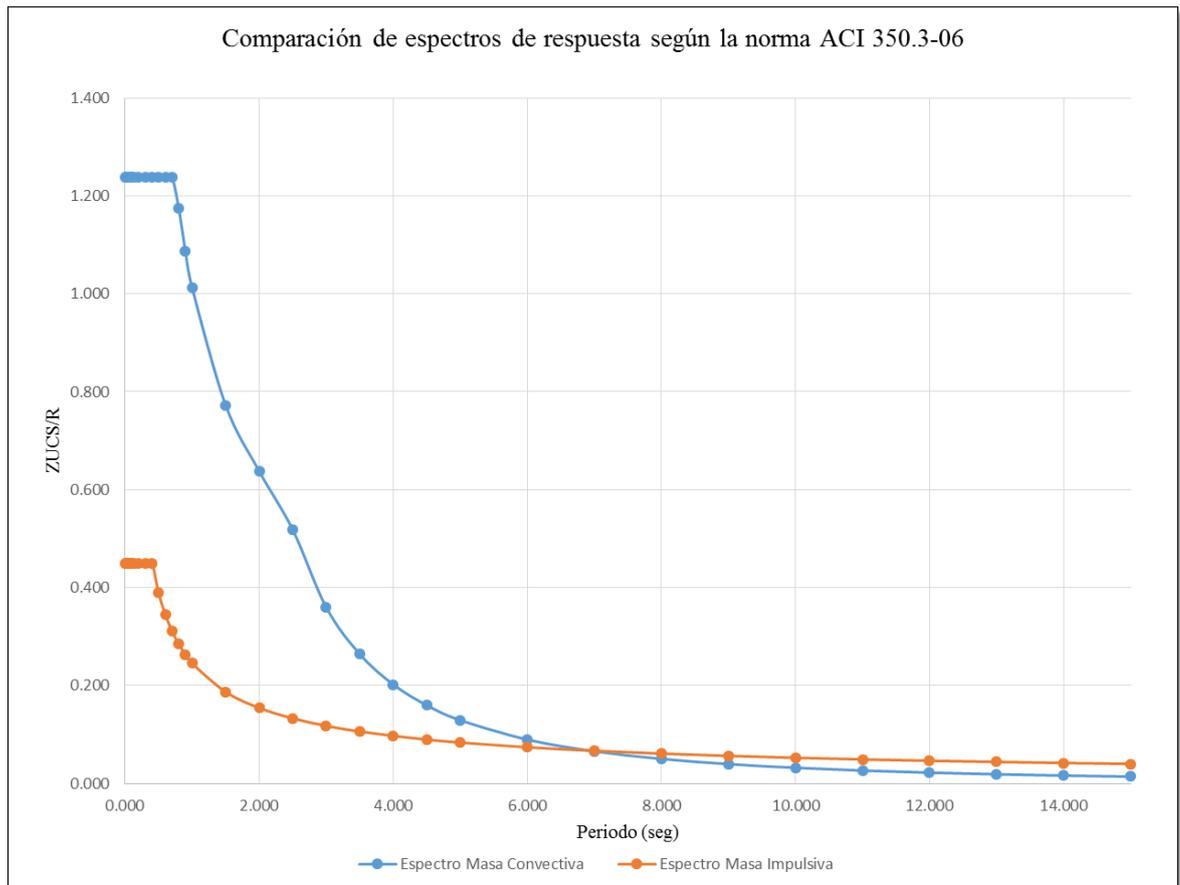
T (s)	Espectro Masa Impulsiva (m/s²)	Espectro Masa Convectiva (m/s²)
0.000	4.415	12.140
0.010	4.415	12.140
0.020	4.415	12.140
0.030	4.415	12.140
0.040	4.415	12.140
0.050	4.415	12.140
0.060	4.415	12.140
0.070	4.415	12.140
0.080	4.415	12.140
0.085	4.415	12.140
0.090	4.415	12.140
0.095	4.415	12.140
0.120	4.415	12.140
0.200	4.415	12.140
0.300	4.415	12.140
0.400	4.415	12.140
0.500	3.822	12.140
0.600	3.385	12.140
0.700	3.054	12.140
0.800	2.794	11.526
0.900	2.583	10.655
1.000	2.408	9.933
1.500	1.838	7.580
2.000	1.517	6.257
2.500	1.307	5.086
3.000	1.158	3.532
3.500	1.045	2.595
4.000	0.956	1.987
4.500	0.883	1.570
5.000	0.823	1.271
6.000	0.729	0.883
7.000	0.658	0.649
8.000	0.602	0.497
9.000	0.557	0.392
10.000	0.519	0.318
11.000	0.487	0.263
12.000	0.459	0.221
13.000	0.436	0.188
14.000	0.415	0.162
15.000	0.396	0.141

Nota: Elaboración propia

La presentación de los datos de aceleración espectral obtenidos al usar el estándar ACI 350.3-06 revela que la masa convectiva presenta valores más altos que de la masa impulsiva (Tabla 15), lo cual es consistente dado que la masa convectiva representa las olas en el agua del embalse Chinchero que ocurren antes de que ocurra un terremoto o sismo.

Figura 63

Comparación de espectros de respuesta según la norma ACI 350.3-06



Nota: Elaboración propia

3.10.2.1.3.2. Comparación de los espectros de respuesta entre la norma ACI 35.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

El contraste de los espectros presentados por la norma norteamericana ACI 350.3-06 se realizó utilizando los valores, teniendo en cuenta tanto la masa impulsiva y convectiva; y el estándar peruano E.030 “Diseño Sismorresistente” de edificaciones principales.



Tabla 26

Comparación de los valores de aceleración espectral según la norma ACI350.3-06 y la norma peruana E. 030 "Diseño Sismorresistente"

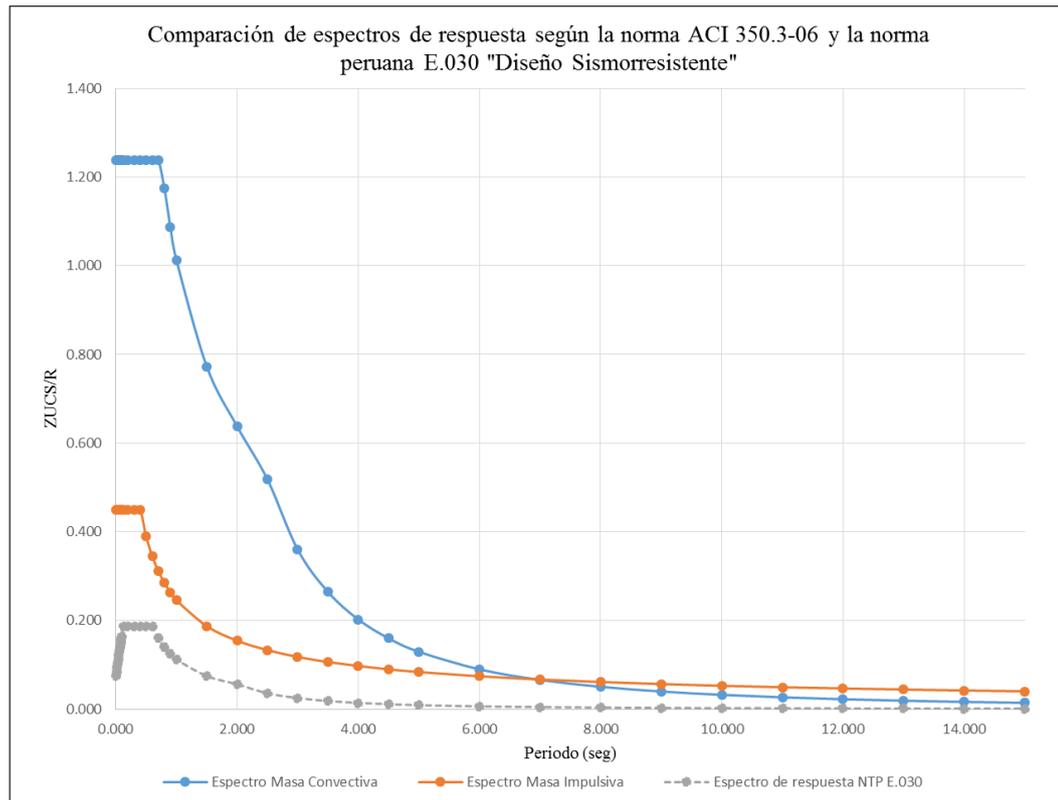
T (s)	Espectro NTP E.030 (m/s²)	Espectro Masa Impulsiva (m/s²)	Espectro Masa Convectiva (m/s²)
0.000	0.736	4.415	12.140
0.010	0.828	4.415	12.140
0.020	0.920	4.415	12.140
0.030	1.012	4.415	12.140
0.040	1.104	4.415	12.140
0.050	1.196	4.415	12.140
0.060	1.288	4.415	12.140
0.070	1.380	4.415	12.140
0.080	1.472	4.415	12.140
0.085	1.517	4.415	12.140
0.090	1.563	4.415	12.140
0.095	1.609	4.415	12.140
0.120	1.839	4.415	12.140
0.200	1.839	4.415	12.140
0.300	1.839	4.415	12.140
0.400	1.839	4.415	12.140
0.500	1.839	3.822	12.140
0.600	1.839	3.385	12.140
0.700	1.577	3.054	12.140
0.800	1.380	2.794	11.526
0.900	1.226	2.583	10.655
1.000	1.104	2.408	9.933
1.500	0.736	1.838	7.580
2.000	0.552	1.517	6.257
2.500	0.353	1.307	5.086
3.000	0.245	1.158	3.532
3.500	0.180	1.045	2.595
4.000	0.138	0.956	1.987
4.500	0.109	0.883	1.570
5.000	0.088	0.823	1.271
6.000	0.061	0.729	0.883
7.000	0.045	0.658	0.649
8.000	0.034	0.602	0.497
9.000	0.027	0.557	0.392
10.000	0.022	0.519	0.318
11.000	0.018	0.487	0.263
12.000	0.015	0.459	0.221
13.000	0.013	0.436	0.188
14.000	0.011	0.415	0.162
15.000	0.010	0.396	0.141

Nota: Elaboración propia

Los resultados de aplicar la norma ACI 350.3-06 para la masa convectiva e impulsiva se muestran en la Tabla 26. Estos valores de aceleración espectral son superiores a los de la norma peruana E.30 “Diseño Sismorresistente.

Figura 64

Comparación de los espectros de respuesta según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”



Nota: Elaboración propia

3.10.2.2. Parámetros de respuesta estructural al análisis dinámico

Luego de realizado el análisis estructural de la relación de la edificación con el sismo a través del programa SAP2000, la solución de la estructura se transforma en fuerzas internas tales como fuerzas axiales, fuerzas cortantes, momentos de tracción, desplazamientos y momentos sísmicos; como se muestra en las siguientes líneas:

De igual manera se incorporó en el análisis estructural las condiciones medio ambientales según la norma ACI 350.3-06.

Se introdujo las distintas combinaciones de carga según la norma ACI 350.3-06 en la siguiente tabla:



Tabla 27

Factores de carga según la norma ACI 350.3-06

Combinación	D	F	H	E	H
Comb1	1.4	1.4	-	-	-
Comb2	1.2	1.2	1.6	-	0.6
Comb3	1.2	1.0	-	-	-
Comb4	1.2	1.2	1.0	1.0	0.6
Comb5	0.9	1.2	-	-	0.6
Comb6	0.9	1.2	-	1.0	0.6

Nota: Tabla proporcionada por la norma ACI 350.3-06

Siendo:

D: Carga muerta

F: Carga estática del fluido

L: Carga viva

E: Carga por sismo

H: Carga del suelo

De la misma manera obtenemos de la norma ACI 350.3-06, los factores de durabilidad para factores medio ambientales ya sea para flexión, tensión y cortante como podemos apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 28

Esfuerzos Permisibles y Factor de Durabilidad Sd

Esfuerzos Permisibles y Factor de Durabilidad Sd		
Diseño por	EMA -Normal	EMA -Severa
Flexión/Tensión	20000	17000
Cortante	24000	20000
Sd (F/T)	2.70	3.176
Sd (V)	2.25	2.70

Nota: Tabla proporcionada por la norma ACI 350.3-06

Teniendo una condición:

$$S_d = \frac{\phi f_y}{\gamma f_s} \geq 1.0$$

Siendo:



ϕ : Factor de reducción por flexión

f_y : Esfuerzo de la afluencia del acero

f_s : Esfuerzo a la tensión permisible en reforzamiento

Por consiguiente, haciendo las operaciones correspondientes obtuvimos las combinaciones de carga para diseño por flexión, tensión y de corte.

Tabla 29

Combinaciones de carga según el EMA-NORMAL en estructuras para Condiciones Medio Ambientales para diseño flexión y tensión

ACI 350 - 06 Combinación	EMA - NORMAL					EMA - SEVERO				
	D	F	L	E	H	D	F	L	E	H
Comb1	3.78	3.78	-	-	-	4.45	4.45	-	-	-
Comb2	3.24		4.32	-	1.62	3.81	3.81	5.08	-	1.91
Comb3	3.24	2.70	-	-	-	3.81	3.18	-	-	
Comb4	3.24	3.24	2.70	2.70	1.62	3.81	3.81	3.18	3.18	1.91
Comb5	2.43	3.24	-	-	1.62	2.86	3.81	-	-	1.91
Comb6	2.43	3.24	-	2.70	1.62	2.86	3.81	-	3.18	1.91

Nota: Tabla proporcionada por la norma ACI 350.3-06

Tabla 30

Combinaciones de carga según el EMA-NORMAL en estructuras para Condiciones Medio Ambientales para diseño por corte

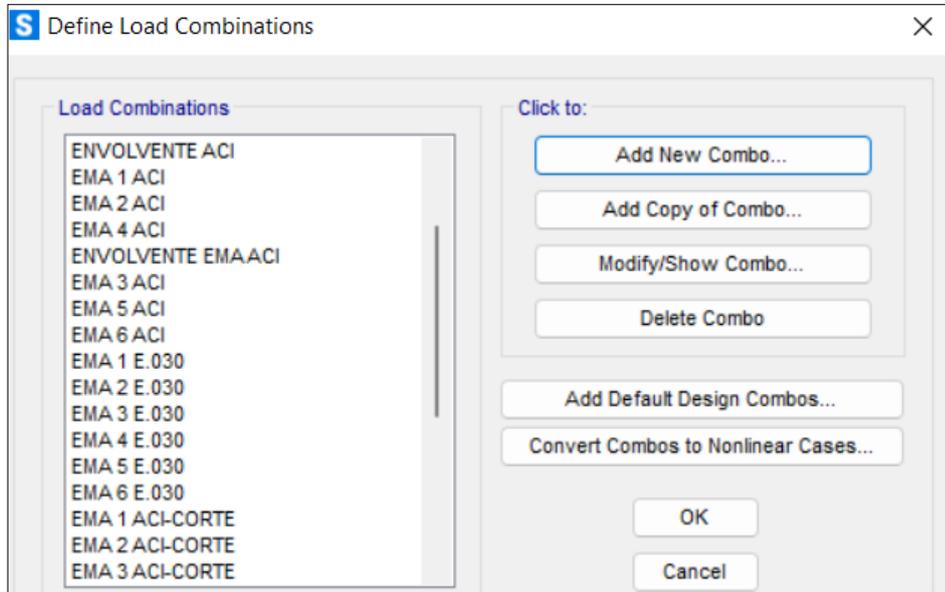
ACI 350 - 06 Combinación	EMA - NORMAL					EMA - SEVERO				
	D	F	L	E	H	D	F	L	E	H
Comb1	3.15	3.15	-	-	-	3.78	3.78	-	-	-
Comb2	2.70	2.70	3.60	-	1.35	3.24	3.24	4.32	-	1.62
Comb3	2.70	2.25	-	-	-	3.24	2.70	-	-	-
Comb4	2.70	2.70	2.25	2.25	1.35	3.24	3.24	2.70	2.70	1.62
Comb5	2.03	2.70	-	-	1.35	2.43	3.24	-	-	1.62
Comb6	2.03	2.70	-	2.25	1.35	2.43	3.24	-	2.70	1.62

Nota: Tabla proporcionada por la norma ACI 350.3-06



Figura 65

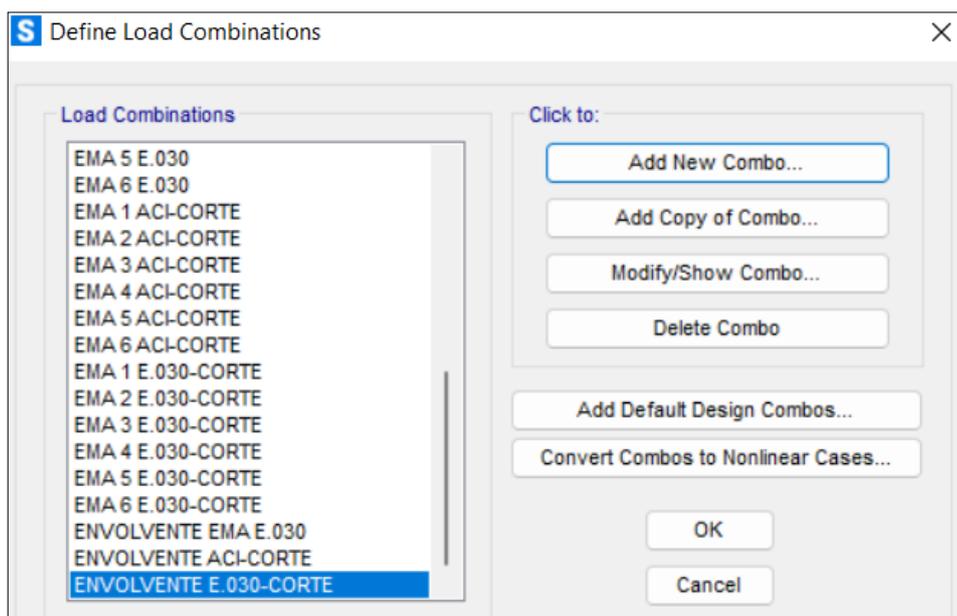
Combinaciones de carga según el EMA y LA NTP E.060 para la norma ACI 350.3-06 y la NTP E.030 "Diseño Sismorresistente" para Condiciones Medio Ambientales para diseño flexión y tensión



Nota: Captura de pantalla del Software SAP 2000 V22.1

Figura 66

Combinaciones de carga según el EMA y LA NTP E060 para la norma ACI 350.3-06 y la NTP E.030 "Diseño Sismorresistente" para Condiciones Medio Ambientales para diseño por corte



Nota: Captura de pantalla del Software SAP 2000 V22.1

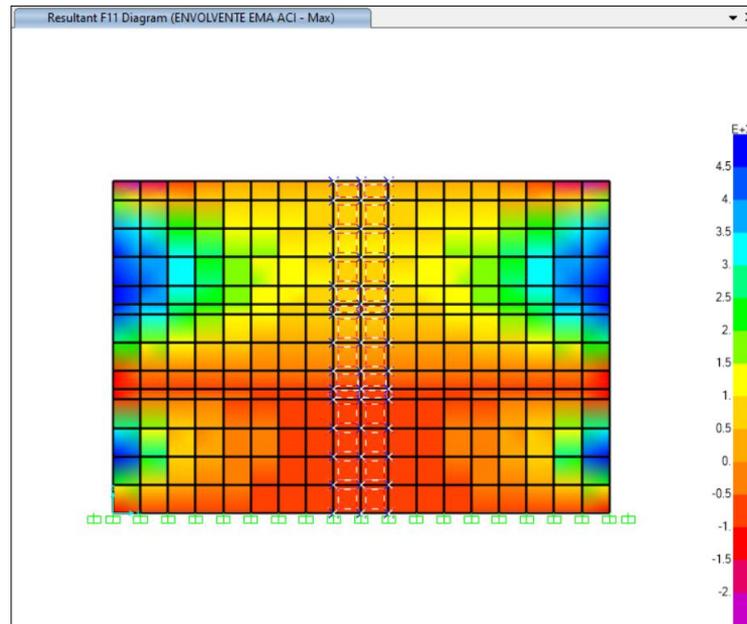


Mediante la Figura 67 se obtuvieron los gráficos las tablas y gráficos de las fuerzas axiales, fuerzas cortantes y momento flectores.

- Para fuerzas axiales

Figura 67

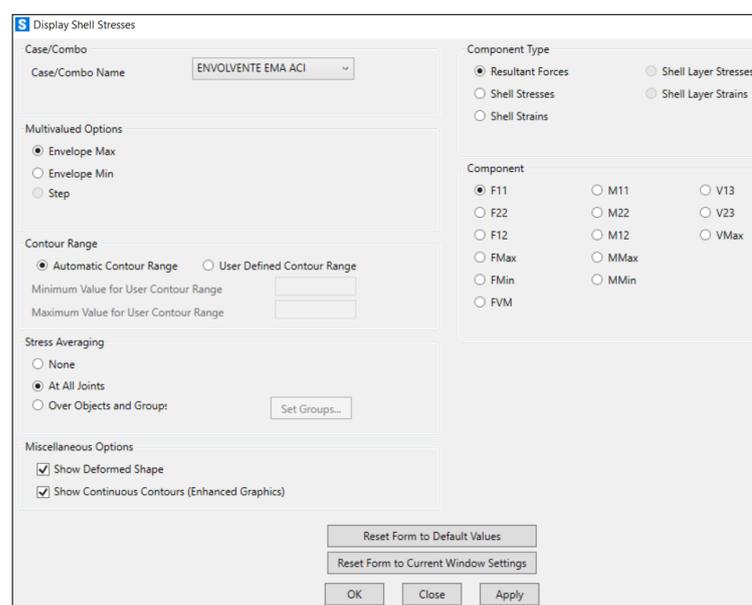
Franja del análisis de la estructura para las fuerzas axiales



Nota: Captura de pantalla del Software SAP 2000 V22.1

Figura 68

Solicitaciones de carga de la estructura para las fuerzas axiales

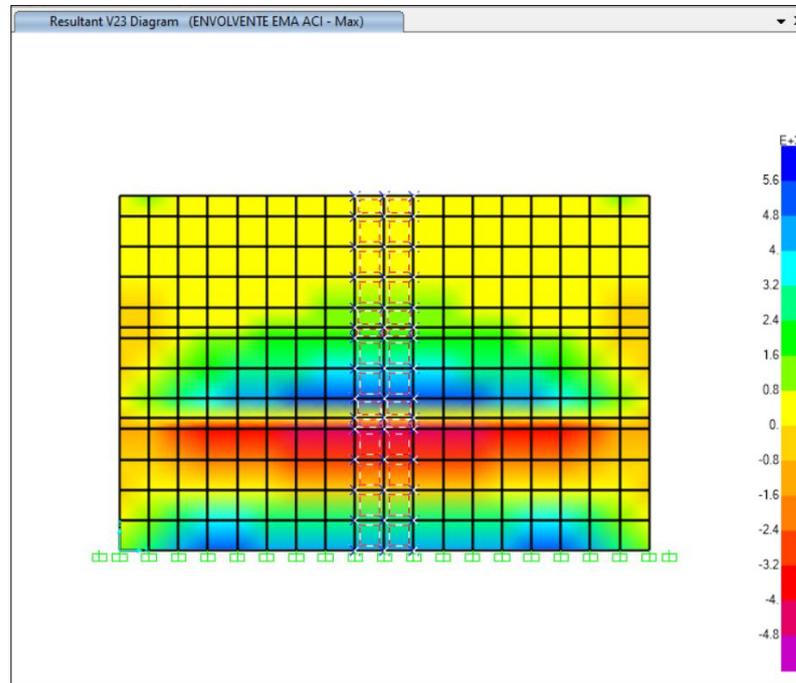


Nota: Captura de pantalla del Software SAP 2000 V22.1

- Para fuerzas cortantes

Figura 69

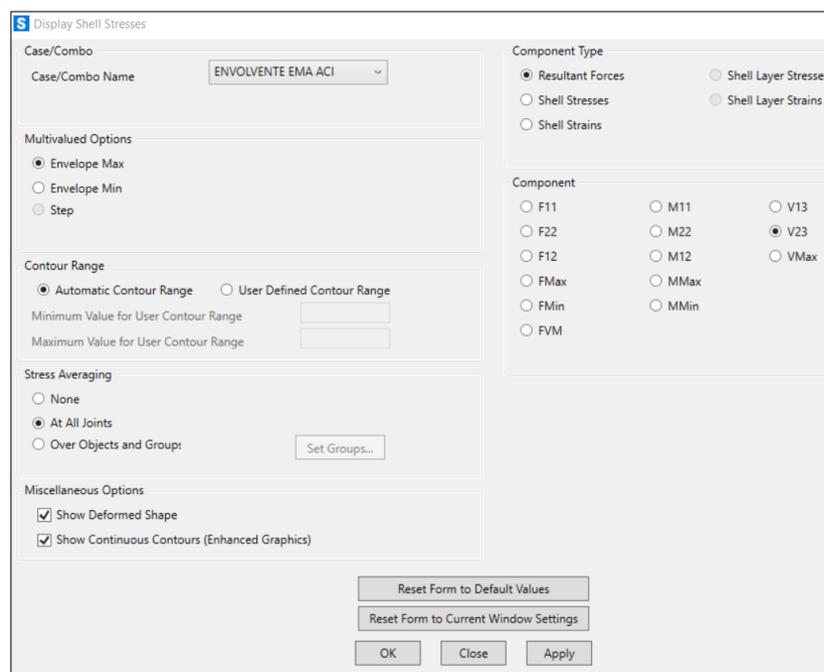
Franja del análisis de la estructura para las fuerzas cortantes



Nota: Captura de pantalla del Software SAP 2000 V22.1

Figura 70

Solicitaciones de carga de la estructura para las fuerzas cortantes



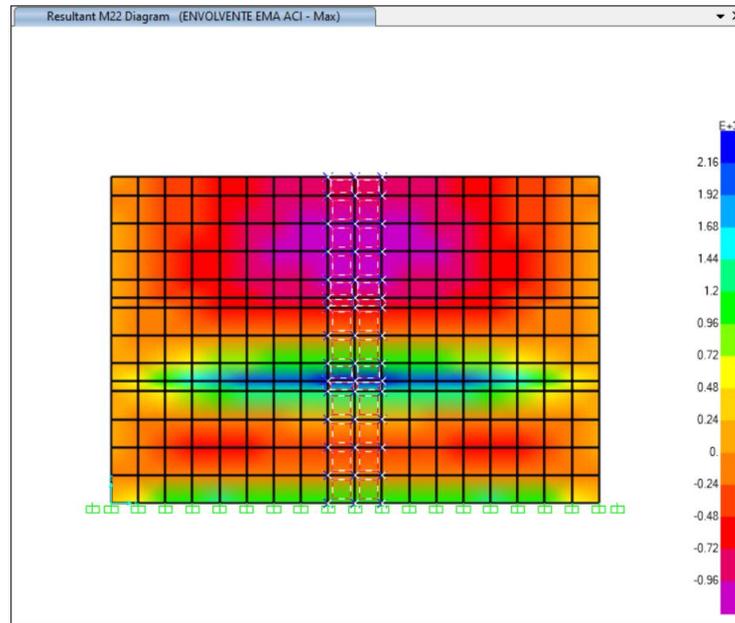
Nota: Captura de pantalla del Software SAP 2000 V22.1



- Para momentos flectores

Figura 71

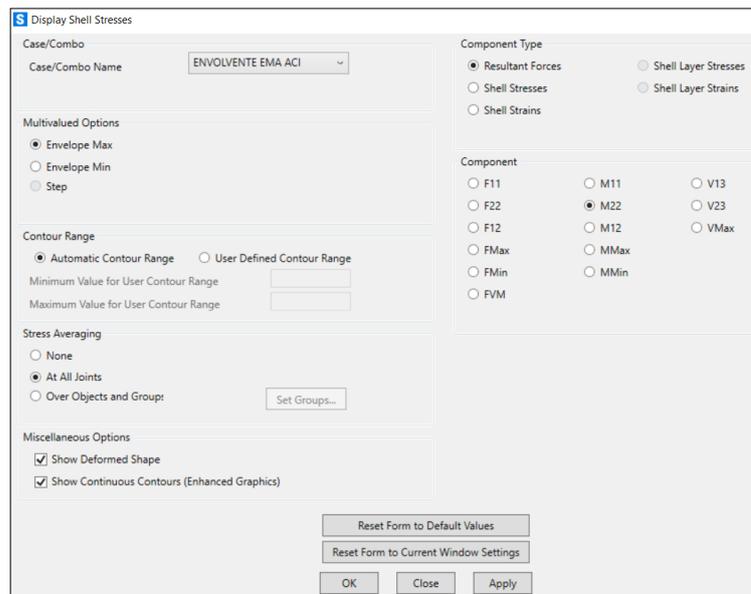
Franja del análisis de la estructura para los momentos flectores



Nota: Captura de pantalla del Software SAP 2000 V22.1

Figura 72

Solicitaciones de carga de la estructura para los momentos flectores



Nota: Captura de pantalla del Software SAP 2000 V22.1

Aquí podemos observar la región donde se obtuvieron las tablas y gráficos las fuerzas axiales, fuerzas cortantes y momentos flectores.



3.10.2.2.1. Fuerzas axiales

3.10.2.2.1.1. Fuerzas axiales en muros para la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06

Tabla 31

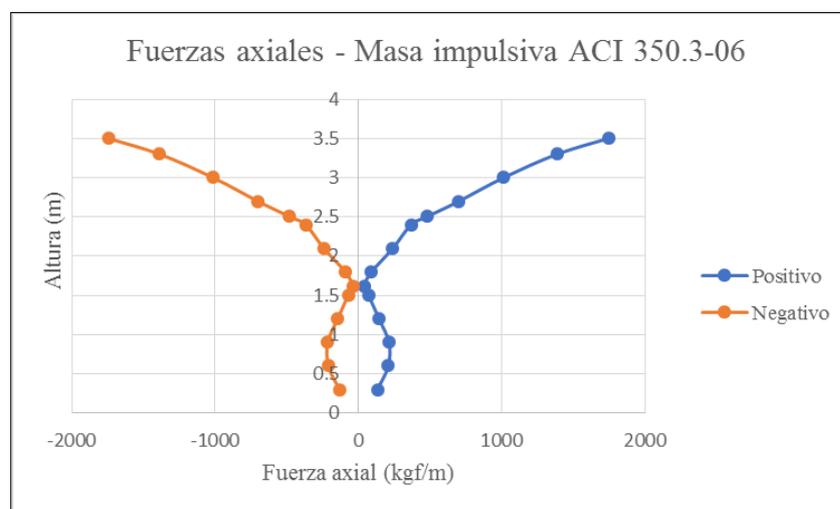
Fuerzas axiales para la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06

Altura H (metros)	Caso de carga	Fuerzas axiales	
		Positivo	Negativo
		kgf/m	kgf/m
3.500	Envolvente	1745.693	-1745.693
3.300	Envolvente	1387.865	-1387.865
3.000	Envolvente	1013.880	-1013.880
2.700	Envolvente	702.013	-702.013
2.505	Envolvente	483.058	-483.058
2.400	Envolvente	367.975	-367.975
2.100	Envolvente	241.070	-241.070
1.800	Envolvente	92.568	-92.568
1.613	Envolvente	38.813	-38.813
1.500	Envolvente	70.363	-70.363
1.200	Envolvente	144.475	-144.475
0.900	Envolvente	213.325	-213.325
0.600	Envolvente	209.193	-209.193
0.300	Envolvente	133.080	-133.080

Nota: Elaboración propia

Figura 73

Gráfico de las fuerzas axiales para la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06



Nota: Elaboración propia



3.10.2.2.1.2. Fuerzas axiales en muros para la masa convectiva según la norma ACI 350.3-06

Tabla 32

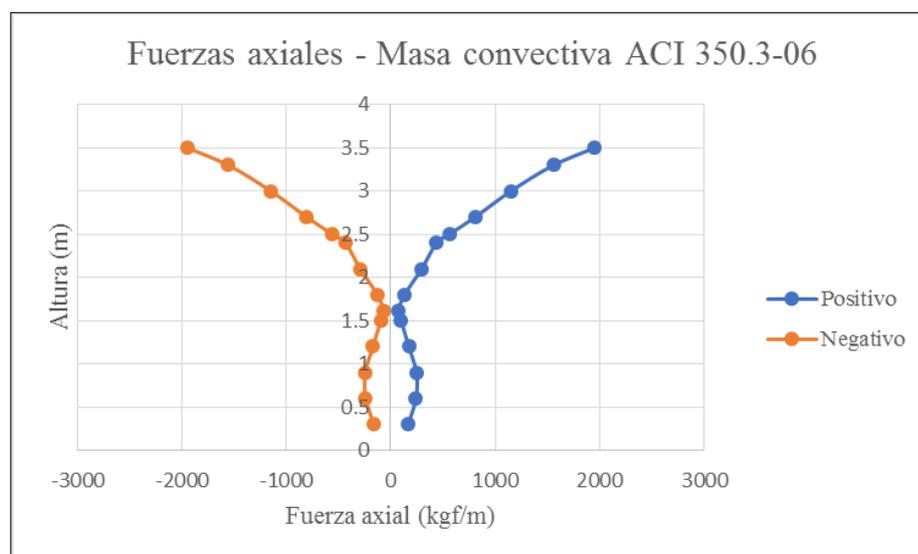
Fuerzas axiales para la masa convectiva según la norma ACI 350.3-06

Altura H (metros)	Caso de carga	Fuerzas axiales	
		Positivo	Negativo
		kgf/m	kgf/m
3.500	Envolvente	1946.608	-1946.608
3.300	Envolvente	1556.185	-1556.185
3.000	Envolvente	1147.915	-1147.915
2.700	Envolvente	806.140	-806.140
2.505	Envolvente	564.640	-564.640
2.400	Envolvente	436.668	-436.668
2.100	Envolvente	293.908	-293.908
1.800	Envolvente	129.828	-129.828
1.613	Envolvente	71.915	-71.915
1.500	Envolvente	97.585	-97.585
1.200	Envolvente	171.465	-171.465
0.900	Envolvente	244.363	-244.363
0.600	Envolvente	240.583	-240.583
0.300	Envolvente	163.808	-163.808

Nota: Elaboración propia

Figura 74

Gráfico de fuerzas axiales para la masa convectiva según la norma ACI 350.3-06



Nota: Elaboración propia



3.10.2.2.1.3. Fuerzas axiales en muros para la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Tabla 33

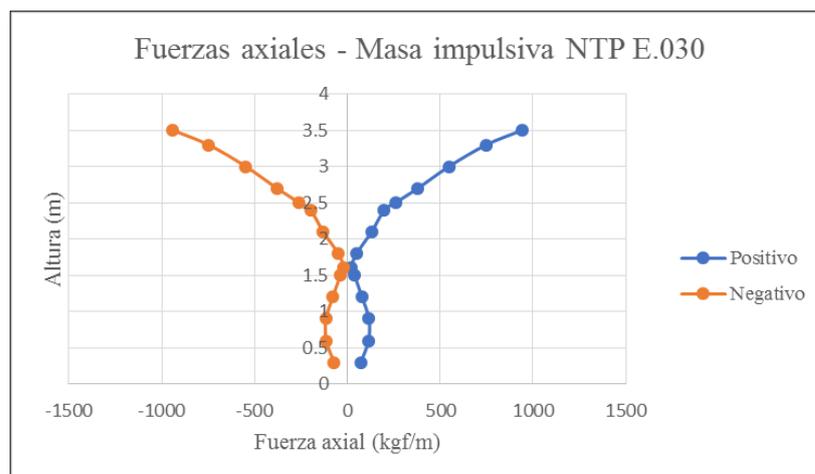
Fuerzas axiales para la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Altura H (metros)	Caso de carga	Fuerzas axiales	
		Positivo	Negativo
		kgf/m	kgf/m
3.500	Envolvente	939.258	-939.258
3.300	Envolvente	747.090	-747.090
3.000	Envolvente	546.140	-546.140
2.700	Envolvente	378.423	-378.423
2.505	Envolvente	260.550	-260.550
2.400	Envolvente	198.523	-198.523
2.100	Envolvente	129.998	-129.998
1.800	Envolvente	49.698	-49.698
1.613	Envolvente	20.885	-20.885
1.500	Envolvente	38.365	-38.365
1.200	Envolvente	78.520	-78.520
0.900	Envolvente	115.768	-115.768
0.600	Envolvente	113.538	-113.538
0.300	Envolvente	72.328	-72.328

Nota: Elaboración propia

Figura 75

Gráfico de las fuerzas axiales para la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”



Nota: Elaboración propia



3.10.2.2.1.4. Fuerzas axiales en muros para la masa convectiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Tabla 34

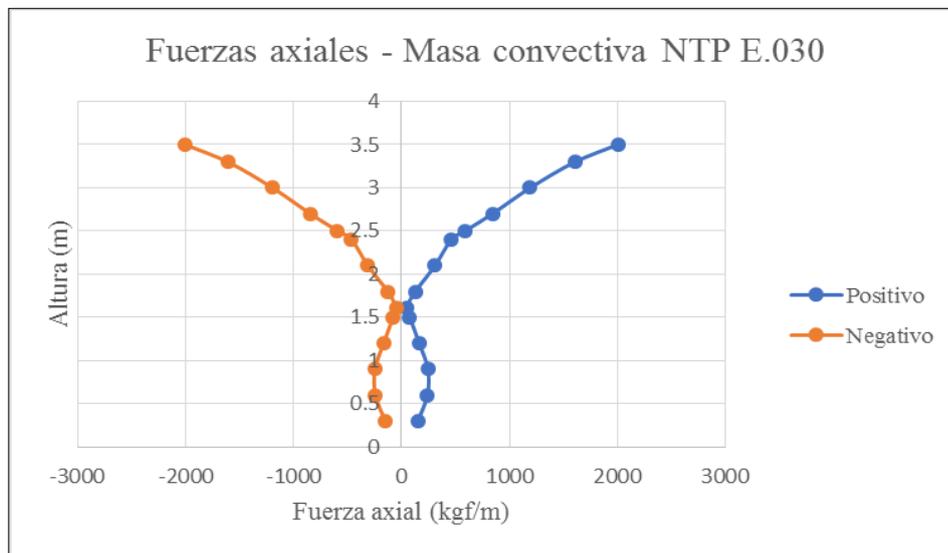
Fuerzas axiales para la masa convectiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Fuerzas axiales para la masa convectiva según la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"			
Altura H (metros)	Caso de carga	Fuerzas axiales	
		Positivo kgf/m	Negativo kgf/m
3.500	Envolvente	2003.705	-2003.705
3.300	Envolvente	1607.980	-1607.980
3.000	Envolvente	1192.575	-1192.575
2.700	Envolvente	842.933	-842.933
2.505	Envolvente	594.320	-594.320
2.400	Envolvente	461.605	-461.605
2.100	Envolvente	311.150	-311.150
1.800	Envolvente	127.803	-127.803
1.613	Envolvente	50.010	-50.010
1.500	Envolvente	78.200	-78.200
1.200	Envolvente	165.043	-165.043
0.900	Envolvente	245.400	-245.400
0.600	Envolvente	240.563	-240.563
0.300	Envolvente	151.355	-151.355

Nota: Elaboración propia

Figura 76

Gráfico de las fuerzas axiales para la masa convectiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”



Nota: Elaboración propia



3.10.2.2.1.5. Comparación de las fuerzas axiales en muros según la norma ACI 350.3-06 para la masa convectiva y la masa impulsiva

Tabla 35

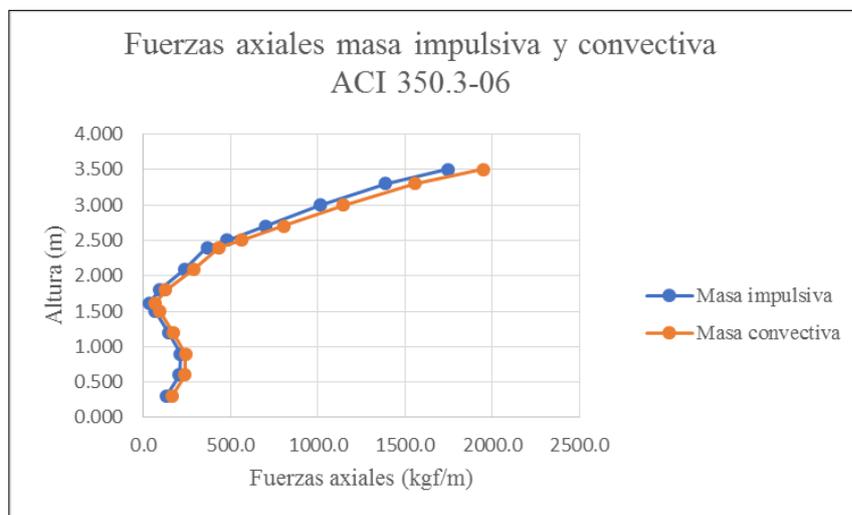
Comparación de las fuerzas axiales de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06

Altura H (metros)	Caso de carga	Fuerzas axiales	
		Masa impulsiva	Masa convectiva
		kgf/m	kgf/m
3.500	Envolvente	1745.693	1946.608
3.300	Envolvente	1387.865	1556.185
3.000	Envolvente	1013.880	1147.915
2.700	Envolvente	702.013	806.140
2.505	Envolvente	483.058	564.640
2.400	Envolvente	367.975	436.668
2.100	Envolvente	241.070	293.908
1.800	Envolvente	92.568	129.828
1.613	Envolvente	38.813	71.915
1.500	Envolvente	70.363	97.585
1.200	Envolvente	144.475	171.465
0.900	Envolvente	213.325	244.363
0.600	Envolvente	209.193	240.583
0.300	Envolvente	133.080	163.808

Nota: Elaboración propia

Figura 77

Gráfico de comparación de las fuerzas axiales de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06



Nota: Elaboración propia



3.10.2.2.1.6. Comparación de fuerzas axiales en muros de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Tabla 36

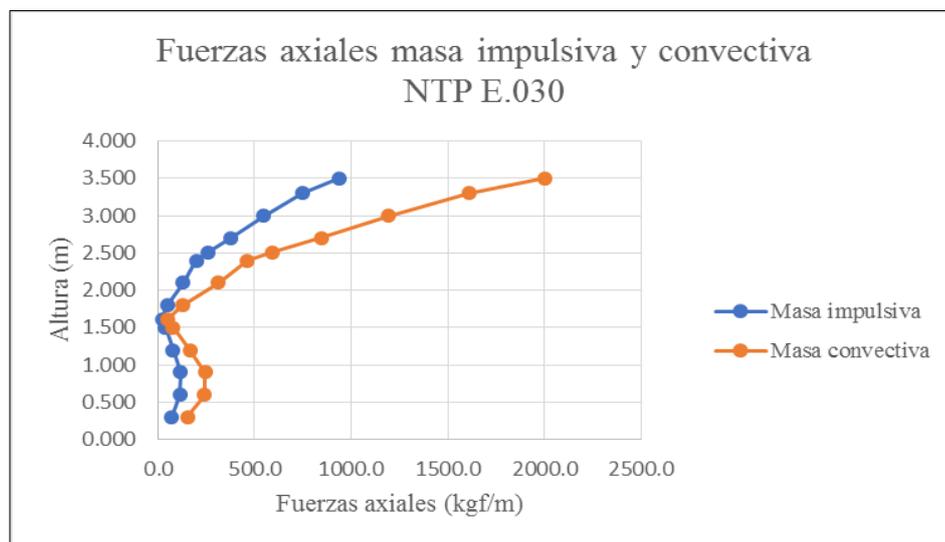
Comparación de las fuerzas axiales de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Fuerzas axiales para la masa convectiva y masa impulsiva según la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"			
Altura H (metros)	Caso de carga	Fuerzas axiales	
		Masa impulsiva kgf/m	Masa convectiva kgf/m
3.500	Envolvente	939.258	2003.705
3.300	Envolvente	747.090	1607.980
3.000	Envolvente	546.140	1192.575
2.700	Envolvente	378.423	842.933
2.505	Envolvente	260.550	594.320
2.400	Envolvente	198.523	461.605
2.100	Envolvente	129.998	311.150
1.800	Envolvente	49.698	127.803
1.613	Envolvente	20.885	50.010
1.500	Envolvente	38.365	78.200
1.200	Envolvente	78.520	165.043
0.900	Envolvente	115.768	245.400
0.600	Envolvente	113.538	240.563
0.300	Envolvente	72.328	151.355

Nota: Elaboración propia

Figura 78

Gráfico de comparación de las fuerzas axiales de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”



Nota: Elaboración propia

3.10.2.2.1.7. Comparación de las fuerzas axiales en muros de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” VS la norma ACI 350.3-06

Tabla 37

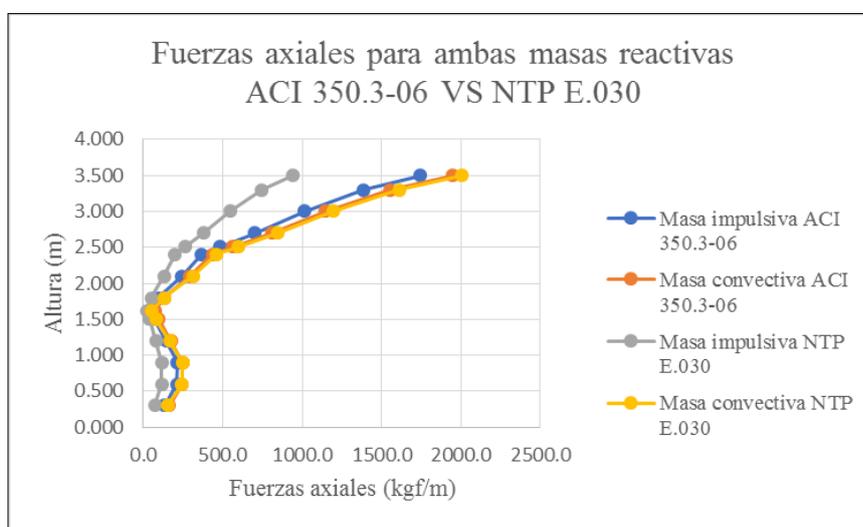
Comparación de las fuerzas axiales de la masa convectiva y masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” y la norma ACI 350.3-06

Fuerzas axiales para ambas masas reactivas según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"					
Altura H (metros)	Caso de carga	Norma ACI 350.3-06		NTP E.030 Diseño Sismorresistente	
		Masa impulsiva ACI 350.3-06	Masa convectiva ACI 350.3-06	Masa impulsiva NTP E.030	Masa convectiva NTP E.030
		kgf/m	kgf/m	kgf/m	kgf/m
3.500	Envolvente	1745.693	1946.608	939.258	2003.705
3.300	Envolvente	1387.865	1556.185	747.090	1607.980
3.000	Envolvente	1013.880	1147.915	546.140	1192.575
2.700	Envolvente	702.013	806.140	378.423	842.933
2.505	Envolvente	483.058	564.640	260.550	594.320
2.400	Envolvente	367.975	436.668	198.523	461.605
2.100	Envolvente	241.070	293.908	129.998	311.150
1.800	Envolvente	92.568	129.828	49.698	127.803
1.613	Envolvente	38.813	71.915	20.885	50.010
1.500	Envolvente	70.363	97.585	38.365	78.200
1.200	Envolvente	144.475	171.465	78.520	165.043
0.900	Envolvente	213.325	244.363	115.768	245.400
0.600	Envolvente	209.193	240.583	113.538	240.563
0.300	Envolvente	133.080	163.808	72.328	151.355

Nota: Elaboración propia

Figura 79

Gráfico de comparación de las fuerzas axiales de la masa convectiva y la masa impulsiva según la NTP E.030 “Diseño Sismorresistente” y la norma ACI 350.3-06



Nota: Elaboración propia



3.10.2.2.2. Fuerzas cortantes

3.10.2.2.2.1. Fuerzas cortantes en muros para la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06

Tabla 38

Fuerzas cortantes de la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06

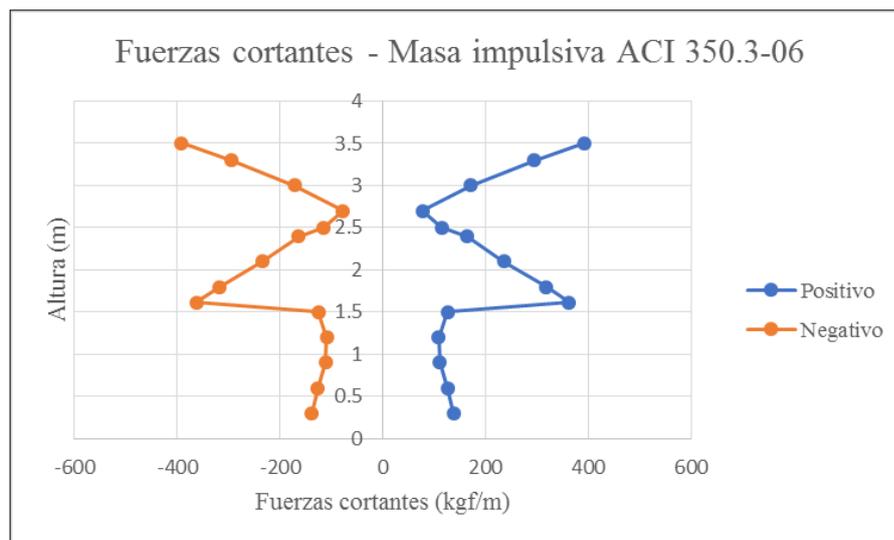
Fuerzas cortantes para la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06

Altura H (metros)	Caso de carga	Fuerzas cortantes	
		Positivo kgf/m	Negativo kgf/m
3.500	Envolvente	391.920	-391.920
3.300	Envolvente	294.140	-294.140
3.000	Envolvente	171.245	-171.245
2.700	Envolvente	77.295	-77.295
2.505	Envolvente	114.785	-114.785
2.400	Envolvente	163.935	-163.935
2.100	Envolvente	235.105	-235.105
1.800	Envolvente	317.250	-317.250
1.613	Envolvente	362.175	-362.175
1.500	Envolvente	125.380	-125.380
1.200	Envolvente	108.910	-108.910
0.900	Envolvente	110.950	-110.950
0.600	Envolvente	126.250	-126.250
0.300	Envolvente	137.950	-137.950

Nota: Elaboración propia

Figura 80

Gráfico de las fuerzas cortantes de la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06



Nota: Elaboración propia



3.10.2.2.2. Fuerzas cortantes en muros para la masa convectiva según la norma ACI 350.3-06

Tabla 39

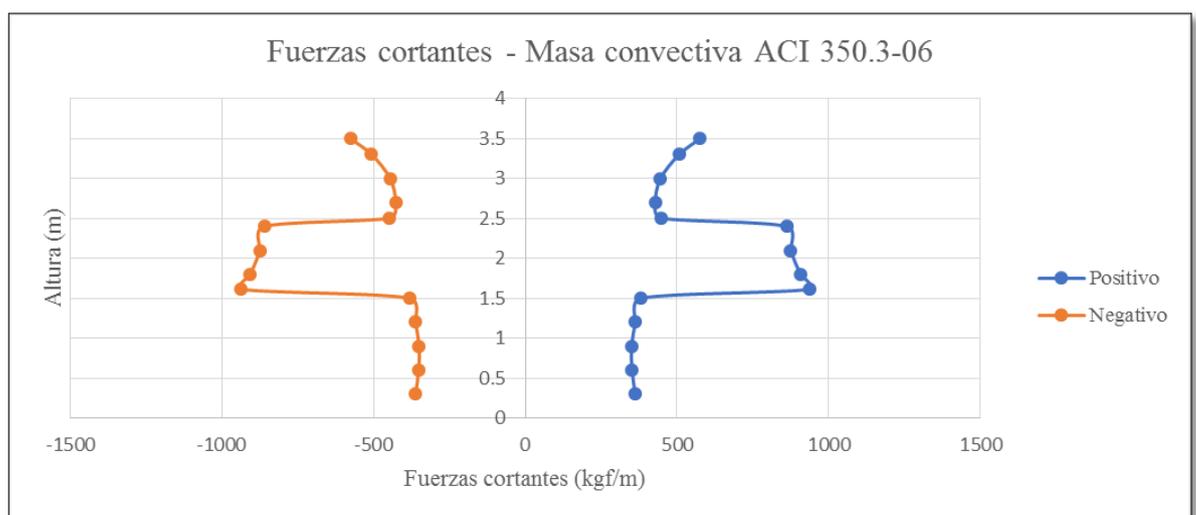
Fuerzas cortantes de la masa convectiva según la norma ACI 350.3-06

Fuerzas cortantes para la masa convectiva según la norma ACI 350.3-06			
Altura H (metros)	Caso de carga	Fuerzas cortantes	
		Positivo kgf/m	Negativo kgf/m
3.500	Envolvente	575.985	-575.985
3.300	Envolvente	506.390	-506.390
3.000	Envolvente	445.655	-445.655
2.700	Envolvente	427.815	-427.815
2.505	Envolvente	447.255	-447.255
2.400	Envolvente	860.515	-860.515
2.100	Envolvente	875.025	-875.025
1.800	Envolvente	906.725	-906.725
1.613	Envolvente	935.780	-935.780
1.500	Envolvente	381.725	-381.725
1.200	Envolvente	362.885	-362.885
0.900	Envolvente	350.015	-350.015
0.600	Envolvente	351.595	-351.595
0.300	Envolvente	361.950	-361.950

Nota: Elaboración propia

Figura 81

Gráfico de fuerzas cortantes de la masa convectiva según la norma ACI 350.3-06



Nota: Elaboración propia



3.10.2.2.2.3. Fuerzas cortantes en muros para la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Tabla 40

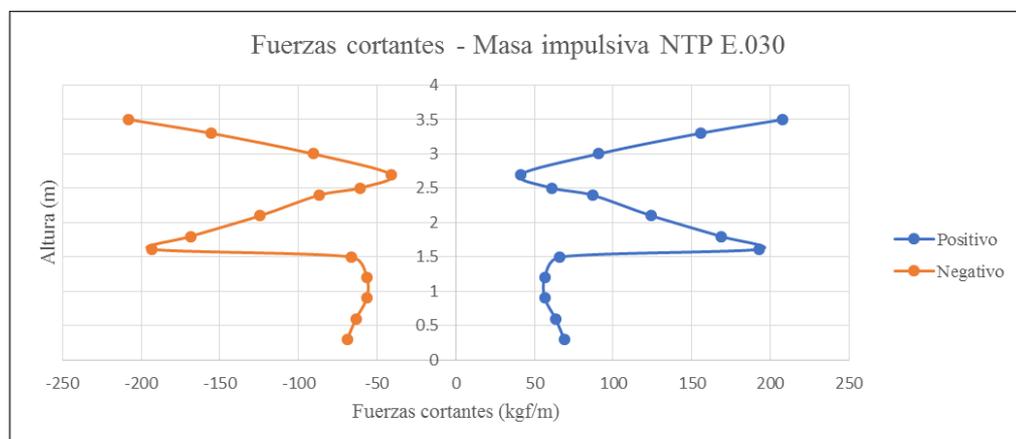
Fuerzas cortantes de la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Altura H (metros)	Caso de carga	Fuerzas cortantes	
		Positivo kgf/m	Negativo kgf/m
3.500	Envolvente	207.750	-207.750
3.300	Envolvente	155.520	-155.520
3.000	Envolvente	90.570	-90.570
2.700	Envolvente	41.185	-41.185
2.505	Envolvente	60.870	-60.870
2.400	Envolvente	86.815	-86.815
2.100	Envolvente	124.440	-124.440
1.800	Envolvente	168.450	-168.450
1.613	Envolvente	193.140	-193.140
1.500	Envolvente	66.325	-66.325
1.200	Envolvente	56.625	-56.625
0.900	Envolvente	56.570	-56.570
0.600	Envolvente	63.480	-63.480
0.300	Envolvente	69.045	-69.045

Nota: Elaboración propia

Figura 82

Gráfico de las fuerzas cortantes de la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”



Nota: Elaboración propia



3.10.2.2.2.4. Fuerzas cortantes en muros para la masa convectiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Tabla 41

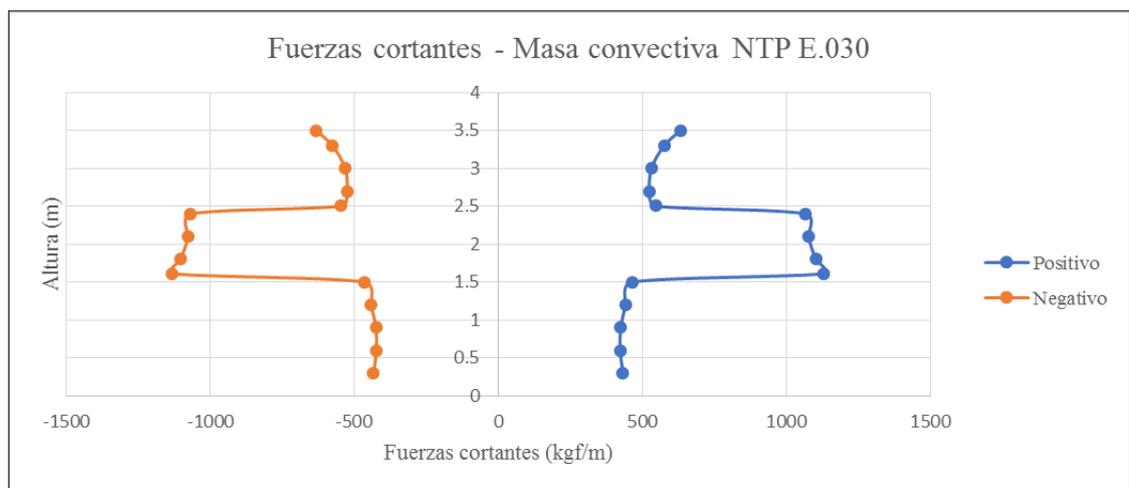
Fuerzas cortantes de la masa convectiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Fuerzas cortantes para la masa convectiva según la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"			
Altura H (metros)	Caso de carga	Fuerzas cortantes	
		Positivo kgf/m	Negativo kgf/m
3.500	Envolvente	631.995	-631.995
3.300	Envolvente	575.575	-575.575
3.000	Envolvente	531.920	-531.920
2.700	Envolvente	525.465	-525.465
2.505	Envolvente	546.835	-546.835
2.400	Envolvente	1067.665	-1067.665
2.100	Envolvente	1076.955	-1076.955
1.800	Envolvente	1103.000	-1103.000
1.613	Envolvente	1131.320	-1131.320
1.500	Envolvente	463.760	-463.760
1.200	Envolvente	442.470	-442.470
0.900	Envolvente	425.290	-425.290
0.600	Envolvente	423.100	-423.100
0.300	Envolvente	433.015	-433.015

Nota: Elaboración propia

Figura 83

Gráfico de las fuerzas cortantes de la masa convectiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”



Nota: Elaboración propia



3.10.2.2.2.5. Comparación de las fuerzas cortantes en muros de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06

Tabla 42

Comparación de las fuerzas cortantes de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06

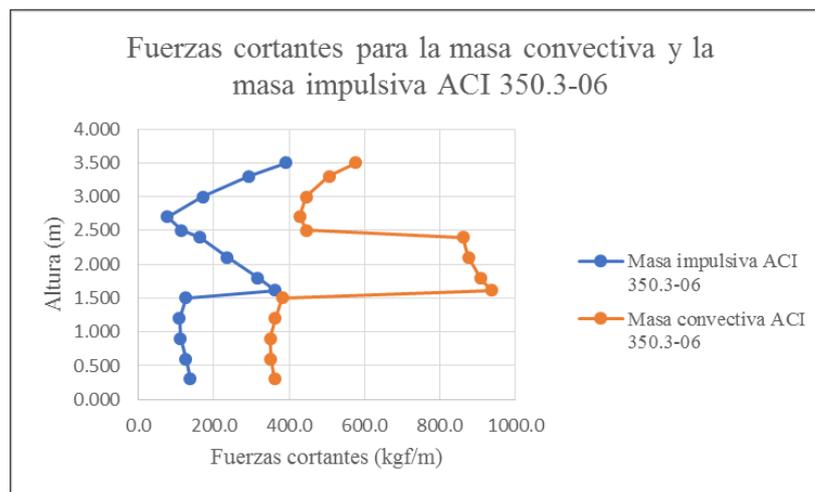
Fuerzas cortantes para la masa convectiva y masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06

Altura H (metros)	Caso de carga	Fuerzas cortantes	
		Masa impulsiva	Masa convectiva
		kgf/m	kgf/m
3.500	Envolvente	391.920	575.985
3.300	Envolvente	294.140	506.390
3.000	Envolvente	171.245	445.655
2.700	Envolvente	77.295	427.815
2.505	Envolvente	114.785	447.255
2.400	Envolvente	163.935	860.515
2.100	Envolvente	235.105	875.025
1.800	Envolvente	317.250	906.725
1.613	Envolvente	362.175	935.780
1.500	Envolvente	125.380	381.725
1.200	Envolvente	108.910	362.885
0.900	Envolvente	110.950	350.015
0.600	Envolvente	126.250	351.595
0.300	Envolvente	137.950	361.950

Nota: Elaboración propia

Figura 84

Gráfico de comparación de las fuerzas cortantes de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06



Nota: Elaboración propia

3.10.2.2.6. Comparación de las fuerzas cortantes en muros de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Tabla 43

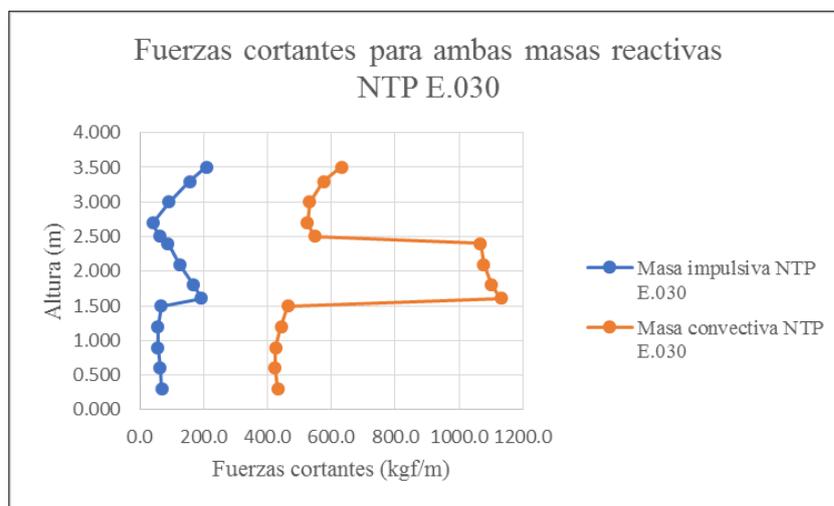
Comparación de las fuerzas cortantes de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Fuerzas cortantes para la masa convectiva y masa impulsiva según la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"			
Altura H (metros)	Caso de carga	Fuerzas cortantes	
		Masa impulsiva kgf/m	Masa convectiva kgf/m
3.500	Envolvente	207.750	631.995
3.300	Envolvente	155.520	575.575
3.000	Envolvente	90.570	531.920
2.700	Envolvente	41.185	525.465
2.505	Envolvente	60.870	546.835
2.400	Envolvente	86.815	1067.665
2.100	Envolvente	124.440	1076.955
1.800	Envolvente	168.450	1103.000
1.613	Envolvente	193.140	1131.320
1.500	Envolvente	66.325	463.760
1.200	Envolvente	56.625	442.470
0.900	Envolvente	56.570	425.290
0.600	Envolvente	63.480	423.100
0.300	Envolvente	69.045	433.015

Nota: Elaboración propia

Figura 85

Gráfico de comparación de las fuerzas cortantes de la masa convectiva y de la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”



Nota: Elaboración propia



3.10.2.2.7. Comparación de las fuerzas cortantes en muros de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 VS la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Tabla 44

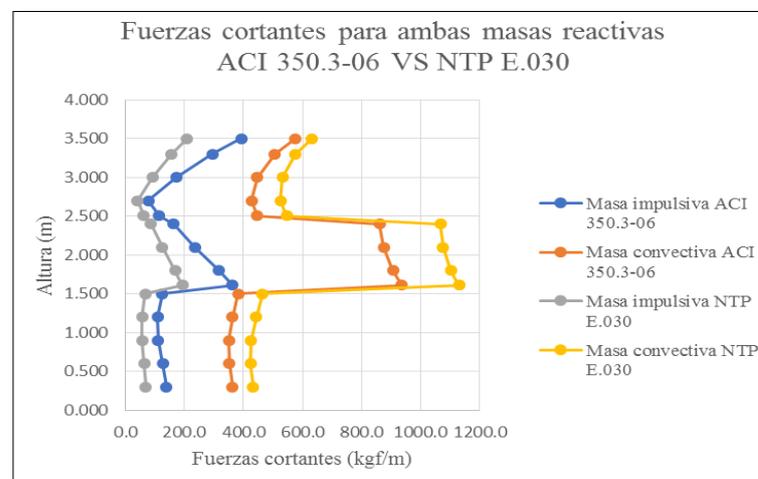
Comparación de las fuerzas cortantes de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Altura H (metros)	Caso de carga	Norma ACI 350.3-06		NTP E.030 Diseño Sismorresistente	
		Masa impulsiva ACI 350.3-06	Masa convectiva ACI 350.3-06	Masa impulsiva NTP E.030	Masa convectiva NTP E.030
		kgf/m	kgf/m	kgf/m	kgf/m
3.500	Envolvente	391.920	575.985	207.75	631.995
3.300	Envolvente	294.140	506.390	155.52	575.575
3.000	Envolvente	171.245	445.655	90.57	531.92
2.700	Envolvente	77.295	427.815	41.185	525.465
2.505	Envolvente	114.785	447.255	60.87	546.835
2.400	Envolvente	163.935	860.515	86.815	1067.665
2.100	Envolvente	235.105	875.025	124.44	1076.955
1.800	Envolvente	317.250	906.725	168.45	1103
1.613	Envolvente	362.175	935.780	193.14	1131.32
1.500	Envolvente	125.380	381.725	66.325	463.76
1.200	Envolvente	108.910	362.885	56.625	442.47
0.900	Envolvente	110.950	350.015	56.57	425.29
0.600	Envolvente	126.250	351.595	63.48	423.1
0.300	Envolvente	137.950	361.950	69.045	433.015

Nota: Elaboración propia

Figura 86

Gráfico de comparación de las fuerzas cortantes de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la NTP E.030 “Diseño Sismorresistente”



Nota: Elaboración propia



3.10.2.2.3. Momentos Flectores

3.10.2.2.3.1. Momentos flectores en muros para la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06

Tabla 45

Momentos flectores de la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06

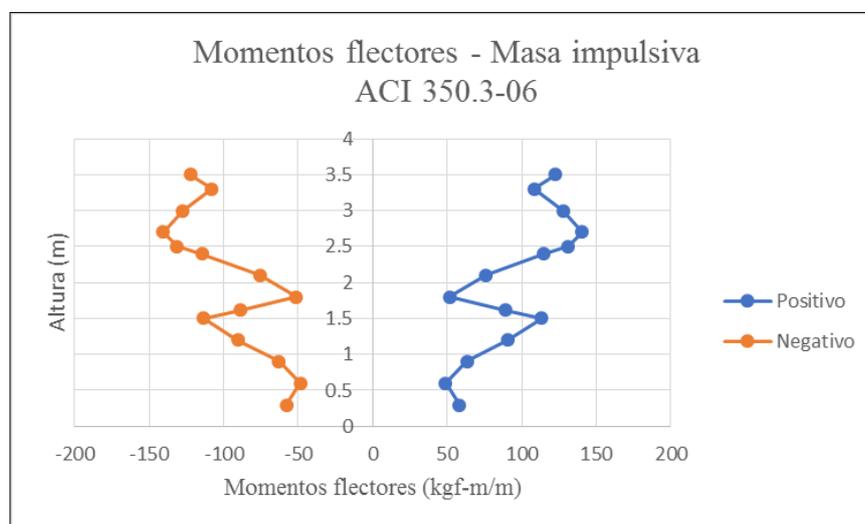
Momentos flectores para la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06

Altura H (metros)	Caso de carga	Momentos flectores	
		Positivo kgf-m/m	Negativo kgf-m/m
3.500	Envolvente	122.568	-122.568
3.300	Envolvente	108.138	-108.138
3.000	Envolvente	127.588	-127.588
2.700	Envolvente	140.548	-140.548
2.505	Envolvente	131.215	-131.215
2.400	Envolvente	114.568	-114.568
2.100	Envolvente	75.963	-75.963
1.800	Envolvente	51.425	-51.425
1.613	Envolvente	89.105	-89.105
1.500	Envolvente	113.308	-113.308
1.200	Envolvente	90.483	-90.483
0.900	Envolvente	63.013	-63.013
0.600	Envolvente	48.745	-48.745
0.300	Envolvente	58.063	-58.063

Nota: Elaboración propia

Figura 87

Gráfico de momentos flectores de la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06



Nota: Elaboración propia



3.10.2.2.3.2. Momentos flectores en muros para la masa convectiva según la norma ACI 360.3-06

Tabla 46

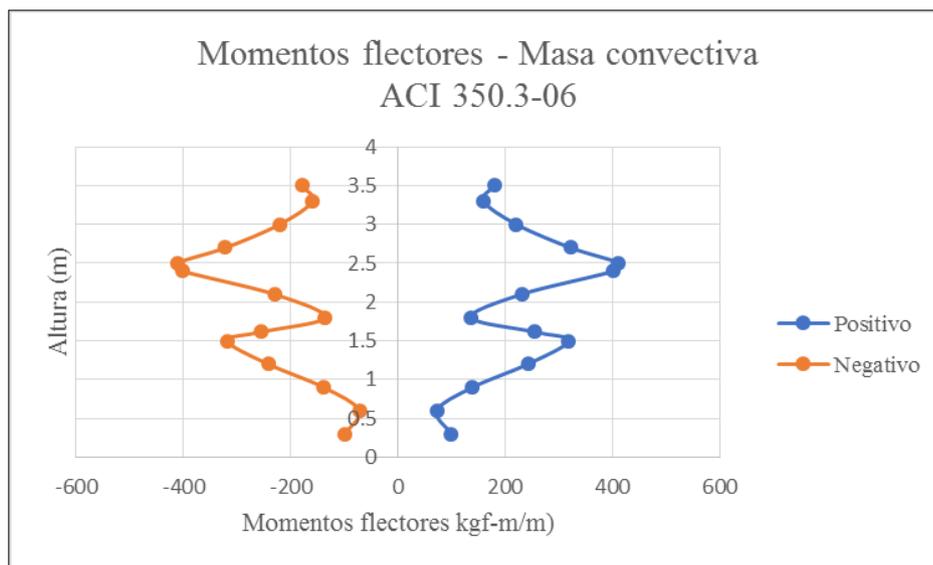
Momentos flectores de la masa convectiva según la norma ACI 350.3-06

Altura H (metros)	Caso de carga	Momentos flectores	
		Positivo	Negativo
		kgf-m/m	kgf-m/m
3.500	Envolvente	179.150	-179.150
3.300	Envolvente	159.428	-159.428
3.000	Envolvente	220.583	-220.583
2.700	Envolvente	321.308	-321.308
2.505	Envolvente	409.945	-409.945
2.400	Envolvente	401.683	-401.683
2.100	Envolvente	230.363	-230.363
1.800	Envolvente	136.450	-136.450
1.613	Envolvente	254.873	-254.873
1.500	Envolvente	318.325	-318.325
1.200	Envolvente	241.850	-241.850
0.900	Envolvente	138.558	-138.558
0.600	Envolvente	72.203	-72.203
0.300	Envolvente	99.320	-99.320

Nota: Elaboración propia

Figura 88

Gráfico de momentos flectores de la masa convectiva según norma ACI 350.3-06



Nota: Elaboración propia



3.10.2.2.3.3. Momentos flectores en muros para la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Tabla 47

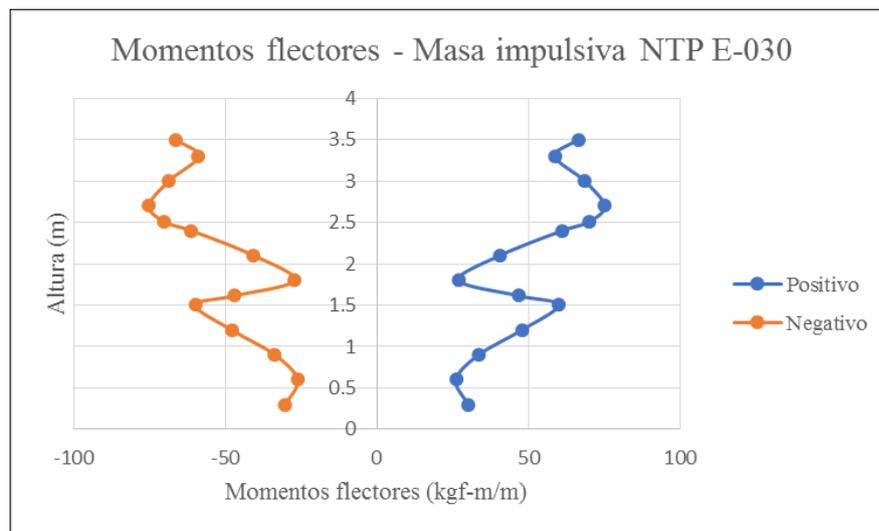
Momentos flectores de masa impulsiva según NTP E.030 “Diseño Sismorresistente”

Altura H (metros)	Caso de carga	Momentos flectores	
		Positivo	Negativo
		kgf-m/m	kgf-m/m
3.500	Envolvente	66.490	-66.490
3.300	Envolvente	58.788	-58.788
3.000	Envolvente	68.618	-68.618
2.700	Envolvente	75.123	-75.123
2.505	Envolvente	70.038	-70.038
2.400	Envolvente	61.178	-61.178
2.100	Envolvente	40.615	-40.615
1.800	Envolvente	27.153	-27.153
1.613	Envolvente	46.900	-46.900
1.500	Envolvente	59.863	-59.863
1.200	Envolvente	47.838	-47.838
0.900	Envolvente	33.605	-33.605
0.600	Envolvente	26.135	-26.135
0.300	Envolvente	30.113	-30.113

Nota: Elaboración propia

Figura 89

Gráfico de los momentos flectores de la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”



Nota: Elaboración propia



3.10.2.2.3.4. Momentos flectores en muros para la masa convectiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Tabla 48

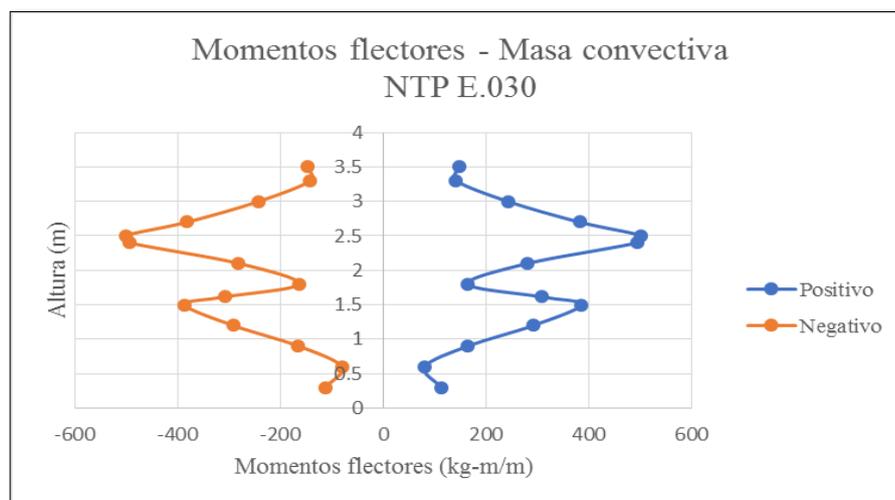
Momentos flectores de la masa convectiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Momentos flectores para la masa convectiva según la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"			
Altura H (metros)	Caso de carga	Momentos flectores	
		Positivo	Negativo
		kgf-m/m	kgf-m/m
3.500	Envolvente	147.520	-147.520
3.300	Envolvente	142.143	-142.143
3.000	Envolvente	242.588	-242.588
2.700	Envolvente	381.810	-381.810
2.505	Envolvente	501.248	-501.248
2.400	Envolvente	494.313	-494.313
2.100	Envolvente	281.435	-281.435
1.800	Envolvente	164.453	-164.453
1.613	Envolvente	308.765	-308.765
1.500	Envolvente	385.823	-385.823
1.200	Envolvente	292.315	-292.315
0.900	Envolvente	165.033	-165.033
0.600	Envolvente	80.763	-80.763
0.300	Envolvente	112.700	-112.700

Nota: Elaboración propia

Figura 90

Gráfico de los momentos flectores de la masa convectiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”



Nota: Elaboración propia



3.10.2.2.3.5. Comparación de los momentos flectores en muros de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06

Tabla 49

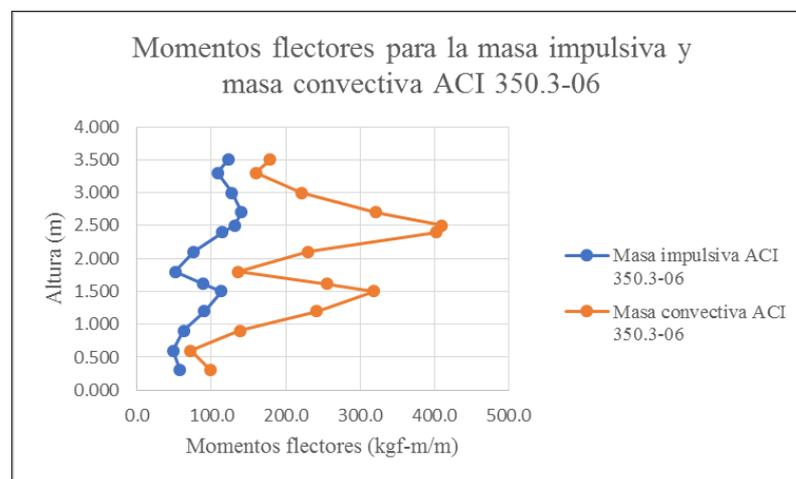
Comparación de los momentos flectores de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06

Altura H (metros)	Caso de carga	Momentos flectores	
		Masa impulsiva	Masa convectiva
		kgf-m/m	kgf-m/m
3.500	Envolvente	122.568	179.150
3.300	Envolvente	108.138	159.428
3.000	Envolvente	127.588	220.583
2.700	Envolvente	140.548	321.308
2.505	Envolvente	131.215	409.945
2.400	Envolvente	114.568	401.683
2.100	Envolvente	75.963	230.363
1.800	Envolvente	51.425	136.450
1.613	Envolvente	89.105	254.873
1.500	Envolvente	113.308	318.325
1.200	Envolvente	90.483	241.850
0.900	Envolvente	63.013	138.558
0.600	Envolvente	48.745	72.203
0.300	Envolvente	58.063	99.320

Nota: Elaboración propia

Figura 91

Gráfico de comparación de los momentos flectores de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06



Nota: Elaboración propia



3.10.2.2.3.6. Comparación de los momentos flectores en muros de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Tabla 50

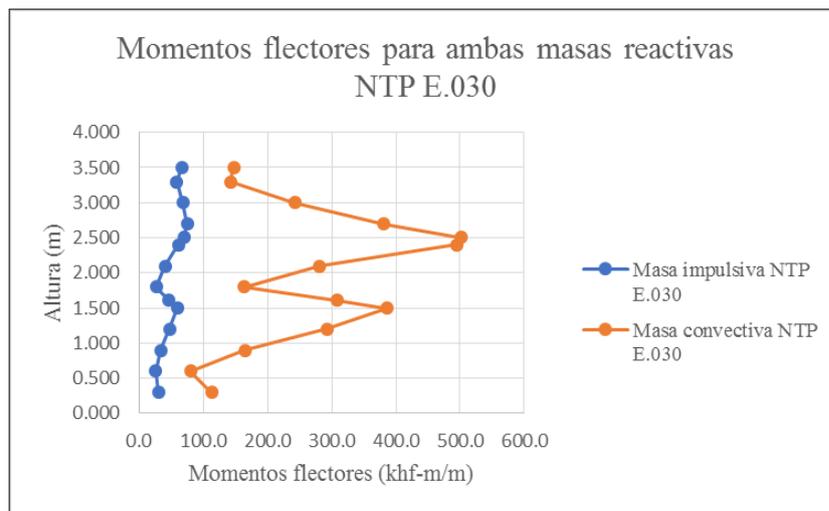
Comparación de los momentos flectores de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Altura H (metros)	Caso de carga	Momentos flectores	
		Masa impulsiva	Masa convectiva
		kgf-m/m	kgf-m/m
3.500	Envolvente	66.490	147.520
3.300	Envolvente	58.788	142.143
3.000	Envolvente	68.618	242.588
2.700	Envolvente	75.123	381.810
2.505	Envolvente	70.038	501.248
2.400	Envolvente	61.178	494.313
2.100	Envolvente	40.615	281.435
1.800	Envolvente	27.153	164.453
1.613	Envolvente	46.900	308.765
1.500	Envolvente	59.863	385.823
1.200	Envolvente	47.838	292.315
0.900	Envolvente	33.605	165.033
0.600	Envolvente	26.135	80.763
0.300	Envolvente	30.113	112.700

Nota: Elaboración propia

Figura 92

Gráfico de comparación de los momentos flectores de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”



Nota: Elaboración propia

3.10.2.2.3.7. Comparación de los momentos flectores en muros de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” VS la norma ACI 350.3-06

Tabla 51

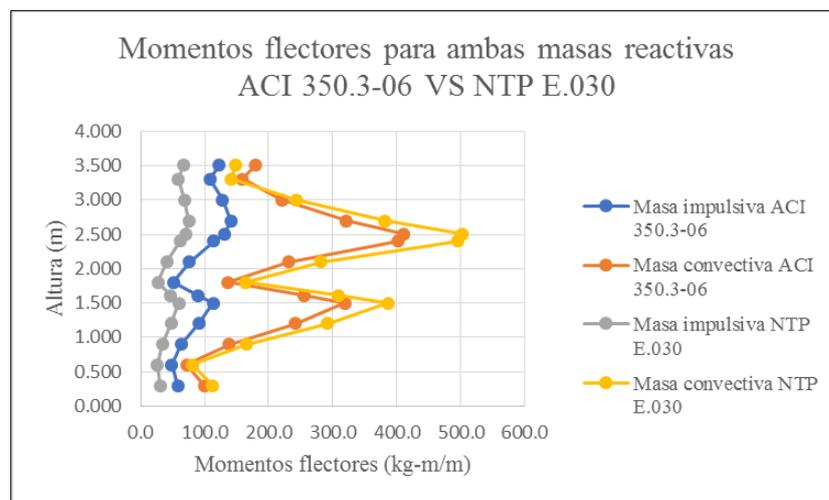
Comparación de los momentos flectores de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Altura H (metros)	Caso de carga	Norma ACI 350.3-06		NTP E.030 Diseño Sismorresistente	
		Masa impulsiva ACI 350.3-06	Masa convectiva ACI 350.3-06	Masa impulsiva NTP E.030	Masa convectiva NTP E.030
		kgf-m/m	kgf-m/m	kgf-m/m	kgf-m/m
3.500	Envolvente	122.568	179.150	66.49	147.52
3.300	Envolvente	108.138	159.428	58.7875	142.1425
3.000	Envolvente	127.588	220.583	68.6175	242.5875
2.700	Envolvente	140.548	321.308	75.1225	381.81
2.505	Envolvente	131.215	409.945	70.0375	501.2475
2.400	Envolvente	114.568	401.683	61.1775	494.3125
2.100	Envolvente	75.963	230.363	40.615	281.435
1.800	Envolvente	51.425	136.450	27.1525	164.4525
1.613	Envolvente	89.105	254.873	46.9	308.765
1.500	Envolvente	113.308	318.325	59.8625	385.8225
1.200	Envolvente	90.483	241.850	47.8375	292.315
0.900	Envolvente	63.013	138.558	33.605	165.0325
0.600	Envolvente	48.745	72.203	26.135	80.7625
0.300	Envolvente	58.063	99.320	30.1125	112.7

Nota: Elaboración propia

Figura 93

Gráfico de comparación de momentos flectores de la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la NTP E.030 “Diseño Sismorresistente”



Nota: Elaboración propia



3.10.2.2.4. Desplazamientos

3.10.2.2.4.1. Desplazamientos en muros para la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06

Tabla 52

Desplazamientos de la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06

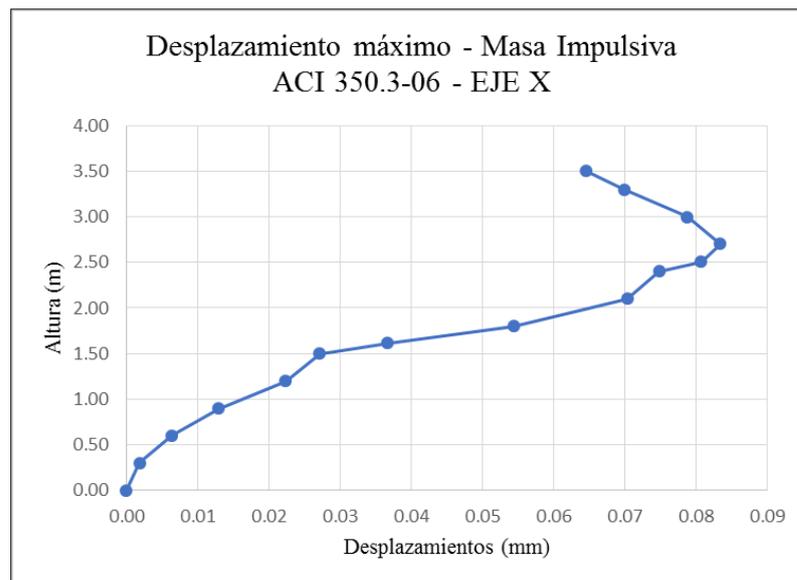
Desplazamiento máximo - Masa impulsiva ACI 350.3-06 - Eje X

Altura (m)	En eje X
	Máximo mm
3.50	0.065
3.30	0.070
3.00	0.079
2.70	0.083
2.51	0.081
2.40	0.075
2.10	0.070
1.80	0.054
1.61	0.037
1.50	0.027
1.20	0.022
0.90	0.013
0.60	0.006
0.30	0.002
0.00	0.000

Nota: Elaboración propia

Figura 94

Gráfica de los desplazamientos de la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06



Nota: Elaboración propia



3.10.2.2.4.2. Desplazamientos en muros para la masa convectiva según la norma ACI 350.3-06

Tabla 53

Desplazamientos de la masa convectiva según la norma ACI 350.3-06

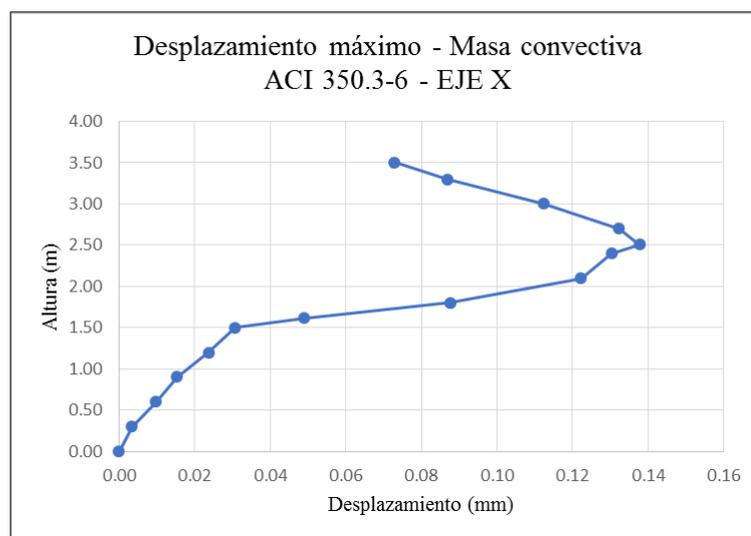
Desplazamiento máximo - Masa convectiva ACI 350.3-06 - Eje X

Altura (m)	En eje X
	Máximo mm
3.50	0.073
3.30	0.087
3.00	0.112
2.70	0.132
2.51	0.138
2.40	0.130
2.10	0.122
1.80	0.088
1.61	0.049
1.50	0.031
1.20	0.024
0.90	0.015
0.60	0.010
0.30	0.003
0.00	0.000

Nota: Elaboración propia

Figura 95

Gráfica de los desplazamientos de la masa convectiva según norma ACI 350.3-06



Nota: Elaboración propia



3.10.2.2.4.3. Desplazamientos en muros para la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Tabla 54

Desplazamientos de la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

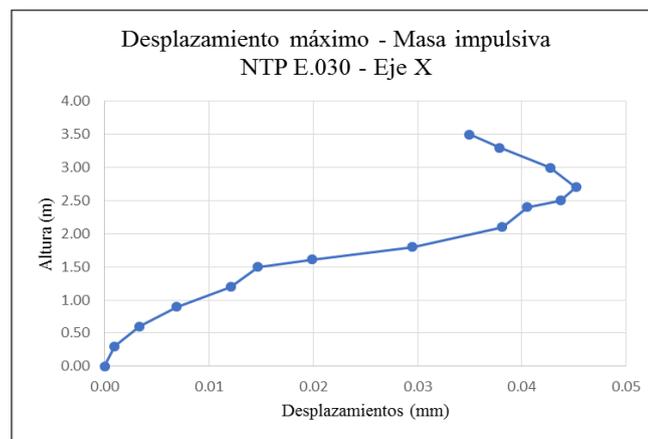
Desplazamiento máximo - Masa impulsiva NTP E.030 - Eje X

Altura (m)	En eje X
	Máximo mm
3.50	0.035
3.30	0.038
3.00	0.043
2.70	0.045
2.51	0.044
2.40	0.041
2.10	0.038
1.80	0.030
1.61	0.020
1.50	0.015
1.20	0.012
0.90	0.007
0.60	0.003
0.30	0.001
0.00	0.000

Nota: Elaboración propia

Figura 96

Gráfica de los desplazamientos de la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”



Nota: Elaboración propia



3.10.2.2.4.4. Desplazamientos en muros para la masa convectiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Tabla 55

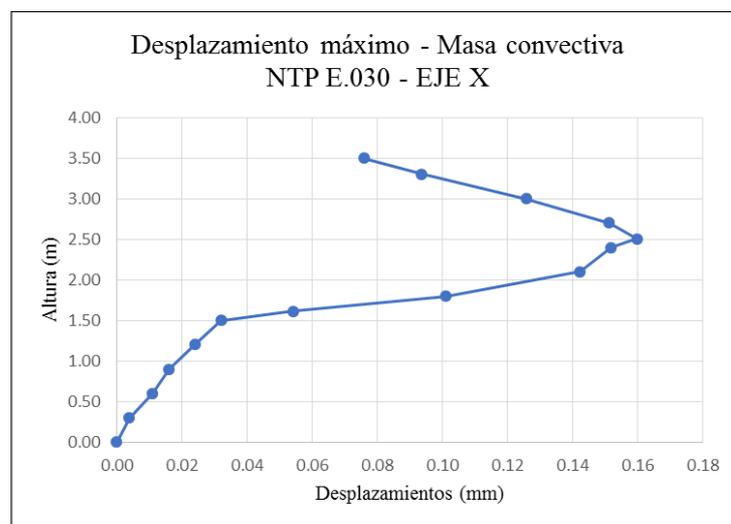
Desplazamientos de la masa convectiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Desplazamiento máximo - Masa convectiva NTP E.030 - Eje X	
Altura (m)	En eje X
	Máximo mm
3.50	0.076
3.30	0.094
3.00	0.126
2.70	0.151
2.51	0.160
2.40	0.152
2.10	0.142
1.80	0.101
1.61	0.054
1.50	0.032
1.20	0.024
0.90	0.016
0.60	0.011
0.30	0.004
0.00	0.000

Nota: Elaboración propia

Figura 97

Gráfica de los desplazamientos de la masa convectiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”



Nota: Elaboración propia



3.10.2.2.4.5. Comparación de los desplazamientos en muros de la masa convectiva e impulsiva según la norma ACI 350.3-06

Tabla 56

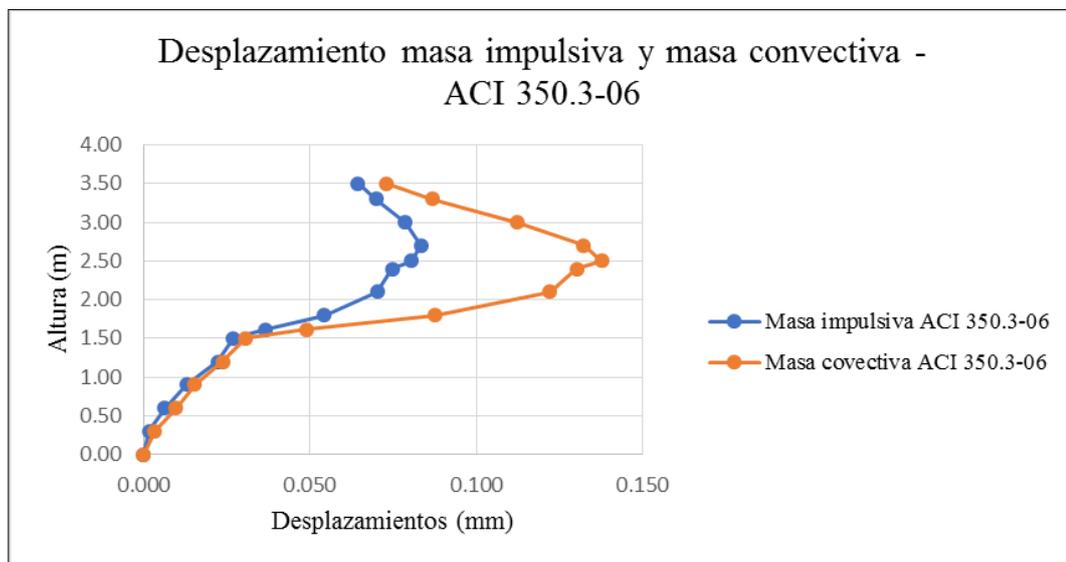
Comparación de los desplazamientos de la masa convectiva e impulsiva según la norma ACI 350.3-06

Desplazamiento de la masa convectiva y masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06		
Altura (m)	Desplazamientos	
	Masa impulsiva mm	Masa convectiva mm
3.50	0.065	0.073
3.30	0.070	0.087
3.00	0.079	0.112
2.70	0.083	0.132
2.51	0.081	0.138
2.40	0.075	0.130
2.10	0.070	0.122
1.80	0.054	0.088
1.61	0.037	0.049
1.50	0.027	0.031
1.20	0.022	0.024
0.90	0.013	0.015
0.60	0.006	0.010
0.30	0.002	0.003
0.00	0.000	0.000

Nota: Elaboración propia

Figura 98

Gráfica de comparación de los desplazamientos de la masa convectiva e impulsiva según la norma ACI 350.3-06



Nota: Elaboración propia

3.10.2.2.4.6. Comparación de los desplazamientos en muros de la masa convectiva e impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Tabla 57

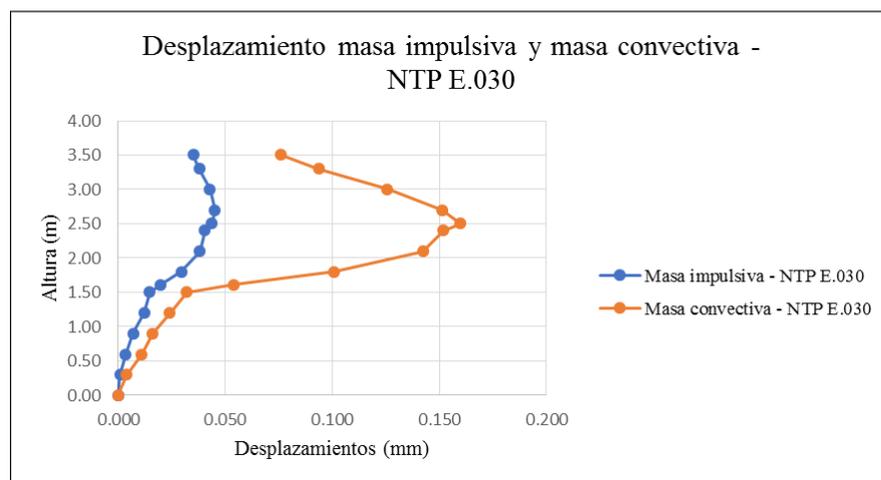
Comparación de los desplazamientos de la masa convectiva e impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Altura (m)	Desplazamientos	
	Masa impulsiva	Masa convectiva
	mm	mm
3.50	0.035	0.076
3.30	0.038	0.094
3.00	0.043	0.126
2.70	0.045	0.151
2.51	0.044	0.160
2.40	0.041	0.152
2.10	0.038	0.142
1.80	0.030	0.101
1.61	0.020	0.054
1.50	0.015	0.032
1.20	0.012	0.024
0.90	0.007	0.016
0.60	0.003	0.011
0.30	0.001	0.004
0.00	0.000	0.000

Nota: Elaboración propia

Figura 99

Gráfica de comparación de los desplazamientos de la masa convectiva e impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”



Nota: Elaboración propia

3.10.2.2.4.7. Comparación de los desplazamientos en muros de la masa convectiva e impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” VS la norma ACI 350.3-06

Tabla 58

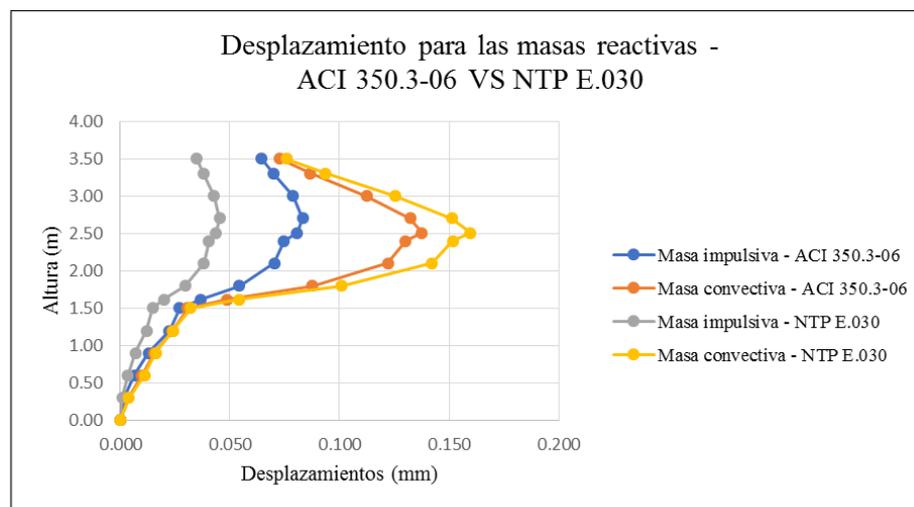
Comparación de los desplazamientos de la masa convectiva e impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Altura (m)	Norma ACI 350.3-06		NTP E.030 "Diseño Sismorresistente"	
	Masa impulsiva	Masa convectiva	Masa impulsiva	Masa convectiva
	mm	mm	mm	mm
3.50	0.065	0.073	0.035	0.076
3.30	0.070	0.087	0.038	0.094
3.00	0.079	0.112	0.043	0.126
2.70	0.083	0.132	0.045	0.151
2.51	0.081	0.138	0.044	0.160
2.40	0.075	0.130	0.041	0.152
2.10	0.070	0.122	0.038	0.142
1.80	0.054	0.088	0.030	0.101
1.61	0.037	0.049	0.020	0.054
1.50	0.027	0.031	0.015	0.032
1.20	0.022	0.024	0.012	0.024
0.90	0.013	0.015	0.007	0.016
0.60	0.006	0.010	0.003	0.011
0.30	0.002	0.003	0.001	0.004
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000

Nota: Elaboración propia

Figura 100

Gráfica de comparación de los desplazamientos de la masa convectiva e impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”



Nota: Elaboración propia



3.10.2.2.5. Periodos de vibración

3.10.2.2.5.1. Periodo de vibración de la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06

Tabla 59

Valores de periodo de vibración de la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y porcentajes de participación de las masas

Masa impulsiva - ACI 350.3-06				
Modo	Periodo	UX	UY	UZ
	s	-	-	-
1	0.04182	0.000	0.000	0.088
2	0.02083	0.150	0.000	0.000
3	0.02062	0.000	0.020	0.000
4	0.01931	0.540	0.000	0.000
5	0.01693	0.000	0.470	0.000
6	0.01656	0.000	0.000	0.160
7	0.01363	0.000	0.000	0.000
8	0.01270	0.000	0.000	0.000
9	0.01239	0.000	0.000	0.021
10	0.01061	0.000	0.000	0.000
11	0.01049	0.097	0.000	0.000
12	0.00994	0.000	0.000	0.000
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
250	0.00153	0.000	0.000	0.000

Nota: Elaboración propia

3.10.2.2.5.2. Periodo de vibración de la masa convectiva según la norma ACI 350.3-06**Tabla 60**

Valores de periodo de vibración de masa convectiva según la norma ACI 350.3-06 y porcentajes de participación de las masas

Masa convectiva - ACI 350.3-06				
Modo	Periodo	UX	UY	UZ
	s	-	-	-
1	2.61115	0.380	0.000	0.000
2	2.61090	0.000	0.000	0.000
3	2.61079	0.033	0.000	0.000
4	2.61073	0.000	0.000	0.000
5	2.61070	0.012	0.000	0.000
6	2.61068	0.000	0.000	0.000
7	2.61067	0.004	0.000	0.000
8	2.61067	0.000	0.000	0.000
9	2.61066	0.002	0.000	0.000
10	2.61066	0.000	0.000	0.000
11	2.61066	0.001	0.000	0.000
12	2.61066	0.000	0.000	0.000
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
250	0.00159	0.000	0.000	0.000

Nota: Elaboración propia

3.10.2.2.5.3. Periodo de vibración de la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”**Tabla 61**

Valores del periodo de vibración de la masa impulsiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” y porcentajes de participación de las masas

Masa impulsiva - NTP E.030 "Diseño Sismorresistente"				
Modo	Periodo	UX	UY	UZ
	s	-	-	-
1	0.04182	0.000	0.000	0.088
2	0.02083	0.150	0.000	0.000
3	0.02062	0.000	0.020	0.000
4	0.01931	0.540	0.000	0.000
5	0.01693	0.000	0.470	0.000
6	0.01656	0.000	0.000	0.160
7	0.01363	0.000	0.000	0.000
8	0.01270	0.000	0.000	0.000
9	0.01239	0.000	0.000	0.021
10	0.01061	0.000	0.000	0.000
11	0.01049	0.097	0.000	0.000
12	0.00994	0.000	0.000	0.000
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
250	0.00153	0.000	0.000	0.000

Nota: Elaboración propia

3.10.2.2.5.4. Periodo de vibración de la masa convectiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Tabla 62

Valores del periodo de vibración de la masa convectiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” y porcentajes de participación de las masas

Masa convectiva - NTP E.030 "Diseño Sismorresistente"				
Modo	Periodo	UX	UY	UZ
	s	-	-	-
1	2.61115	0.380	0.000	0.000
2	2.61090	0.000	0.000	0.000
3	2.61079	0.033	0.000	0.000
4	2.61073	0.000	0.000	0.000
5	2.61070	0.012	0.000	0.000
6	2.61068	0.000	0.000	0.000
7	2.61067	0.004	0.000	0.000
8	2.61067	0.000	0.000	0.000
9	2.61066	0.002	0.000	0.000
10	2.61066	0.000	0.000	0.000
11	2.61066	0.001	0.000	0.000
12	2.61066	0.000	0.000	0.000
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
250	0.00159	0.000	0.000	0.000

Nota: Elaboración propia

3.10.2.2.5.5. Comparación de periodos de vibración para la masa impulsiva y convectiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Tabla 63

Comparación de los valores del periodo de vibración para la masa impulsiva y convectiva según la norma ACI 350.3-06 y la NTP E.030 “Diseño Sismorresistente”

Modo	Masa convectiva ACI 350.3-06	Masa impulsiva ACI 350.3-06	Masa convectiva NTP E.030	Masa impulsiva NTP E.030
	s	s	s	s
1	2.61115	0.04182	2.61115	0.04182
2	2.61090	0.02083	2.61090	0.02083
3	2.61079	0.02062	2.61079	0.02062
4	2.61073	0.01931	2.61073	0.01931
5	2.61070	0.01693	2.61070	0.01693
6	2.61068	0.01656	2.61068	0.01656
7	2.61067	0.01363	2.61067	0.01363
8	2.61067	0.01270	2.61067	0.01270
9	2.61066	0.01239	2.61066	0.01239
10	2.61066	0.01061	2.61066	0.01061
11	2.61066	0.01049	2.61066	0.01049
12	2.61066	0.00994	2.61066	0.00994
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
250	0.00159	0.00153	0.00159	0.00153

Nota: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Presentación de los resultados

4.1.1. Comparación de las fuerzas axiales en los ejes X locales para la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"

Tabla 64

Comparación de las fuerzas axiales para la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"

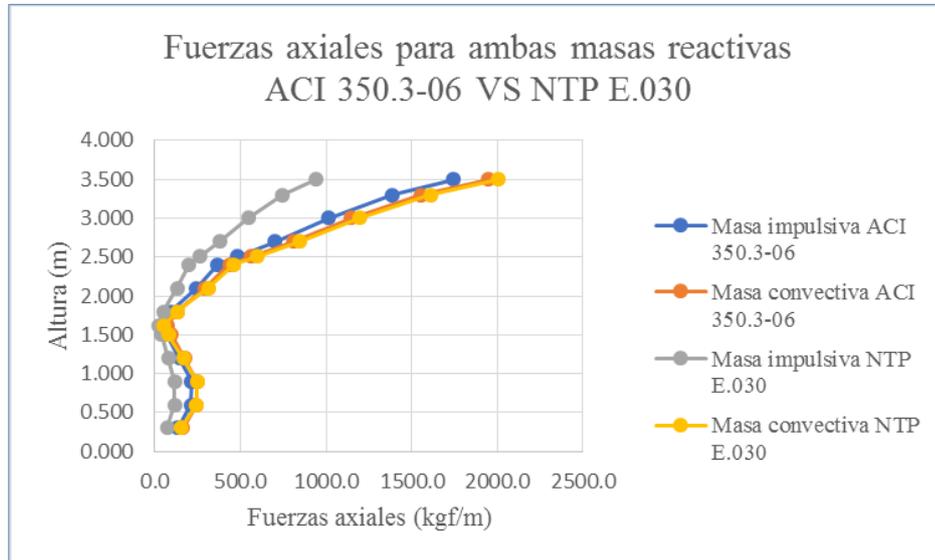
Fuerzas axiales para ambas masas reactivas según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"

Altura H (metros)	Caso de carga	Norma ACI 350.3-06		NTP E.030 "Diseño Sismorresistente"	
		Masa impulsiva ACI 350.3-06	Masa convectiva ACI 350.3-06	Masa impulsiva NTP E.030	Masa convectiva NTP E.030
		kgf/m	kgf/m	kgf/m	kgf/m
3.500	Envolvente	1745.693	1946.608	939.258	2003.705
3.300	Envolvente	1387.865	1556.185	747.090	1607.980
3.000	Envolvente	1013.880	1147.915	546.140	1192.575
2.700	Envolvente	702.013	806.140	378.423	842.933
2.505	Envolvente	483.058	564.640	260.550	594.320
2.400	Envolvente	367.975	436.668	198.523	461.605
2.100	Envolvente	241.070	293.908	129.998	311.150
1.800	Envolvente	92.568	129.828	49.698	127.803
1.613	Envolvente	38.813	71.915	20.885	50.010
1.500	Envolvente	70.363	97.585	38.365	78.200
1.200	Envolvente	144.475	171.465	78.520	165.043
0.900	Envolvente	213.325	244.363	115.768	245.400
0.600	Envolvente	209.193	240.583	113.538	240.563
0.300	Envolvente	133.080	163.808	72.328	151.355

Nota: Elaboración propia

Figura 101

Comparación de las fuerzas axiales en los ejes x locales para la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”



Nota: Elaboración propia

Al analizar los datos utilizando la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.30 "Diseño sismorresistente", la Tabla 64 muestra que los valores de las fuerzas axiales de la masa convectiva tienen valores superiores a los de la masa impulsiva.

La Figura 101 muestra los valores de fuerza axial que se determinaron usando los parámetros y prácticas de los estándares. A la luz de estos números es posible afirmar que la masa convectiva determinada por la norma ACI 350.3-06 es mayor que la masa impulsiva determinada por la norma peruana y la masa convectiva de acuerdo a la norma peruana E .030, también conocida como “Diseño Sismo Resistente” es mayor a la ACI 350.3-06.

4.1.2. Comparación de las fuerzas cortantes para la masa convectiva e impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Tabla 65

Comparación de las fuerzas cortantes para la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"

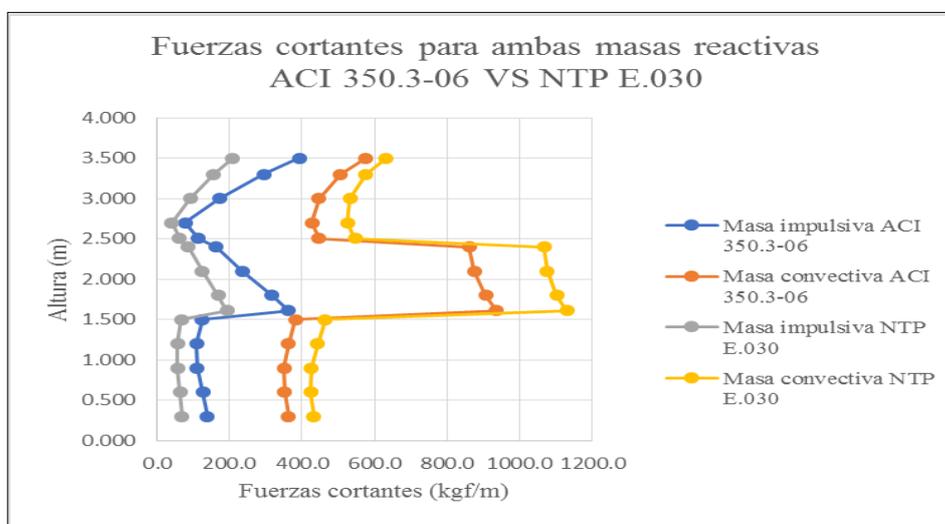
Fuerzas cortantes para ambas masas reactivas según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"

Altura H (metros)	Caso de carga	Norma ACI 350.3-06		NTP E.030 "Diseño Sismorresistente"	
		Masa impulsiva ACI 350.3-06	Masa convectiva ACI 350.3-06	Masa impulsiva NTP E.030	Masa convectiva NTP E.030
		kgf/m	kgf/m	kgf/m	kgf/m
3.500	Envolvente	391.920	575.985	207.75	631.995
3.300	Envolvente	294.140	506.390	155.52	575.575
3.000	Envolvente	171.245	445.655	90.57	531.92
2.700	Envolvente	77.295	427.815	41.185	525.465
2.505	Envolvente	114.785	447.255	60.87	546.835
2.400	Envolvente	163.935	860.515	86.815	1067.665
2.100	Envolvente	235.105	875.025	124.44	1076.955
1.800	Envolvente	317.250	906.725	168.45	1103
1.613	Envolvente	362.175	935.780	193.14	1131.32
1.500	Envolvente	125.380	381.725	66.325	463.76
1.200	Envolvente	108.910	362.885	56.625	442.47
0.900	Envolvente	110.950	350.015	56.57	425.29
0.600	Envolvente	126.250	351.595	63.48	423.1
0.300	Envolvente	137.950	361.950	69.045	433.015

Nota: Elaboración propia

Figura 102

Comparación de las fuerzas cortantes para la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"



Nota: Elaboración propia

La Figura 102 muestra los análisis de las masas basados en los estándares. De acuerdo con la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”, se puede deducir de esto que los valores de masa impulsiva son los más determinantes de las Fuerzas de Corte.

Los valores de fuerza cortante para la masa impulsiva son mayores que para la masa convectiva, de acuerdo con las especificaciones de la norma ACI 350.3-06.

Adicionalmente, de acuerdo con las especificaciones de la norma peruana E. 030, “Diseño Sismorresistente”, la masa convectiva, en relación a la masa impulsiva, explica los valores más altos de la fuerza cortante en la ecuación.

4.1.3. Comparación de los momentos flectores para la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Tabla 66

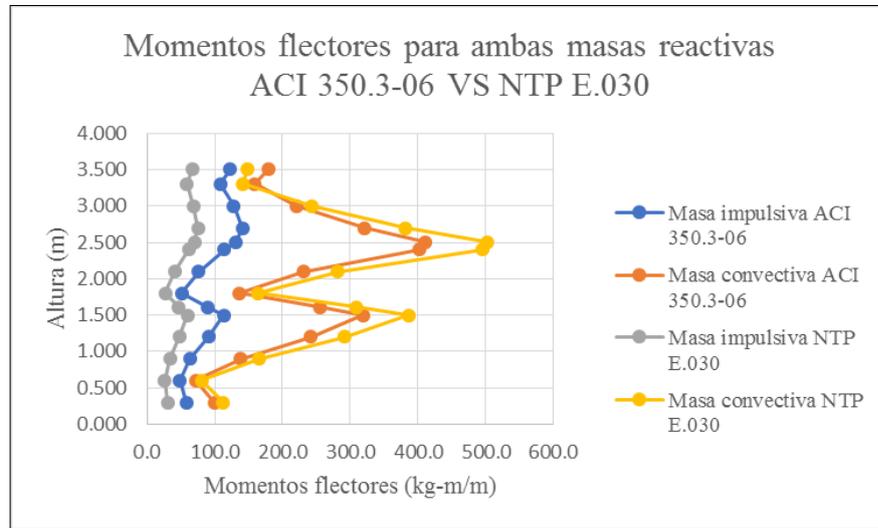
Comparación de los momentos flectores para la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Altura H (metros)	Caso de carga	Norma ACI 350.3-06		NTP E.030 "Diseño Sismorresistente"	
		Masa impulsiva ACI 350.3-06	Masa convectiva ACI 350.3-06	Masa impulsiva NTP E.030	Masa convectiva NTP E.030
		kgf-m/m	kgf-m/m	kgf-m/m	kgf-m/m
3.500	Envolvente	122.568	179.150	66.49	147.52
3.300	Envolvente	108.138	159.428	58.7875	142.1425
3.000	Envolvente	127.588	220.583	68.6175	242.5875
2.700	Envolvente	140.548	321.308	75.1225	381.81
2.505	Envolvente	131.215	409.945	70.0375	501.2475
2.400	Envolvente	114.568	401.683	61.1775	494.3125
2.100	Envolvente	75.963	230.363	40.615	281.435
1.800	Envolvente	51.425	136.450	27.1525	164.4525
1.613	Envolvente	89.105	254.873	46.9	308.765
1.500	Envolvente	113.308	318.325	59.8625	385.8225
1.200	Envolvente	90.483	241.850	47.8375	292.315
0.900	Envolvente	63.013	138.558	33.605	165.0325
0.600	Envolvente	48.745	72.203	26.135	80.7625
0.300	Envolvente	58.063	99.320	30.1125	112.7

Nota: Elaboración propia

Figura 103

Comparación de los momentos flectores para la masa convectiva y masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”



Nota: Elaboración propia

De la Tabla 66 es claro que, entre todos los análisis, ACI 350.3-06, el momento de flexión máximo corresponde a la masa convectiva relativa a la masa impulsiva.

Por otro lado, al comparar todos los análisis de la norma peruana E.030 “Diseño sísmico”, el valor máximo de flectores corresponde a la masa convectiva, pero no a la masa impulsiva.

4.1.4. Comparación de los desplazamientos para la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Tabla 67

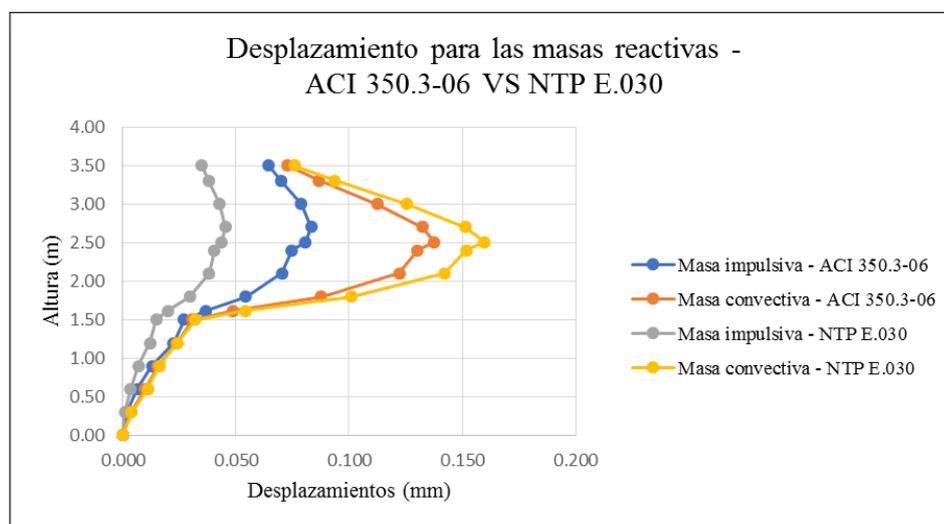
Comparación de los desplazamientos máximos para la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"

Altura (m)	Norma ACI 350.3-06		NTP E.030 "Diseño Sismorresistente"	
	Masa impulsiva	Masa convectiva	Masa impulsiva	Masa convectiva
	mm	mm	mm	mm
3.50	0.065	0.073	0.035	0.076
3.30	0.070	0.087	0.038	0.094
3.00	0.079	0.112	0.043	0.126
2.70	0.083	0.132	0.045	0.151
2.51	0.081	0.138	0.044	0.160
2.40	0.075	0.130	0.041	0.152
2.10	0.070	0.122	0.038	0.142
1.80	0.054	0.088	0.030	0.101
1.61	0.037	0.049	0.020	0.054
1.50	0.027	0.031	0.015	0.032
1.20	0.022	0.024	0.012	0.024
0.90	0.013	0.015	0.007	0.016
0.60	0.006	0.010	0.003	0.011
0.30	0.002	0.003	0.001	0.004
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000

Nota: Elaboración propia

Figura 104

Comparación de los desplazamientos máximos para la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la NTP E.030 "Diseño Sismorresistente"



Nota: Elaboración propia



De acuerdo con la Tabla 67 y la Figura 104, es evidente que según la norma ACI 350.3-06, hay mayor presencia de desplazamiento en la masa convectiva del muro del reservorio de Chinchero.

Por otra parte, según el análisis realizado a las normas ACI 350.3-06 y E.030 “Diseño Sismorresistente”, el valor menor es para la masa impulsiva con respecto a la masa convectiva.

4.1.5. Comparación de los periodos de vibración para masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana “Diseño Sismorresistente”

Tabla 68

Comparación de los periodos de vibración para la masa convectiva y la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”

Modo	Masa convectiva ACI 350.3-06	Masa impulsiva ACI 350.3-06	Masa convectiva NTP E.030	Masa impulsiva NTP E.030
	s	s	s	s
1	2.61115	0.04182	2.61115	0.04182
2	2.61090	0.02083	2.61090	0.02083
3	2.61079	0.02062	2.61079	0.02062
4	2.61073	0.01931	2.61073	0.01931
5	2.61070	0.01693	2.61070	0.01693
6	2.61068	0.01656	2.61068	0.01656
7	2.61067	0.01363	2.61067	0.01363
8	2.61067	0.01270	2.61067	0.01270
9	2.61066	0.01239	2.61066	0.01239
10	2.61066	0.01061	2.61066	0.01061
11	2.61066	0.01049	2.61066	0.01049
12	2.61066	0.00994	2.61066	0.00994
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
250	0.00159	0.00153	0.00159	0.00153

Nota: Elaboración propia

Realizados todos los análisis de los modos, se puede indicar que entre los tres primeros hay más participación de los modos, puesto que hay mayor participación de masa convectiva e impulsiva.



Tanto en la Norma ACI 350.3-06 como en la Norma Peruana E.030 “Diseño Sísmico”, el valor del período de oscilación para la masa impulsiva es menor que para la masa convectiva.

Entre la Norma ACI 350.3-06 y la Norma Peruana E.030, los valores son similares, lo que sugiere que el ciclo de vibración depende de las propiedades del material y la geometría de la estructura objeto de investigación.

De acuerdo al análisis de la Norma ACI 350.3-06 y la Norma Peruana E.030, el periodo de mayor vibración está relacionado con el bloque convectivo; con un valor del primer modo de vibración igual a 2.61115 S. Por lo tanto, los resultados son consistentes cuando la masa convectiva simula ondas de agua bajo ciertos sismos.

4.2. Resultados del ensayo de esclerometría

De la tabla adjunta, se obtuvo el valor más probable W_m y el valor mínimo W_{min} , valores que indican la resistencia a la compresión del cubo de hormigón. Esta resistencia tendrá una dispersión que podrá ser hallada igualmente con una precisión suficiente.

De acuerdo con la gráfica también es posible determinar, con una cierta aproximación (ver valores de la dispersión), la resistencia a compresión en N/mm^2 en función de la resistencia al choque y de la inclinación del aparato.

Por otra parte, las curvas son valederas para hormigones compactos, con materiales arena - grava resistente. Con una antigüedad de 28 días y presentan una superficie de hormigón lisa y seca.

W_m : Valor más probable de la resistencia a la compresión sobre el cubo en Kg/cm^2 .
Los límites de dispersión W_{max} y W_{min} , tienen una probabilidad de ser válidos en un 80% de la totalidad de ensayos. (p. 100)



Tabla 69

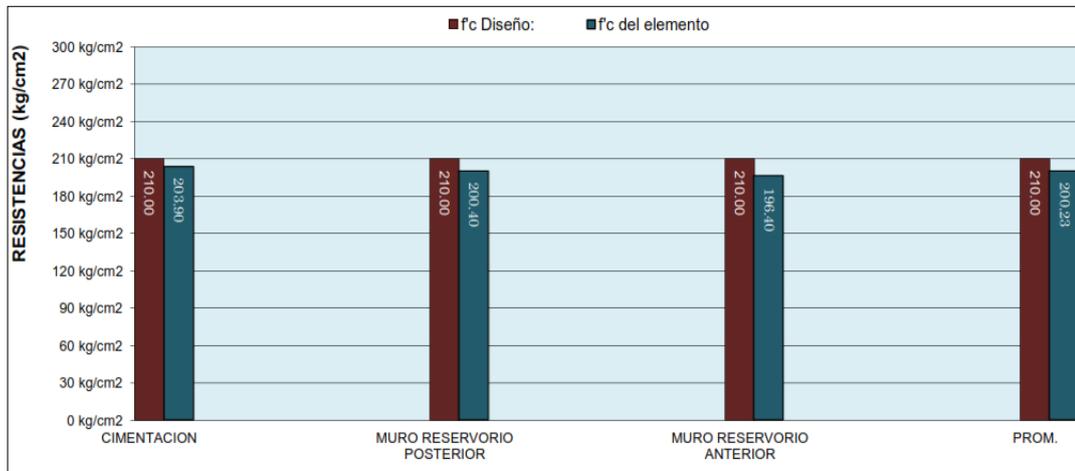
Resultados del ensayo de esclerometría

N° de Lectura	N° de Ensayo	Estructura y elemento	Lectura Esclerómetro	Ángulo de Impacto α	Resistencias		f'c Diseño (kg/cm ²)	Cumple
					f'c Lectura (kg/cm ²)	f'c del elemento (kg/cm ²)		
1	1	Cimentación	29	0	190.00	203.90	210.00	NO
2			28	0	180.00			
3			27	0	165.00			
4			30	0	210.00			
5			28	0	180.00			
6			28	0	180.00			
7			31	0	220.00			
8			32	0	238.00			
9			32	0	238.00			
10			32	0	238.00			
11	2	Muro Reservorio Posterior	32	90	170.00	200.40	210.00	NO
12			34	90	200.00			
13			35	90	218.00			
14			34	90	200.00			
15			35	90	218.00			
16			33	90	190.00			
17			35	90	218.00			
18			34	90	200.00			
19			34	90	200.00			
20			33	90	190.00			
21	3	Muro Reservorio Anterior	32	90	170.00	196.40	210.00	NO
22			33	90	190.00			
23			35	90	218.00			
24			34	90	200.00			
25			33	90	190.00			
26			32	90	170.00			
27			35	90	218.00			
28			33	90	190.00			
29			34	90	200.00			
30			35	90	218.00			

Nota: Elaboración propia

Figura 105

Resistencia del ensayo de esclerometría



Nota: Elaboración propia

4.3. Estudio de Mecánica de Suelos

- El área de la estructura presenta una topografía ligeramente inclinada, como se observan en la Figura 91.
- El área de la estructura presenta un conjunto de quebradas y flujos de agua superficial.
- La presencia de cobertura vegetal es abundante, con 30% del total del área destinada para el reservorio de Chinchero.

Figura 106

El área del reservorio de Chinchero con una topografía ligeramente inclinada.



Nota: Fotografía de autoría propia capturada en la fecha 27/06/2021 a horas 10:30



4.3.1. Tipo de muestra

Se consideraron cuatro tipos de muestras, indicados en la Tabla 70, en función de las exigencias que deberán atenderse en cada caso y respecto al terreno que representan.

Para el presente caso se obtuvo muestras Mib (muestras inalteradas en bolsas de plástico.)

Se extrajo la muestra en la siguiente secuencia:

- Localización de la profundidad de la calicata.
- Caracterización estratigráfica de la calicata.
- Determinación del estrato portante.
- Extracción de la muestra representativa.
- Georreferenciación de los puntos de exploración
- Etiquetado y codificación de la muestra.

Tabla 70

Tipos y características de las muestras

Tipo de muestra	Norma aplicable	Formas de obtener y transportar	Estado de la muestra	Características
Muestra inalterado en bloque (Mib)	NTP 339.151 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos.	Bloques	Inalterada	Debe mantener inalteradas las propiedades físicas y mecánicas del suelo en su estado natural al momento del muestreo (Aplicable solamente a suelos cohesivos, rocas blandas o suelos granulares finos suficientemente cementados para permitir su obtención).
Muestra inalterada en tubo de pared delgado (Mit)	NTP 339.169 SUELOS. Muestreo geotécnico de suelos con tubo de pared delgado.	Tubos de pared delgado		
Muestra alterada en bolsa de plástico (Mab)	NTP 339.151 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos.	Con bolsas de plástico	Alterada	Debe de mantener inalterada la granulometría del suelo en su estado natural al momento del muestreo.
Muestra alterada para humedad en lata sellada (Mah)	NTP 339.151 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos.	En lata sellada	Alterada	Debe mantener inalterado el contenido de agua.

Nota: Información proporcionada por la Norma Técnica Peruana E.050 “Suelos y Cimentaciones

4.3.2. Nivel de la napa freática

A partir de la investigación, no se detectó la presencia de napa freática, en ninguna de las dos prospecciones.

Figura 107

Caracterización estratigráfica del terreno del reservorio



Nota: Fotografía de autoría propia capturada en la fecha 27/06/2021 a horas 10:30

Figura 108

Muestreo y caracterización del terreno



Nota: Fotografía de autoría propia capturada en la fecha 27/06/2021 a horas 10:30



Tabla 71

Diagrama de flujo para la clasificación de suelos

SUELOS	GRUESOS	MENOS DEL 50% PASAN LA MALLA N° 200	GRAVAS	LIMPIAS	GW
					GP
				COMBINACIONES	GW-GM
					GW-GC
					GP-GM
			CON FINOS	GP-GC	
				GM	
				GC	
				GC-GM	
			ARENAS	LIMPIAS	SW
		SP			
	COMBINACIONES	SW-SM			
		SW-SC			
		SP-SM			
		SP-SC			
	CON FINOS	SM			
		SC			
		SC-SM			
	FINOS	MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N° 200		LIMOS Y ARCILLAS	LL<50%
			CL-ML		
ML					
OL					
CH					
LL>50%			MH		
			OH		
			Pt		
			ORG. (Turba)		
			GM		(SUCS) GRAVA LIMOSA DE BAJA PLASTICIDAD

Nota: Elaboración propia

Tabla 72

Capacidad de carga

CALICATA	UBICACIÓN	Qa : Capacidad de carga	
		(kg/cm²)	(kg/cm²)
C1	CIMENTACIÓN	1.07	1.15

Nota: Elaboración propia

Se realizó el estudio de la influencia de los resultados con la interacción del reservorio con el suelo flexible.



Tabla 73

Módulo de reacción del sueño o módulo de Winkler o coeficiente de Balasto

Esf. Adm. (Kg/cm²)	Winkler (Kg/cm³)	Esf. Adm. (Kg/cm²)	Winkler (Kg/cm³)	Esf. Adm. (Kg/cm²)	Winkler (Kg/cm³)
0.25	0.65	1.55	3.19	2.85	5.70
0.30	0.78	1.60	3.28	2.90	5.80
0.35	0.91	1.65	3.37	2.95	5.90
0.40	1.04	1.70	3.46	3.00	6.00
0.45	1.17	1.75	3.55	3.05	6.10
0.50	1.30	1.80	3.64	3.10	6.20
0.55	1.39	1.85	3.73	3.15	6.30
0.60	1.48	1.90	3.82	3.20	6.40
0.65	1.57	1.95	3.91	3.25	6.50
0.70	1.66	2.00	4.00	3.30	6.60
0.75	1.75	2.05	4.10	3.35	6.70
0.80	1.84	2.10	4.20	3.40	6.80
0.85	1.93	2.15	4.30	3.45	6.90
0.90	2.02	2.20	4.40	3.50	7.00
0.95	2.11	2.25	4.50	3.55	7.10
1.00	2.20	2.30	4.60	3.60	7.20
1.05	2.29	2.35	4.70	3.65	7.30
1.10	2.38	2.40	4.80	3.70	7.40
1.15	2.47	2.45	4.90	3.75	7.50
1.20	2.56	2.50	5.00	3.80	7.60
1.25	2.65	2.55	5.10	3.85	7.70
1.30	2.74	2.60	5.20	3.90	7.80
1.35	2.83	2.65	5.30	3.95	7.90
1.40	2.92	2.70	5.40	4.00	8.00
1.45	3.01	2.75	5.50		
1.50	3.10	2.80	5.60		

Fuente: Información presentada por Morrison (1993) para el estudio de la Tesis de Maestría “Interacción Suelo-Estructuras: Semi-espacio de Winkler”

Luego se interpoló obteniendo:

Tabla 74

Interpolación para obtener el módulo de Winkler o coeficiente de Balasto

Esfuerzo admisible (Kg/cm²)	Winkler (Kg/cm³)
1.05	2.29
1.07	X
1.10	2.38

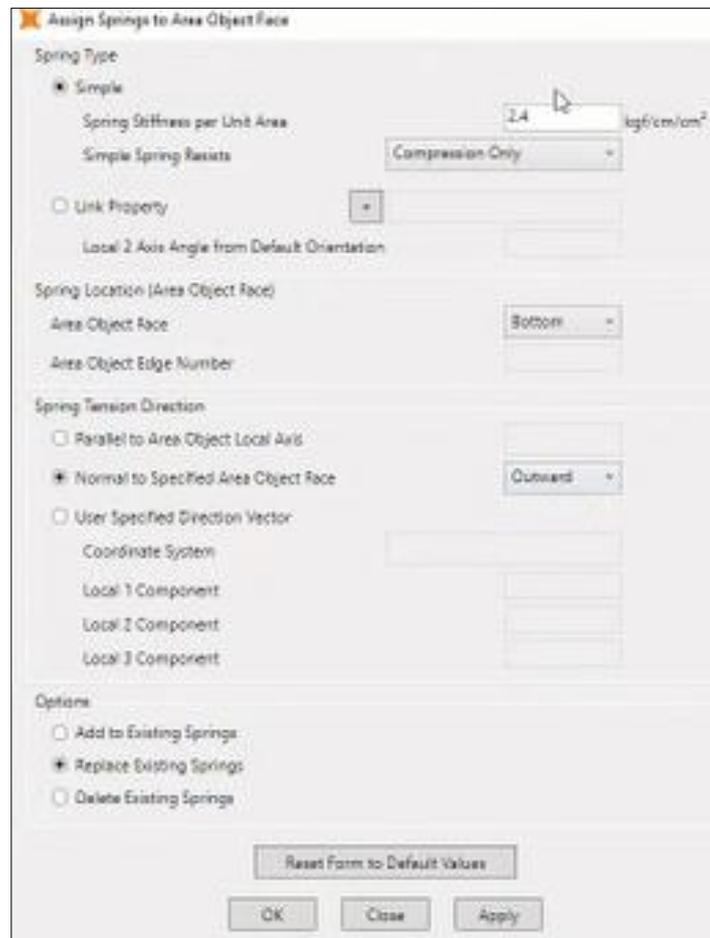
Fuente: Información presentada por Morrison (1993) para el estudio de la Tesis de Maestría “Interacción Suelo-Estructuras: Semi-espacio de Winkler”



Obteniendo del estudio de mecánica de suelos la capacidad portante más incidente fue de $q_0 = 1.07 \text{ kg/cm}^2$ e interpolando con la Tabla 74, obtuvimos nuestro módulo de Winkler $X = 2.33 \text{ kg/cm}^3$.

Figura 109

Ingresamos el valor del coeficiente de balasto, módulo de Winkler: 2.40 kg/cm^3



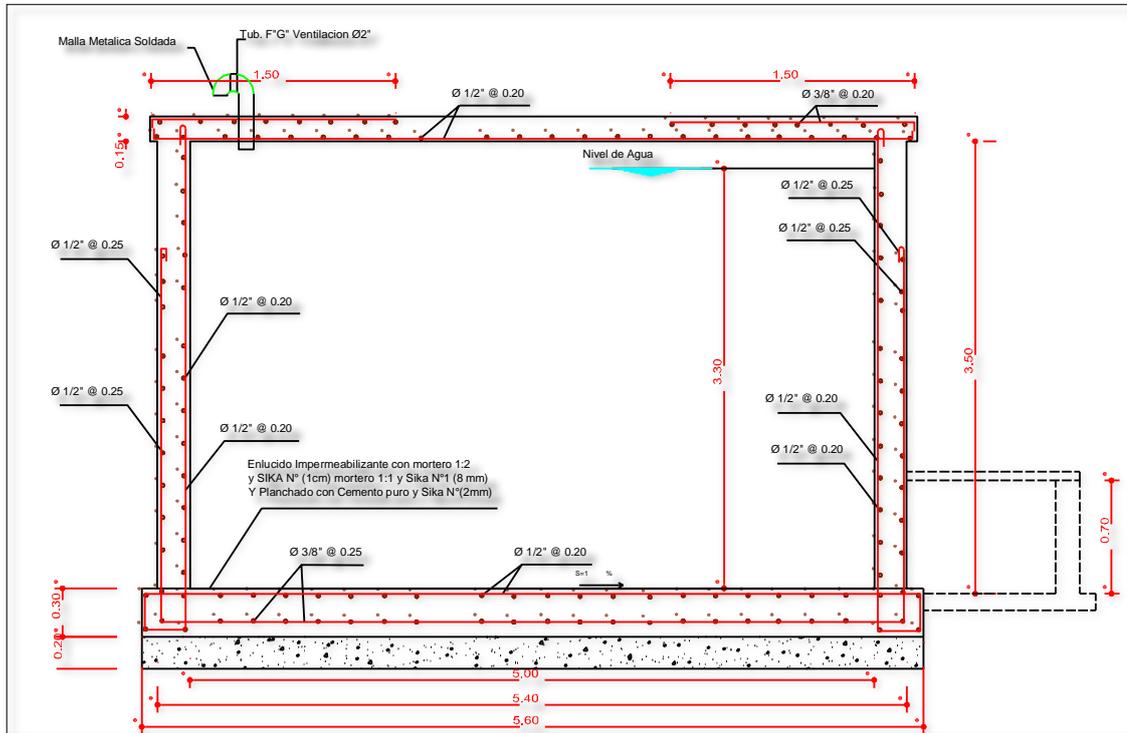
Nota: Captura de pantalla del Software SAP 2000 V22.1

Se realizó de forma explícita los resultados de análisis comparativo de la respuesta sísmica y estructural de reservorio.

Realizando el modelamiento en ambos sentidos y verificando el acero en el plano de la estructura tenemos:

Figura 110

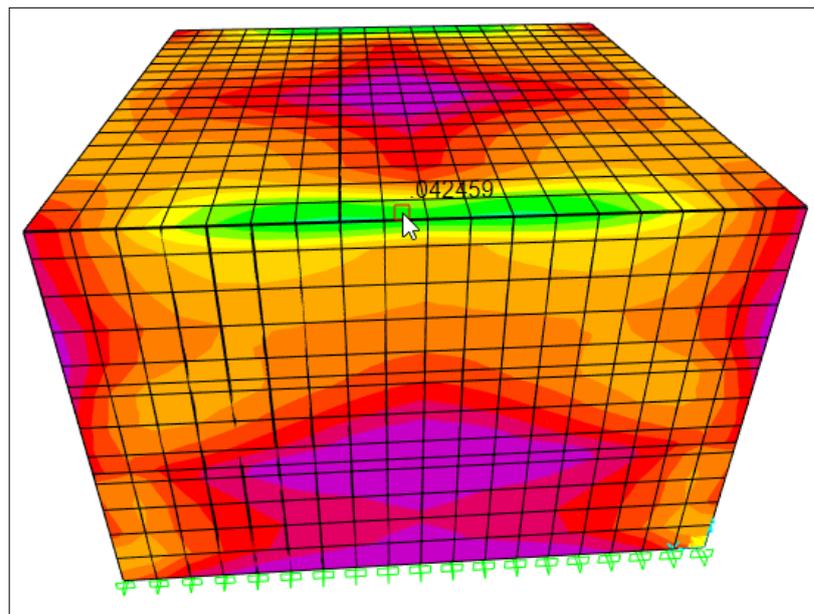
Plano de la estructura del reservorio



Nota: Plano obtenido gracias a la Sub-gerencia de Obras de la Municipalidad distrital de Chinchero-Urubamba-Cusco

Figura 111

Modelamiento de la estructura para el acero - sentido longitudinal



Nota: Captura de pantalla del Software SAP 2000 V22.1

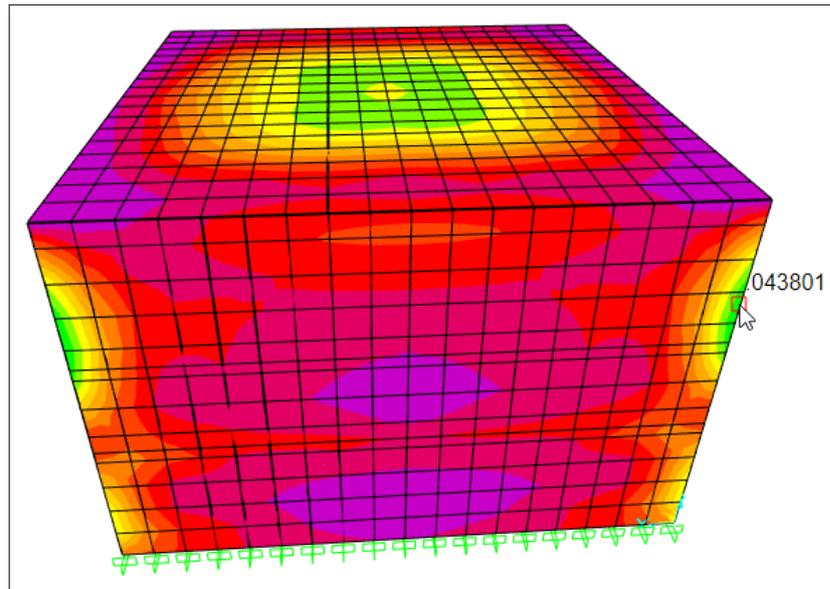
- **Para acero de ½” – sentido longitudinal**

$$1.27\text{cm}^2/0.042\text{cm}^2/\text{cm} = 30\text{cm}$$

Por consiguiente, si cumple con el espaciamiento

Figura 112

Modelamiento de la estructura para el acero - sentido transversal



Nota: Captura de pantalla del Software SAP 2000 V22.1

- **Para acero de ½” – sentido transversal**

$$1.27\text{cm}^2/0.044\text{cm}^2/\text{cm} = 25\text{cm}$$

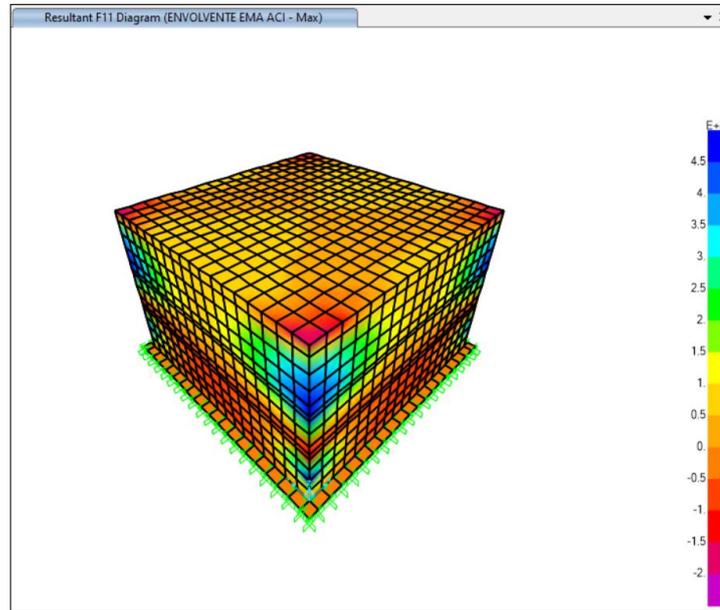
Por consiguiente, si cumple el espaciamiento

De igual manera se identificó en el modelo numérico del tanque evaluado las regiones donde se presentan los esfuerzos de tracción



Figura 113

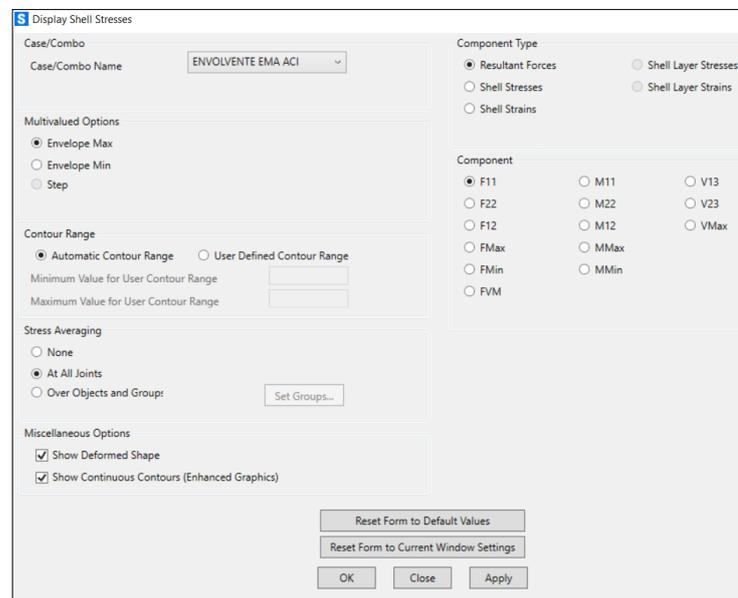
Modelo numérico del tanque de almacenamiento



Nota: Captura de pantalla del Software SAP 2000 V22.1

Figura 114

Solicitaciones de carga de la estructura para los esfuerzos de tracción



Nota: Captura de pantalla del Software SAP 2000 V22.1

Aquí podemos observar las regiones donde se presentan los esfuerzos de tensión o tracción diferenciándolo mediante la tonalidad de los colores.

- Siendo positiva: tracción o tensión
- Negativa: compresión

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1. Contraste de resultados con referentes del marco teórico

1. ¿Los desplazamientos máximos del contenedor líquido o reservorio se encuentran dentro del rango admisible?

Tabla 75

Comparación de los desplazamientos de la masa convectiva e impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente"

Altura (m)	Norma ACI 350.3-06		NTP E.030 "Diseño Sismorresistente"	
	Masa impulsiva	Masa convectiva	Masa impulsiva	Masa convectiva
	mm	mm	mm	mm
3.50	0.065	0.073	0.035	0.076
3.30	0.070	0.087	0.038	0.094
3.00	0.079	0.112	0.043	0.126
2.70	0.083	0.132	0.045	0.151
2.51	0.081	0.138	0.044	0.160
2.40	0.075	0.130	0.041	0.152
2.10	0.070	0.122	0.038	0.142
1.80	0.054	0.088	0.030	0.101
1.61	0.037	0.049	0.020	0.054
1.50	0.027	0.031	0.015	0.032
1.20	0.022	0.024	0.012	0.024
0.90	0.013	0.015	0.007	0.016
0.60	0.006	0.010	0.003	0.011
0.30	0.002	0.003	0.001	0.004
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000

Nota: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados de la Tabla 75, la masa convectiva según la norma E.030 "Diseño Sismorresistente" tiene un valor de desplazamiento máximo de 0,160 mm para una aplicación con una altura de pared de 2,51 m. De acuerdo a la relación de la Tabla 7, las estructuras de hormigón armado toman valores de 0.0006 o más y menos de 0.007.

2. ¿El periodo de vibración T_c para la masa convectiva es mayor a 2.4 s como se muestra la norma ACI 350.3-06?

Resultados del análisis sísmico para la Norma ACI 350.3-06 y la Norma Peruana E.030 "Diseño Sismorresistente". El valor asociado a la masa convectiva es mayor a 2,4



segundos, de igual forma el promedio de las 17 modalidades es de 2,61 segundos. Tenga en cuenta que estos modos de vibración tienen una proporción específica de masa en comparación con otros modos de vibración.

3. ¿De qué manera la configuración de acero de refuerzo en el uso de software influye en los resultados?

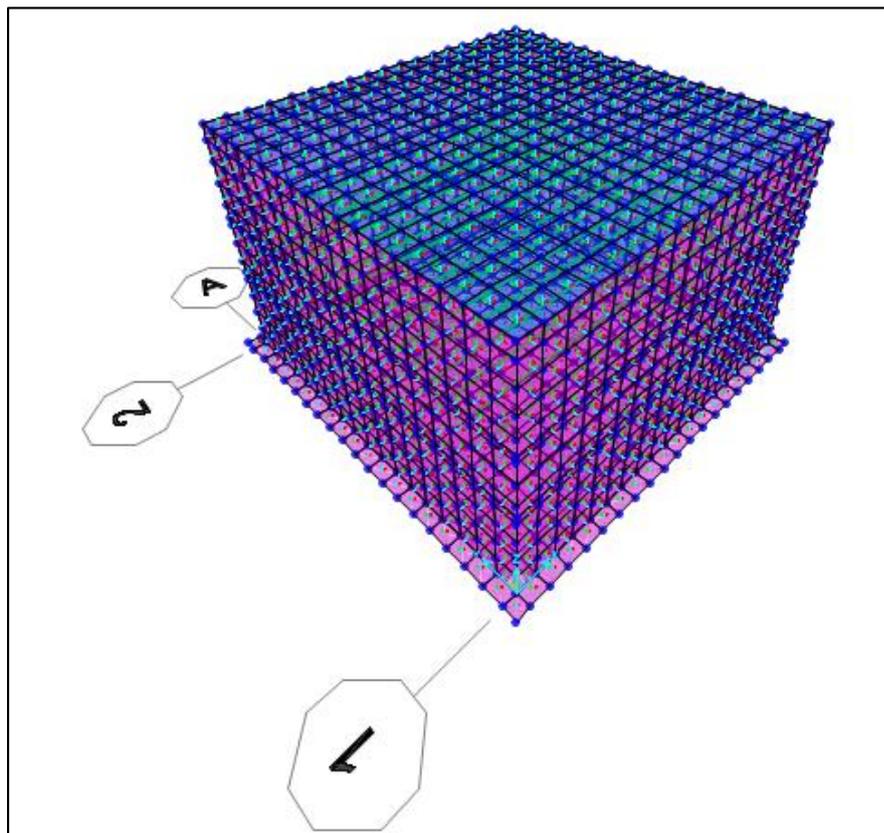
El acero no influye en el análisis de la estructura, pero sí en la capacidad resistente:

- a. Esfuerzos tangenciales: esfuerzos de corte
- b. Esfuerzos normales: tracción y compresión

Puesto que la rigidez de la estructura sólo se tomó con la sección, pero no el acero.

Figura 115

Sección de la estructura



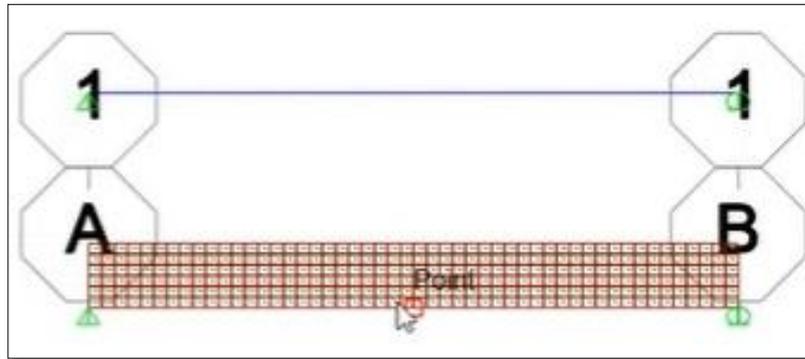
Nota: Captura de pantalla del software SAP2000 V22.1

4. ¿Converge la estructura con el refinamiento de la malla?

Se estudiará una viga de sección rectangular mediante el análisis numérico y analítico.

Figura 116

Sección de una viga rectangular



Nota: Captura de pantalla del software SAP2000 V22.1

A. Proceso analítico

Siendo:

$$F := 10 \text{ tonnef}$$

$$L := 6 \text{ m}$$

$$E := 253456.35 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$b := 25 \text{ cm}$$

$$h := 60 \text{ cm}$$

$$I := \frac{b \cdot h^3}{12} = 450000 \text{ cm}^4$$

$$f := \frac{F \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I} = 0.395 \text{ cm}$$

$$M := \frac{F \cdot L}{4} = 15 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_c := \frac{M \cdot \frac{h}{2}}{I} = 100 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

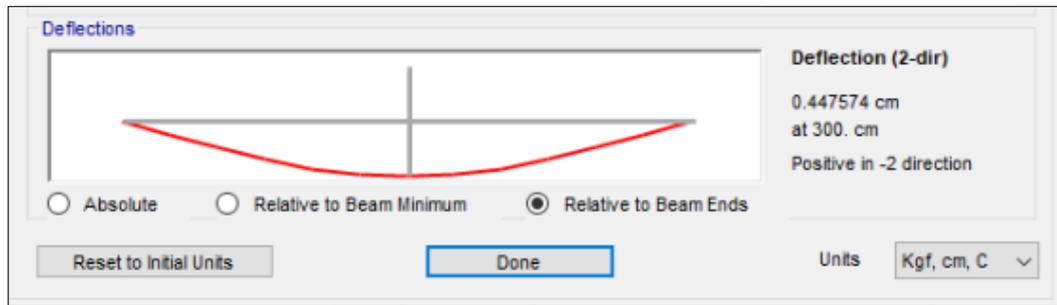
B. Proceso numérico

Obteniendo la deformación de una viga según el método de elementos finitos



Figura 117

Deformación de la viga según elementos finitos

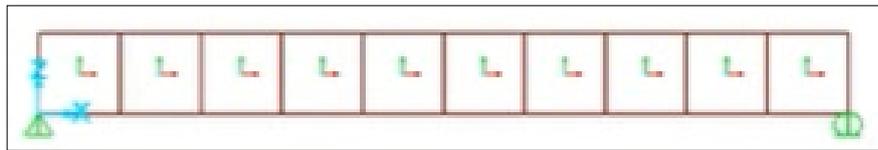


Nota: Captura de pantalla del software SAP2000 V22.1

En seguida se analizaron los desplazamientos en el centro de la luz correspondiente a las distintas mallas que se evaluó l estructura.

Figura 118

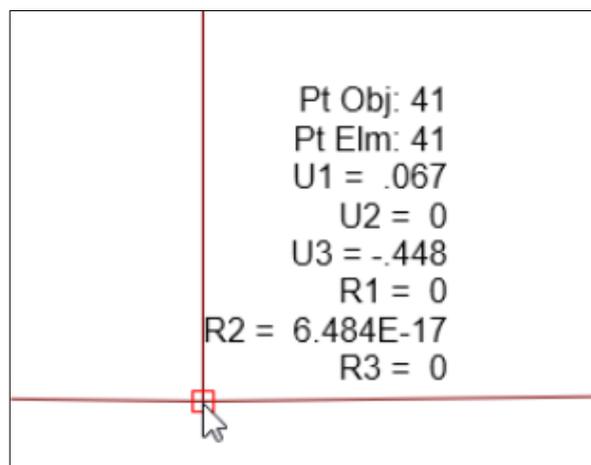
Discretización de la malla 1



Nota: Captura de pantalla del software SAP2000 V22.1

Figura 119

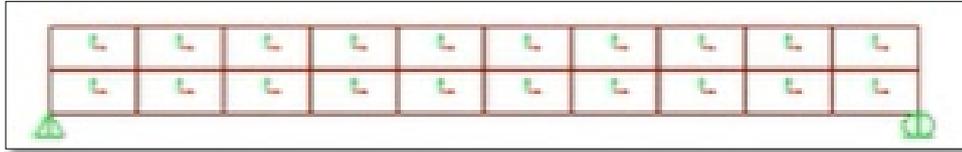
Desplazamiento en el centro de la luz correspondiente a la malla generada en la Figura 105



Nota: Captura de pantalla del software SAP2000 V22.1

Figura 120

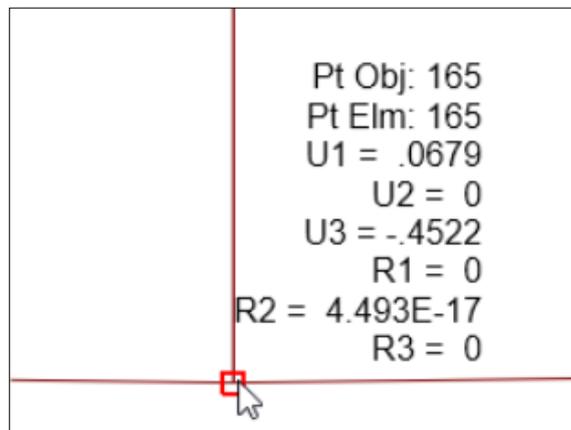
Discretización de la malla 2



Nota: Captura de pantalla del software SAP2000 V22.1

Figura 121

*Desplazamiento en el centro de la luz correspondiente a la malla generada en la
Figura 107*



Nota: Captura de pantalla del software SAP2000 V22.1

Figura 122

Discretización de la malla 3

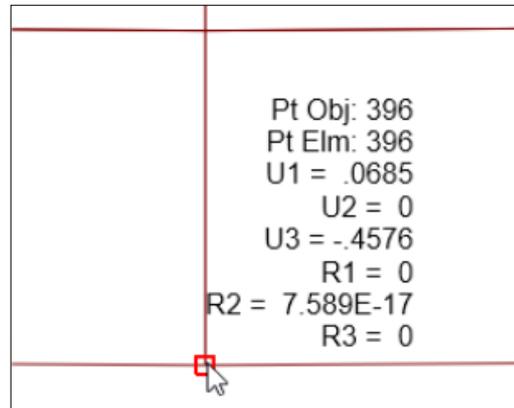


Nota: Captura de pantalla del software SAP2000 V22.1



Figura 123

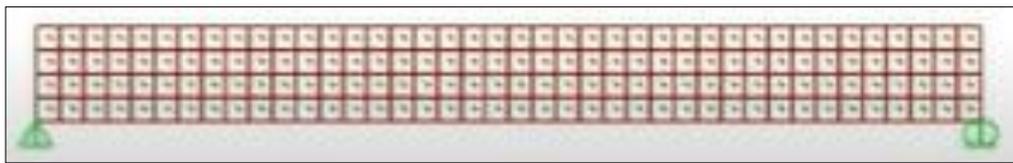
*Desplazamiento en el centro de la luz correspondiente a la malla generada en la
Figura 109*



Nota: Captura de pantalla del software SAP2000 V22.1

Figura 124

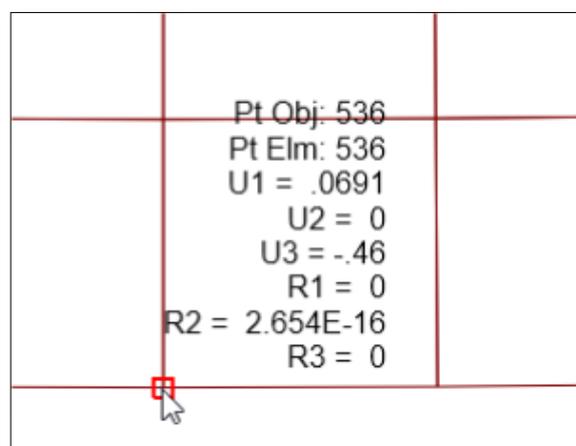
Discretización de la malla 4



Nota: Captura de pantalla del software SAP2000 V22.1

Figura 125

*Desplazamiento en el centro de la luz correspondiente a la malla generada en la
Figura 111*



Nota: Captura de pantalla del software SAP2000 V22.1



Por consiguiente, mientras más fino sea la discretización, el modelamiento de la estructura converge de mejor manera los resultados del análisis numérico en comparación con los resultados analíticos.

5.2. Interpretación de los resultados encontrados en la investigación

1. ¿Para qué masa reactiva entre la masa impulsiva y la masa convectiva se obtienen los mayores valores de los parámetros de respuesta estructural?

Considerando la Norma ACI 350.3-06 y la Norma Peruana de “Diseño Sismorresistente”, los valores de fuerza axial, fuerza cortante y momento flector del bloque de convección son mayores, a diferencia de los valores obtenidos para la masa impulsiva.

2. ¿Por qué los valores de periodo de vibración son iguales calculados según el modelo de la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”?

De acuerdo con datos de la Norma ACI 350.3-06 y la Norma Peruana E.030 "Diseño de Sismorresistente", ambas normas tienen los mismos valores para el período de vibración, pero los parámetros dinámicos dependen de la propiedad. y geometría de la construcción. Se encuentra que el modo de vibración 1 da valores de masa convectiva iguales a 2.61115 s y 2.61115 s, respectivamente, y los valores del período de bloqueo de pulsos son 0,04182 segundos y 0,04182 segundos.

3. ¿En función de qué parámetro se determina el factor “k” del conector (resorte) de la masa convectiva?

De acuerdo con los períodos de vibración o la frecuencia de vibración, la magnitud de la masa convectiva relevante y la gravedad, se calcula el valor K del resorte modelado para la masa convectiva.

4. ¿Cuáles son los parámetros de la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” que sirven para definir la acción de un sismo?

En la Norma Peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”, los parámetros utilizados para determinar el cálculo del espectro de aceleración son Factor de Área (Z), Factor de Suelo (S), Factor de Utilización (U), el coeficiente de amplificación sísmica (C). y factor de reducción (R).



5. ¿Cuáles son los parámetros de la norma ACI 350.3-06 que sirven para definir la acción de un sismo?

Según la norma ACI 350.3-06, los efectos sísmicos se miden utilizando los parámetros el coeficiente de perfil de suelo (Z), factor de importancia (I), factor de perfil del suelo (S), el factor de amplificación de respuesta (C) y factor de modificación de respuesta (R_w).

6. ¿Qué método de análisis estructural utiliza el software de apoyo?

El software utilizado para el análisis del reservorio de Chinchero es SAP2000 V22.1 relacionado con la teoría de elementos finitos. También permite utilizar correctamente el método de elementos finitos. Este divide la estructura investigada en una serie de elementos interconectados entre nodos. La solución de estas ecuaciones es muy complicada; por tanto, se requiere el análisis tridimensional por software computarizado.

7. ¿Cómo idealiza la norma ACI 350.3-06 las masas de un contenedor de líquidos para un análisis dinámico?

El estándar ACI 350.3-06 se basa en el método de Housner, que divide la masa de un líquido en un recipiente o contenedor de líquido en dos masas. La masa pulsante representa la parte del líquido contenido que se mueve con la estructura y representa el resto de la masa, la convección representa el movimiento ondulatorio del líquido.

8. ¿Qué tipo de apoyo tiene el reservorio de Chinchero?

El reservorio de Chinchero está construido de hormigón armado y tiene una forma rectangular sostenible. Según la norma ACI 350.3-06, se clasifica como un tanque rectangular con un fondo de apoyo simple.

9. ¿Qué fuerzas dinámicas laterales se usaron para el cálculo de la cortante basal?

Se utilizaron fuerzas relacionadas con las masas de paredes y techos. Así como masas impulsivas y convectivas en análisis sísmicos estáticos.

10. ¿Cómo se logra el espectro de diseño inelástico?

El espectro de diseño inelástico se obtiene reduciendo el espectro de diseño elástico utilizando un factor de reducción dependiente de la ductilidad.



11. ¿Por qué el espectro de diseño sísmico asociada a la masa convectiva presenta mayores aceleraciones con respecto a la masa impulsiva?

Dado que la reducción de la respuesta debido a la ductilidad de la masa convectiva es pequeña, la aceleración de la estructura asociada con esta masa es grande, lo que lleva a una relación inversa, como se ve en el espectro de relación calculado. También un factor importante a considerar es la masa convectiva al representar las ondas de agua a la actividad sísmica dentro de un embalse.

5.3. Comentario de la demostración de la hipótesis

1. ¿Por qué el análisis sísmico depende del contenido del líquido y de los parámetros de la geometría de la estructura?

Dado que las masas de respuesta (impulsiva y convectiva) utilizadas en el modelo de Housner están directamente relacionadas con el volumen de la materia, el análisis sísmico depende de la composición del fluido y los parámetros geométricos estructurales. Conocer la cantidad de líquido y la forma de la estructura es necesario para realizar un análisis sísmico preciso.

2. ¿Por qué los parámetros sísmicos de la norma ACI 350.3-06 amerita mayores etapas de selección?

La norma ACI 350.3-06 ha sido estudiada y aplicada específicamente a la construcción de estructuras o tanques de líquidos, mientras que la norma peruana E.030 “Diseño Sísmico” debe limitarse a la construcción en general. Es necesario resaltar que las especificaciones generales del estándar ACI 350.3-06 se relacionan directamente con el uso de contenedores y el tipo de apoyo requerido.

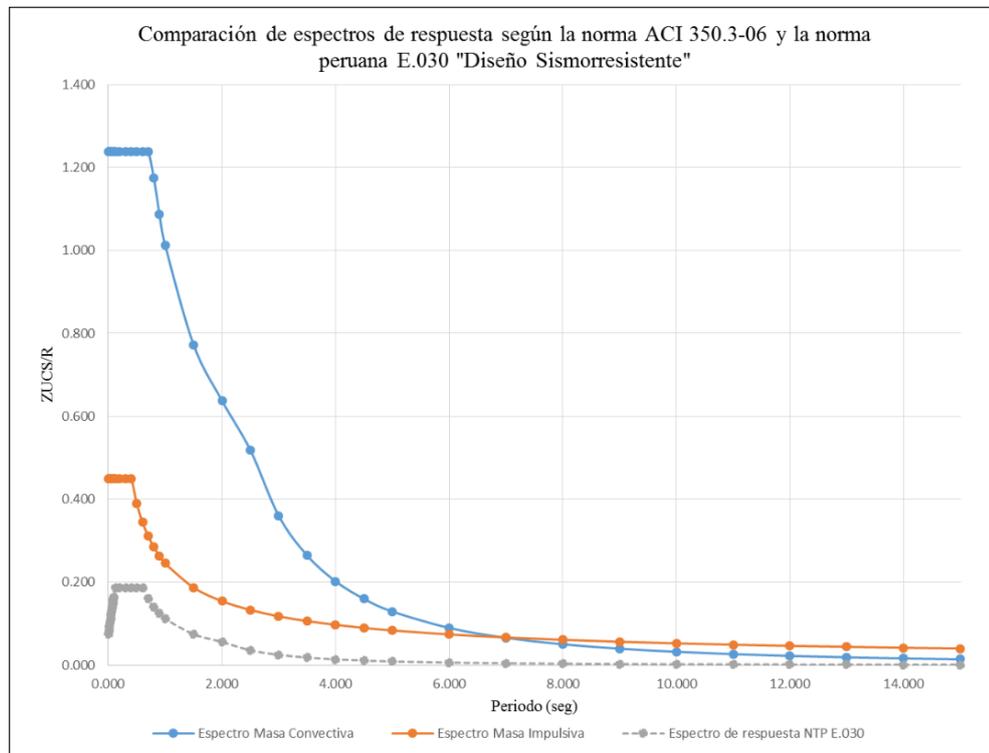
3. ¿Por qué los factores de amplificación espectral dependen de la magnitud de los periodos de vibración?

Ocurre porque el factor de amplificación espectral modifica el espectro de respuesta de la estructura, el cual está directamente relacionado con la fuerza del ciclo vibratorio, que depende de la geometría del reservorio, así como la fluidez y características de los materiales empleados en la construcción.

4. ¿Por qué los espectros calculados mediante la norma ACI 350.3-06 son mayores al calculado mediante la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”?

Figura 126

Comparación de los espectros de respuesta según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”



Nota: Elaboración propia

En la Figura 126 podemos ver que los espectros de masas impulsiva y convectiva según la Norma ACI 350.3-06 son superiores a los de la Norma Peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”. Para calcular estos espectros, se consideró el valor de 'R' que representa la disminución de la respuesta. Según los datos, el valor de R es superior en la Norma Peruana con valor de 1.0 y la Norma ACI 350.3-06 muestra valores iguales a 2.75 y 1.0 para masa impulsiva y convectiva respectivamente.

5.4. Aporte de la investigación

- A. Métodos o procedimientos especialmente desarrollados para el análisis sísmico y estructural de reservorios o tanques de fluidos. Los valores de los parámetros sísmicos deben aplicarse y utilizarse de acuerdo con el contexto anterior en el que se consideró el estudio.
- B. El estándar más práctico y relevante de Perú, es el NTP “Diseño Sismorresistente” que se puede aplicar para la respuesta sísmica y estructural al analizar un recipiente o tanque de líquido. De manera similar, el estándar norteamericano ACI 350.3-06,



06 “Diseño Sísmico de Estructuras Contenedoras de Líquidos”, se aplica directamente a estructuras específicas.

- C. Utilización y aplicación del modelo de Housner, que divide la masa del líquido en el reservorio en dos tipos de masas: la masa convectiva, que representa la acción de las olas del líquido, y la masa impulsiva, que representa la masa en movimiento del líquido. Las estructuras anteriores dedicadas a contenedores o tanques de líquidos que utilizan software estructural para realizar análisis de dinámica de modalidad espectral.



Glosario

Altura de masa convectiva

Según el modelo de Housner, esta es la elevación en que se encuentra la masa convectiva.

Altura de masa impulsiva

Según el modelo de Housner, esta es la elevación en que se encuentra la masa impulsiva.

Análisis elástico-lineal

Análisis interno de resistencia-deformación con base en el cumplimiento de contextos en equilibrio y conformación de la deformación, tomando en cuenta la conducta elástico lineal, donde la fuerza aplicada es proporcional a la tensión.

Análisis sísmico

Es responsable de determinar los esfuerzos y momentos intrínsecos provocados por cargas sísmicas en cada componente del sistema estructural antes de avanzar con la delineación.

Compresión

Resultado de esfuerzos o coacciones que surge internamente en un sólido deformable o continuo, se caracteriza por una tendencia a acortarse en una dirección y reducir el volumen del cuerpo.

Deformación

Una varianza en las dimensiones o formas de un objeto ocurre como resultado del esfuerzo interno de una o más fuerzas o un aumento de temperatura.

Desplazamiento

Esta longitud se mide desde el primer nodo hasta el último nodo de cada forma.

Desplazamiento relativo

Este es el contraste de desplazamiento absoluto entre dos constantes en el suelo.

Deriva

El resultado de dividir el desplazamiento relativo por la altura del piso correspondiente produce una distorsión angular que no tiene dimensiones.



Ductilidad

Característica que determina si una estructura o alguno de los elementos estructurales pueden deformarse más allá del límite elástico sin perder rigidez o resistencia de forma apreciable.

EBP

Se trata de diseños hidrodinámicos que requieren de calcular el vuelco de la pared contra el fondo del tanque. Sin embargo, se excluye la influencia ejercida por el suelo. El diseño EBP para establecer los requisitos de contención de referencia para el estanque no modificado.

Espectro de Diseño

Son curvas o espectros suavizados (sin cambios bruscos) y tienen en cuenta los efectos de varios terremotos. Por lo general, se utilizan métodos estadísticos para obtener espectros de diseño. Debido a que es probable que el próximo terremoto tenga características diferentes, los edificios no se pueden construir para resistir un terremoto específico en un lugar específico. Debido a esto, los espectros de diseño se utilizan para crear o verificar cimentaciones resistentes a movimientos sísmicos.

Espectro de respuesta

Sirven como registros de terremotos o sismos que han ocurrido en un área en particular y miden cómo una infraestructura responde a las vibraciones. Son gráficos erráticos que representan valores derivados de una frecuencia particular de terremotos reales.

Frecuencia

Número de ondas u oscilaciones en una unidad de tiempo.

Fuerza

Es cualquier sustancia que tiene el poder de alterar la cantidad de movimiento o forma que exhiben los cuerpos materiales.

Fuerza axial

El centro de un miembro estructural experimenta una fuerza a lo largo de su eje longitudinal, causando una tensión uniforme. También conocida como carga axial.



Fuerza cortante

Es el esfuerzo interno o resultado de tensiones paralelas a la sección transversal de un prisma mecánico, como una viga o una columna. Se le conoce como T, V o Q, respectivamente.

Fuerzas externas

Son las cargas y respuestas que se le aplican al elemento.

Fuerzas internas:

Las fuerzas internas son aquellas que existen dentro de las sustancias y mantienen conectados los componentes del cuerpo para que no se desintegren.

Grados de libertad

Los grados de libertad de la estructura son los desplazamientos independientes (lineales y rotacionales) de los nodos necesarios para determinar el perfil de deformación de esa estructura cuando se somete a cargas aleatorias.

IBP

Es el diseño hidrodinámico cuando es necesario examinar la reflexión total de la estructura sobre la cimentación. El diseño hidrodinámico utiliza IBP para determinar la presión de diseño que actúa sobre el fondo del estanque y el continuo. Esta presión se transmite directamente al subsuelo u otra estructura de soporte. El IBP cuenta los efectos instantáneos debido al efecto de la presión dinámica del fluido en el fondo del reservorio debido al aumento del brazo del momento vertical efectivo de las fuerzas aplicadas.

Inercia

Es la propiedad que tienen los cuerpos en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme.

Intensidad sísmica

Mide cualitativamente el impacto de un terremoto e identifica las áreas con impacto similar. Se mide por el alcance del daño a los edificios creados por el hombre, la cantidad de alteraciones en el suelo y el alcance de las reacciones animales en la vibración.

Masa convectiva

Se convierte en un tamaño que representa la onda de agua con un terremoto de acuerdo con el modelo de Housner.



Masa impulsiva

Se convierte en un peso sólido conectado a las paredes o paredes del tanque con un terremoto de acuerdo con el modelo de Housner.

Magnitud Sísmica

Se utiliza para medir el volumen de terremotos (la medición de energía que se lanzó durante el colapso).

Masa

Es una característica interna de las agencias que determinan la escala del tamaño de la autodeficiencia y el tamaño atractivo.

Módulo de Elasticidad

Es un tipo continuo de flexibilidad flexible que se aplica a la deformación.

Momento Flector

Es un momento de resistencia que proviene de la distribución de tensión en una parte horizontal de la lente de flexión mecánica o un panel vertical al eje vertical.

Parámetro

Una función definida sobre valores numéricos.

Periodo de vibración

Tiempo requerido para dar una oscilación en la dirección que se está considerando.

Periodo de vibración

Este es el tiempo entre los dos puntos equivalentes para la onda o el tiempo necesario para dar fluctuación en la dirección que se consideró. Este concepto aparece en las matemáticas, la física y otros campos del conocimiento.

Peso

Es la fuerza que ejerce un cuerpo sobre un punto de apoyo provocada por la aceleración debida a la gravedad, cuando ésta afecta a la masa del cuerpo.

Resistencia

La capacidad de un sólido para resistir la tensión sin cambios.



Resonancia

Cuando el período de oscilación natural de la estructura coincide con el período de oscilación forzada (terremoto); Cuando la relación de frecuencia es 1.

Sismo

Es la vibración o perturbación repentina de la corteza terrestre como resultado del choque de placas tectónicas y la liberación de energía durante el reordenamiento repentino de la materia en la corteza terrestre cuando se excede el equilibrio mecánico.

Suelo

Es una capa externa biológicamente activa de la corteza que tiende a formarse en la parte superior de las rocas recién formadas como resultado de la meteorización y la actividad microbiana.

Tensión

La fuerza interna que se aplica a una forma alargada para enlogar, es la fuerza que actúa por unidad de superficie o área sobre la que se aplica.

Velocidad de propagación de las ondas

Dependiendo de la densidad y características elásticas de las rocas, varía en el interior de la tierra. Las ondas P pueden alcanzar los 15 km/s en rocas típicas de la corteza. La diferencia de velocidad entre las ondas s y p se representa aproximadamente con la fórmula $V_p = 3 \times V_s$.

Vibración

En un medio continuo (o posición de equilibrio), es la propagación de ondas eléctricas la que provoca deformaciones y tensiones.



Conclusiones

Primera. Se ha logrado verificar la hipótesis general “El análisis comparativo de la respuesta sísmica y estructural mediante la aplicación de la norma ACI 350 es más incidente con respecto a la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente del reservorio de Chinchero”, pudiéndose realizar el procedimiento de análisis dinámico de este tipo de estructuras guiándose del flujograma de procesos.

Segunda. Se ha logrado verificar que la primera hipótesis específica “Los parámetros de la norma ACI 350 que son más incidentes son el factor zona (Z) y el factor de reducción estructural (R) del reservorio de Chinchero”. En vista que el valor Z y el valor R son más incidentes para la realización del espectro de respuesta de la norma ACI 350; a diferencia del espectro de respuesta según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”. Con respecto al factor de zona (Z), que representa la aceleración máxima horizontal, posee una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años, mientras que el factor de reducción (R) será muy influyente para la masa impulsiva y masa convectiva teniendo repercusión en el espectro de respuesta.

Tercera. Se ha logrado verificar la segunda hipótesis específica “Los desplazamientos dinámicos y las distorsiones según la norma ACI 350 son mayores con respecto a la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente del reservorio de Chinchero”. En este sentido, los desplazamientos dinámicos solo cumplen con la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 a diferencia de la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”, mientras que el desplazamiento dinámico es predominante en la masa convectiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” con respecto a la norma ACI 350.3-06.

Con respecto a las distorsiones, tanto la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” cumplen con el límite para la distorsión, dado que los valores son menores a 0.007 en estructuras de concreto armado. La distorsión para la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 es mayor con respecto a la norma E.030 “Diseño Sismorresistente” mientras que la distorsión para la masa convectiva según la norma E.030 “Diseño Sismorresistente” es mayor que la norma ACI 350.3-06.

Cuarta. Se ha logrado verificar la tercera hipótesis específica “Los espectros que tienen mayores solicitudes para analizar la respuesta sísmica y estructural es la norma ACI 350 con respecto a la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente del reservorio de



Chincheró”. Puesto que, la norma ACI 350.3-06, a partir del factor de modificación, presenta parámetros más influyentes en ambos casos, es decir para la masa impulsiva y convectiva; muy aparte del factor de zona sísmica “Z”, factor de suelo “S” y factor de importancia “I”.

Quinta. No se ha logrado verificar la cuarta hipótesis específica “Según la norma ACI 350 son mayores las fuerzas axiales, fuerza cortante y momento flector con respecto a la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente del reservorio de Chincheró”, en vista que las fuerzas axiales para la masa impulsiva, según la norma ACI 350.3-06, son mayores a diferencia de la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” en cambio la masa convectiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” es mayor que la norma ACI 350.3-06.

Las fuerzas cortantes para la masa impulsiva, según la norma ACI 350.3-06 son mayores que la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”; en cambio las fuerzas cosrtantes para la masa convectiva, según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” son mayores que la norma ACI 350.3-06.

Los momentos flectores de la masa impulsiva, según la norma ACI 350.3-06 es mayor a la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”, sin embargo, la masa convectiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” es mayor con respecto a la norma ACI 350.3-06.

En general, las fuerzas axiales, las fuerzas cortantes y los momentos flectores para la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 es mayor con respecto a la de la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” mientras que, la masa convectiva según la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” es mayor con respecto a la de la norma ACI 350.3-06.

Sexta. No se ha logrado verificar la quinta hipótesis específica “El periodo de vibración es menor según la norma ACI 350 con respecto a la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente del reservorio de Chincheró”, puesto que los periodos de vibración para la masa convectiva, según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” son iguales, lo mismo sucede con los periodos de vibración para la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 y la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”.



Séptima. No se ha logrado verificar la sexta hipótesis específica “El comportamiento dinámico de la masa impulsiva y masa convectiva origina mayores desplazamientos según la norma ACI 350 con respecto la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente del reservorio de Chinchero”, puesto que el comportamiento dinámico de la masa impulsiva según la norma ACI 350.3-06 es mayor con respecto a la de la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”, mientras que el comportamiento dinámico de la masa convectiva según la norma ACI 350.3-06 es menor a la de la norma peruana E.030 “Diseño Sismorresistente”



Recomendaciones

Primero. Se alienta a los investigadores a analizar estructuras como reservorios o contenedores de agua contra estándares externos, porque cuanto más información tengan, más útiles serán en futuras construcciones.

Segunda. Investigar la magnitud del factor R en estructuras (reservorios o contenedores) en la medida que depende de las condiciones de resistencia y ductilidad.

Tercera. Examinar estructuras no lineales (reservorios o contenedores de líquidos) para analizar, visualizar y comprender su respuesta estructural en un proceso de respuesta cuantitativa

Cuarta. Análisis y/o diseño sísmico de otro tipo de reservorios o tanques de agua, redondos, enterrados o altos, reservorios varios, intze etc. que se encuentra en la región Cusco.

Quinta. Para la evaluación de reservorios o contenedores de líquidos, los parámetros sísmicos correspondientes son adecuados, pero tienen características diferentes.

Sexta. Se recomienda realizar un estudio minucioso de mecánica de suelos para el desarrollo de futuras investigaciones, donde se puedan desarrollar pruebas como la velocidad de ondas de corte y así identificar la naturaleza del suelo de forma que permita la identificación precisa y exacta de los suelos.

Séptima. Dado que este tipo de estructura se comporta diferente a una edificación, requiere de incorporar consideraciones normativas peruanas o, en el mejor de los casos, procedimientos de análisis estructural para reservorios o contenedores líquidos. Además, para este tipo de estructura, se debe agregar un factor de reducción de respuesta para tener en cuenta la necesidad de reducir el rango de deformación durante un terremoto e introducir el diseño sísmico de estructuras especiales de acuerdo con la normativa peruana.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI COMMITTEE 350. (2006). *Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures and Commentary (ACI 350.3-06)*. United States.
- Bazán , E., & Meli, R. (2004). *Diseño sísmico de edificaciones*. México: LIMUSA.
- Cabrera, J., & Sébrier, M. (1998). *Surface rupture associated with a 5.3-mb earthquake: The 5 April 1986 Cuzco earthquake and kinematics of the Chincheros-Quoricocha faults of the High Andes, Peru*. USA: Seismological Society of America.
- Cassano, A. (2009). *ANÁLISIS DE ESTRUCTURA BAJO ACCIONES DINÁMICAS* . Argentina: Universidad Tecnológica Nacional - edUTecNe.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres. (1999). *CURSO SOBRE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE DE ESTRUCTURAS*. México: Primera Edición.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2004). *GUÍA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE RESERVORIOS APOYADOS*. Lima, Perú.
- Cusihuallpa, J. (2016). Análisis de las magnitudes de los parámetros de respuesta estructural del reservorio zona sur de concreto armado de la ciudad del cusco según la norma ACI 350.3-01 y consideraciones de la norma peruana E.030 diseño sismorresistente. [*Tesis de Licenciatura, Universidad Andina del Cusco*]. Repositorio Institucional de la Universidad Andina del Cusco, Cusco. Retrieved from <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/703>
- Del Ángel Hernández, I. (2014). *Hidrodinámica*. México.
- Díaz, A., & Meniz, B. (2019). Evaluación estructural de reservorios apoyados de concreto armado en Lima Metropolitana considerando la norma ACI 350-06 y las normativas peruanas. [*Tesis de Licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas*]. Repositorio Institucional de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima. Retrieved from https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/626005/DiazC_A.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Fratelli, M. (2001). *ESTRUCTURAS SISMO - RESISTENTES*. UC.V. BIBLIOTECA.
- García, L. (1998). *Dinámica estructural aplicado al diseño*. Bogotá, Colombia.



- González, B. (2019). Cuáles son las principales zonas sísmicas y volcánicas del mundo. *Ecología Verde*.
- Hernández Sampieri, D. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES S.A.
- Housner, G. (1963). THE DYNAMIC BEHAVIOR OF WATER TANKS. In *Bulletín of the Seismological Society of America* (pp. Vol. 53, No. 2, pp 381-387). California, USA.
- Huamán, D. R. (1987). *ASPECTOS SISMOTECTÓNICOS DEL SISMO DEL CUZCO DEL 5 ABRIL DE 1986*. Lima, Perú.
- Huaranga Huamani, P. (2015). *EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA SÍSMICA NO LINEAL DE RESERVORIO ELEVADOS TIPO INTZE*. Lima.
- INDECI. (2015). *ESCENARIO DE RIESGO SÍSMICO Y MOVIMIENTO EN MASA PRODUCIDO POR LA REACTIVACIÓN DE LA FALLA TAMBOMACHAY, PROVINCIA DE CUSCO*. Lima, Perú.
- Julca Verástegui, L. (2011). *Análisis de Ingeniería*. Lima.
- Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. (2006). *Estudios Técnicos Para Proyectos de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Diseño Estructural*. Coyoacán, México.
- Marín Guillén , F. (2012). *EVALUCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO*. Lima, Perú.
- Meneses Loja, J., & Alva Hurtado, J. (1986). *DETERMINACIÓN DEL ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO Y COEFICIENTE SÍSMICO PARA LIMA*. Cajamarca, Perú.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería Costa Rica. (2010). *Manual de especificaciones técnicas básicas para la elaboración de estructuras de captación de agua de lluvia (SCALL) en el sector agropecuario de Costa Rica y recomendaciones para su utilización*. Costa Rica.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. (2009). *NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.060 CONCRETO ARMADO*. Lima,Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica De Peruana E.030 Diseño Sismorresistente*. Lima, Perú: EDITORA PERÚ.



- Morales Soto, N., & Zavala, C. (2008). *TERREMOTOS EN EL LITORAL CENTRAL DEL PERÚ*. Lima, Perú.
- Morrison, N. (1993). *Interacción Suelo-Estructuras: Semi-espacio de Winker*. Barcelona, España.
- Orihuela, J., & Sánchez, N. (2016). Diseño estructural de tanques rectangulares y sus aplicaciones. *Revista Ingenium*, 1(2), 1-13. doi:DOI: <http://dx.doi.org/10.18259/ing.2016009>
- Ortiz Berrocal, L. (1990). *RESISTENCIA DE MATERIALES*. Madrid, España.
- Paz, M. (1992). *Dinámica Estructural - Teoría y Cálculo*. Kentucky, USA: REVERTÉ, S.A.
- Pytel, A., & Singer, F. (1994). *Resistencia de materiales*. México D.F.: Grupo Alfaomega.
- Salvá Huertas, I. (2014). EFICIENCIA ESTRUCTURAL DE DIFERENTES TANQUES DE CONCRETO.
- Silgado Ferro, E. (1978). *HISTORIA DE LOS SISMOS MAS NOTABLES OCURRIDOS EN EL PERÚ*. Lima, Perú.
- Sosa Campana, J. (2015). *Revista Life*. Cusco, Perú.
- Soto, D. I. (2021, Junio Sábado). Método de Elementos Finitos. (Asociép, Interviewer)
- Vásquez, M., & López, E. (2001). *EL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS APLICADO AL ANÁLISIS ESTRUCTURAL*. Madrid, España: Noela.
- Velásquez, C. (2004). Análisis hidrodinámico de tanques de almacenamiento de líquidos. [*Tesis de Maestría, Universidad de los Andes*]. Repositorio Institucional de la Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. Retrieved from <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/10352/u250964.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

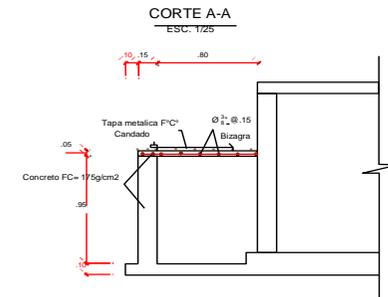
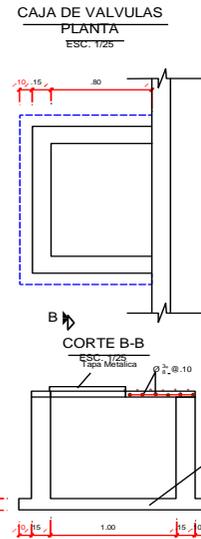
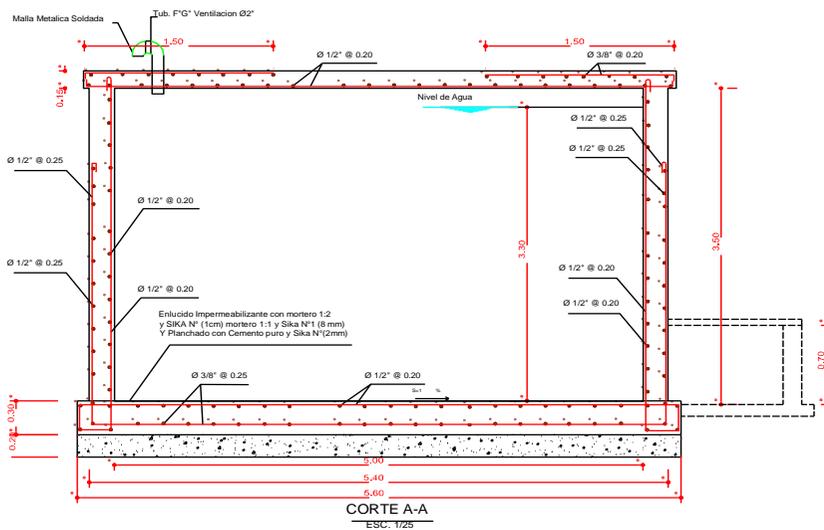
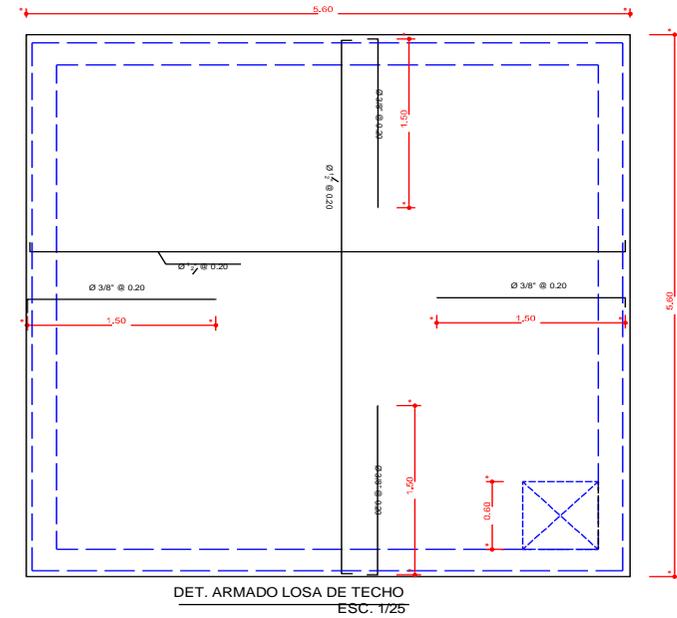
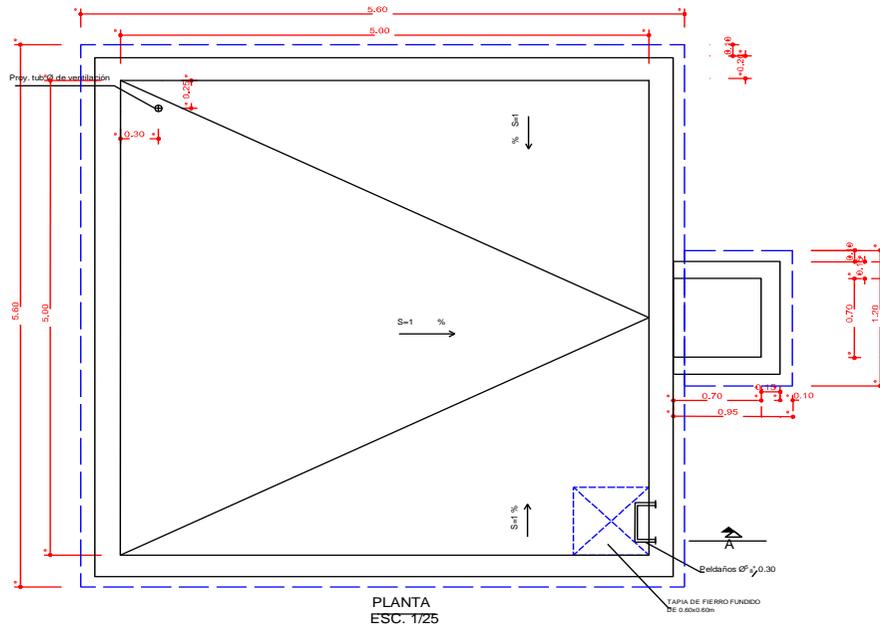


A. Matriz de consistencia

TITULO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESPUESTA SÍSMICA Y ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO DE CHINCHERO SEGÚN LA NORMA ACI 350 CON RESPECTO A LA NORMA PERUANA E.030 DISEÑO SISMORESISTENTE - CUSCO 2020

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Niveles	Indicadores	Metodología
Problema General ¿Cuál es el análisis comparativo de la respuesta sísmica y estructural según la norma ACI 350 con respecto a la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente" del reservorio de Chinchero?	Objetivo General Analizar comparativamente la respuesta sísmica y estructural según la norma ACI 350 con respecto a la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente" del reservorio de Chinchero.	Hipótesis General El análisis comparativo de la respuesta sísmica y estructural mediante la aplicación de la norma ACI 350 es más incidente con respecto a la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente" del reservorio de Chinchero.	Variables 1 • Respuesta sísmica • Respuesta estructural • Masa impulsiva • Masa convectiva	 • Factor de zona. • Coeficiente perfil de suelo. • Factor de reducción sísmica. • Factor de importancia. • Pseudoaceleraciones. • Altura del reservorio. • Diámetro del reservorio.	 • Ubicación (Zona1,2,3,4) • Rigidez del suelo (SPT - escala) • Sistema estructural (modos estructurales) • Importancia estructural • Acerleraciones(m/s ²) • Altura(m) • Distancia(m)	Tipo de investigación La presente investigación por las condiciones metodológicas es de tipo cuantitativa. Nivel de investigación De acuerdo con la naturaleza de la investigación, el nivel es descriptivo. Método de investigación Durante el proceso de dicha investigación que para demostrar y comprobar la hipótesis se aplicará el método hipotético deductivo.
Problema específico 1 ¿Cuáles son los parámetros de la norma ACI 350 que influyen en la respuesta sísmica y estructural del reservorio de Chinchero?	Objetivo específico 1 Identificar los parámetros de la norma ACI 350 que permiten desarrollar el análisis sísmico y estructural del reservorio de Chinchero.	Hipótesis específica 1 Los parámetros de la norma ACI 350 que son más incidentes son el factor zona (Z) y el factor de reducción estructural (R) del reservorio de Chinchero.				
Problema específico 2 ¿Cómo varía el desplazamiento dinámico y la distorsión según la norma ACI 350 con respecto a la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente" del reservorio de Chinchero?	Objetivo específico 2 Determinar la variación de los desplazamientos dinámicos y las distorsiones según la norma ACI 350 con respecto a la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente" del reservorio de Chinchero.	Hipótesis específica 2 Los desplazamientos dinámicos y las distorsiones según la norma ACI 350 son mayores con respecto a la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente" del reservorio de Chinchero.				
Problema específico 3 ¿Qué espectros de pseudoaceleraciones tiene mayores solicitudes para analizar la respuesta sísmica y estructural según la norma el ACI 350 y la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente" del reservorio de Chinchero?	Objetivo específico 3 Evaluar el espectro de pseudoaceleraciones que tiene mayores solicitudes para analizar la respuesta sísmica y estructural según la norma ACI 350 y la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente" del reservorio de Chinchero.	Hipótesis específica 3 Los espectros que tienen mayores solicitudes para analizar la respuesta sísmica y estructural es la norma ACI 350 con respecto a la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente" del reservorio de Chinchero.	Variables 2 • Parámetros de la norma ACI 350. • Parámetros de la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente". • Reservorio de Chinchero.	 • Desplazamiento dinámico • Distorsión • Periodo • Fuerzas axiales • Fuerzas cortantes • Momento flector • Masa • Desplazamiento dinámico	 • Distancia(mm) • Desplazamiento relativo/Altura(m/m) • Tiempo(s) • Fuerza normal(Tn) • Fuerza cortante(Tn) • Momento flector(Tn*m) • Cantidad de masa (tn*s ² /m) • Desplazamiento (mm)	
Problema específico 4 ¿Cuáles son las fuerzas axiales, fuerza cortante y momento flector según la norma el ACI 350 y la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente" del reservorio de Chinchero?	Objetivo específico 4 Determinar las fuerzas axiales, fuerza cortante y momento flector según la norma ACI 350 y la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente" del reservorio de Chinchero.	Hipótesis específica 4 Según la norma ACI 350 son mayores las fuerzas axiales, fuerza cortante y momento flector con respecto a la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente" del reservorio de Chinchero.				
Problema específico 5 ¿Cuál es el periodo de vibración según la norma ACI 350 y la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente" del reservorio de Chinchero?	Objetivo específico 5 Determinar el periodo de vibración según la norma ACI 350 y la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente" del reservorio de Chinchero.	Hipótesis específica 5 El periodo de vibración es menor según la norma ACI 350 con respecto a la norma peruana E.030 "Diseño Sismorresistente" del reservorio de Chinchero.				
Problema específico 6 ¿Cuál es el comportamiento dinámico de la masa impulsiva y masa convectiva según la norma ACI 350 con respecto a la norma	Objetivo específico 6 Evaluar el comportamiento dinámico de la masa impulsiva y masa convectiva según la norma ACI 350 con respecto a la norma peruana E.030	Hipótesis específica 6 El comportamiento dinámico de la masa impulsiva y masa convectiva origina mayores desplazamientos según la norma ACI 350 con				





TÍTULO:		ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESPUESTA SÍSMICA Y ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO DE CHINCHERO SEGÚN LA NORMA ACI 350 CON RESPECTO A LA NORMA PERUANA E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE - CUSCO 2021	
ESTRUCTURAL:		RESERVORIO DE CHINCHERO	
RESISTA:		BACHILLER KEVIN JORDY GARCIA RIVAS	
UBICACIÓN:		DISTRITO : CHINCHERO	U-01
		PROVINCIA : URUBAMBA	
		DEPARTAMENTO : CUSCO	
FECHA:	OCTUBRE DEL 2021	ESCALA:	INDICADAS