



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE RESERVORIOS  
APOYADOS DE CONCRETO ARMADO DE SECCIÓN  
CIRCULAR Y RECTANGULAR.”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Bach. Luis Anthony Mantilla Calderón

**Asesor:**

Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento

Cajamarca – Perú

2017

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### Contenido

<b><u>APROBACIÓN DE LA TESIS</u></b> .....	ii
<b><u>DEDICATORIA</u></b> .....	iii
<b><u>AGRADECIMIENTO</u></b> .....	iv
<b><u>ÍNDICE DE CONTENIDOS</u></b> .....	v
<b><u>ÍNDICE DE TABLAS</u></b> .....	viii
<b><u>ÍNDICE DE FIGURAS</u></b> .....	x
<b><u>ÍNDICE DE ECUACIONES</u></b> .....	xviii
<b><u>RESUMEN</u></b> .....	xxiv
<b><u>ABSTRACT</u></b> .....	xxv
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>26</b>
1.1. Realidad problemática .....	26
1.2. Formulación del problema.....	31
1.3. Justificación.....	31
1.4. Limitaciones y delimitaciones .....	32
1.5. Objetivos .....	33
1.5.1. <i>Objetivo general</i> .....	33
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	33
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>34</b>
2.1. Antecedentes .....	34
2.1.1. <i>Antecedentes Internacionales</i> .....	34
2.1.2. <i>Antecedentes Nacionales</i> .....	36
2.1.3. <i>Antecedentes Locales</i> .....	37
2.2. Bases teóricas.....	38
2.2.1. <i>Dimensionamiento estructural para el Reservoirio Circular</i> .....	38
2.2.2. <i>Factores de Amplificación y Reducción de Cargas</i> .....	47
2.2.3. <i>Factor de Durabilidad</i> .....	47
2.2.4. <i>Factores de reducción de resistencia:</i> .....	48
2.2.5. <i>Requisitos Generales de Resistencia</i> .....	48
2.2.6. <i>Cargas del techo:</i> .....	49
2.2.7. <i>Pre Dimensionamiento de Reservoirios Rectangulares usando coeficientes de la PCA.</i> .....	49
2.2.8. <i>Verificación de la estabilidad por empuje vertical del suelo para reservoirios apoyados</i> .....	57

2.2.9.	<i>Diseño Sísmico de Estructuras de Concreto Contenedoras de Líquido ACI 350-06</i>	59
2.2.10.	<i>Parámetros Sísmicos</i>	63
2.2.11.	<i>Análisis Sísmico Estático (Según Apéndice A del ACI 350.3-06)</i>	68
2.2.12.	<i>Rigidez de la estructura</i>	76
2.2.13.	<i>Cálculo del cortante en la base</i>	77
2.2.14.	<i>Presiones Hidrodinámicas y presión propia del Reservoirio</i>	80
2.2.15.	<i>Cálculo de las fuerzas Dinámicas Laterales</i>	85
2.2.16.	<i>Presión Hidrodinámica Total</i>	86
2.2.1.	<i>Análisis Dinámico de los Reservoirios</i>	87
2.3.	Hipótesis	88
<b>CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA</b>		<b>89</b>
3.1.	Operacionalización de variables	89
3.2.	Diseño de investigación	89
3.3.	Unidad de estudio	90
3.4.	Población	90
3.5.	Muestra	90
3.6.	Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	90
3.7.	Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos	91
3.8.	Descripción de los Modelos de los Reservoirios Apoyados para su Análisis.	93
3.8.1.	<i>Características, Materiales y Geometría del Reservoirio Circular</i>	93
3.8.2.	<i>Dimensionamiento del Reservoirio Circular</i>	93
3.8.3.	<i>Verificación vertical del reservoirio circular apoyado</i>	104
3.8.4.	<i>Dimensionamiento del Reservoirio Rectangular</i>	106
3.8.5.	<i>Verificación de la estabilidad vertical del reservoirio rectangular</i>	113
3.8.6.	<i>Parámetros de Sismicidad para los Reservoirios Apoyados.</i>	114
3.8.7.	<i>Procedimiento para el Análisis Sísmico Estático del Reservoirio Circular</i>	116
3.8.8.	<i>Procedimiento para el Análisis Sísmico Estático del Reservoirio Rectangular</i>	121
3.8.9.	<i>Cálculo de Fuerzas Hidrodinámicas</i>	125
3.8.10.	<i>Espectro Sísmico de Respuesta</i>	129
3.9.	Modelamiento del reservoirio circular de 500 m <sup>3</sup> en Software SAP 2000.	132
3.10.	Modelamiento del reservoirio rectangular de 500 m <sup>3</sup> en SAP 2000.	163
<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS</b>		<b>196</b>
4.1.	Dimensiones finales y modelo de los reservoirios apoyados	196
4.1.1.	<i>Dimensionamiento final de la geometría de Reservoirio Circular.</i>	196
4.1.2.	<i>Resultado del dimensionamiento de la geometría del Reservoirio Rectangular</i>	197
4.2.	Comportamiento sísmico del reservoirio circular	198
4.2.1.	<i>Análisis Sísmico Estático – Fuerza Lateral Equivalente</i>	199
4.2.2.	<i>Esfuerzos en el Reservoirio Circular considerando las Cargas Sísmicas</i>	201
4.3.	COMPORTAMIENTO SÍSMICO DEL RESERVORIO RECTANGULAR	214
4.3.1.	<i>Análisis Sísmico Estático – Fuerza Lateral Equivalente</i>	214
4.3.2.	<i>Esfuerzo en el Reservoirio Rectangular considerando las cargas sísmicas</i>	215
4.4.	COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DEL RESERVORIO CIRCULAR Y EL RESERVORIO RECTANGULAR	227

4.4.1.	<i>Comparación del análisis sísmico para el reservorio circular y rectangular .....</i>	227
4.4.2.	<i>Comparación de esfuerzos considerando la carga sísmica para ambos reservorios .....</i>	228
<b>CAPÍTULO 5.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>234</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>238</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>239</b>
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>240</b>
	<b>ANEXO N° 1: ESPECTRO DE RESPUESTA DEL RESERVORIO CIRCULAR .....</b>	<b>242</b>
	<b>ANEXO N°2: ESPECTRO DE RESPUESTA DEL RESERVORIO RECTANGULAR .....</b>	<b>244</b>
	<b>ANEXO N°3: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....</b>	<b>246</b>
	<b>ANEXO N°4: PLANO DE UBICACIÓN .....</b>	<b>247</b>
	<b>ANEXO N°5: PLANO DEL RESERVORIO CIRCULAR .....</b>	<b>248</b>
	<b>ANEXO N°6: PLANO DEL RESERVORIO RECTANGULAR .....</b>	<b>249</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 1:</b> Reservorios de agua potable del sistema de agua en distrito de Cajamarca .....	30
<b>Tabla N° 2:</b> Coeficientes de corte $C_s$ para muro empotrados con carga distribuida triangular .....	52
<b>Tabla N° 3:</b> Espesores mínimos para Losa de Techo en una dirección .....	54
<b>Tabla N° 4:</b> Coeficientes de $M_x$ , $M_y$ , $M_{xy}$ , para el Muro Largo, con relación $b/a=3$ , $c/a=2$ . .....	55
<b>Tabla N° 5:</b> Coeficientes de momento $M_z$ , $M_y$ , $M_{xy}$ , para el Muro Corto .....	56
<b>Tabla N° 6:</b> Coeficientes de Momento para Losa del Techo .....	57
<b>Tabla N° 7:</b> Clasificación de Sitio .....	63
<b>Tabla N° 8:</b> Coeficiente de Sitio $F_a$ .....	64
<b>Tabla N° 9:</b> Coeficiente de Sitio, $F_v$ .....	64
<b>Tabla N° 10:</b> Factores de Importancia por categoría de riesgo de edificios y otras estructuras .....	66
<b>Tabla N° 11:</b> Categoría de riesgo de edificios y otras estructuras para cargas de sismo .....	66
<b>Tabla N° 12:</b> Factor de Importancia $I$ .....	67
<b>Tabla N° 13:</b> Categoría de Diseño Sísmico basado sobre la Respuesta de Aceleraciones para Periodos Cortos .....	67
<b>Tabla N° 14:</b> Categoría de Diseño Sísmico basado sobre la Respuesta de Aceleraciones para Periodos de 1s .....	67
<b>Tabla N° 15:</b> Factor de Reducción de Respuesta Sísmica .....	68
<b>Tabla N° 16:</b> Operacionalización de la Variable de Estudio .....	89
<b>Tabla N° 17:</b> Datos Iniciales para cálculo de zapata .....	101
<b>Tabla N° 18:</b> Cargas Verticales en la Base Zapata .....	101
<b>Tabla N° 19:</b> Dimensiones y Características del Reservoirio Rectangular .....	106
<b>Tabla N° 20:</b> Coeficientes de corte para muros .....	107
<b>Tabla N° 21:</b> Comparación de cortantes .....	108
<b>Tabla N° 22:</b> Datos para la cimentación del reservorio rectangular .....	109
<b>Tabla N° 23:</b> Cargas verticales para la Zapata .....	109
<b>Tabla N° 24:</b> Pesos de las componentes del Reservoirio Circular .....	116
<b>Tabla N° 25:</b> Peso impulsivo del Agua .....	117
<b>Tabla N° 26:</b> Peso Impulsivo de las componentes del Reservoirio .....	117

<b>Tabla N° 27:</b> Datos Masa Convectiva.....	118
<b>Tabla N° 28:</b> Datos para el cálculo del Periodos Impulsivo del Reservoirio Circular.....	119
<b>Tabla N° 29:</b> Pesos de las componentes del Reservoirio Circular.....	121
<b>Tabla N° 30:</b> Peso Impulsivo del Agua.....	121
<b>Tabla N° 31:</b> Peso Impulsivo Total.....	122
<b>Tabla N° 32:</b> Datos Masa Convectiva.....	122
<b>Tabla N° 33:</b> Combinación de Cargas para Flexión, Tensión, Cortante.....	161
<b>Tabla N° 34:</b> Combinación de carga ACI 350-06.....	192
<b>Tabla N° 35:</b> Combinación de Cargas para Flexión, Tensión, Cortante.....	194
<b>Tabla N° 36:</b> Dimensiones y propiedades del reservoirio circular.....	196
<b>Tabla N° 37:</b> Dimensiones y características del reservoirio rectangular.....	197
<b>Tabla N° 38:</b> Resultado del Modelado Hidrodinámico.....	199
<b>Tabla N° 39:</b> Resultados de esfuerzos internos y desplazamientos en el Muro Circular.....	212
<b>Tabla N° 40:</b> Resultado del modelo hidrodinámico.....	214
<b>Tabla N° 41 :</b> Resumen de esfuerzos internos y desplazamientos en los muros rectangulares ..	225
<b>Tabla N° 42:</b> Resumen análisis sísmico estático de los reservoirios apoyados.....	227
<b>Tabla N° 43:</b> Comportamiento sísmico en los muros de los reservoirios apoyados.....	230

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N° 1:</b> Esquema del proceso de convergencia de la placa de nazca y sudamericana. ....	26
<b>Figura N° 2:</b> Zonas Sísmicas.....	27
<b>Figura N° 3:</b> Micro Zonificación Sísmica de Cajamarca- Intensidades Sísmicas Locales.....	28
<b>Figura N° 4:</b> Ubicación de reservorios de agua potable en ciudad de Cajamarca .....	30
<b>Figura N° 5:</b> Transferencia del cortante tangencial membrana en la base de tanque circular. ....	39
<b>Figura N° 6:</b> Distribución de presión hidrodinámica en el tanque circular .....	39
<b>Figura N° 7:</b> Cargas verticales y horizontales en la zapata del muro .....	45
<b>Figura N° 8:</b> Sección Crítica para el Cortante .....	46
<b>Figura N° 9:</b> Dimensiones de un reservorio apoyado rectangular .....	49
<b>Figura N° 10:</b> Posibles condiciones de carga para un tanque parcialmente enterrado.....	51
<b>Figura N° 11:</b> Condición del muro restricción fija en tres bordes y borde superior libre.....	52
<b>Figura N° 12:</b> Idealización de la tapa en el Tanque .....	56
<b>Figura N° 13:</b> Sección Típica de Tanques de Agua Potable.....	59
<b>Figura N° 14:</b> Tipos de apoyo de la base para reservorios de concreto armado .....	60
<b>Figura N° 15:</b> Distribución del Cortante Membrana en la base Circular del tanque .....	61
<b>Figura N° 16:</b> Presión Hidrodinámica distribuida en los Muros del Reservorio .....	62
<b>Figura N° 17:</b> Fuerzas impulsiva y fuerza convectiva .....	62
<b>Figura N° 18:</b> Razón del Factor de Masa Impulsiva y Masa Convectiva vs $L/H_L$ .....	70
<b>Figura N° 19:</b> Razón del factor de la masa impulsiva y masa convectiva vs. $D/H_L$ .....	71
<b>Figura N° 20:</b> Estructura para un depósito sujeto a la acción sísmica .....	71
<b>Figura N° 21:</b> Coeficiente $C_w$ para tanques Circulares .....	74
<b>Figura N° 22:</b> Distribución de las Presiones Dinámicas del Agua en las paredes del Reservorio	80
<b>Figura N° 23:</b> Distribución en Planta de las Presiones del Agua .....	80
<b>Figura N° 24:</b> Distribución Simplificada de la Presión Hidrodinámica en un muro circular .....	83
<b>Figura N° 25:</b> Distribución Lineal Equivalente de la Presión Hidrodinámica Impulsiva .....	83
<b>Figura N° 26:</b> Distribución Lineal Equivalente de la Presión Hidrodinámica Convectiva .....	84

<b>Figura N° 27:</b> Espectro de Diseño según ASCE/SEI 7-10.....	88
<b>Figura N° 28:</b> Procedimiento para la investigación .....	92
<b>Figura N° 29:</b> Dimensiones de la Cúpula del Reservoirio.....	97
<b>Figura N° 30:</b> Tensión Anular en la Viga .....	99
<b>Figura N° 31:</b> Detalle Zapata .....	101
<b>Figura N° 32:</b> Ubicación de la fuerzas Resultantes con respecto al punto O. ....	102
<b>Figura N° 33:</b> Dimensiones Reservoirio Rectangular .....	106
<b>Figura N° 34:</b> Detalle para la zapata del reservoirio rectangular .....	110
<b>Figura N° 35:</b> Detalle para zapata del Reservoirio Rectangular .....	110
<b>Figura N° 36:</b> Parámetros de aceleración espectral para periodos cortos y periodos largos.....	114
<b>Figura N° 37:</b> Coeficiente $C_w$ para Tanques Circulares.....	119
<b>Figura N° 38:</b> Distribución Real y Linealización Equivalente de la Presión Impulsiva.....	125
<b>Figura N° 39:</b> Distribución Real y Linealización Equivalente de la Presión Convectiva .....	126
<b>Figura N° 40:</b> Distribución Real y Linealización Equivalente de la Presión Impulsiva.....	127
<b>Figura N° 41:</b> Distribución Real y Linealización Equivalente de la Presión Convectiva .....	128
<b>Figura N° 42:</b> Espectro de Respuesta para las Componente Impulsiva y Convectiva .....	129
<b>Figura N° 43:</b> Espectro de Diseño en el Reservoirio Circular .....	130
<b>Figura N° 44:</b> Espectro de Diseño en el Reservoirio Rectangular .....	131
<b>Figura N° 45:</b> Geometría del Reservoirio Circular en AutoCAD 3D.....	132
<b>Figura N° 46:</b> Creación de los ejes para el modelo .....	133
<b>Figura N° 47:</b> Definición de Propiedades de Materiales .....	134
<b>Figura N° 48:</b> Secciones de los elementos Shell en el modelo del Reservoirio .....	134
<b>Figura N° 49:</b> Replica de los elementos Shell.....	135
<b>Figura N° 50:</b> Vistas finales del modelamiento reservoirio circular.....	135
<b>Figura N° 51:</b> Corte Longitudinal del Reservoirio.....	136
<b>Figura N° 52:</b> Asignación de Restricción de Empotramiento en la base del Reservoirio .....	136
<b>Figura N° 53:</b> Asignación del módulo de balasto en la cimentación del reservoirio .....	137
<b>Figura N° 54:</b> Punto de aplicación de la componente impulsiva .....	137



<b>Figura N° 55:</b> Asignación de Diafragma Rígido entre los Muros y la Componente Impulsiva.....	138
<b>Figura N° 56:</b> Aplicación de la Masa Impulsiva al Centroide de la Componente Impulsiva .....	138
<b>Figura N° 57:</b> Peso Impulsivo en la Dirección X. ....	139
<b>Figura N° 58:</b> Propiedades del Elemento Resorte para la Componente Convectiva .....	139
<b>Figura N° 59:</b> Valor de rigidez K por resorte .....	140
<b>Figura N° 60:</b> Idealización de la Componente Convectiva.....	140
<b>Figura N° 61:</b> Patrones de Cargas para el Reservorio Circular .....	141
<b>Figura N° 62:</b> Cortante Impulsiva definida por ACI 350- 06 Adaptación del IBC.....	141
<b>Figura N° 63:</b> Asignación de la cortante convectiva al centroide de la componente convectiva .	142
<b>Figura N° 64:</b> Combinación de Cortante Basal Total .....	142
<b>Figura N° 65:</b> Resultados del Cortante de la Componente en SAP 2000 .....	143
<b>Figura N° 66:</b> Reacciones en la Base de Fuerza Cortante según ACI 350.3R-06 .....	143
<b>Figura N° 67:</b> Patrones de Cargas Estáticas .....	144
<b>Figura N° 68:</b> Asignación de las cargas de Presión del Suelo al muro del Reservorio .....	144
<b>Figura N° 69:</b> Asignación de Presión de Suelo como Carga de Superficie .....	145
<b>Figura N° 70:</b> Cargas del Empuje Lateral del Suelo en el Muro .....	145
<b>Figura N° 71:</b> Patrón de Cargas del Agua considerando el nivel del Agua .....	146
<b>Figura N° 72:</b> Presión Hidrostática en la cara interna del muro del reservorio circular .....	146
<b>Figura N° 73:</b> Patrones de carga del líquido .....	147
<b>Figura N° 74:</b> Carga Uniforme Distribuida del Peso del Agua en la Cimentación del Reservorio	147
<b>Figura N° 75:</b> Carga por peso propio en el domo .....	148
<b>Figura N° 76:</b> Sobrecarga en el Domo .....	148
<b>Figura N° 77:</b> Caso de carga para el peso propio de las componentes del Reservorio Circular	149
<b>Figura N° 78:</b> Combinación de Presión Hidrostática .....	149
<b>Figura N° 79:</b> Patrón de Cargas Hidrodinámicas .....	150
<b>Figura N° 80:</b> Patrón de Cargas Linealización Impulsiva.....	150
<b>Figura N° 81:</b> Patrón de Cargas Linealización Convectiva .....	151
<b>Figura N° 82:</b> Patrón para la Presión Vertical .....	151

<b>Figura N° 83:</b> Patrón para la Presión de Inercia del Muro .....	152
<b>Figura N° 84:</b> Definición del patrón de la Carga Inercial del Muro.....	152
<b>Figura N° 85:</b> Presión Impulsiva en la mitad Delantera de los Muros .....	153
<b>Figura N° 86:</b> Carga por Superficie de la Presión Impulsiva en la mitad de los Muros .....	153
<b>Figura N° 87:</b> Carga por Superficie de la Presión Vertical.....	154
<b>Figura N° 88:</b> Presión Inercial del Muro en la mitad del Reservorio .....	154
<b>Figura N° 89:</b> Presión Impulsiva en la mitad Posterior de los Muros.....	155
<b>Figura N° 90:</b> Presión Convectiva en la mitad Posterior de los Muros .....	155
<b>Figura N° 91:</b> Presión Vertical Pv para la mitad Posterior de los Muros .....	156
<b>Figura N° 92:</b> Presión Inercial de muro, Pw para la mitad Posterior del Muro .....	156
<b>Figura N° 93:</b> Presión Hidrodinámica Total.....	157
<b>Figura N° 94:</b> Espectro del Reservorio Circular .....	158
<b>Figura N° 95:</b> Generación del caso de carga para análisis modal espectral .....	158
<b>Figura N° 96:</b> Combinación de carga 1 .....	161
<b>Figura N° 97:</b> Combinación de carga 2.....	162
<b>Figura N° 98:</b> Combinación de carga 3.....	162
<b>Figura N° 99:</b> Creación de los ejes para el Modelo .....	163
<b>Figura N° 100:</b> Ejes para el modelo del reservorio rectangular .....	164
<b>Figura N° 101:</b> Propiedades de los materiales del reservorio rectangular .....	164
<b>Figura N° 102:</b> Sección del muro y losa de techo del reservorio rectangular.....	165
<b>Figura N° 103:</b> Sección de la losa de fondo y zapata de los muros .....	166
<b>Figura N° 104:</b> Dibujo de los elemento de los Reservorio .....	167
<b>Figura N° 105:</b> Vista Final de la geometría del Reservorio Rectangular .....	167
<b>Figura N° 106:</b> Restricción de Empotramiento en la cimentación del Reservorio Rectangular ....	168
<b>Figura N° 107:</b> Asignación de los resortes para el Modulo de Balasto.....	168
<b>Figura N° 108:</b> Valor del módulo de balasto para la cimentación rectangular.....	169
<b>Figura N° 109:</b> División vertical y horizontal de Elementos Shell en los muros del reservorio....	169
<b>Figura N° 110:</b> Discretización de los elementos tipo Shell.....	170

<b>Figura N° 111:</b> Discretización final del reservorio rectangular .....	170
<b>Figura N° 112:</b> Asignación de la Masa Impulsiva del reservorio.....	171
<b>Figura N° 113:</b> Masa Impulsiva como Peso Impulsivo del Reservorio Rectangular.....	171
<b>Figura N° 114:</b> Selección de Nudos para la Componente Impulsiva .....	172
<b>Figura N° 115:</b> Asignación del Diafragma Rígido de la Componente Impulsiva.....	172
<b>Figura N° 116:</b> Ubicación de la Componente Convectiva .....	173
<b>Figura N° 117:</b> Líneas nulas para la componente convectiva.....	173
<b>Figura N° 118:</b> Ubicación de la componente convectiva .....	174
<b>Figura N° 119:</b> Valor de la rigidez del resorte de la componente convectiva .....	174
<b>Figura N° 120:</b> Resortes de la componente convectiva sujetos a la masa convectiva y muros...	175
<b>Figura N° 121:</b> Patrón de cargas para peso convectivo .....	175
<b>Figura N° 122:</b> Asignación de masa convectiva como fuerza en cada Resorte .....	176
<b>Figura N° 123:</b> Masa convectiva como fuerza en cada Resorte .....	176
<b>Figura N° 124:</b> Patrones de Cargas para la Cortante en la base de la Componente Impulsiva ..	177
<b>Figura N° 125:</b> Parámetros del patrón de carga sísmica para el ACI 350-06.....	178
<b>Figura N° 126:</b> Valor distribuido de la Cortante Compulsiva con el ACI 350-06.....	178
<b>Figura N° 127:</b> Cortante basal total .....	179
<b>Figura N° 128:</b> Valor de la Cortante Basal según ACI 350.3R-06 .....	179
<b>Figura N° 129:</b> Patrones de Cargas Estáticas .....	180
<b>Figura N° 130:</b> Combinación para peso propio .....	180
<b>Figura N° 131:</b> Asignación de la presión de agua en la losa de fondo .....	181
<b>Figura N° 132:</b> Patrón de cargas de la presión lateral del agua en nodos .....	181
<b>Figura N° 133:</b> Presión del agua distribuida en la superficie interna de los muros del reservorio	182
<b>Figura N° 134:</b> Presión hidrostática en las paredes del reservorio.....	182
<b>Figura N° 135:</b> Combinación de casos de carga para Presión del Agua.....	183
<b>Figura N° 136:</b> Aplicación de la carga de la Presión de Suelo .....	183
<b>Figura N° 137:</b> Aplicación de carga por superficie .....	184
<b>Figura N° 138:</b> Presión del suelo aplicada en la cara externa del muro.....	184

<b>Figura N° 139:</b> Carga Viva en el Reservorio .....	185
<b>Figura N° 140:</b> Patrón de Cargas Hidrodinámicas .....	185
<b>Figura N° 141:</b> Coeficientes para la Linealización Impulsiva .....	186
<b>Figura N° 142:</b> Coeficientes para la Linealización Convectiva .....	186
<b>Figura N° 143:</b> Asignación de Carga de Superficie de la Presión Impulsiva .....	187
<b>Figura N° 144:</b> Distribución de la Linealización Equivalente de la Presión Impulsiva .....	187
<b>Figura N° 145:</b> Distribución de la Linealización Equivalente de la Presión Convectiva .....	188
<b>Figura N° 146:</b> Carga Inercial Distribuida del Muro.....	188
<b>Figura N° 147:</b> Presión Inercial en el Muro Posterior.....	189
<b>Figura N° 148:</b> Presión Inercial en el Muro Delantero .....	189
<b>Figura N° 149:</b> Asignación Presión Vertical en Muros .....	190
<b>Figura N° 150:</b> Combinación de Carga SRSS para Presión Total.....	190
<b>Figura N° 151:</b> Espectro de Respuesta en Reservorio Rectangular .....	191
<b>Figura N° 152:</b> Caso de carga por sismo en el Reservorio Rectangular .....	191
<b>Figura N° 153:</b> Combinación 1 .....	194
<b>Figura N° 154:</b> Combinación 2 .....	195
<b>Figura N° 155:</b> Combinación 3 .....	195
<b>Figura N° 156:</b> Geometría final del reservorio circular .....	197
<b>Figura N° 157:</b> Geometría Final del Reservorio Rectangular .....	198
<b>Figura N° 158:</b> Cortante Impulsiva del Reservorio Circular .....	200
<b>Figura N° 159:</b> Cortante Convectiva del Reservorio Circular.....	200
<b>Figura N° 160:</b> Reacciones en la Base de Fuerza Cortante según ACI 350.3R-06 .....	201
<b>Figura N° 161:</b> Resultados de Cortante Basal en reservorio circular .....	201
<b>Figura N° 162:</b> Desplazamiento en los muros circulares por combinación 1 .....	202
<b>Figura N° 163:</b> Tensiones Anulares F11 en los muros circulares por la combinación 1 .....	203
<b>Figura N° 164:</b> Distribución de Momentos M11 en el muro circular por combinación 1 .....	203
<b>Figura N° 165:</b> Distribución de Momentos M22 del muro circular por la combinación 1 .....	204
<b>Figura N° 166:</b> Distribución de Fuerza cortante $V_{23}$ en muro circular por la combinación 1 ...	204

<b>Figura N° 167:</b> Desplazamiento en los muros circulares por la combinación 2.....	205
<b>Figura N° 168:</b> Fuerzas Anulares F11 por la combinación 2 .....	206
<b>Figura N° 169:</b> Distribución de Momentos M11 en el muro circular por la combinación 2 .....	206
<b>Figura N° 170:</b> Distribución de Momentos M22 en el muro circular por la combinación 2 .....	207
<b>Figura N° 171:</b> Distribución de Fuerza Cortante en el muro circular por la combinación 2.....	207
<b>Figura N° 172:</b> Desplazamiento en los muros circulares por la combinación 3.....	208
<b>Figura N° 173:</b> Fuerzas Anulares F11 por la Combinación 2 .....	208
<b>Figura N° 174:</b> Distribución de Momentos M11 en el muro circular por combinación 3 .....	209
<b>Figura N° 175:</b> Distribución de Momentos M22 en el muro circular por la por la combinación 3 .	209
<b>Figura N° 176:</b> Distribución de Fuerza Cortante en el muro circular la por la combinación 3 ....	210
<b>Figura N° 177:</b> Máximo desplazamiento en la cimentación del reservorio circular .....	210
<b>Figura N° 178:</b> Diagrama de momentos actuantes M11 en la cimentación del reservorio.....	211
<b>Figura N° 179:</b> Diagrama de momentos actuantes M11 en la cimentación del reservorio.....	211
<b>Figura N° 180:</b> Fuerza Cortante V13 en la Cimentación del Reservorio .....	212
<b>Figura N° 181:</b> Desplazamientos y Esfuerzos en el Muro Circular por las tres Combinaciones ..	213
<b>Figura N° 182:</b> Desplazamientos y Esfuerzos en la Cimentación Circular por Combinación 2....	213
<b>Figura N° 183:</b> Cortante impulsiva del reservorio rectangular .....	214
<b>Figura N° 184:</b> Cortante convectiva del reservorio rectangular. ....	215
<b>Figura N° 185:</b> Reacciones en la base de fuerza cortante según ACI 350.3R-06.....	215
<b>Figura N° 186:</b> Desplazamiento de los muros del reservorio rectangular por la combinación 1 .	216
<b>Figura N° 187:</b> Fuerzas Anulares en los muros del reservorio rectangular por la combinación 1216	
<b>Figura N° 188:</b> Distribución de momentos horizontales en los muros por la combinación 1.....	217
<b>Figura N° 189:</b> Distribución de momentos verticales en los muros por la combinación 1 .....	217
<b>Figura N° 190:</b> Distribución de la fuerza cortante V23 en los muros por la Combinación 1 .....	218
<b>Figura N° 191:</b> Desplazamiento de los muros del reservorio rectangular por la combinación 2 ..	218
<b>Figura N° 192:</b> Fuerzas Anulares en los muros del reservorio rectangular por la combinación 2 219	
<b>Figura N° 193:</b> Momentos horizontales en los muros por la combinación 2.....	219
<b>Figura N° 194:</b> Distribución de momentos verticales M22 en los muros por la Combinación 2 ...	220

<b>Figura N° 195:</b> Distribución de la fuerza cortante V23 en los muros por la Combinación 2.....	220
<b>Figura N° 196:</b> Desplazamiento en los muros del reservorio rectangular por la combinación 3 ..	221
<b>Figura N° 197:</b> Fuerzas Anulares en los muros del reservorio rectangular para la combinación 3 .....	221
<b>Figura N° 198:</b> Distribución de momentos horizontales M11 en los muros por la combinación 3	222
<b>Figura N° 199:</b> Distribución de momentos verticales M22 en los muros por la Combinación 3 ..	222
<b>Figura N° 200:</b> Distribución de la fuerza cortante V23 en los muros por la Combinación 3.....	223
<b>Figura N° 201:</b> Máximo desplazamiento en cimentación del reservorio rectangular.....	223
<b>Figura N° 202:</b> Distribución del momento horizontal M11 en la cimentación rectangular .....	224
<b>Figura N° 203:</b> Distribución del momento vertical M22 en la cimentación rectangular.....	224
<b>Figura N° 204:</b> Distribución la fuerza cortante V23 en la cimentación rectangular.....	225
<b>Figura N° 205:</b> Desplazamientos y esfuerzos en el muro rectangular para las tres combinaciones .....	226
<b>Figura N° 206:</b> Desplazamientos y esfuerzos en la cimentación rectangular por la combinación 2 .....	226
<b>Figura N° 207:</b> Tensiones Anulares en el Reservorio Circular y Rectangular .....	228
<b>Figura N° 208:</b> Momentos Horizontales M11 en el Reservorio Circular y Rectangular .....	229
<b>Figura N° 209:</b> Momentos verticales M22 en el Reservorio Circular y Rectangular.....	229
<b>Figura N° 210:</b> Fuerza Cortante V23 en el Reservorio Circular y Rectangular .....	230
<b>Figura N° 211:</b> Comparación del comportamiento sísmico de los muros de los reservorios apoyados .....	231
<b>Figura N° 212:</b> Desplazamientos máximo lateral en el reservorio circular y rectangular .....	231
<b>Figura N° 213:</b> Comparación del comportamiento sísmico en la cimentación de los reservorios	232
<b>Figura N° 214:</b> Comparación del comportamiento sísmico en la cimentación de los reservorios	232
<b>Figura N° 215:</b> Comparación del desplazamiento máximo en la cimentación de los reservorios	233
<b>Figura N° 216:</b> Comparación de las cortantes basales en los reservorios apoyados. ....	233
<b>Figura N° 217:</b> Espectro de respuesta del reservorio circular .....	243
<b>Figura N° 218:</b> Espectro de respuesta del reservorio rectangular .....	245

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 : Cortante tangencial por unidad de longitud .....	38
Ecuación 2 : Cortante tangencial entre muro y zapata .....	38
Ecuación 3 : Cortante actuante en la base del muro .....	39
Ecuación 4 : Cortante resistente nominal en muros .....	40
Ecuación 5 : Comparación de cortantes .....	40
Ecuación 6 : Rango de espesores mínimos en muros según ACI 350.R.-06.....	40
Ecuación 7 : Espesor de muro considerando tensiones anulares .....	40
Ecuación 8 : Módulo de Elasticidad de Concreto en PSI según ACI 350.R-06.....	41
Ecuación 9 : Esfuerzo máximo de Tensión en el acero de refuerzo EMA normal.....	41
Ecuación 10 : Valores máximos de Esfuerzo a tensión considerando EMA normal .....	41
Ecuación 11 : Factor de amplificación de gradiente de la tensión .....	41
Ecuación 12 : Esfuerzo máximo de Tensión en el acero de refuerzo EMA severa.....	41
Ecuación 13 : Valores máximos de Esfuerzo a tensión considerando EMA severa .....	42
Ecuación 14 : Factor de amplificación de gradiente de la tensión.....	42
Ecuación 15 : Espesor del domo de la cúpula para reservorio circulares .....	42
Ecuación 16 : Flecha del domo .....	43
Ecuación 17 : Radio de domo de la cúpula.....	43
Ecuación 18 : Ángulo semi central de la cúpula .....	43
Ecuación 19 : Componente horizontal de tensión anular .....	43
Ecuación 20 : Tensión anular en la viga anular .....	43
Ecuación 21 : Área de la sección de concreto para esfuerzo de tracción axial.....	43
Ecuación 22 : Longitud de desarrollo del acero en compresión .....	44
Ecuación 23 : Espesor final de zapata.....	44
Ecuación 24 : Carga vertical transmitida a la zapata por peso de suelo .....	44
Ecuación 25 : Carga vertical transmitida a la zapata por peso del agua .....	44
Ecuación 26 : Carga vertical transmitida a la zapata por el muro.....	45

Ecuación 27 : Carga vertical resultante .....	45
Ecuación 28 : Posición x con respecto al punto O.....	45
Ecuación 29 : Presión neta del suelo.....	45
Ecuación 30 : Ancho de zapata.....	45
Ecuación 31 : Cortante Actuante en la zapata.....	45
Ecuación 32 : Cortante Resistente en la zapata .....	46
Ecuación 33 : Peralte efectivo de la zapata .....	46
Ecuación 34 : Resistencia requerida 1 segun ACI 350.R-06.....	47
Ecuación 35 : Resistencia requerida 2 segun ACI 350.R-06.....	47
Ecuación 36 : Resistencia requerida 3 segun ACI 350.R-06.....	47
Ecuación 37 : Resistencia requerida 4 segun ACI 350.R-06.....	47
Ecuación 38 : Resistencia requerida 5 segun ACI 350.R-06.....	47
Ecuación 39 : Resistencia requerida 6 segun ACI 350.R-06.....	47
Ecuación 40 : Factor de durabilidad sanitaria, Sd.....	48
Ecuación 41 : Resistencia a la tensión permisible en el acero de refuerzo.....	48
Ecuación 42 : Requisitos de resistencia Norma E.060 por carga sismo .....	48
Ecuación 43 : Requisitos de resistencia Norma E.060 por cargas muertas y sismo.....	48
Ecuación 44 : Requisitos de resistencia Norma E.060 considerando empuje suelo.....	48
Ecuación 45 : Requisitos de resistencia Norma E.060 considerando cargas de líquido.....	48
Ecuación 46 : Cociente entre longitud y altura efectiva para reservorios rectangulares .....	50
Ecuación 47 : Cociente entre ancho y altura efectiva para reservorios rectangulares.....	50
Ecuación 48 : Fuerza cortante en los muros según PCA .....	50
Ecuación 49 : Momentos en los muros según PCA.....	51
Ecuación 50 : Cortante actuante en los muros del Reservorio.....	52
Ecuación 51 : Cortante actuante ultimo escalado.....	53
Ecuación 52 : Resistencia del concreto para miembros sujetos a cortante y flexión .....	53
Ecuación 53 : Cortante resistente en muros .....	53
Ecuación 54 : Peralte efectivo para el muro .....	53



Ecuación 55 : Espesor final del muro rectangular.....	53
Ecuación 56 : Cortante para muros laterales sujetos a significativa tensión .....	53
Ecuación 57 : Momentos actuantes verticales $M_x$ según PCA .....	54
Ecuación 58 : Momentos actuante horizontales $M_y$ según PCA .....	55
Ecuación 59 : Momentos actuante horizontales $M_y$ según PCA .....	55
Ecuación 60 : Cálculo del peso la losa de techo del reservorio.....	57
Ecuación 61 : Cálculo del peso del del reservorio .....	57
Ecuación 62 : Cálculo del peso la losa de fondo del reservorio .....	57
Ecuación 63 : Cálculo de la zapata del reservorio.....	57
Ecuación 64 : Cálculo del peso total para el reservorio vacío .....	57
Ecuación 65 : Cálculo del peso del suelo en los voladizos de los reservorios .....	58
Ecuación 66 : Área del reservorio en la base .....	58
Ecuación 67 : Peso del suelo considerando la altura del suelo .....	58
Ecuación 68 : Cálculo de la fuerza de empuje ejercida por el suelo .....	58
Ecuación 69 : Verificación de la estabilidad Vertical considerando un factor de seguridad.....	58
Ecuación 70 : Aceleración de respuesta espectral de periodos cortos para un sismo máximo.....	65
Ecuación 71 : Aceleración de respuesta espectral de periodos de 1 seg. para un sismo máximo.	65
Ecuación 72 : Aceleración de respuesta espectral de diseño para periodos cortos .....	65
Ecuación 73 : Aceleración de respuesta espectral de diseño para periodos de 1 segundo .....	65
Ecuación 74 : Peso equivalente del Reservorio .....	68
Ecuación 75 : Coeficiente de masa efectiva para reservorios rectangulares .....	69
Ecuación 76 : Coeficiente de masa efectiva para reservorios circulares .....	69
Ecuación 77 : Masa Impulsiva para reservorios rectangulares .....	69
Ecuación 78 : Masa Convectiva para reservorios rectangulares .....	69
Ecuación 79: Masa Impulsiva para reservorios circulares.....	70
Ecuación 80 : Masa Convectiva para reservorios circulares .....	70
Ecuación 81 : Altura Impulsiva para reservorios rectangulares relación menor a 1.333.....	72
Ecuación 82 : Altura Impulsiva para reservorios rectangulares relación mayor a 1.333.....	72

Ecuación 83 : Altura Impulsiva para reservorios Circulares para relación menor a 1.333 .....	72
Ecuación 84 : Altura Impulsiva para reservorios Circulares para relación mayor a 1.333 .....	72
Ecuación 85 : Altura Convectiva para reservorios Rectangulares.....	72
Ecuación 86 : Altura Convectiva para reservorios Circulares .....	72
Ecuación 87 : Peso Impulsivo del Reservorio Circular .....	73
Ecuación 88 : Peso Impulsivo del Reservorio Rectangular .....	73
Ecuación 89 : Periodo Fundamental de la componente Impulsiva del reservorio circular .....	73
Ecuación 90 : Frecuencia Circular de la componente Impulsiva sistema inglés .....	74
Ecuación 91 : Frecuencia Circular de la componente Impulsiva sistema internacional .....	74
Ecuación 92 : Coeficiente $C_I$ .....	74
Ecuación 93 : Coeficiente $C_w$ .....	74
Ecuación 94 : Periodo Fundamental de la componente Impulsiva del reservorio rectangular .....	75
Ecuación 95 : Rigidez a flexión del muro circular .....	75
Ecuación 96 : Periodo fundamental impulsivo en el sistema inglés .....	75
Ecuación 97 : Frecuencia de vibración convectiva en reservorios rectangulares .....	75
Ecuación 98 : Coeficiente $\lambda$ en reservorios rectangulares.....	75
Ecuación 99 : Periodo convectivo en reservorio rectangulares .....	75
Ecuación 100 : Frecuencia de vibración convectiva en reservorios circulares.....	76
Ecuación 101 : Coeficiente $\lambda$ en reservorios circulares .....	76
Ecuación 102 : Periodo convectivo en reservorio rectangulares .....	76
Ecuación 103 : Rigidez a flexión para reservorios rectangulares .....	76
Ecuación 104 : Constante del resorte para la componente convectiva del reservorio rectangular	76
Ecuación 105 : Constante del resorte para la componente convectiva del reservorio circular .....	77
Ecuación 106 : Cortante en las base para reservorios apoyados .....	77
Ecuación 107 : Factor de amplificación espectral $C_i$ y aceleración espectral de diseño.....	77
Ecuación 108 : Factor de amplificación espectral para la componente impulsiva.....	77
Ecuación 109 : Periodo de transición $T_s$ para periodos cortos.....	78
Ecuación 110 : Aceleración espectral de diseño para periodos cortos en función del factor $f_a$ .....	78

Ecuación 111 : Aceleración espectral de diseño para periodos 1 seg en función de $f_v$ .....	78
Ecuación 112: Factor de amplificación para componente convectiva $C_c$ .....	78
Ecuación 113 : Factor de amplificación convectiva $C_c$ para periodos mayores de 1.6 .....	78
Ecuación 114 : Cortante Impulsiva del reservorio rectangular .....	78
Ecuación 115 : Cortante Impulsiva del reservorio circular.....	78
Ecuación 116 : Cortante Convectiva del reservorio rectangular.....	79
Ecuación 117 : Cortante Convectiva del reservorio circular .....	79
Ecuación 118 : Combinación SRSS del cortante basal en reservorios apoyados .....	79
Ecuación 119: Presión Hidrodinámica Impulsiva horizontal en el muro rectangular .....	81
Ecuación 120 : Coeficiente $Q_{wi}$ de presión dinámica impulsiva en reservorio rectangular.....	81
Ecuación 121 : Presión Hidrodinámica Impulsiva horizontal en el muro circular .....	81
Ecuación 122 : Coeficiente $Q_{wi}$ de presión dinámica impulsiva en el reservorio circular .....	81
Ecuación 123 : Presión Hidrodinámica Convectiva horizontal en el muro rectangular .....	82
Ecuación 124 : Coeficiente $Q_{wi}$ de presión dinámica convectiva en el reservorio rectangular.....	82
Ecuación 125 : Presión Hidrodinámica Convectiva horizontal en el muro circular.....	82
Ecuación 126 : Presión Hidrodinámica Convectiva horizontal en el muro circular.....	82
Ecuación 127: Presión Inercial del muro .....	84
Ecuación 128 : Máximo valor de la fuerza hidrodinámica impulsiva de reservorios rectangulares.....	84
Ecuación 129: Máximo valor de la fuerza hidrodinámica convectiva.....	84
Ecuación 130 : Máximo valor de la fuerza hidrodinámica Impulsiva .....	85
Ecuación 131 : Máximo valor de la fuerza hidrodinámica Convectiva.....	85
Ecuación 132 : Coeficientes para la linealización equivalente de la masa impulsiva.....	85
Ecuación 133 : Coeficientes para la linealización equivalente de la masa impulsiva.....	85
Ecuación 134 : Presiones hidrodinámicas, considerando el peso del muro .....	85
Ecuación 135 : Presiones hidrodinámicas la masa impulsiva considerando .....	85
Ecuación 136: Presiones hidrodinámicas la masa impulsiva considerando $O_I$ .....	86
Ecuación 137: Presión hidrodinámica total .....	86
Ecuación 138 : Factor para la combinación CQC .....	87

Ecuación 139 : Primera recta ascendente del espectro de respuesta.....	87
Ecuación 140 : Aceleración de respuesta espectral de diseño .....	87
Ecuación 141 : Aceleraciones espectral usando el periodo de transicion.....	87
Ecuación 142 : Módulo de Elasticidad del Concreto en Psi y en kg/cm <sup>2</sup> .....	93
Ecuación 143 : Cálculo de la flecha del reservorio .....	97
Ecuación 144 : Radio de la cúpula para el reservorio circular .....	97
Ecuación 145 : Radio del domo .....	97
Ecuación 146 : Presión unitaria de diseño amplifiicada para el domo.....	98
Ecuación 147 : Tensión anular en la viga del reservorio circular.....	99
Ecuación 148 : Esfuerzo del suelo con cargas amplificadas para el reservorio circular .....	103
Ecuación 149 : Esfuerzo del suelo con cargas amplificadas para el reservorio rectangular.....	111
Ecuación 150 : Cortante Impulsiva para el Reservorio circular apoyado .....	121
Ecuación 151 : Cortante Convectiva para el Reservorio circular apoyado.....	121
Ecuación 152 : Resultado de la combinacion del cortante basal total en el reservorio circular ....	121
Ecuación 153 : Resultatado de la Cortante Impulsiva en el reservorio rectangular apoyado .....	124
Ecuación 154 : Resultatado de la Cortante Convectiva en el reservorio rectangular apoyado.....	124
Ecuación 155 : Resultado del Cortante Basal total en el reservorio rectangular.....	124

## RESUMEN

El presente trabajo de Investigación tuvo por objetivo evaluar y comparar el comportamiento sísmico de reservorios apoyados de concreto armado de sección circular y rectangular, tomando como modelo un reservorio de 500 m<sup>3</sup> de capacidad de almacenaje que será proyectado en la propiedad de la Empresa E.P.S Sedacaj S.A.C ubicado en el barrio Santa Elena junto al Reservorio R-6, para evaluar el comportamiento sísmico de estos reservorios, se realizó un análisis sísmico mediante hojas de cálculo Excel considerando en su totalidad el código ACI 350, luego de ello se modeló y validó los resultados para cada reservorio en el programa SAP 2000 versión 15 educacional considerando las cargas de servicio y cargas por sismo, además se ingresó las presiones hidrodinámicas originadas por la excitación sísmica. Para evaluar el comportamiento de cada reservorio se combinaron dichas cargas afectando los coeficientes de cada combinación por un factor de durabilidad sanitaria para controlar el agrietamiento según recomienda el código ACI 350. Luego de ello se ejecutó el programa, donde se analizó y se comparó resultados considerando los estados de esfuerzo de Tensión Anular, Flexión, Fuerza Cortante y desplazamientos a los que están sujetos los reservorios, llegando a la conclusión que los reservorios apoyados de concreto armado de sección circular tienen un mejor comportamiento frente a las sollicitaciones sísmicas debido a que pueden soportar 66.82% más fuerzas anulares que se presentan en los muros por la excitación sísmica y pueden reducir su efecto en los momentos horizontales actuantes en 84.53% y en 49.11% los momentos verticales, además de reducir en 43.02% la fuerza cortante en los muros con respecto a los reservorios rectangulares asimismo la cortante basal del reservorio circular se reduce en 15.82% con respecto al reservorio rectangular, cumpliéndose así la hipótesis planteada.

## ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate and compare the seismic behavior of supported reservoirs of reinforced concrete of circular and rectangular section, taking as a model a reservoir of 500 m<sup>3</sup> of storage capacity that will be projected on the property of EPS Sedacaj SAC Company, located in the Santa Elena neighborhood next to Reservoir R-6, to evaluate the seismic behavior of these reservoirs, a seismic analysis was carried out using Excel spreadsheets considering the ACI 350 code in its entirety, after which the results were modeled and validated for each reservoir in the SAP 2000 program educational version 15 considering the service charges and charges for earthquake, in addition the Hydrodynamic pressures originated by the seismic excitation were entered. To evaluate the behavior of each reservoir, these loads were combined, affecting the coefficients of each combination by a sanitary durability factor to control cracking as recommended by the ACI 350 code. After that, the program was executed, where the results were analyzed and compared. the stress states of Annular Tension, Bending, Cutting Force and displacements to which the reservoirs are subject, reaching the conclusion that the reinforced concrete reinforced reservoirs of Circular section have a better behavior in front of the seismic solicitations because they can support 66.82% plus the annular forces that occur in the walls due to the seismic excitation and can reduce their effect in the horizontal moments acting in 84.53% and in 49.11% of the vertical moments, besides reducing in 43.02% the shear force in the walls with respect to the rectangular reservoirs also the basal shear of the reservoir circular is reduced by 15.82% with respect to the rectangular reservoir, thus fulfilling the hypothesis proposed.

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**

## REFERENCIAS

1. American Concrete Institute. (2006). *Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures and Commentary (ACI 350.3-06)*. Detroit : ACI Committee 350.
2. American Concrete Institute. (2006). *Code Requirements For Environmental Engineering Concrete Structures And Commentary (Aci 350-06)*. Detroit: American Concrete Institute, 2006.
3. American Society of Civil Engineers. (2010). *ASCE/SEI 7-10 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. Reston, Virginia: ASCE.
4. Ballantyne, D (1994). *Minimizing Earthquake Damage. A guide for Water Utilities. California American Water Works Association (AWWA), 1994.*
5. Calavera Ruiz, J. (1999). *Proyecto y Cálculo de Estructuras de Concreto II*. Madrid: Intemac S.A.
6. Figueroa Rojas, A. (2015). *Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en Cajamarca*. 4.
7. Harmsen, T. (2002). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado*. Lima: Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
8. Huaranga Huamani, P. G. (2015). Evaluación de La Respuesta Sísmica no Lineal de Reservorios Elevados Tipo Intze. (*Tesis de grado*). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
9. Housner, W. (1963). *The Dynamic Behavior Of Water Tanks*. California. Estados Unidos.
10. Kuroiwa Horiuchi , J. (2012). *Gestión de riesgos de desastres en la región de Ica, Seminario de Promoción de la Normatividad para el diseño y construcción de edificaciones seguras Ica*.
11. Kukreti A.R., Z. M. (1993). *Analysis of fluid storage tanks including foundation-superstructure interaction . Applied Mathematical Modelling. En revista ScienceDirect. pp.1-14*
12. Llasa Funes, O. (2010). *Analisis Sísmico De Reservorios. Capitulo De Ingenieros Civiles, 1-8.*
13. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2016). *Reglamento Nacional de Edificaciones. N.T.P E.020 Cargas . Lima, Peru.*
14. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2016). *Reglamento Nacional de Edificaciones. N.T.P E.030 Diseño Sismorresistente. Lima, Peru.*



15. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2016). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. N.T.P E.060 Concreto Armado. Lima, Peru.
16. Palomino Encinas, A. (2015). “*Cálculo y Diseño de Reservorios de Concreto Armado*”. Cajamarca-Perú.
17. Pavón Rodríguez, V. (2001). “*Diseño y construcción de estructuras de concreto para contener líquidos*”. Toluca, México.
18. Portland Cement Association. (1993). *Circular Concrete Tanks Without Prestressing*. EE.UU: Portland Cement Association.
19. Portland Cement Association. (1993). *Rectangular Concrete Tanks*. Washington: Portland Cement Association.
20. Quispe Soto, M. (2009). Infraestructura de Abastecimiento de Agua Potable para la localidad de San Luis-Ancash. *Tesis*. Ancash, Peru.
21. Riba Genescà, E. (2005). Cálculo y elección óptima de un depósito de agua. (*Tesis de Grado*). *Universitat Politècnica de Catalunya*. Catalunya, Barcelona, España
22. Silva Tarrillo, M. A. (2013). Evaluación Del Comportamiento Estructural De Reservorios Apoyados De Concreto Armado de Sección Rectangular Y Circular. (*Tesis de grado*) *Universidad Nacional de Cajamarca*. Cajamarca, Perú.
23. Tavera, H., & Bernal, I. (2002). *Geodinámica, Sismicidad Y Energía Sísmica En Perú*. Lima: Sísmología, IGP.
24. United States Geological Survey (2017). Search U.S. Seismic Design Maps. Obtenido el 16 de Octubre de 2017 <https://earthquake.usgs.gov/designmaps/beta/us/>