



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL ANILLO DE CIMENTACIÓN DEL TANQUE N°-14 PARA SU ADECUACIÓN AL DS-017-2013-EM EN LAS OPERACIONES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE DIÉSEL B5-S50, CHIMBOTE-2020”

Tesis para optar el título profesional de:  
Ingeniero Civil

Autores:

Jose Martin Otoya Ipanaque

Jhunion Stalin Perez Alcantara

Asesor:

Mg. Ing. Gonzalo Hugo Díaz García

Trujillo – Perú

2021

## TABLAS DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	1
AGRADECIMIENTO .....	3
TABLAS DE CONTENIDO .....	5
ÍNDICE DE TABLAS .....	9
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	17
RESUMEN .....	19
ABSTRACT.....	20
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN .....	21
1.1 Realidad problemática.....	21
1.2 Formulación del problema .....	94
1.3 Objetivos específicos.....	94
1.3.1 Objetivo general.....	94
1.3.2 Objetivos específicos .....	94
1.4 Hipótesis.....	95
1.4.1 Hipótesis general.....	95
1.4.2 Hipótesis específicas .....	95

CAPITULO II. METODOLOGÍA.....	96
2.1 Tipo de investigación .....	96
2.2 Población y muestra .....	96
2.2.1 Población.....	96
2.2.2 Muestra .....	97
2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	97
2.3.1 Técnicas de recolección de datos .....	97
2.3.2 Instrumentos de recolección de datos .....	98
2.3.3 Análisis de datos .....	98
2.3.4 Selección de variables.....	98
2.4 Procedimiento.....	99
CAPITULO III. RESULTADOS.....	100
3.1 Condición actual del anillo de cimentación .....	100
3.1.1 Trazabilidad del estado actual del anillo de cimentación .....	102
3.1.2 Determinación de la resistencia del concreto en el anillo de cimentación .....	105
3.1.3 Determinación del ancho mínimo del anillo de cimentación.....	106
3.1.4 Determinación del acero de refuerzo del anillo de cimentación existente.....	107
3.2 Análisis del asentamiento diferencial del tanque bajo estándar API 653 .....	108
3.3 Análisis de la verticalidad del tanque bajo estándar API 653 .....	113
3.4 Estudio geotécnico del suelo de cimentación del tanque .....	115

3.4.1	Calicatas de exploración .....	116
3.4.2	Ensayo de penetración estándar STP .....	118
3.4.3	Ensayo de penetración con cono sin recuperación CTP .....	119
3.4.4	Ensayo de penetración ligera del tipo DPL.....	120
3.4.5	Ensayos de laboratorio .....	124
3.5	Determinación de las condiciones del suelo de cimentación del tanque 14.....	135
3.5.1	Profundidad de cimentación .....	135
3.5.2	Nivel freático .....	136
3.5.3	Determinación de la capacidad portante .....	136
3.5.4	Módulo de elasticidad .....	140
3.5.5	Módulo de corte .....	141
3.5.6	Coefficiente de Balasto .....	142
3.5.7	Estimación del asentamiento diferencial .....	144
3.6	Reparación del anillo de cimentación .....	145
3.6.1	Reparación de fisuras .....	145
3.6.2	Inyección de resina en anillo de cimentación .....	149
3.6.3	Ensayo de compresión de zona reparada 20° - 32° .....	149
3.7	Memoria de cálculo del refuerzo de cimentación .....	150
3.8	Ensayo de resistencia a compresión del refuerzo del anillo de cimentación y nivelación de grout epóxico .....	160

3.9	Verificación de excentricidad, resistencia al volcamiento y deslizamiento del anillo de cimentación .....	161
3.9.1	Evaluación del anillo de cimentación existente 0.40x0.60 .....	161
3.9.2	Evaluación del anillo de cimentación reforzado 0.60x0.60 .....	163
3.10	Resumen de datos de entrada de las evaluaciones realizadas .....	167
3.11	Modelamiento computacional .....	168
CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....		173
4.1	Discusión .....	173
4.2	Conclusiones .....	176
REFERENCIAS .....		179
ANEXOS .....		185

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Símbolos para Clasificar un Suelo</i> .....	35
<b>Tabla 2</b> Capacidad Admisible de carga.....	39
<b>Tabla 3</b> <i>Variación del amortiguamiento para la masa convectiva según ACI 350.3-06</i> .....	72
<b>Tabla 4</b> Distorsión angular .....	75
<b>Tabla 5</b> <i>Causas de asentamientos diferenciales</i> .....	76
<b>Tabla 6</b> <i>Clasificación de los perfiles del suelo basado en E.030</i> .....	83
<b>Tabla 7</b> <i>Incumplimientos al Artículo 33a del DS-052-93-EM</i> .....	92
<b>Tabla 8</b> <i>Incumplimientos al artículo 33ab del DS-052-93-EM</i> .....	93
<b>Tabla 9</b> <i>Dimensiones y capacidades de los tanques de almacenamiento</i> .....	96
<b>Tabla 10</b> <i>Parámetros de diseño del tanque</i> .....	100
<b>Tabla 11</b> <i>Resumen de ficha técnica del tanque N° 14 del anillo de cimentación</i> .....	101
<b>Tabla 12</b> <i>Resumen del ensayo con esclerómetro NTP 339.181.2013</i> .....	105
<b>Tabla 13</b> <i>Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de las diamantinas extraídas</i> .....	105
<b>Tabla 14</b> <i>Resultados del ensayo de carbonatación</i> .....	106
<b>Tabla 15</b> <i>Parámetros mecánicos para asentamiento diferencial</i> .....	109
<b>Tabla 16</b> <i>Resultado de las lecturas de asentamiento diferencial</i> .....	109
<b>Tabla 17</b> <i>Resultado de las lecturas de verticalidad del tanque</i> .....	113
<b>Tabla 18</b> <i>Perfil estratigráfico de calicata C-01</i> .....	116

<b>Tabla 19</b> Perfil estratigráfico de calicata C-02 .....	117
<b>Tabla 20</b> Resultados de granulometría .....	124
<b>Tabla 21</b> Resultados del ensayo de consistencia.....	125
<b>Tabla 22</b> Resultados del ensayo de humedad natural.....	126
<b>Tabla 23</b> Resultados del ensayo químico en suelo y agua .....	127
<b>Tabla 24</b> Resultados del ensayo de proctor modificado .....	128
<b>Tabla 25</b> Resultados del ensayo de CBR .....	130
<b>Tabla 26</b> Resultados del ensayo de corte directo.....	133
<b>Tabla 27</b> Resultados de $Q_{adm}$ en cimientos corridos.....	138
<b>Tabla 28</b> Resumen de resultados del método .....	139
<b>Tabla 29</b> Valor de $N$ promedio es de 11 golpes/pie, para la profundidad de cimentación de $D_f = 0.60m$ .....	141
<b>Tabla 30</b> El Módulo de corte obtenido a partir del ensayo SPT.....	142
<b>Tabla 31</b> Valores medios para arenas secas o húmedas .....	142
<b>Tabla 32</b> Resultados Balasto – Compacidad de la arena .....	143
<b>Tabla 33</b> Coordenadas de fisuras 1 – 10 y coordenada ubicación inserto de ladrillo.....	148
<b>Tabla 34</b> Inspección de aplicación de inyección de resina en cimentación .....	149
<b>Tabla 35</b> Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de sección del anillo reparado.....	149
<b>Tabla 36</b> Parámetros de suelos para verificación de refuerzos .....	151
<b>Tabla 37</b> Peso estimado del tanque para efectos de cálculos.....	152

<b>Tabla 38</b>	<i>Geometría del tanque y cargas estimadas para efectos de cálculos</i>	153
<b>Tabla 39</b>	<i>Dimensiones de la zapata y resistencias para efectos de cálculos</i>	155
<b>Tabla 40</b>	<i>Tabla de Metrados de cargas para efectos de cálculos</i>	156
<b>Tabla 41</b>	<i>Resumen de las tensiones actuantes en la base de cimentación</i>	158
<b>Tabla 42</b>	<i>Verificación de acero de refuerzo longitudinal en pedestal</i>	159
<b>Tabla 43</b>	<i>Verificación de acero de refuerzo vertical en pedestal</i>	159
<b>Tabla 44</b>	<i>Resultados de ensayo a la compresión del anillo de refuerzo de cimentación</i>	160
<b>Tabla 45</b>	<i>Resultados de ensayo a la compresión de grout en nivelación del anillo</i>	161
<b>Tabla 46</b>	<i>Carga de diseño actuando en el centro del fondo de la zapata</i>	162
<b>Tabla 47</b>	<i>Carga de servicio en el centro de la zapata</i>	162
<b>Tabla 48</b>	<i>Datos de fuerza para análisis</i>	162
<b>Tabla 49</b>	<i>Carga de diseño actuando en el centro del fondo de la zapata</i>	163
<b>Tabla 50</b>	<i>Carga de servicio en el centro de la zapata</i>	163
<b>Tabla 51</b>	<i>Datos de fuerza para análisis</i>	165



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	<i>Clasificación general de tanques de almacenamiento</i>	27
<b>Figura 2</b>	<i>Tanques representativos de almacenamiento de hidrocarburo</i>	28
<b>Figura 3</b>	<i>Esquema de las partes de un tanque de almacenamiento</i>	29
<b>Figura 4</b>	<i>Tanque de techo fijo (izquierda) y tanque de techo flotante (derecha)</i>	30
<b>Figura 5</b>	<i>Tanque de techo fijo de un tanque en operación</i>	30
<b>Figura 6</b>	<i>Pared de un tanque vertical de almacenamiento de hidrocarburos</i>	31
<b>Figura 7</b>	<i>Vista de un fondo de tanque desde el interior</i>	32
<b>Figura 8</b>	<i>Vista de un fondo de tanque, vista superior</i>	32
<b>Figura 9</b>	<i>Símbolos representativos de suelos</i>	34
<b>Figura 10</b>	<i>Clasificación de suelos</i>	36
<b>Figura 11</b>	<i>Grafica de coeficiente de balasto</i>	38
<b>Figura 12</b>	<i>Esquema de tipos de cimentaciones</i>	40
<b>Figura 13</b>	<i>Esquema de anillo continuo RNE E.050</i>	41
<b>Figura 14</b>	<i>Anillo de cimentación de acuerdo API 650</i>	42
<b>Figura 15</b>	<i>Sección típica de anillo de cimentación para tanques de almacenamiento</i>	43
<b>Figura 16</b>	<i>Ejemplo de construcción de un anillo de cimentación</i>	43
<b>Figura 17</b>	<i>Falla por corte</i>	45
<b>Figura 18</b>	<i>Falla por capacidad de carga en suelo bajo una cimentación corrida</i>	46
<b>Figura 19</b>	<i>Método Terzagui</i>	47

<b>Figura 20</b>	<i>Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi</i> .....	50
<b>Figura 21</b>	<i>Anillo de cimentación, esfuerzos verticales y horizontales</i> .....	51
<b>Figura 22</b>	<i>Plano de cimientto anular de concreto</i> .....	55
<b>Figura 23</b>	<i>Sección trasversal y condiciones de entorno</i> .....	55
<b>Figura 24</b>	<i>Sección trasversal y condiciones de entorno</i> .....	56
<b>Figura 25</b>	<i>Sección transversal de anillo de cimentación</i> .....	57
<b>Figura 26</b>	<i>Longitud de traslape a tensión</i> .....	57
<b>Figura 27</b>	<i>Empuje hidrostático</i> .....	61
<b>Figura 28</b>	<i>Modelo mecánico equivalente según Housner (1954)</i> .....	63
<b>Figura 29</b>	<i>Modelo dinámico del tanque con fluido, apoyado en el suelo</i> .....	64
<b>Figura 30</b>	<i>Presiones impulsivas y resultantes</i> .....	66
<b>Figura 31</b>	<i>Presiones convectivas y resultantes</i> .....	66
<b>Figura 32</b>	<i>Espectro de Aceleración para el tanque con soporte apoyado</i> .....	71
<b>Figura 33</b>	<i>Peso del líquido contenido</i> .....	73
<b>Figura 34</b>	<i>Hipotético de cargas actuando sobre el tanque</i> .....	73
<b>Figura 35</b>	<i>Notación para asentamiento diferenciales</i> .....	75
<b>Figura 36</b>	<i>Ubicación del tanque 14</i> .....	82
<b>Figura 37</b>	<i>Mapa de zonas sísmicas</i> .....	84
<b>Figura 38</b>	<i>Distribución de curvas de máximas intensidades sísmicas</i> .....	85

<b>Figura 39</b>	<i>Vista del Tanque 14 donde se han realizados los trabajos geotécnicos para evaluar las condiciones del suelo de cimentación .....</i>	87
<b>Figura 40</b>	<i>Trabajos geotécnicos para evaluar las condiciones del suelo de cimentación ....</i>	88
<b>Figura 41</b>	<i>Distribución de los ensayos desarrollados circundante al tanque 14 .....</i>	89
<b>Figura 42</b>	<i>Detección de acero de refuerzo y extracción de diamantina .....</i>	90
<b>Figura 43</b>	<i>Dimensiones de la cimentación existente del tanque 14 .....</i>	100
<b>Figura 44</b>	<i>Evidencia fotográfica de la inspección visual realizada en el tanque .....</i>	102
<b>Figura 45</b>	<i>Trabajos de resane del anillo de concreto del tanque 14 por la contratista Dominion en el 2017 .....</i>	103
<b>Figura 46</b>	<i>Inspección visual realizado por TÜV Rheinland en el anillo de cimentación ....</i>	104
<b>Figura 47</b>	<i>Distribución de acero de refuerzo en cimentación existente .....</i>	108
<b>Figura 48</b>	<i>Esquema del ensayo de asentamiento diferencial .....</i>	110
<b>Figura 49</b>	<i>Gráfica de asentamiento diferencial (mm).....</i>	111
<b>Figura 50</b>	<i>Gráfica de deflexión de asentamiento del cilindro (mm) .....</i>	112
<b>Figura 51</b>	<i>Medición de asentamiento con estación laser.....</i>	112
<b>Figura 52</b>	<i>Verticalidad del tanque .....</i>	114
<b>Figura 53</b>	<i>Diagramas de las curvas del número de golpes/pie de N de campo y la curva de los valores de N corregidos normalizados, medidos con la profundidad .....</i>	118
<b>Figura 54</b>	<i>Diagramas de las curvas del número de golpes/pie de N de campo y la curva de los valores de N corregidos normalizados para las auscultaciones con el cono, medidos con la profundidad.....</i>	119

<b>Figura 55</b> <i>Diagrama del registro continuo de las auscultaciones realizadas con el equipo, DPL 1</i> .....	120
<b>Figura 56</b> <i>Diagrama del registro continuo de las auscultaciones realizadas con el equipo, DPL 2</i> .....	121
<b>Figura 57</b> <i>Diagrama del registro continuo de las auscultaciones realizadas con el equipo, DPL 3</i> .....	122
<b>Figura 58</b> <i>Diagramas de los registros continuos de las auscultaciones realizadas con el equipo de DPL en los tres diferentes puntos</i> .....	123
<b>Figura 59</b> <i>Resultado del ensayo de proctor modificado calicata C-01</i> .....	128
<b>Figura 60</b> <i>Resultado del ensayo de proctor modificado calicata C-02</i> .....	129
<b>Figura 61</b> <i>Resultado de valores relativos de soporte CBR de C-01</i> .....	130
<b>Figura 62</b> <i>Resultado del ensayo CBR C-01</i> .....	131
<b>Figura 63</b> <i>Resultado de valores relativos de soporte CBR de C-02</i> .....	131
<b>Figura 64</b> <i>Resultado del ensayo CBR C-02</i> .....	132
<b>Figura 65</b> <i>Corte directo, curvas esfuerzo cortante vs deformación horizontal</i> .....	133
<b>Figura 66</b> <i>Corte directo, curvas deformación vertical vs deformación horizontal</i> .....	134
<b>Figura 67</b> <i>Resultados del ensayo de corte directo</i> .....	134
<b>Figura 68</b> <i>Grafica del esquema actual de Cadmisble y tipo de suelo debajo de la cimentación del tanque 14</i> .....	140
<b>Figura 69</b> <i>Correlación entre el valor de soporte de California (CBR) y el módulo de reacción de la subrasante (k)</i> .....	143
<b>Figura 70</b> <i>Patologías encontradas en la cimentación del tanque</i> .....	146

<b>Figura 71</b>	<i>Ubicación de las zonas a reparar</i> .....	148
<b>Figura 72</b>	<i>Sección típica de cimentación (nueva y existente)</i> .....	154
<b>Figura 73</b>	<i>Sección referencial de cimentación (para efectos de cálculo)</i> .....	155
<b>Figura 74</b>	<i>Modelo matemático de cargas radiales sobre cimentación (D.C.L.)</i> .....	156
<b>Figura 75</b>	<i>Grafica de tensiones actuantes S/C 135 KN/M2</i> .....	161
<b>Figura 76</b>	<i>Tensiones actuantes deseables S/C 135 KN/M2</i> .....	163
<b>Figura 77</b>	<i>Verificación de volteo</i> .....	164
<b>Figura 78</b>	<i>Esquema final de la cimentación existente más el reforzamiento lado exterior</i> .	166
<b>Figura 79</b>	<i>Modelo computaciones de los cálculos SAP2000</i> .....	168
<b>Figura 80</b>	<i>Deformada de diseño, resultados en metros</i> .....	169
<b>Figura 81</b>	<i>Transmisión de cargas con TONF</i> .....	170
<b>Figura 82</b>	<i>Resultados máximos a cada metro (TONF-M)</i> .....	171
<b>Figura 83</b>	<i>Diagrama de intensidad de reforzamiento del acero</i> .....	172

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuac. N°-1. Ecuación de Balasto .....	38
Ecuac. N°-2. Carga equivalente efectiva .....	47
Ecuac. N°-3. Capacidad de carga última de un cimiento continuo .....	48
Ecuac. N°-4. Factor de capacidad de carga $N_c$ .....	49
Ecuac. N°-5. Factor de capacidad de carga $N_q$ .....	49
Ecuac. N°-6. Factor de capacidad de carga $N_\gamma$ .....	49
Ecuac. N°-7. Factor de capacidad de carga equivalentes $N_c$ .....	49
Ecuac. N°-8. Factor de capacidad de carga equivalentes $N_q$ .....	49
Ecuac. N°-9. Factor de capacidad de carga equivalentes $N_\gamma$ .....	49
Ecuac. N°-10. Capacidad de carga última de cimentaciones cuadradas .....	49
Ecuac. N°-11. Capacidad de carga última de cimentaciones circular .....	49
Ecuac. N°-12. Capacidad de carga última con modo de falla local de cimentación continua .....	50
Ecuac. N°-13. Capacidad de carga última con modo de falla local de cimentación cuadrada .....	50
Ecuac. N°-14. Capacidad de carga última con modo de falla local de cimentación circular .....	50
Ecuac. N°-15. Factor de seguridad a la capacidad de carga última .....	51
Ecuac. N°16. Peso distribuido sobre cimiento por pie lineal .....	52
Ecuac. N°-17. Espesor del cimiento en pulgadas .....	52
Ecuac. N°-18. Presión sobre el suelo provocado por el líquido en $lb/ft^2$ .....	52
Ecuac. N°-20. Fuerza total a tensión en lb .....	53

Ecuac. N°-1.21. Área de refuerzo en pulgadas cuadradas .....	53
Ecuac. N°-22. Área de refuerzo transversal en pul <sup>2</sup> .....	54
Ecuac. N°-23. Peso aparente del cuerpo sumergido (g representa la aceleración de la gravedad).....	61
Puesto que el volumen de fluido desplazado por el sólido totalmente sumergido es también V, el empuje viene dado por: .....	61
Ecuac. N°-24. Empuje hidrostático.....	62
Ecuac. N°-25. Peso impulsivo $W_i$ .....	67
Ecuac. N°-26. Componente convectiva $W_c$ .....	67
Ecuac. N°-27. Ubicación del centro de gravedad de los pesos impulsivo y conectivo del líquido .....	67
Ecuac. N°-28. Fuerza cortante total en la base .....	67
Ecuac. N°-29. Espectro de pseudo aceleraciones periodo impulsivo .....	69
Ecuac. N°-30. Espectro de pseudo aceleraciones periodo convectivo.....	69
Ecuac. N°-31. Asentamiento diferencial, distorsión angular .....	74
Ecuac. N°-35. Desviación crítica (mm) del asentamiento diferencial .....	110
Desviación crítica 36.6 OK.....	110
Donde.....	110
Ecuac. N°-40. Módulo de corte máximo .....	141
Ecuac. N°-341. Teoría elástica para el asentamiento bajo carga uniforme .....	144

## RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo principal realizar la evaluación estructural del anillo de cimentación del tanque 14 ubicado en la ciudad de Chimbote, como parte de la adecuación de las fundaciones al decreto supremo DS-017-2013-EM, para poder operar, almacenar y despachar hidrocarburos líquidos tal como lo establece el DS-052-93-EM, Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos.

La investigación realizada fue de tipo descriptivo, la recolección de los datos se realizó mediante el análisis documental, pues para ello se revisó informes de la situación actual del tanque, estudios de suelos, estudio de diamantina y escaneo de cimentación, memoria de cálculo de la parte civil, aplicación de normas nacionales e internacionales, además de realizar un modelamiento estructural del anillo actual y posterior a su reforzamiento.

Como resultado principal obtuvimos que efectivamente el anillo no cumplía con los parámetros para que el tanque pueda continuar en funcionamiento y que la mejor solución en cuanto a la parte fundaciones que establece el DS-017-2013-EM fue la de realizar la rehabilitación del anillo existente y posteriormente reforzándolo con un anillo exterior formando un monolítico, así se logra alcanzar los parámetros estructurales que satisfacen parte en la adecuación al DS-017-2013-EM para cumplir con el DS-052-93-EM.

**PALABRAS CLAVE:** Anillo de cimentación, DS-017-2013-EM, DS-052-93-EM, evaluación estructural, normas.



## ABSTRACT

The main objective of this research is to carry out the structural evaluation of the foundation ring of tank 14 located in the city of Chimbote, as part of the adaptation of the foundations to the supreme decree DS-017-2013-EM, in order to operate, store and dispatch liquid hydrocarbons as established in DS-052-93-em, Safety Regulations for the Storage of Hydrocarbons.

This is a descriptive research, the data collection was made through documentary analysis, because for this, reports of the current situation of the tank, soil studies, diamond study and foundation scan, calculation of the civil part memory, application of national and international standards were examined. In addition, it was made a structural modeling of the current ring and after its reinforcement.

As a main result, we obtained that, in fact, the ring did not meet the parameters so that the tank could continue operating and that the best solution regarding the foundations part established by DS-017-2013-EM was to carry out the rehabilitation of the current ring and then reinforce it with an external ring forming a monolithic, thus structural standards are achieved to satisfy part of the adaptation to DS-017-2013-EM to comply with DS-052-93-EM.

**KEY WORDS:** Foundation ring, DS-017-2013-EM, DS-052-93-EM, structural evaluation, standards.

## **NOTA DE ACCESO**

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

## REFERENCIAS

- Alva Hurtado, Meneses Loja, Guzmán León. (1984). *Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú*. Ponencia presentada en el V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Centro Regional de Sismología para América del Sur, Tacna. Retrieved 11 01, 2020, from [http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis17\\_a.pdf](http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis17_a.pdf)
- API 650. (2020). *Welded Tanks for Oil Storage*. Institute, American Petroleum.
- API 653. (2020). *Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction*. Institute, American Petroleum.
- Aranda Burckhardt. (2011). *Diseño de tanques de acero soldado apoyados sobre el suelo para almacenamiento de hidrocarburos*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Ricardo Palma, Facultad de ingeniería, Lima. Retrieved 03 15, 2020, from <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/549>
- Archenti Zegarra, J. F. (2018). *Zonificación de la capacidad portante del suelo en la localidad de Lagunas distrito de Lagunas, Alto Amazonas - región de Loreto*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Tarapoto. Retrieved 12 01, 2020, from <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3139/CIVIL%20-%20Joel%20Felipe%20Archenti%20Zegarra.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Benites Carvajal. (2019). *IDOCPUB*. Universidad Nacional Micaela Bastidas De Apurímac, Escuela Académico Profesional De Ingeniería Civil, Apurímac. Retrieved 11 11, 2020, from <https://idoc.pub/documents/determinacion-del-empuje-hidrostatico-en5km5o3jkno>
- Bermudez Mejia. (2020). *GESTRUC-E-01-TK-A Análisis y diseño hidrodinámico de anillos de tanque tk diesel, sector industria*. Informe de cálculo estructural, GESTRUC SAC, Trujillo. Retrieved 11 01, 2020
- Carranza Morales, Ponce Torres. (2017). *Estudio de zonificación geotécnica en el sector III del centro poblado el milagro para el diseño de cimentaciones superficiales*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero Civil, Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería, Trujillo. Retrieved 12 1, 2020, from <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/3559>
- Carrasco Villa. (2019). *Impermeabilización de área estanca y construcción del dique de contención de tanques de refinería*. Trabajo de suficiencia profesional para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad de Piura, Departamento de Ingeniería Civil, Iquitos. Retrieved 05 04, 2020, from [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4095/TSP\\_ICI\\_015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4095/TSP_ICI_015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Carreño Vásquez, Hernández Luna. (2008). *Diseño y calculo de un tanque de almacenamiento para nafta con diametro de 70ft x 30ft de altura bajo la norma API 650*. Tesis Para Obtener El Título De Ingeniero Mecánico, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior De Ingeniería Mecánica Y Eléctrica, Mexico DF. Retrieved 12 12, 2020, from <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/2699/1/DISENOYCALCULOODEUNTANQUE.pdf>
- Chero Morales. (2020). *Análisis comparativo del comportamiento del agua en un reservorio elevado durante un evento sísmico*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero mecánico de fluidos, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas - Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos, Lima. Retrieved 12 10, 2020, from [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/15567/Chero\\_mp.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/15567/Chero_mp.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- (2020). *Contrato Marco de Adecuación al DS-017-2013-EM de Tanques de Almacenamiento de Combustibles en Terminales Centro y Norte*. Solicitud de cambio, Haug, Gerencia de proyectos, Chimbote. Retrieved 11 04, 2020
- Contreras Contreras, Guadaña Chacón. (2018). *Diseño de cimentación para tanques atmosféricos bajo la norma API 650 y bajo la norma UNE-EN 14015 en la refinería la Pampilla 2018*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Lima. Retrieved 04 25, 2020, from [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/34382/GUADA%c3%91A\\_CHA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/34382/GUADA%c3%91A_CHA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Conzabay Carvajal. (2019). *Analisis y diseños de cimentación para tanques metálicos de almacenamiento de derivados del petróleo y para base de bomba, de suelos característicos de la refinería La Libertad*. Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, La Libertad. Retrieved 05 26, 2020, from <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5266/1/UPSE-TIC-2020-0002.pdf>
- Crespo Villalaz. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones* (Vol. 5ta Edición). Mexico: LIMUSA S.A. Retrieved 12 12, 2020, from <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/mecanica-desuelos-y-cimentaciones-crespo-villalaz.pdf>
- De León Arreaga, D. (2010). *uía para el diseño estructural de cimientos y anclajes de tanques de almacenamiento tipo API 650*. Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería , Guatemala. Retrieved 09 15, 2020, from [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3131\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3131_C.pdf)
- Diario Oficial El Peruano. (2013, 06 01). *Normas Legales*. Retrieved 07 14, 2020, from <https://minem.gob.pe/archivos/legislacion-6zu03zzz8bz60zo-2013.pdf>

- Ecolex*. (n.d.). Retrieved 06 12, 2020, from El portal del derecho ambiental:  
<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/per125155.pdf>
- Edificaciones, R. N. (2018). *E.050*. Retrieved 12 01, 2020, from  
<http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/53%20E.050%20SUELOS%20Y%20CIMENTACIONES.pdf>
- Estuardo Son. (2018). *Conexiones De Placa De Ala Empernada (BFP) En Marcos De Acero Y Su Comportamiento Bajo La Influencia De Asentamientos Diferenciales*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad De San Carlos De Guatemala, División De Ciencias De La Ingeniería Civil, Quetzaltenango. Retrieved 11 20, 2020, from  
<http://www.ingenieria.cunoc.usac.edu.gt/portal/articulos/e38820787a1780f0910123537eec7fd166ae7bc1.pdf>
- Filippi Arriaga. (2012). *Proceso constructivo del anillo de cimentación, para tanques de almacenamiento de hidrocarburos*. Trabajo de graduación para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala. Retrieved 05 05, 2020, from  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3461\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3461_C.pdf)
- Flores castro, Burgos Espinoza. (2018). *3A1005-6-INSP-2-E-001 Ingenierías específicas para adecuación de tanques al DS-017-2013-EM*. Estudio de diamantina y escaneo de cimentación existente del tanque 14, Inspectra, Chimbote. Retrieved 08 14, 2020
- Flores Castro, Cuadro Rojas. (2018). *3A1005-5-INSP-2-EMS-001 Ingenierías específicas para adecuación de tanques al DS-017-2013-EM*. Estudios de suelos complementarios para el tanque 14, Inspectra, Chimbote. Retrieved 08 11, 2020
- Gonza Sánchez. (2014). *Diseño y cálculo de un tanque para almacenamiento de petróleo para 3000 BBLs*. Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Riobamba. Retrieved 10 2020, 12, from  
<http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/3711/1/15T00581.pdf>
- Gonzabay Carvajal. (2019). *Análisis y diseño de cimentación para tanques metálicos de almacenamiento de derivados del petróleo y para base de bomba, de suelos característicos de la refinería la Libertad*. Proyecto de investigación previo a la obtención del título de ingeniero Civil, Universidad Estatal Península de Santa Elena , Facultad de Ciencias de la Ingeniería, La Libertad. Retrieved 12 1, 2020, from  
<https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/5266/UPSE-TIC-2020-0002.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gu Quian, León Tatiana, Mateo Unchupaico, Yupanqui Mario. (2016). *Planeamiento estratégico de la industria de combustibles líquidos en el Perú*. Tesis para obtener el grado de magíster en Administración de Negocios Globales , Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de Posgrado, Lima. Retrieved 04 25, 2020, from

[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/14699/LEON\\_QUI  
AN\\_PLANEAMIENTO\\_COMBUSTIBLES.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/14699/LEON_QUI<br/>AN_PLANEAMIENTO_COMBUSTIBLES.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Guilcapi Alomoto. (2008). *Manual para el diseño de cimentaciones de recipientes horizontales*. Tesis para la obtención del título de ingeniero civil, Escuela Politécnica del Ejército, Escuela de Ingeniería Civil, Sangolquí. Retrieved 11 10, 2020, from <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/1785/T-ESPE-017086.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hidalgo Piña, Rios Heller. (2019). *Análisis Dinámico Modal Espectral Y Estático Equivalente De Tanques De Almacenamiento De Petróleo*. Tesis Para Optar El Título Profesional De Ingeniero Civil, Universidad Científica Del Perú, Programa Académico De Ingeniería Civil, Iquitos. Retrieved 11 20, 2020, from <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/926>
- José Leoni. (2020). *Apunte de coeficiente de balasto*. Universidad Nacional de la Plata, Laboratorio de mecánica de suelos, La Plata. Retrieved 12 12, 2020, from <http://materias.fi.uba.ar/7411/curso/teoria/balasto/leoni.pdf>
- Martín Lopez. (2017). *Optimización de cimentaciones para depósitos de gran diametro*. Trabajo fin de grado para el Grado en Ingeniería Civil, Universidad de Sevilla, Departamento de estructuras de edificación e ingeniería del terreno, Sevilla. Retrieved 05 25, 2020, from <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/91586/fichero/MEMORIA+TFG.pdf>
- Mayorga Toala. (2013). *Inspección Física y Análisis Estructural para determinar operatividad de un tanque cilíndrico vertical para almacenamiento de Fuel Oil de acuerdo a norma API 653 luego de un siniestro*. Tesis para la obtención del título de Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica Del Litoral , Facultad de ingeniería en mecánica y ciencias de la producción, Guayaquil. Retrieved 10 01, 2020, from <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/25223/1/Tesis%20de%20Graduaci%C3%B3n.pdf>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (n.d.). *Ministerio de Economía y Finanzas*. Retrieved julio 01, 2020, from <https://www.mef.gob.pe/es/normatividad-sp-1449>
- Morales Curo. (2018). *Alternativas de cimentaciones superficiales para edificaciones cimentadas en terreno con asentamiento diferencial*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero Civil, Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, Huancayo. Retrieved 11 12, 2020, from <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/4839>
- Olmo. (2019). *empuje hidrostático - Hyperphysics*. Retrieved from <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/pbuoy.html>

- Osinermin. (n.d.). *Osinermin*. Retrieved julio 01, 2020, from [https://www.osinermin.gob.pe/seccion/institucional/acerca\\_osinermin/quienes\\_somos#](https://www.osinermin.gob.pe/seccion/institucional/acerca_osinermin/quienes_somos#)
- Paucar Teniente. (2016). *Análisis comparativo en la determinación de la capacidad admisible por los métodos de Terzagui y Meyerhof, para el diseño de cimentaciones superficiales según las características del suelo de Inquilpata del distrito de Anta*. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Andina del Cusco, Facultad de ingeniería y arquitectura, Cusco. Retrieved 11 01, 2020, from [http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/708/1/Adin\\_Tesis\\_bachiller\\_2016.pdf](http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/708/1/Adin_Tesis_bachiller_2016.pdf)
- Pupiales Valdivieso. (2013). *Análisis de la interacción - fluido estructura en el diseño sísmico de tanques cilíndricos de acero según las normas: americana, neozeladesa, ecuatoriana y métodos simplificados*. Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero Civil, Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias e Ingeniería, Quito. Retrieved 04 26, 2020, from <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2405/1/107099.pdf>
- Quispe Quispe, Aguilar Tejada. (2019). *Diseño de Tanque de Almacenamiento de Petroleo de 10 0000 galones segun la Norma Api 650*. Tesis Para Obtener El Grado De Bachiller En Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica Del Perú, Facultad De Ingeniería, Lima. Retrieved 10 05, 2020, from [http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/2362/1/Nelson%20Quispe\\_Anthoni%20Aguilar\\_Trabajo%20de%20Investigacion\\_Bachiller\\_2019.pdf](http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/2362/1/Nelson%20Quispe_Anthoni%20Aguilar_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachiller_2019.pdf)
- Requena Nacho. (2007). *Determinacion del coeficiente de balasto en cimentaciones*. Retrieved 10 05, 2020, from <https://pdfslide.net/documents/determinacion-del-coeficiente-de-balasto-en-cimentaciones.html>
- Sánchez Pizarro. (2017). *Modificación del tanque N°-08 de almacenamiento de hidrocarburos - PI 500 de 29,379 BLS planta de PETROPERÚ-Chimbote*. Informe de experiencia laboral para optar el título profesional de Ingeniero en Energía, Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, Chimbote. Retrieved 05 12, 2020, from [http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/4263/S%c3%81NCHEZ%20PI ZARRO\\_PREGRADO\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/4263/S%c3%81NCHEZ%20PI ZARRO_PREGRADO_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Sánchez S y Vargas O. (2011). *Análisis sísmico de tanques cilíndricos de almacenamiento*. Paper de investigación, Instituto Politécnico Nacional, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, ESIA, Mexico D.F. Retrieved 06 11, 2020, from <https://docplayer.es/32897899-Analisis-sismico-de-tanques-cilindricos-de-almacenamiento-sanchez-s-h-vargas-o-s.html>
- Santa Cruz Perales. (2018). *Zonificación de la capacidad portante del suelo de la localidad de Soritor del distrito de Soritor – provincia de Moyobamba – región San Martín*. Tesis

- para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de San Martín , Facultad de ingeniería Civil y Arquitectura , San Martín - Tarapoto. Retrieved 10 15, 2020, from <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2928/CIVIL%20-%20Tesis%20Dennis%20Santa%20Cruz%20Perales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sayan Garcia. (n.d.). *Garcia Sayan Abogados*. Retrieved 06 13, 2020, from <http://www.garciasayan.com/blog-legal/2013/06/03/adequacion-de-las-instalaciones-para-almacenamiento-de-hidrocarburos-preexistentes-a-las-disposiciones-establecidas-en-el-decreto-supremo-n%C2%B0-052-93-em/>
- (2017). *TECNA-TP/CHIMBOTE-2017-002AVR Asentamiento Diferencial (API653)*. Informe bajo la norma API 653, Tecna Perú SAC, Ingeniería, Chimbote. Retrieved 10 05, 2020
- Teniente Paucar. (2016). *Análisis comparativo en la determinación de la capacidad admisible por los métodos de Terzagui y Meyerhof, para el diseño de cimentaciones superficiales según las características del suelo de Inquilpata del distrito de Anta*. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Andina del Cusco , Facultad de ingeniería y arquitectura , Cusco. Retrieved 11 01, 2020, from [http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/708/1/Adin\\_Tesis\\_bachiller\\_2016.pdf](http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/708/1/Adin_Tesis_bachiller_2016.pdf)
- Tirenti, J. (2005). *Tanques de Almacenamiento: Norma Api 650-Parte I*. Retrieved 12 01, 2020, from <https://arvengrtraining.com/wp-content/uploads/2016/02/STI-NOTAS-DE-ESTUDIO-PRUEBA-1.pdf>
- Titenti Javier. (n.d.). *Api 650 - tanques de almacenamiento, parte III: Techo flotante, techo fijo, estructura interna, acciones sísmicas, pernos de anclaje*. Retrieved 11 01, 2020, from <https://arvengrtraining.com/wp-content/uploads/2018/02/STIII-NOTAS-DE-ESTUDIO-PRUEBA.pdf>
- Villavicencio Ugarte. (n.d.). *Villavicencio Ugarte*. Retrieved 11 01, 2020, from <https://waltervillavicencio.com/reglamento-nacional-de-edificaciones-rne-actualizado-con-texto-copiable/>
- Zúñiga Liñán, Melgarejo Pinzón. (2016). *TECNA-TP/ CHIMBOTE-2016- 066 AD INFORME DE ADECUACIÓN AL D.S. 052-93-EM TANQUE 14 TERMINAL CHIMBOTE*. Informe de Adecuación al Decreto Supremo 052-93-EM del tanque de almacenamiento de combustible TK-14 , Tecna Perú SAC, Chimbote. Retrieved 06 15, 2020
- Zúñiga Liñán, Melgarejo Pinzón. (2016). *TECNA-TP/CHIMBOTE-2016- 002P Reporte final de inspección api-653 fuera de servicio TK-14*. Inspección de tanques, Tecna Perú SAC, Chimbote. Retrieved 06 05, 2020