



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

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

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

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

ÍNDICE DE FIGURAS

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

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

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

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

Figura 71	<i>Ubicación de las zonas a reparar</i>	148
Figura 72	<i>Sección típica de cimentación (nueva y existente)</i>	154
Figura 73	<i>Sección referencial de cimentación (para efectos de cálculo)</i>	155
Figura 74	<i>Modelo matemático de cargas radiales sobre cimentación (D.C.L.)</i>	156
Figura 75	<i>Grafica de tensiones actuantes S/C 135 KN/M2</i>	161
Figura 76	<i>Tensiones actuantes deseables S/C 135 KN/M2</i>	163
Figura 77	<i>Verificación de volteo</i>	164
Figura 78	<i>Esquema final de la cimentación existente más el reforzamiento lado exterior</i> .	166
Figura 79	<i>Modelo computaciones de los cálculos SAP2000</i>	168
Figura 80	<i>Deformada de diseño, resultados en metros</i>	169
Figura 81	<i>Transmisión de cargas con TONF</i>	170
Figura 82	<i>Resultados máximos a cada metro (TONF-M)</i>	171
Figura 83	<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_γ	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_γ	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 ²	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
- 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). *IDOC PUB*. 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

- 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/DISENOYCALCULODEUNTANQUE.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
- (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
- 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
- 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
- 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
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#
- 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
- 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
- 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
- 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/adecuacion-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
- Tirenti, J. (2005). *Tanques de Almacenamiento: Norma Api 650-Parte I*. Retrieved 12 01, 2020, from <https://arvengraining.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://arvengraining.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